ifeu

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Energiebalance - Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz

FKZ 0327614

Endbericht

Dr. Martin Pehnt, Angelika Paar, Philipp Otter
ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg
Tel: 06221 / 4767-0 E-Mail: martin.pehnt@ifeu.de

Mitarbeit: Markus Duscha, Hans Hertle, Regine Vogt

Frank Merten, Thomas Hanke, Dr. Wolfgang Irrek,
Dietmar Schüwer, Dr. Nikolaus Supersberger, Christoph Zeiss
Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
Tel: 0202 / 2492-0 E-Mail: frank.merten@wupperinst.org

Mitarbeit: Daniel Bongardt, Christine Krüger, Dr. Hans-Jochen Luhmann, Sascha Samadi

Unteraufträge:

Prof. Dr. Stefan Klinski, Berlin

Mike Voss, Aloys Graw, Planungsbüro Graw (Osnabrück)

Projektleitung: Dr. Martin Pehnt

Heidelberg, Wuppertal, März 2009

Wegweiser zu Schwerpunkten des Energiebalance-Projektes

Im Bericht Energiebalance werden Technologien, Maßnahmen und Instrumente auf verschiedenen Abstraktionsebenen untersucht. Um den Leserinnen und Lesern den Zugang zu erleichtern, die an einzelnen Aspekten Interesse haben, wird im Folgenden eine Stichwortliste zusammengestellt:

	Kapitel
2000 Watt-Gesellschaft	4.2
Bioenergiedorf	4.2
Biogas	7.2
Biogasaufbereitung	7.2
EEG	7.2, 7.3
Elektroauto	8.6
Energieberatung	6.5.2
EnEV	6.5.3
EEWärmeG	6.5.3
Gas-Wärmepumpe	6.3.1
Heizungspumpen	6.3.3, 6.5.4
Hundertprozent-Kommune	4.2
Kalte Nahwärme	6.4.1
Kraft-Wärme-Kopplung	6.3.2, 7.2
Marktanreizprogramm	6.5.4
Nahwärme	6.4
NEEG	7.3
Schienenverkehr	8.5
Solar und Spar	2.1
Szenarien	3
Weiße Zertifikate	7.3

Inhaltsverzeichnis

WEGWEISER ZU SCHWERPUNKTEN DES ENERGIEBALANCE-PROJEKTES 3

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 9

1 KURZFASSUNG 11

1.1 Ergebnisse in Thesenform 12

1.2 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen der einzelnen Arbeitspakete 12

1.2.1 Zielkonzepte und Szenarien (Kapitel 3 und 4) 24

1.2.2 Gebäude (Kapitel 6) 26

1.2.3 Strom (Kapitel 7) 39

1.2.4 Verkehr (Kapitel 8) 47

1.2.5 Wettbewerb 52

1.3 Veröffentlichungen 56

2 EINLEITUNG 57

2.1 Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz 57

2.2 Struktur des Forschungsberichtes 60

2.3 Begriffsdefinitionen im Rahmen des Projektes „Energiebalance“ 60

3 ERNEUERBARE ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ IN NATIONALEN ENERGIESZENARIEN 63

3.1 Die Rolle von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in nationalen Szenarien 64

3.2 Leitstudie 2008 65

3.3 Energie-Gipfel Szenarien (EWI/Prognos) 67

3.4 UBA-Klimaschutzszenario 69

3.5 EU-Szenario „Combined high renewables and efficiency“ 69

3.6 WWF-Szenario „Target 2020“ 71

3.7 Schlussfolgerungen aus der Szenarioanalyse 72

4 VOM BIOENERGIEDORF ZUR 2000-WATT-GESELLSCHAFT: ENERGIEPOLITISCHE ZIELKONZEPTE IM SPANNUNGSFELD ZWISCHEN ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ 78

4.1 Nationale, regionale und kommunale Zielkonzepte 79

4.2 Detailanalyse 81

4.2.1 2000-Watt-Gesellschaft National 82

4.2.2 Solarcomplex Region Hegau / Bodensee (Deutschland) 91

4.2.3 Energieautarkes Güssing (Österreich) 99

4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 106

4.3.1 Nationale Zielkonzepte 106

4.3.2 Lokale Zielkonzepte 111

4.3.3 Empfehlung für ein Energiebalance-Regionen-Förderprogramm 114

5 VERGLEICH DER AKTEURSSTRUKTUR IN DEN BEREICHEN ERNEUERBARE ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ 116

6 GEBÄUDE 123

6.1 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Gebäudesektor 123

6.2 Erneuerbare Energien und energetische Sanierung im privaten Wohnungsbau: eine Szenarioanalyse 130

6.2.1 Szenariodefinition und -beschreibung 130

6.2.2 Ergebnisse der Szenarienrechnung 136

6.2.3 Offene Forschungsfragen im Bereich der Wirkungsanalyse einer nachhaltigen Maßnahmenstrategie zur Verzahnung von Effizienz- und erneuerbare Energien 144

6.3 Erneuerbare Energien effizienter nutzen: Effizienzsteigerung bei erneuerbaren Energieanlagen 147

6.3.1 Gas-Wärmepumpen (WP) 149

6.3.2 Biomasse-Mikro-KWK 161

6.3.3 Besonders effiziente Heizkreis- und Kollektorkreispumpen 162

6.4 Effiziente Gebäude mit erneuerbaren Energien versorgen 164

6.4.1 Technologien zur Versorgung von effizienten Gebäuden mit erneuerbaren Energien 164

6.4.2 Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene....180

6.5 Verzahnung auf Instrumentenebene 217

6.5.1 Einführung....217

6.5.2 Energieberatung....219

6.5.3 Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbares Wärmegesetz (EEWärmeG)....231

6.5.4 Marktanreizprogramm MAP 257

7 STROMSEKTOR 273

7.1 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Stromsektor....273

7.2 Erneuerbare Energien effizienter nutzen: Effizienzanforderungen im EEG....276

7.2.1 Effizienzanreize und -wirkungen des EEG 2004 276

7.2.2 Effizienz von erneuerbaren Energieanlagen am Beispiel der gasförmigen Biomasse 279

7.2.3 Feste Biomasse 296

7.2.4 Zusammenfassung der Vorschläge 297

7.3 Effizienz-Fördermechanismen: Lernen von den Erneuerbaren? 298

7.3.1 Die Idee: Aktivierung von Marktkräften durch übergreifende Rahmensetzung 298

7.3.2 Vom EEG zum NEEG 299

7.3.3 Weiße Zertifikate 306

7.3.4 Gemeinsamkeiten von NEEG und weißen Zertifikaten 314

7.3.5 Unterschiede zwischen NEEG und weißen Zertifikaten....316

7.3.6 Integration grüner, weißer und brauner Zertifikate? 317

7.3.7 Verzahnung von EE und EF in Ökostromprodukten außerhalb des EEG/NEEG und deren mögliche Verknüpfung mit Weißen Zertifikaten.319

7.3.8 Diskussion möglicher EF-Förderinstrumente orientiert am NEEG-Modell 320

7.3.9 Fazit, Empfehlungen und Ausblick....338

8 VERZAHNUNG VON ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ IM VERKEHRSSEKTOR 342

8.1 Status quo von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz im Straßen-Verkehrssektor (PKW) 343

8.1.1 Erneuerbare Energien 343

8.1.2 Energieeffizienz 345

8.2 Stand der Verzahnung von EE und EF im Straßenverkehr 346

8.3 Neue Technologien und Instrumente für mögliche Verzahnung von EE und EF im Straßenverkehr (PKW) 352

8.4 Neue Technologien und Instrumente für mögliche Verzahnung von EE und EF im Schienenverkehr (Eisenbahn) 355

8.4.1 Energieeinsparungen und Energieeffizienz im Schienenverkehr 356

8.4.2 Erneuerbare Energien im Schienenverkehr 358

8.4.3 Stand der Verzahnung von EE und EF im Eisenbahnverkehr 360

8.4.4 Neue „verzahnende“ Technologien und Instrumente im Eisenbahnverkehr 362

8.4.5 Schlussfolgerungen zu EE und EF im Eisenbahnverkehr 371

8.5 Sonderfall Elektromobilität 372

8.5.1 Technologische Fortschritte 372

8.5.2 Klimagasemissionen 374

8.5.3 Wechselwirkung erneuerbare Energien und Elektromobilität 377

8.5.4 Voraussetzungen für den Einsatz von erneuerbaren Energien-Strom im Straßenverkehr 380

8.6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für den Verkehrssektor – PKW- und Eisenbahnverkehr 382

9 AUSBLICK 385

10 LITERATURVERZEICHNIS 392

11 ANHANG 406

11.1 Steckbriefe von Zielkonzepte 406

11.1.1 Weitere nationale Zielkonzepte 406

11.1.2 Regionale Zielkonzepte 409

11.1.3 Kommunale Zielkonzepte 416

11.2 Weitere Annahmen für die Berechnungen der Biogas-Anlagen 422

11.3 Dokumentation des Wettbewerbs „Gut verzahnt geplant“ 423

11.4 Kalte Nahwärme 426

11.4.1 Bereits realisierte Projekte 427

11.4.2 Geplante Projekte 432

11.5 Technologieradar 434

11.6 Gebäudeworkshop 436

11.7 Workshop Zukünftige Instrastruktur 438

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
AregV	Anreizregulierungsverordnung
A/V	Oberfläche-Volumen-Verhältnis
ASEW	Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDH	Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesmisterium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CCB	Climate Change Bill
CEPE	Center for Energy Policy and Economy
CNG	Compressed Natural Gas
CO_2	Kohlendioxid
CoCC	Committee on Climate Change
COP	Coefficient of Performance
DB	Deutsche Bahn
DEPV	Deutscher Energie-Pellet-Verband
DGS	Deutsche Gesellschaft für Sonnenergie
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DME	Dimethylether
EE	Erneuerbare Energien
EEA	European Environmental Agency
EECS	European Energy Certificate System
EEE	Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EF	Effizienz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ESCO	Energy Service Company
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EWI	Energiewirtschaftliches Instiut der Universität Köln
FNR	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
FW	Fernwärme
GEF	Global Environmental Facility
GMH	Großes Mehrfamilienhaus
GuD	Gas- und Dampf
HoAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IEA	International Energy Agency
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
IHK	Industrie- und Handelskammer

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWU	Institut Wohnen Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
H_T'	Spezifischer Transmissionswärmeverlust
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
KV	Koalitionsvertrag
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
LED	Light emitting Diode (Leuchtdiode)
LowEX	Low Exergy (Konzepte zur Wärmeversorgung aus Niedertemperaturquellen
MAP	Marktanreizprogramm
MFH	Mehrfamilienhaus
MJ	Megajoule
NEEG	Negawatt-Einspeisegesetz
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
OFGEM	Office of Gas and Electricity Markets
OLED	Organische Leuchtdiode
ORC	Organic Rankine Cycle
Q_P	Primärenergiebedarf
PE	Primärenergie
PH	Passivhaus
Pkw	Personenkraftwagen
PSI	Paul Scherrer Institut
R&D	Research and Development
RECS	Renewable Energy Certificate System
RH	Reihenhaus
RLT	Raumlufttechnische Geräte
RW	Raumwärme
SHK	Sanitär Heizung Klima
THG	Treibhausgase
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
UBA	Umweltbundesamt
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VDI	Verein deutscher Ingenieure
VfW	Verband für Wärmelieferung
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WEC	World Energy Council
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung
WW	Warmwasser
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

1 Kurzfassung

Ziel des durch das Bundesumweltministerium geförderten Forschungsprojekts „Energiebalance – optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ ist es, den Aspekt einer Verzahnung von EE und EF systematisch aufzugreifen und für die Sektoren Gebäude, Strom und Verkehr zu analysieren.

Dazu werden kluge Systemlösungen identifiziert, bei denen erneuerbare Energien und Effizienz verzahnt werden, integrale Maßnahmen für deren Förderung entwickelt und Vorschläge für eine verbesserte Abstimmung der bestehenden Instrumente unterbreitet werden. Anhand der Analysen im Rahmen des Projekts werden bisher noch zu wenig beachtete Konfliktfelder, aber auch Synergien bei der praktischen Umsetzung der beiden Pfade aufgezeigt.

Das Projekt bestand aus einer systematischen Auswertung der Verzahnung in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Methodisch wurden hierzu

- ausgewählte Szenarien für Deutschland und gesellschaftliche Zielkonzepte (z. B. 2000 Watt-Gesellschaft oder Bioenergiedörfer) ausgewertet,
- umfangreiche Technikfolgenabschätzungen, Ökobilanzen und Gebäudemodellierungen sowie
- Interviews und Workshops mit Akteuren des Gebäudebereichs durchgeführt (private Bauherren, Planern, Architekten, Handwerkern, Wohnungsunternehmen und Wohnungsbaugesellschaften),
- und systematisch verschiedene Politikinstrumente hinsichtlich ihrer Verzahnung analysiert.
- Außerdem wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens der Technologie- und Konzeptwettbewerb „Gut verzahnt geplant“ durchgeführt.

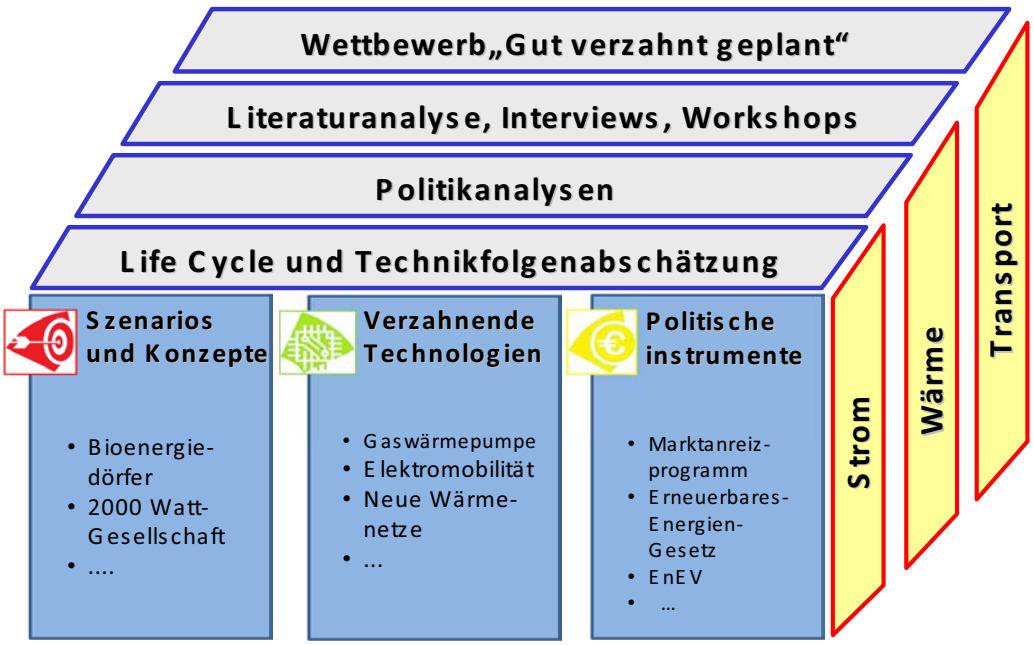


Abbildung 2.1: Struktur des Projektes Energiebalance

Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes

These 1: Mehrdimensionale Verzahnung
*Eine „Verzahnung" von erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz (EF), wie sie im Projekt „Energiebalance" untersucht wurde, kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden: sie betrifft die Effizienz **von** erneuerbaren Energiesystemen genauso wie umgekehrt, den Einsatz erneuerbarer Energie **in** effizienten Anwendungen; sie bezieht sich auf technische, soziale und ökonomische Aspekte, aber auch auf politische Instrumente.*

Insgesamt geht es bei der Untersuchung der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz um Fragen,

- wie **erneuerbare Energieträger möglichst effizient genutzt werden** können, beispielsweise durch Steigerung der Nutzungsgrade oder Kraft-Wärme-Kopplung;
- wie umgekehrt besonders **effiziente Anwendungen (insbesondere Gebäude und Siedlungen) sinnvoll mit erneuerbaren Energien versorgt werden können**; beispielsweise ist in sehr effizienten Passivhäusern der Einsatz von solarer Nahwärme oder Biomasse-Heizungen technisch und ökonomisch schwieriger;
- wie erneuerbare Energien und Gebäudeeffizienz in den **politischen Instrumenten** in Wechselwirkung treten. Beispielsweise erlaubt die Energieeinsparverordnung in gewissen Grenzen eine Kompensation von Dämmmaßnahmen mit erneuerbaren Energien. Ähnlich werden in der CO_2-Pkw-Richtlinie Biokraftstoffe auf einen gewissen Teil der erforderlich Effizienzbemühungen angerechnet.
- wie im Bereich erneuerbarer Energien erfolgreiche energiepolitische **Instrumente** auf den Bereich Energieeffizienz **übertragen** werden können.

These 2: Generelle Verzahnung durch endenergiebezogene Ausbauziele
*Durch die Definition von relativen, endenergiebezogenen Ausbauzielen (EEG: ≥ 30 % Strom; EU-Richtlinie ≥ 18 % Endenergie etc.) findet eine Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz schon dadurch statt, dass die **Ausbauziele** für erneuerbare Energien durch eine dynamische Steigerung der Kapazität und Auslastung von erneuerbaren Kraftwerken, aber auch durch eine Senkung des Verbrauchs erreicht werden können.*

Die Ausbauziele bestimmen sich aus einem Zähler, der EE-Erzeugung, und einem Nenner, dem Endenergiebedarf. Die Verkleinerung des Nenners durch Effizienzmaßnahmen führt zu einer Senkung der für die Zielerfüllung erforderlichen Grenzkosten der EE-Erzeugung. Von daher haben die Erreichung der Effizienzziele und die dafür erforderlichen Maßnahmen besondere Priorität.

These 3: „Zwillingssäulen" eines nachhaltigen Energiesystems
Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind komplementäre Strategiesäulen.

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Ausstieg aus der Atomenergie sind dann simultan zu erreichen, wenn der Ausbau der erneuerbaren Energien mit verstärkten Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz einhergeht.

These 4: Zeitachse und „lost opportunities"
Eine vorausschauende Energiepolitik berücksichtigt die unterschiedlichen Zeitachsen und Durchdringungsgeschwindigkeiten von EE- und EF-Maßnahmen.

Während EE-Anlagen in der Regel schnell realisiert werden können und damit verhältnismäßig kurzfristig als Klimaschutzoption zur Verfügung stehen, müssen sich Effizienzmaßnahmen an den Investitions- und Substitutionszyklen orientieren, beispielsweise an dem Neukauf eines Fahrzeugs oder der Sanierung eines Gebäudes. Wird zu diesem Zeitpunkt auf EF zugunsten EE verzichtet, so kann dies u. U. eine „lost opportunity", eine verpasste Gelegenheit über viele Jahre bis Jahrzehnte bedeuten.

In maßgebenden Energieszenarien sind die kurz- bis mittelfristigen Beiträge von Energieeffizienz zu Klimaschutzzielen größer als die Beiträge erneuerbarer Energieträger oder langfristig gleich. In der Realität erfolgt der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland jedoch schneller als die Steigerung der Energieeffizienz.

These 5: Verzahnung in Zielkonzepten

Auf der Ebene gesellschaftlicher Zielkonzepte (Bioenergiedörfer, 100 % EE-Kommunen, 2000 Watt-Gesellschaft, ...) findet eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz auf unterschiedlichen Ebenen und unterschiedlich intensiv statt.

Anhand nationaler Zielkonzepte wie z.B. der 2000 Watt Gesellschaft verdeutlicht sich die Wichtigkeit einer Verzahnung, denn sie spiegeln diese sowohl in der Zielsetzung als auch in der Maßnahmenkonstruktion wider. Doch je höher der Umsetzungsgrad der untersuchten Zielkonzepte ist, desto weiter tritt die Verzahnung in den Hintergrund. Vor allem bei regionalen Zielkonzepten wie z.B. bei Bioenergiedörfern oder 100% EE-Regionen liegt der Fokus häufig allein im Ausbau von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien.

These 6: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz nicht gegeneinander aufrechnen

Eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ist meist dann kontraproduktiv, wenn ökologisch-ökonomisch sinnvolle Effizienzmaßnahmen durch erneuerbare Energien unterlaufen werden können.

Einige Beispiele zeigen, dass eine gegenseitige Anrechnung von EE-Maßnahmen auf Effizienzbemühungen Maßnahmen verhindern, die eigentlich ökologisch und ökonomisch geboten wären. Die beiden am weitest reichenden Beispiele sind die Primärenergiebewertung von erneuerbaren Energien in der Energieeinsparverordnung und die Anrechnung von Biokraftstoffen auf einen Teil des 120 g CO_2-Ziels für PKW. Andersherum kann sich aber die Anerkennung von Effizienzmaßnahmen als Ersatzmaßnahme im Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz als sinnvoll erweisen, da in besonders effizienten Gebäuden der Einsatz erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse mitunter schwieriger sein kann.

These 7: Entflechtung von EE und EF

Eine Verzahnung von EE und EF in den politischen Instrumenten kann auch durch eine gezielte Entflechtung der gesetzlichen Anforderungen erreicht werden.

Die geplanten Veränderungen in der Energieeinsparverordnung 2009 bringen zusammen mit den Anforderungen des in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes höchst komplexe Verzahnungsstrukturen mit sich. Im Energiebalance-Projekt wurde daher der Vorschlag gemacht, bei zukünftigen Ausgestaltungen der Energieeinsparverordnung eine transparentere, auf die Qualität der Gebäudehülle gerichtete Anforderung zu formulieren (beispielsweise ein maximaler Heiz- und Endenergiebedarf).

These 8: EE-Politik fördert auch Anlagen-Effizienz

EE-Politikinstrumente enthalten schon heute verschiedene Effizienzelemente, die direkt oder indirekt bzw. explizit oder implizit wirken.

Beispielsweise geht im Erneuerbare-Energien-Gesetz der in der Regel stärkste *implizite Effizienzanreiz* von der Vergütungshöhe aus. Bei gegebenem Input führt eine Erhöhung des Stromertrags unmittelbar zu einer Erhöhung der Vergütung. Daneben bestehen im EEG aber auch *explizite Effizienzanreize* z. B. für Biomasse (KWK-Bonus, Technologiebonus), *Effizienzforderungen* (z. B. Mindestkriterien an den Ertrag eines Windstandorts oder für den elektrischen Wirkungsgrad von Altholzanlagen in der Biomasse-Verordnung) und *implizite Effizienzwirkungen* (beispielsweise durch die Größenstaffelung der Vergütungssätze).

These 9: Aus den Fehlern in der konventionellen Energieversorgung lernen
Verzahnung von EE und EF heißt auch: Ausbau von dezentralen KWK-Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien mit hohen Wirkungsgraden.

Die derzeit recht mühsamen Anstrengungen, bei der konventionellen Energieversorgung Nahwärmestrukturen auf Basis von KWK-Anlagen zu etablieren – also die Dezentralisierung großer Kraftwerken wie die Zentralisierung von Wärme-Einzelanlagen – sollten beim Ausbau von erneuerbaren Energien eine Lehre sein. Deshalb sollte der Ausbau von hocheffizienten KWK-Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien besonders gestärkt werden.

These 10: Verzahnung schafft neue Anreize für Innovation und Systemeffizienz
Erneuerbare Energiepolitik sollte im Bereich Strom, Wärme und Verkehr durch explizite und implizite Effizienzanreize und -anforderungen eine effiziente Ausgestaltung der Systeme voranbringen, insbesondere dann, wenn diese Anreize und Anforderungen neue Innovationsimpulse liefern oder Rohstoffkonkurrenzen begrenzen.

Das Energiebalance-Forschungsteam hat darum für verschiedene politische Instrumente, beispielsweise das Marktanreizprogramm oder das EEG, eine Vielzahl sinnvoller Effizienzanforderungen abgeleitet.

These 11: Zuerst Fördern, dann Fordern und dieses Verhältnis ständig überprüfen
Förderung aktiviert, während Forderungen eher stabilisieren. Das Verhältnis Förderung zu Forderung ist ständig auf den Prüfstand zu stellen.

Förderung stößt Innovationsimpulse an und ermöglicht neue Produkte und Ideen. Es ist allerdings ständig zu überprüfen, ob diese Förderung nicht mittlerweile zum Standard geworden ist. Beispielsweise setzt die Umwälzpumpenförderung im Marktanreizprogramm einen Impuls zur Entwicklung effizienter Pumpen. Sobald ein solider Markt für besonders effiziente Pumpen entstanden ist, kann der Energiestandard der Pumpe als Anforderung festgeschrieben werden.

These 12: Effiziente Gebäude erneuerbar versorgen
Im Zuge der Versorgung von Niedrigenergie-, KfW40- oder Passivhäusern mit erneuerbaren Energien – sowohl über Leitungsnetze wie auch mit Einzeltechnologien – stellen sich neue Anforderungen. Es gilt daher, in den Politikinstrumenten Voraussetzungen für neue, auf effiziente Anwendungen angepasste Infrastrukturen zu schaffen, beispielsweise besonders effiziente Wärmenetze für die gemeinsame Versorgung hocheffizienter Gebäude.

Ziel muss es daher sein, auf der einen Seite durch technische Innovationen und organisatorisch-strukturelle Anpassungen preiswertere Anschlussbedingungen für erneuerbare Energietechnik herzustellen. Auf der anderen Seite könnte durch sogenannte LowEx-Konzepte versucht werden, die Vor- und Rücklauftemperaturen soweit abzusenken, dass die Wärmeverteilverluste eine tolerierbare Größenordnung einnehmen.

These 13: Innovative Wärmenetze
Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip Niedertemperaturquellen mit niedrigem Exergiegehalt. Innovative Ideen zur Forschung und Förderung von Wärmenetzen sind gefragt. Die neuen Infrastruktur-Maßnahmen wie z. B. kalte Nahwärmenetze müssen unabhängig evaluiert werden.

Um Wärmenetze auch künftig nachhaltig betreiben und ggf. ausbauen zu können, gilt es, Strategien zu entwickeln, wie Fernwärmesysteme für Effizienz-Siedlungen sinnvoll nutzbar gemacht werden können. Dies kann etwa durch die Nutzung von Rücklauftemperaturen und durch kosteneffiziente Verlegelösungen, aber auch durch eine quartiersweise Erschließung von Siedlungen unter Einbeziehung von Bestandsgebäuden gelingen. Für Passivhäuser in Reihenhaus- bzw. Blockbebauung ist eine Nahwärmeversorgung über Kopfstationen mit Leitungsverlegung durch die Gebäude – mittels Infrastrukturkanal oder Kellerverlegung – ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Aber auch innovative Lösungen wie die „kalte Nahwärme“ können sich als vorteilhaft erweisen.

These 14: Vereinfachung der gebäudebezogenen Instrumente
Vor allem im Wohngebäudebereich, in dem vom Eigentümer bis hin zum ausführenden Betrieb für Bau oder Sanierung unterschiedlichste Akteure tätig sind, ist eine wesentliche Vereinfachung der Regelungen und Verfahren notwendig und auch möglich.

Diese Vereinfachung betrifft einerseits die grundsätzlichen Anforderungen (Grenzwerte) als auch die verwendeten Bilanzierungsverfahren.

Um die „Aufrechenbarkeit“ von Effizienzmaßnahmen und Erneuerbaren gerade bei Biomasse, die als Rohstoff ebenfalls nur begrenzt verfügbar ist, einzuschränken, ist die Abänderung des Primärenergiefaktors der Biomasse erforderlich. Die Berechnung dieser Faktoren muss auch für Fernwärme überarbeitet werden.

These 15: Mehr Transparenz
Für die Entscheidung für EE- oder EF-Maßnahmen ist die transparente Darstellung der Kosten und Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus notwendig.

Sowohl beim Energiepass wie auch im Rahmen der Energieberatung gilt es, die Kosten und Einsparungen über den Lebenszyklus der Komponenten transparent zu machen. Bei der Energieberatung ist deshalb die Integration von Energiebalance-Aspekten besonders wichtig. Dafür müssen sowohl Aus- und Weiterbildungsinhalte weiterentwickelt, Hilfsmittel zur Verfügung gestellt wie auch Förderprogrammen zu Energieberatungen um entsprechende Anforderungen erweitert werden.

These 16: Fahrplan Gebäude 2020
Die Vorgabe eines zukünftigen Entwicklungspfades in Richtung einer EnEV 2020 für Neubau und Sanierung schafft für alle Planungssicherheit.

Das bedeutet konkret, dass bereits jetzt zukünftige Entwicklungen bezüglich der Anforderungen an Neubauten und Sanierungen festgelegt werden. Dabei ist es sinnvoll, etablierte Standards, wie z.B. das Passivhaus anzuwenden. Im Neubaubereich sollten Passivhausanforderungen bereits für 2015 die Zielstellung sein, die Sanierungsanforderungen könnten bis 2020 auf die Anforderung EnEV 2007 Neubau minus 50 % (bezogen auf H_T') schrittweise angehoben werden.

These 17: Verzahnungspunkte im Strombereich
Im Stromsektor ist die Verzahnung von EE und EF nicht so unmittelbar und weniger technisch geprägt, da die elektrische Versorgung im Unterschied zur Wärmeversorgung nahezu

ausschließlich leitungsgebunden erfolgt und die Herkunft des Stroms beim Endverbraucher technisch keine Rolle spielt.

Die Berührungspunkte zwischen EE und EF liegen daher vor allem auf instrumenteller Ebene.

These 18: Effizienzförderung nach EEG-Vorbild (NEEG)
Das EEG ist ein in Deutschland bewährtes Instrument zur Förderung erneuerbarer Energien. Der Vergütungs- und Wälzungsmechanismus des EEG ist prinzipiell rechtlich und praktisch auch auf den Endenergieeinsparbereich übertragbar. Ein analog zum EEG entsprechend als Negawatt-Einspeise-Gesetz (NEEG) zu bezeichnendes Politikinstrument sollte jedoch vor einer etwaigen Implementierung noch tiefer gehend diskutiert und getestet werden. Zudem muss es in jedem Fall durch sektor- und technologiespezifische Programme flankiert werden, z. B. im Rahmen eines bundesweiten EnergieSparFonds.

Ein solches NEEG könnte Endenergieeinsparungen z. B. mittels Innovations- und Markttransformationsprämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Technologien oder mit pauschalen Vergütungen für Anbieter von Energiesparprogrammen induzieren. In jedem Fall bedarf es einer Ergänzung eines NEEG um sektor- oder/und technologiespezifische Programme, die identifizierte Umsetzungshemmnisse gezielt adressieren und über die Förderung von Standardmaßnahmen bzw. Einzeltechnologien hinaus auf Systemoptimierungen abzielen.

These 19: Verzahnung im Verkehr
Die Steigerung der Energieeffizienz, die Verringerung des Kraftstoff-Verbrauchs und die Erhöhung des Anteils von EE-Kraftstoffen ist vorzugsweise parallel zu verfolgen, die entsprechenden Instrumente sind unabhängig voneinander zu optimieren sowie hemmende bzw. gegenläufige Faktoren wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenwagen sind zu beseitigen. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind im Verkehrsbereich instrumentell bis auf die Anrechnung von Biokraftstoffen auf das Pkw-CO_2-Ziel kaum miteinander verzahnt. Die wesentliche bestehende, aber negativ wirkende Verzahnung – die Anrechnung von Bio-Kraftstoffen bei der Erreichung der CO_2-Zielvorgabe für neue PKW – ist wieder aufzulösen.

Diese Verzahnung ist aus Sicht des Klimaschutzes eine negativ wirkende Verzahnung, da das EF-Ziel und dessen Realisierung durch die optionale Anrechnung von Biokraftstoffen aufgeweicht wird, ohne dass es zu zusätzlichen Ausbau-Impulsen für erneuerbare Kraftstoffe kommt. Die bestehende Verzahnung von EF und EE in der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch sollte daher möglichst rasch wieder aufgehoben werden, ohne aber das bestehende EF-Ziel (120 g CO_2/km) für Neuwagen anzuheben und dessen tatsächliche Umsetzung weiter zu verzögern.

These 20: Elektromobilität
Elektromobilität ist eine Maßnahme, die die Effizienz des Antriebsstrangs – definiert über die erforderliche Endenergie pro Fahrdienstleistung – erhöht. Da die Klima- und Energiebilanz (bezogen auf erschöpfliche Energieträger) von Elektrofahrzeugen dann robuste Vorteile gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen aufweist, wenn sie mit erneuerbaren Energien gespeist werden, ist es zielführend, Elektroautos eng an die Versorgung mit Strom aus regenerativen Quellen zu binden.

Der Schwerpunkt einer Förderung sollte zunächst auf der **ganzheitlichen Effizienz-Optimierung** im Zuge der Entwicklung von neuen Fahrzeugen liegen.

Bei der Ausarbeitung eines Kopplungsmechanismus ist zu unterscheiden zwischen der frühen Markteintrittsphase von Elektrofahrzeugen und einer langfristigen Perspektive. In der **Phase des Markteintritts** sollte eine kausale Kopplung einer staatlichen Förderung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien unter Beachtung der Zusätzlichkeit der EE-Stromerzeugung vorgenommen werden: Wenn Fahrzeuge durch Steuerbefreiung oder Marktanreizprogramme gefördert werden, sollte mit einem pragmatischen Mechanismus der Bezug von Ökostrom als Voraussetzung gelten. Eine Anpassung des Emissionshandelsdeckels um die zusätzlichen Strommengen der Elektrofahrzeuge ist auszuschließen.

In der **langfristigen Perspektive** wird angesichts zunehmender Anteile an fluktuierendem EE-Strom aus Wind und Sonne eine zweite Eigenschaft des Elektrofahrzeugs immer relevanter: die Möglichkeit der gezielten Ladung und Entladung der Batterie. Die zeitflexible Betankung von Elektroautos ist nicht nur eine Möglichkeit, sondern auch eine technische Notwendigkeit, da ansonsten netzseitige Restriktionen insbesondere im Verteilnetz wirksam werden könnten. Im Rahmen eines Kombikraftwerksbonus, wie er derzeit im Rahmen einer EEG-Verordnung aufgenommen wird, sollten Elektrofahrzeuge als verschiebbare Lasten integriert werden.

These 21: Ambitionierte EE-Zielvorgaben für Bahnstrom

Das europäische 10 % EE-Ausbauziel für den Transportsektor ist ökonomisch durch Maximierung des EE-Anteils im (elektrogetriebenen) Schienenverkehr voranzubringen. Der Bund sollte sein Infrastrukturunternehmen DB Energie entsprechend anweisen.

Die Eisenbahn wird bei einem Ersatz ihres „Atomstrom“-Anteils durch nicht regenerativ erzeugten Strom ihren Klimavorteil gegenüber den anderen Verkehrsträgern gefährden. Hier sollte gegengesteuert werden, z.B. durch die Vorgabe von dynamischen Zielen für den EE-Bahnstromanteil. Mit 100 % in 2020 könnte der Bahnstrom maximal zum EU-Ziel (10 % in 2020) für den EE-Anteil im Verkehrssektor beitragen und dadurch den sonst benötigten Umfang an Bio-Kraftstoffen verringern. Im Zuge der öffentlichen Beschaffung durch Ausschreibungen kann schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern künftig stärker berücksichtigt werden. Prinzipiell ist auch bei der Beschaffung eine Kopplung von Effizienz und erneuerbare Energien möglich. Allerdings ist dabei unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen gegen den Ausbau der regenerativen Energien ausgespielt werden und eine negativ wirkende Verzahnung erzielt würde.

1.1 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen der einzelnen Arbeitspakete

Tabelle 1.1: Überblick über die vom Projekt Energiebalance vorgeschlagenen Änderungen in politischen Instrumenten und deren Umsetzung für eine Verzahnung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Zielkonzepte			
Förderung von „Energiebalance-Kommunen/Regionen“			
Jedes eigene Projekt entwickelt eigene Öffentlichkeitsarbeit / eigenen Slogan (z.B. 100 % EE-Region; Bioenergiedorf; Zero Emission Village) und verortet sich weniger in einer nationalen Strategie.	Festlegung von langfristigen, politisch verbindlichen und gut kommunizierbaren **Zielen**	X	(ähnlich wie bei der 2000 Watt Gesellschaft in der Schweiz oder der Climate Change Bill in Großbritannien). Einzelne Projekte könnten unter dem Schirm des nationalen Zielkonzepts kommuniziert und bewertet werden.
Eine Vergleichbarkeit der einzelnen Projekte in Kommunen und Regionen ist kaum gegeben, da in jedem Projekt eigene Kennzahlen ermittelt, eigene Ziele definiert werden.	Bessere **Vernetzung** der Akteure in den einzelnen Regionen Einführung eines **Benchmark-Systems** mit vorab festgelegten Kriterien	(✓)	Teile dieses Vorschlags werden im Benchmarksystem des UBA umgesetzt.
Energieeffizienzmaßnahmen werden in regionalen und kommunalen Zielkonzepten weniger häufig und intensiv berücksichtigt.	**Förderung** der strategischen Vorbereitung (Konzepte / Potentialanalysen / Akteursbeteiligung) von Klimaschutzaktivitäten in Kommunen und Regionen unter gleichwertiger Berücksichtigung von Effizienz-, Einspar- und Erneuerbaren-Potenziale (Energiebalance-Kommunen)	✓	Der Fördervorschlag wurde in die Förderrichtlinie vom 18.6.2008 der Klimaschutzinitiative des BMU aufgenommen
Zentraler Erfolgsfaktor für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen ist die Institutionalisierung eines „Kümmerers“ in der Kommune / in der Region.	Förderung der Institutionalisierung einer zentralen **„Kümmerer“-Stelle** Die Stelle sollte in der Verwaltung oder als gegründetes Unternehmen mit öffentlicher Beteiligung verankert werden.	(✓)	Der Fördervorschlag wurde in die Förderrichtlinie vom 18.6.2008 der Klimaschutzinitiative des BMU insofern aufgenommen, als das eine Anschubfinanzierung zur Errichtung einer Stelle in der Verwaltung gefördert wird.
Der bestehende Leitfaden für kommunalen Klimaschutz wurde 1997 zusammengestellt und seitdem nicht mehr aktualisiert.	Aktualisierung und Erweiterung des **Klimaschutz-Leitfadens**	(✓)	Beschreibung verschiedener Maßnahmen zur Umsetzung von EE- und EF-Projekten in Kommunen und Regionen, von „neuen“ Finanzierungsmöglichkeiten (z.B. Beteiligungskapital) sowie von aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen; anwenderfreundliche Gestaltung des Leitfadens, Erweiterung um Maßnahmen auf regionaler Ebene
Technologien zur Versorgung von Passivhäusern (Einzelversorgung)			
In Passivhäusern ist die Integration von Biomassekesseln schwieriger.	Angleich der **Förderung von Pelletöfen** beim Einsatz in Passivhäusern auf die Förderhöhe von automatisch beschickten Pelletkesseln.	X	Voraussetzung sollte sein, dass gleichzeitig eine Solaranlage zum Einsatz kommt, die ebenfalls gefördert werden kann.
In Passivhäusern erreichen Wärmepumpen-Kompaktaggregate nicht die gleichen Jahresarbeitszahlen wie in anderen Gebäuden, verbrauchen aber weniger Strom wegen guter Dämmung.	Zuschussförderung von **Wärmepumpen-kompaktaggregaten** beim Einsatz in Passivhäusern	(✓)	Umgesetzt in der neuen KfW-Förderung

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Solaranlagen sind ideal einsetzbar bei besonders energiesparenden Gebäuden wie z.B. Passivhäuser. Deshalb sollte die Förderung für kleine Anlagen erheblich angehoben werden.	Höhere **Fördersätze** für solarthermische Anlagen **bei Passivhäusern**	X	
Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene			
Kalte Nahwärmenetze sind eine potenziell interessante Infrastrukturoption. Allerdings ist das empirische Wissen über existierende Systeme begrenzt.	**Evaluierung** von bestehenden „kalte Nahwärme“-Projekten	X	Aus den Evaluationsergebnissen können Rahmenbedingungen für den Einsatz dieser Systeme definiert und Anforderungen für eine Förderung generiert werden.
Bestehende Dampfnetze sollten sukzessive zu Heißwassernetzen umgebaut werden. Bereits durchgeführte Projekte sollten besser in Fachkreisen (Stadtwerke) bekannt gemacht werden.	Entwicklung von geeigneten Anreizen zur **Dezentralisierung der Dampferzeugung** bzw. **Umstellung auf Heißwassernetze**; zusätzliche Förderung, wenn Dampf mit EE-Anlagen erzeugt wird.	X	
Nahwärmesysteme schließen ihren Vorlauf an den Rücklauf von Fernwärmeleitungen an.	Förderung von F&E-Maßnahmen zu zukunftsfähigen Fernwärmesystemen am Beispiel der **Rücklaufnutzung**	X	Vorteile: Geringere Temperaturen für Neubaugebiete, geringere Verluste, höhere Kraftwerkswirkungsgrade, zusätzliches Wärmeabsatzprodukt für Stadtwerke
Kostenreduzierung bei Nahwärmeversorgung	**Weitsichtige Planung**, frühzeitige Berücksichtigung von Infrastrukturkanälen, Durchschleifmöglichkeiten etc.	X	Reduzierung von Investitionskosten und Exergieverlusten durch inhouse-Verlegung in vorbereitetem Infrastrukturkanal sowie durch Verzicht auf Übergabestationen und Wärmetauscher
Die verwendete Dämmstärke von Wärmenetzen sollte in der Förderung des KWKG berücksichtigt werden.	Förderung von **höheren Dämmstärken bei Wärmeleitungen** zur Reduzierung von Versorgungsverlusten	X	
EnEV			
Zielsetzung			
Es gibt weder ein relatives oder absolutes Einsparziel bezüglich Heiz- oder Endenergiebedarf für Gebäude noch einen langfristigen Ausblick im Rahmen der EnEV.	Definition eines **absoluten Einsparziels** für den Gebäudesektor; ggf. vorab für den Sektor Wohnen; zusätzliche Definition eines spezifischen Zielwert Heizenergieverbrauch pro m² Wohnfläche.	X	Diese Zielsetzungen sind notwendig, um bestehende Instrumente (EnEV, KfW-Förderung etc.) hinsichtlich Zielerreichung bewerten zu können und um ggf. mit weiteren oder zusätzlichen Anreizsystemen nachsteuern zu können.
Investitionen in Aus- und Weiterbildung, Qualifizierung des Personals und in technische Anlagen werden nur getätigt, wenn Planungssicherheiten gewährt werden.	Integration einer **konkreten Zielsetzung** (Passivhausstandard im Neubau ab 2015 und EnEV 2007 minus 40% für den Bestand) in die EnEV bzw. das EnEG	X	Definition einer Roadmap in der EnEV
Entflechtung			
Aktuell überschneiden sich die Anforderungen der bestehenden Instrumente mehrfach, wodurch die Komplexität zugenommen hat.	EnEV: Beschränkung des Heiz- und Endenergiebedarfs eines Gebäudes; EEWärmeG: Anforderung an Einsatz von erneuerbaren Energien	X	Inhaltliche Überschneidungen sollten bereits in der Zielsetzung der Instrumente verhindert werden.
Durch die Solaranlage kommt es zu einer überproportional stärken Verschärfung der Primärenergieanforderungen im Vergleich zur Verschärfung der HT`-Anforderung	**Rücknahme der Solaranlage** aus dem Referenzgebäudeverfahren in der EnEV 2009	X	In der EnEV sollte der Fokus in der Verminderung des Heiz- und Endenergiebedarfs liegen. Zudem ergibt sich somit eine komplexe Struktur und Überschneidung mit dem EEWärmeG.

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Vereinfachung			
Die EnEV in ihrer derzeitigen komplexen Struktur und in Kombination mit dem EEWärmeG gilt für des Einfamilienhausbesitzer wie auch für Immobiliengesellschaften;	**Vereinfachung** der Anforderungen (vom H_T` zu einem Heizenergiebedarf) sowie des Bilanzierungsverfahrens (keine DIN 18599)	X	
Verschärfung			
In der berücksichtigten Entwurfsfassung ermöglicht die EnEV die „Kompensation" von Wärmedämmung durch den Einsatz von erneuerbaren Energien.	**Verschärfung der H_T`-Anforderungen** (bzw. des spezifischen maximalen Heizwärmebedarfs) für Neubauten.	X	Als Orientierung könnte der Grenzwert des Referenzgebäudes dienen.
In der EnEV-Entwurfsfassung wurden keine gebäudehüllenspezifischen Grenzwerte für grundlegende Sanierungen berücksichtigt.	**Wiedereinführung eines H_T`-Grenzwerts bei Bestandsgebäuden**.	X[1]	Ansonsten besteht die Möglichkeit, dass Dämmmaßnahmen nicht oder in schlechter Qualität durchgeführt werden können.
Teile der energetischen Anforderungen an Wärmeverteilung / Regelung / Pumpenbetrieb entsprechen nicht dem aktuellen Stand der Technik.	Im § 14 der EnEV bestehen weitergehende **Verschärfung**smöglichkeiten (z.B. Anhebung der energetischer Anforderungen für Umwälzpumpen / Integration von konkreten Anforderungen für den hydraulischen Abgleich).	X	Der hydraulische Abgleich wird nach EnEV nicht explizit gefordert, sondern nur im Rahmen der VOB berücksichtigt. Hier besteht in §14 Nachholbedarf für Neu- und Bestandsbauten
Anpassung			
Unter den aktuell geplanten EnEV-Bedingungen könnten wesentliche Anforderungen der EnEV nur durch den Einsatz von Biomasse eingehalten werden.	Einführung des vom IWU vorgeschlagenen **Biomassebudgets** Anpassung der Berechnungsmethodik für **Fernwärme-Primärenergiefaktoren**	X	Die Einführung von Biomassebudgets ist notwendig, solange sich die EnEV den Primärenergiebedarf ins Zentrum der Anforderungen stellt.
Energieberatung			
Klare Perspektiven über Entwicklung der Gebäudestandards beseitigen Hemmnisse in der Aus- und Weiterbildung von Energieberatern.	Festlegung einer **Roadmap** für die EnEV mind. bis ins Jahr 2020 mit konkreten Hinweisen (z.B. Passivhausstandard ab 2015 im Neubau) Erweiterung von Aus- und Weiterbildungsangeboten und Beratungsangeboten um Themen rund ums Passivhaus	X	
Maßnahmen im Gebäudebereich können selten allein bewertet werden, sondern müssen ins zeitliche Umfeld von bereits durchgeführten und noch geplanten Maßnahmen gestellt werden.	Darstellung einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen **Maßnahmenabfolge** inkl. Wirkungsanalyse auf einer Zeitachse in den Beratungsberichten	(✓)	Wird von wenigen Beratern in Berichten schon jetzt verfolgt.
Langfristige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind eine essentielle Grundlage für die Entscheidungsfindung des Bauherren. Trotzdem werden kurzfristige Bewertungen häufig vorgezogen.	Entwicklung von **Hilfsmitteln für Wirtschaftlichkeitsberechnungen**	X	Vorgehen und Berechnungshintergründe, Vor- und Nachteile von Methoden, Ohnehin- und Mehrkosten, Annahmen für Zinssätze, Nutzungsdauern, Preissteigerungsraten etc.
Marktanreizprogramm			

[1] Nach Redaktionsschluss wurde ein Grenzwert für den Bestand eingeführt.

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Bonus für effiziente Solarkreispumpen	Bonus für **besonders effiziente Solarkreispumpen** in MAP-geförderten Sonnenkollektoranlagen	✔	
Effiziente Umwälzpumpe und hydraulischer Abgleich	Bonus für **besonders effiziente Umwälzpumpe** und hydraulischer Abgleich in MAP-geförderten Anlagen	✔	
Effizienzanforderung an Nahwärmenetze	**Mindestwärmeabsatz** von 500 kWh je Trassenmeter. Qualitätsanforderungen an die Wärmeproduktion.	✔	
Effizienzbonus	Bonus für MAP-geförderte Anlagen **in gut gedämmten Gebäuden**	✔	BMU-Vorschlag, von Projektteam begrüßt
Einführung einer Förderung von Biogas-Mikronetzen		✔	
Mindestanforderungen an Biogas-Aufbereitung	**Mindestanforderungen** an Strombedarf, Methanverluste, Prozesswärmedeckung	✔	
EEG			
Biogas insgesamt			
Biogas trägt zum Klimaschutz bei und muss insgesamt attraktiver ausgestaltet werden	**Erhöhung der Basisvergütung**	✔	
Gülle			
Gülle hat deutlich bessere THG-Bilanz und vermeidet Nutzungskonkurrenz Güllepotenziale werden nur unzureichend erschlossen	Verbesserte Förderung **kleiner Anlagen** unter 75 kWel	X	Keine neue Leistungsklasse, aber höherer Fördersatz für Anlagen < 150 kWel (EEG § 27 Abs. 1)
	Güllequote	✔	EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus bei Gülleanteil > 30 % für kleine Anlagen (4 Ct/kWh < 150 kW, 1 Ct/kWh < 500 kW)
Landschaftspflegereste, Bioabfall			
Landschaftspflegereste haben deutlich bessere THG-Bilanz und vermeiden Nutzungskonkurrenz	Bonus für **Landschaftspflegereste**	✔	EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus für kleine Anlagen < 500 kW (2 Ct/kWh) bei Einsatz von Landschaftspflegeresten
Bioabfall hat deutlich bessere THG-Bilanz und vermeidet Nutzungskonkurrenz	Förderung **der Nachrüstung von Kompostierungsanlagen** um eine Vergärungsstufe	✔	Nachgerüstete Anlagen erhalten Technologiebonus (EEG-Anlage 1 II Nr. 1 i) Förderung der Nachrüstung im Rahmen des MAP wird diskutiert
KWK			
KWK erhöht Klimanutzen, ist aber kein Sine qua non	**Erhöhter KWK-Bonus**, aber keine KWK-Pflicht für Anlagen <5 MW	✔	§ 27 EEG Abs. 4 Nr. 3
	KWK-Bonus auch für **Altanlagen**	✔	allgemein für Anlagen < 500 kW, sonst nur bei erstmaliger KWK-Nutzung nach 31.12.2008 (EEG § 66 Abs. 1 Nr. 3)
Zusätzliche Abwärmenutzung zur Stromerzeugung in ORC-Anlagen	Nur Anerkennung des 2,6fachen Stromertrags des **ORC**-Teils als KWK-Wärme	X	Technologiebonus weiter gewährt, aber Negativliste KWK-Bonus
Durch höheren KWK-Bonus erhöht sich die Missbrauchsgefahr.	**Positiv-Negativliste** oder Nachweis des Klimanutzens	✔	EEG-Anlage 3
Gärrestabdeckung			
	Forderung nach **Abdeckung des Gärrestlagers**	(✔)	Für nach BImSchG genehmigungsbedürftige Anlagen ist Abdeckung des Gärrestlagers Bedingung für Nawaro-Bonus (EEG Anlage 2). Für andere Anlagen: Verordnungsermächtigung § 64 EEG
Biogasaufbereitung			

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Nur sinnvoll bei vollständiger Wärmenutzung	**Pflicht zur Nutzung in KWK**	✔	§27 EEG Abs. 3 Nr. 3
Nur sinnvoll bei nicht zu hohen Verlusten bei der Aufbereitung	**Mindestanforderungen** an Strombedarf, Methanverluste, Prozesswärmedeckung	✔	Anlage 1 I Nr. 1
Biogasmikronetze			
Vermeiden die Aufbereitung und ermöglichen dennoch den Transport zu Wärmesenken	Erteilung des Technologiebonus für **Biogasmikronetze** oder Aufnahme in das Marktanreizprogramm	✔	Aufnahme in die Förderlichtlinie Marktanreizprogramm vom 5.12.2007
„NEEG“ Negawatt-Einspeisegesetz			
Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Technik			
Förderung von Entwicklung und Markteinführung besonders energieeffizienter Technik, bei der es weniger auf die Systemoptimierung als auf die Effizienz des Produkts selbst ankommt	**Prämiensystem** nach dem Vorbild des EEG: gezahlte Prämien für Hersteller und Importeure besonders energieeffizienter Technik werden auf den Strompreis umgelegt	X	Ein ähnlicher Vorschlag mit Stromrechnungsgutschriften für Endkunden anstelle von Herstellerprämien wurde vom BMU im Rahmen eines Konzeptpapiers zur ökologischen Industriepolitik bereits vorgestellt
Sektor- und/oder technologiespezifische Programme			
EnergieSparFonds mit EF-Programmen, bei denen eine Verknüpfung von Beratung, Energieanalysen und EF-Technik und damit insbesondere die Systemoptimierung gefördert wird	Umsetzung der vom WI vorgeschlagenen Programme eines **EnergieSparFonds**	(X)	Einzelne Elemente wurden im Rahmen der Novellen von MAP und KfW-Förderprogrammen sowie bei der kommunalen Förderrichtlinie der nationalen Klimaschutzinitiative aufgegriffen
NEEG-Testprogramm			
Pauschale Vergütung für größere EF-Aktivitäten bzw. Programme ab einer Mindestsumme an Stromeinsparungen in Höhe von z. B. 1 GWh/a	Umsetzung eines **EnergieSparFonds**	X	
Novelle Anreizregulierungsverordnung (AregV)			
Die ARegV führt zu Ineffizienzen, da Verlustenergiekosten an Kunden durchgereicht werden.	Verbesserung der ARegV oder spezielles Förderprogramm zur Reduktion von **Verlustenergie im Netz**	X	Vgl. auch die aktuelle Diskussion der Regulierer auf EU-Ebene
Straßen-/Pkw-Verkehr			
Änderung der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch			
Die Anrechnung von Bio-Kraftstoff (10g CO_2/km) führt zur Aufweichung und Verzögerung der EF-Steigerung	**Zurücknahme der Anrechnung** von Bio-/EE-Kraftstoff und anderen technischen Maßnahmen zur Erreichung der EF-Ziele	X	
Erweiterung des NEFZ-Meßzyklus, Einführung von EF-Zielen für Nebenaggregate			
Die Nebenaggregate und ihr Kraftstoffverbrauch werden bei der Messung nicht mit erfasst	**Messzyklus** einmal mit und einmal ohne Nebenaggregate durchführen	X	
Es gibt bisher keine Vorgaben für die EF von Nebenaggregaten wie z.B. Klimaananlagen	Separate technologie-spezifische EF-**Ziele** für PKW-**Nebenaggregate** einführen		
Entwicklung adäquater und pragmatischer Ansätze für Kopplung Elektroauto/Erneuerbare			
Förderung zusätzlicher erneuerbarer Energieanlagen zur Deckung des Elektroautostrombedarfs	Bei staatlicher Förderung sollte ein einfacher Mechanismus wirksam werden, der einen Bezug von **Ökostrom** aus zusätzlichen Anlagen und Anreize zum Lastmanagement vorsieht.	✔	“Work in progress”
Einbezug der Elektroauto-Betankung in Lastmanagement zur Systemintegration erneuerbarer Energien	Berücksichtigung im Rahmen des EEG-**Kombikraftwerksbonus**	(✔)	“Work in progress”
Schienen/Eisenbahn-Verkehr			

Problembeschreibung	Konkretisierung	Umge-setzt?	Bemerkung
EE-Zielvorgabe für Bahnstrom			
Bisher keine eigenen Investitionen in EE-Anlagen; Ersatz des „Atomstrom“-Anteils durch Kohlestrom geplant	**Zielvorgaben** für Bahnstrom einführen (z.B. 100 % EE-Strom in 2020)	X	
Erweiterung von öffentlichen Ausschreibungen			
EE und EF spielen bisher bei Ausschreibungen nur eine geringe Rolle	Einführung von Vorgaben für EF- und EE-Zielen und Kriterien bei **öffentlichen Ausschreibungen** von Verkehrsleistung durch die Bundesländer	X	

1.1.1 Zielkonzepte und Szenarien (Kapitel 3 und 4)

Zielkonzepte

In diesem Arbeitspaket wurden dem Projektteam bekannte bzw. gesellschaftlich und energiepolitisch relevanten Konzepte mit Umweltqualitäts- und -handlungszielen und mit Bezug auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz zusammengestellt („Zielkonzepte“) und ergänzend recherchiert. Außerdem wurden verschiedene ambitionierte Klimaschutzszenarien hinsichtlich der Rolle von erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz analysiert.

Insgesamt konnten rd. **60 Zielkonzepte** gefunden werden, die sowohl den nationalen wie auch den regionalen und kommunalen Bereich abdecken. Zwölf dieser Zielkonzepte wurden auf unterschiedlichen Ebenen steckbriefartig beschrieben und darauf aufbauend für fünf Zielkonzepte jeweils eine ausführliche Analyse erstellt.

Auf **nationaler Ebene** wurden verschiedene und unterschiedlich fortgeschrittene Zielkonzepte identifiziert, von der 2000-Watt-Gesellschaft bis hin zum Konzept „Deutschland energieautark“. Die Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ist ein wesentliches Merkmal eines glaubwürdigen und realistischen nationalen Zielkonzepts. Als wichtigstes Verzahnungsbeispiel wird hier die 2000 Watt Gesellschaft genannt, die durch die Definition von Unterzielen (Begrenzung des fossilen Energieanteils auf max. 500 Watt und Begrenzung der CO_2-Emissionen pro Kopf auf 1 Tonne) eine Kopplung der beiden Komponenten in der Zieldefinition erreicht.

Ein langfristig ausgerichtetes und ambitioniertes Zielkonzept erscheint für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen erscheint sinnvoll für die zukünftige Entwicklung. Im Rahmen dieses Zielkonzepts könnten bestehende Ziele aus dem Energie- und Klimaschutzbereich sowie aus dem Nachhaltigkeitsbereich vereint und gestärkt kommuniziert werden. Diese Meta-Zielebene könnte im Sinne einer überzeugenden Vision auch auf internationaler Basis eine Signalfunktion darstellen.

Dieser Leuchtturmcharakter entsteht vor allem dann, wenn sehr innovative, realistische, aber verbindliche Ziele definiert werden. Solch ambitionierte Ziele, wie beispielsweise eine „4 Liter Gesellschaft“, beinhalten im Allgemeinen auch Nachhaltigkeits- und Suffizienzaspekte. Wichtig für eine hohe Akzeptanz und zielgerechte Umsetzungsprüfung ist die Installation eines „neutralen Hüters“ des Konzepts (im Fall der 2000 Watt-Gesellschaft beispielsweise die Eidgenössische Technische Hochschule).

Aus diesen Gründen wurden verschiedene Vorschläge für ein deutsches Zielkonzepts ausgearbeitet und in ihren Inhalten gegenübergestellt. Eine konkrete Empfehlung für ein Zielkonzept konnte nicht ausgesprochen werden, jedoch wurde festgestellt, dass eine zentrale Leitvision die nationalen Klimaschutzaktivitäten gut bündeln könnte.

Während auf nationaler Ebene die Rahmenbedingungen für die Zielerreichung vorbereitet werden, müssen die konkreten Akteure aus **Regionen und Kommunen** in die Zielkonzeptentwicklung mit eingebunden werden (Verbindung von Top-Down und Bottom-Up-Strategien). Eine Verzahnung zwischen nationalen Visionen und den lokalen und regionalen Aktivitäten würde eine Identifikation dieser einzelnen Initiativen mit dem Leitbild des Bundes wesentlich erhöhen, die Transparenz über die unterschiedlichen Aktivitäten verbessern und auch die Kommunikation erleichtern (Beispiel: 2000-Watt-Städte Basel und Zürich).

In Deutschland gibt es bereits viele verschiedene regionale und kommunale Initiativen, die sich unterschiedliche Ziele gesetzt und verschiedene Wege zur Zielerreichung eingeschla-

gen haben. Im Rahmen der Zielkonzept-Analysen wurden auch drei dieser regionalen/kommunalen Konzepte analysiert.

Bei regionalen und kommunalen Zielkonzepten erkennt man bisher auf Grund der einfacheren Umsetzbarkeit eine klare Tendenz zu Zielsetzungen mit erneuerbarem Energien-Fokus, wie z. B. Bioenergiedörfer oder 100 %-Erneuerbare Energie-Versorgung. Welche Art von EE-Projekten umgesetzt werden, hängt u.a. wesentlich von der vorhandenen Infrastruktur in den Dörfern und Kleinstädten ab. Diese Zielrichtungen entstehen in den meisten Kommunen/Regionen auch aus der Motivation der Stärkung der Wirtschafts- und Strukturentwicklung sowie der Erhöhung der regionalen/kommunalen Wertschöpfung und des Beitrags zur Sicherung bzw. Schaffung von regionalen/kommunalen Arbeitsplätzen. Im Rahmen dieser Zielkonzepte liegt der **Fokus häufig im Ausbau der Anlagen zur Nutzung regionaler erneuerbarer Energien**. **Energieeffizienz und Energiesparmaßnahmen werden oft nicht in die Zielsetzung integriert** oder treten eher als Nebeneffekt in der Maßnahmenumsetzung auf.

Unter Anderem konnte anhand der Analysen festgestellt werden, dass sich die institutionelle Verankerung und Professionalisierung des kommunalen/regionalen Zielkonzepts sowie der Protagonisten positiv auf die nachhaltige Fortführung der Aktivitäten auswirkt. Vor allem beim kommunalen Einflussbereich kommt einem engagierten Protagonisten eine entscheidende Rolle zu, da dieser meist durch seine persönlichen Verbindungen Projekte initiiert und voranbringt. Allerdings gelingt diese Institutionalisierung und Professionalisierung nur selten.

Auf der Grundlage der Analyse wurde im Rahmen dieses Projekts ein Förderprogramm entwickelt, das die Umsetzung verzahnender Zielkonzepte fördern soll. Folgende Fördertatbestände wurden hierbei angedacht:

- Konzepterstellung und Potenzialuntersuchung, auf Basis derer verzahnende Maßnahmen geplant werden können
- Personal, das zentral mit der Umsetzung von Maßnahmen beauftragt wird und einen integrativen Prozess in der Kommune initiiert

Teile dieses Fördervorschlages (wie z.B. die Förderung von Konzepten für Modellregionen mit EE- und EF-Strategie sowie deren Umsetzung) wurden bereits in die Förderrichtlinie vom 18.6.2008 der Klimaschutzinitiative des BMU aufgenommen und umgesetzt.

Szenarien

Ziel der Szenarioanalyse war es, die Dynamik verschiedener Energieversorgungsoptionen innerhalb des jeweiligen Szenariokontexts zu verstehen und hieraus die Bedeutung einer Verzahnung zwischen dem Einsatz erneuerbarer Energien und der Nutzung von Energieeffizienz darzustellen.

Die untersuchten Szenarien verdeutlichen, dass es verschiedene Wege und Strategien gibt, mit denen die angestrebten Klimaschutzziele erreicht werden können. Die untersuchten Szenarien verdeutlichen, dass es verschiedene Wege und Strategien gibt, mit denen die angestrebten Klimaschutzziele erreicht werden können. In drei der fünf betrachteten Energieszenarien sind – bezogen auf den Zeitraum 2005-2020 – die Beiträge von Energieeffizienz zu Klimaschutzzielen deutlich (Szenario Koalitionsvereinbarung und Leitszenario) bis leicht (Szenario Kernkraft) größer als die Beiträge erneuerbarer Energieträger. In den anderen beiden Szenarien können dagegen deutlich (Combined Szenario für Deutschland) bis leicht (Szenario Erneuerbare Energien) größere Beiträge durch erneuerbare Energien als

durch Effizienzsteigerung realisiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Szenarien sich bezogen auf die jeweils ausgewählten Haupt-Optionen für Erneuerbare (dreimal Strom und dreimal Biomasse-Wärme und -Kraftstoffe) und Effizienz (Wärme, Strom sowie Wärme und Strom) zum Teil grundlegend voneinander unterscheiden.

Bei der Beurteilung der Wirksamkeit von Strategien spielen – neben dem Erreichen der Zielmarken selbst – auch andere Aspekte eine wichtige Rolle. So beeinflusst die **zeitliche Dynamik** der gewählten Strategien (Ausbau erneuerbarer Energien, die Erschließung von Effizienzpotenzialen, Kernenergieausstieg oder Laufzeitverlängerung) direkt die Allokation von Investitionen und die Formulierung ausgleichender bzw. ergänzender Politikinstrumente. Dies offenbart sich bei den betrachteten Szenarien am deutlichsten beim Umgang mit Kernkraftwerken: Der mögliche Beitrag durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fällt in dem Szenario Kernkraft (Annahme Laufzeitverlängerung um 20 Jahre) im Vergleich zu allen anderen Szenarien, die dagegen am vereinbarten Ausstieg festhalten, am niedrigsten aus.

Wie sich in verschiedenen Szenarien zeigt, müssen zur Erreichung der gesetzten Klimaschutz- bzw. Emissionsziele sehr hohe Effizienzgewinne realisiert und zugleich mögliche ‚Rebound-Effekte' durch vermehrte Nutzung vermieden werden. Die entsprechend unterstellten Annahmen und Ziele für die Entwicklung der Energieeffizienz übersteigen die in der Vergangenheit erreichten Effizienzgewinne deutlich (vor allem im Leitszenario 2008 wird dies explizit diskutiert). Diese Steigerungen sind teilweise jedoch als Reaktion auf in anderen Bereichen nur schwierig umzusetzende Klimaschutzoptionen (z.B. Ausbau von KWK und offshore Windkraft) zu werten. Entsprechend schwierig wird es, möglicherweise ausbleibende Effizienzgewinne durch diese anderen Optionen auszugleichen, die ebenfalls zeitkritisch sind, vor allem hinsichtlich der anstehenden Ziele im Jahr 2020. Bei den in den Szenarien unterstellten hohen Effizienzsteigerungen ist demnach insgesamt eine hohe Zeitkritikalität anzunehmen.

Von großer Bedeutung ist die Analyse von Bereichen, in denen es zu einer **gegenseitigen Hemmung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz** kommt. In den untersuchten Szenarien wird eine mögliche gegenseitige Hemmung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in der Regel kaum thematisiert. Eine solche hemmende Dynamik kann z. B. im Wärmebereich entstehen, wo der Einsatz erneuerbarer Energien (vor allem bei der Gebäudeversorgung) aufgrund der zu etablierenden Infrastrukturen – Aufbau von Wärmenetzen – unterhalb einer bestimmten Kapazität unwirtschaftlich wird. Je höher jedoch der Dämmstandard von Gebäuden, desto geringer die Nachfrage nach Wärme im Winter und nach Klimatisierung im Sommer. Auch regenerative Versorgungslösungen sowie effiziente KWK-Anlagen geraten dann zum Teil an ihre technisch-ökonomischen Grenzen.

1.1.2 Gebäude (Kapitel 6)

Der Verzahnung von Erneuerbaren und Effizienz kommt im Gebäudesektor eine besondere Bedeutung zu. Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt. Die Entscheidung für eine Heizungsanlage und Gebäudedämmung ist nicht unabhängig voneinander zu treffen. Technisch sind EE und EF über die Höhe des erforderlichen Heizwärmebedarfs, die Anforderungen an Vorlauf- und Rücklauf-Temperaturen und Verteilsystem usw. gekoppelt.

Deshalb sollte das Ziel sein, die Synergien der Verzahnung von EE und EF im Gebäudesektor weitgehend zu nutzen. Allerdings gibt es gerade in diesem, auch für das Errei-

chen von Klimaschutzzielen bedeutenden Sektor Konkurrenzen, die gegen eine Verzahnung wirken. Im Rahmen des Projekts Energiebalance wurden durch Experteninterviews, Workshops und Instrumente-Analysen vielfältige Hemmnisse, die eine verzahnte Vorgehensweise im Gebäudebereich behindern, zusammengetragen.

Verzahnende Technologien: Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien

Bei Neubau- und umfassenden Sanierungsprojekten hat die Dämmung des Gebäudes einen wesentlichen Einfluss auf die Planungen der Energieversorgungsanlagen und Verteilsysteme sowie auf (effiziente) Einsatzmöglichkeiten von EE. Dämmmaßnahmen nach Passivhaus- oder KfW-40-Standard reduzieren den Energieverbrauch in einer Weise, die den Einsatz von manchen erneuerbaren Energiequellen – vor allem Biomasse – erschwert, da z.B. im Einfamilienhaus-Bereich keine adäquaten Kesselgrößen am Markt verfügbar sind oder da beispielsweise Anschlussleitungen für Erdgas oder Nahwärme nicht mehr wirtschaftlich darstellbar sind. Das Energiebalance-Projekt ging daher für den Neubaubereich der Frage nach, welche **Technologien** der erneuerbaren Wärmeversorgung in effizienten Gebäuden technisch und energetisch sinnvoll eingesetzt werden können und welche **Infrastrukturen** dafür aufgebaut werden müssen. In einer Technikfolgenabschätzung der **Gas-Wärmepumpe** wurde gezeigt, dass diese aus ökologischer Sicht bereits heute der Gasbrennwerttechnik überlegen ist. Im Gegensatz zur Brennwerttechnik weisen Gas-WP noch **Optimierungspotenziale** auf, die einen weiteren Ausbau des ökologischen Vorsprungs erwarten lassen. Der ökologische Vergleich zur Elektro-WP wird in hohem Maße von den Annahmen zur Erzeugung des WP-Stromes bestimmt: Im für die Elektro-WP günstigen Fall liegen Gas- und Elektro-WP etwa auf gleichem Niveau, im ungünstigen Fall hat die Erdgas-WP erhebliche ökologische Vorteile gegenüber der Elektro-WP zu bieten.

Um diese Frage beantworten zu können, wurde im Energiebalance-Projekt neben einer ausführlichen Einzelanalyse innovativer Technologien – wie z.B. Kompaktaggregate für Passivhäuser und Gas-Wärmepumpen – neun verschiedene Versorgungsvarianten am Beispiel einer Passivhaus-Siedlung miteinander verglichen und bewertet (s. Tabelle 1.2)[2]. Dabei stand im Vordergrund zu klären: Inwieweit ist bei solch niedrigem Energiebedarf künftig die Nutzung von KWK noch sinnvoll und inwieweit können Fernwärmenetze dann überhaupt noch ökonomisch und ökologisch konkurrenzfähig zu den alternativen Optionen der Einzel- und Nahwärmeversorgung sein. Dazu wurden jeweils die Wärmenetzverluste, die Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 (s. Abbildung 1.2) für verschiedene Preissteigerungs-Szenarien sowie die CO_2-Emissionen ermittelt und speziell die Möglichkeiten einer Versorgung mit Fern- oder Nahwärme mit zentraler oder dezentraler Energieerzeugung geprüft. Die Ergebnisse der Untersuchung hinsichtlich der drei genannten Hauptkriterien sind in folgender Tabelle zusammengefasst[3].

[2] Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Graw/Osnabrück durchgeführt.

[3] Für die ausführlichen Rechnungen siehe www.ifeu.de/energiebalance und http://www.wupperinst.org/projekte/fg1

Tabelle 1.2: Varianten der Wärmeversorgung und deren Bewertung

Nr.	Bezeichnung	Netz-verluste	Klima-schutz	Wirtschaft-lichkeit	Empfehlung
	Fernwärme (KWK-Anteil > 50%)				
0	Fernwärmeversorgung konventionell (Stichleitungen)	- -	+/- [1)]	-	Nicht empfeh-lenswert
1	Fernwärmetrasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- [1)]	+	Bedingt emp-fehlenswert
2	Fernwärmeübergabe an Kopfstationen (Blockversorgung)	- -	+/- [1)]	+	Bedingt emp-fehlenswert
3	Zentrale Fernwärme-Übergabestation und Nahwärmetrasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- [1)]	+ +	(Bedingt) emp-fehlenswert
	Nahwärme				
4	Dezentrales Nahwärmenetz durch die Häuser mit BHKW (KWK-Anteil > 50%)	+	+	+ +	Empfehlenswert
5	Holzpelletkessel in Kopfstationen	+	+ +	+ +	Sehr empfeh-lenswert
6	Kalte Nahwärme aus Sondenfeld und Wärmepumpen in Kopfstationen	+	+/o [2)]	+ +	Empfehlenswert
	Einzelversorgung				
7	Stromdirektheizung	+ +	- -	O	Nicht empfeh-lenswert
8	Wärmepumpen-Kompaktaggregat	+ +	+/o [2)]	-	Bedingt emp-fehlenswert

[1)] Abhängig von Art des Heizkraftwerkes (Brennstoff, Effizienz) und Qualität, Temperaturniveau und Ausdehnung des FW-Netzes (Leitungsverluste)

[2)] Abhängig von den Annahmen zur Art der Stromerzeugung für die elektrische Wärmepumpe (Kraftwerksmix, Grenzkraft-werk...)

Die Modellrechnungen ergaben folgende relevante und belastbare Ergebnisse für die infrastrukturelle Versorgung von Passivhäusern.

- **Fernwärme-Netze** sind aufgrund der hohen anteiligen Verluste zur tatsächlich abgenommenen Endenergie in konventioneller Bauweise (mit Stichleitungen) nicht und in innovativer Bauweise (mit Infrastrukturkanal, Kopfstationen oder zentraler Fernwärme-Übergabestation) nur bedingt energetisch und klimapolitisch empfehlenswert. Trotz der bei den innovativen Varianten nachgewiesenen Wirtschaftlichkeit ist aufgrund der relativ hohen kapitalgebundenen Kosten der Anschluss hocheffizienter Gebäude bzw. Siedlungen aus Sicht der Energieversorger häufig nicht interessant bzw. wird sogar in der Praxis z.T. verweigert. Allerdings könnte die Einbindung des Vorlaufs einer Passivhaussiedlung in einen konventionellen FW-Rücklauf auch für Energieversorger eine interessante Option darstellen. Die Klimaschutzwirkung der FW-Versorgung sondern muss im Einzelfall beurteilt werden.
- **Nahwärme-Netze** stellen im Vergleich zur Fernwärme eine in allen drei Hauptkriterien interessante Option dar. Hier ist auch die Integration von EE oder ein höherer KWK-Anteil möglich. Die FW-Verluste entfallen und die Verluste im Nahwärmenetz können durch verschiedene Maßnahmen, insbesondere durch Verlegung innerhalb der Gebäude, reduziert werden. Zu wesentlichen Kosteneinsparungen kann ein vorgefertigter Infrastrukturkanal, der bereits beim Bau berücksichtigt wird, führen. Bei kleineren Netzen besteht auch zusätzlich die Möglichkeit, auf Übergabestationen zu

verzichten und Gebäudeheizungen direkt zu versorgen. Kopfstationen gespeist durch Holzpelletkessel und in Kombination mit solarthermischen Anlagen schneiden sowohl bezogen auf die CO_2-Emissionen als auch Wirtschaftlichkeit positiv ab. Die Verteilverluste sind vernachlässigbar gering und durch die zusammengefasste Versorgung von mehreren Einzelgebäuden (Objektversorgung) können auch Kessel mit üblichen Größen zum Einsatz kommen. Problematisch bei einer Versorgungsvariante mit Kopfstationen ist allerdings die Frage des Eigentums und des Betriebs: Die unterschiedlichen Gebäudeeigentümer müssen sich privatrechtlich darauf verständigen, dass sie gemeinsam eine Energieerzeugungsanlage betreiben und abrechnen. Einen Ausweg aus solchen Zuständigkeitsproblematiken könnte das Anlagencontracting bieten. Neben der Holzpelletvariante schneiden auch das Nahwärme-BHKW sowie die kalte Nahwärme (s.u.) in den wesentlichen Untersuchungspunkten gut ab.

- Die bereits beschriebenen zentralen Versorgungslösungen wurden mit den **Einzelversorgungsoptionen** Stromdirektheizung sowie mit der Versorgung über Wärmepumpen-Kompaktaggregate verglichen. Bei ihnen sind die Netzverluste gleich Null. Die Stromdirektheizung besticht zwar durch die geringsten Investitionskosten, hat aber gleichzeitig die höchsten Verbrauchskosten und die höchsten Klimabelastungen aufzuweisen. Wegen der schlechten Umweltbilanz und weil diese Variante besonders sensitiv gegenüber zukünftigen Strompreissteigerungen ist, wird für die Stromdirektheizung keine Empfehlung ausgesprochen. Das Wärmepumpen-Kompaktaggregat ist etwa um den Faktor drei effizienter als die Direktstromheizung. Dementsprechend fällt die Klima- und Verbrauchskostenbilanz besser aus. Aufgrund derzeit noch hoher Investitionskosten ist die Wirtschaftlichkeit jedoch nur mittelmäßig. Insbesondere unter der Annahme zukünftig sinkender Preise für Kompaktaggregate stellen diese dennoch eine interessante Lösung zur Einzelversorgung von Passivhäusern dar.
- Für alle Varianten (außer Var. 1 und 4) wurde zusätzlich die Integration von **solarthermischen Anlagen** zur Warmwasserbereitung geprüft. Diese Analyse ergibt, dass klimapolitisch die Einbettung von Solarenergie sehr sinnvoll ist (Verminderung der CO_2-Emissionen um bis zu 30%). Ohne Förderung ist jedoch die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme bei derzeitigen Energiepreisen nicht gegeben.

Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip **Niedertemperaturquellen** mit niedrigem Exergiegehalt. Zur zukünftigen Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien kommt diesen sogenannten „**Low-Ex-Konzepten**“ wachsende Bedeutung zu. Darunter fällt z.B. eine gestufte Bereitstellung von Wärme auf zwei Temperaturniveaus (Heizwasser / Trinkwarmwasser) oder aber der **Anschluss** von Niedrigenergiehäusern bzw. -Siedlungen **an den Fernwärme-Rücklauf** eines konventionellen Fernwärmenetzes mit seinen derzeit noch relativ hohen Vorlauf-Temperaturen. Auch „**kalte Nahwärme**“ ist ein solches Lösungskonzept, welches sich durch Wärmetransport auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (z.B. Vorlauf/Rücklauf 20°C/15°C und weniger) auszeichnet. Dadurch können sowohl die Wärmeverteilverluste (Netzverluste, insbesondere im Sommer) als auch die Verlegekosten (durch geringere Dämmstärken bzw. weitgehenden Verzicht auf Leitungsdämmung) erheblich reduziert werden. Als Wärmequellen eignen sich insbesondere regenerative Niedertemperaturquellen wie Solarenergie, Umgebungswärme (z.B. Regenwasser, Flusswasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, Tunnelwasser, Sickerwasser), geothermische Wärme und „Abfallwärme“ aus lokalen Quellen wie z.B. Industrieanlagen. Zum Anheben der niedrigen Vorlauftemperaturen auf ein nutzbares Niveau können elektrische oder Gas-**Wärmepumpen** eingesetzt werden.

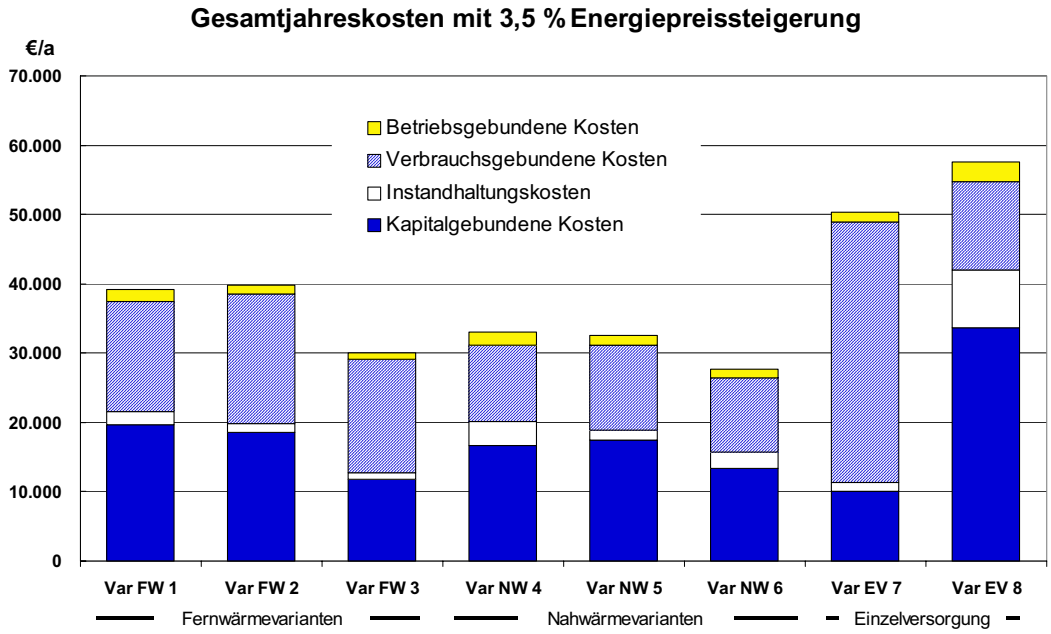


Abbildung 1.2: Gesamtjahreskosten für die Wärmeversorgung einer Passivhaussiedlung mit 34 Wohneinheiten á 120 m^2 Wohnfläche (Berechnung nach VDI 2067, mit 3,5% Energiepreis-steigerung); Ab einer Energiepreissteigerung von 7,5 % ist V 7 die teuerste Variante. (Quelle: eigene Berechnungen)

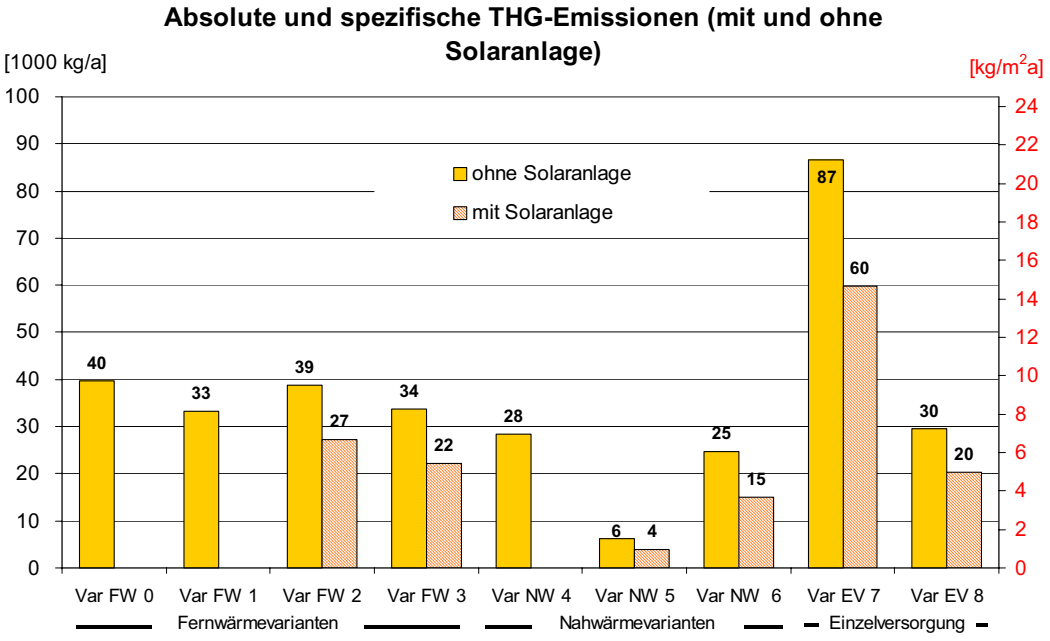


Abbildung 1.3: Absolute und wohnflächenbezogene jährliche Treibhausgas-Emissionen der gesamten Siedlung (ohne und mit Solaranlage), CO_2-Äquivalente nach GEMIS 4.5 (Quelle: eigene Berechnungen)

Var FW 0 klassisch Stichleitung	**Var FW 3** zentraler WT / durch Häuser	**Var NW 6** kalte Nahwärme
Var FW 1 Verlegung durch Häuser	**Var NW 4** zentrales BHKW	**Var EV 7** Strom Direktheizung
Var FW 2 Kopfstationen	**Var NW 5** Holzpellets Kopfstationen	**Var EV 8** WP-Kompaktaggregate

Energieberatung

Die Energieberatung bietet der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz eine besondere Chance. Warum die Energieberatung besonders wichtig ist, zeigen einige Auszüge aus der IFEU-Evaluation der BAFA-Vor-Ort-Energieberatung. Im Rahmen einer Auswertung von 25 Energieberatungsberichten wurden Verzahnungsaspekte in der Energieberatung analysiert und Vorschläge entwickelt, mit welchen Hilfsmittel und Instrumenten Energieberater die optimale Verzahnung von EE und EF zukünftig besser berücksichtigen könnten. Rund 90 % der Beratungsempfänger nannten als wichtigsten Grund für die Inanspruchnahme der Vor-Ort-Energieberatung konkrete (Sanierungs-)vorhaben wie z.B. Wärmedämmmaßnahmen. Ein weiterer Grund für die Beratung bei mehr als 60 % der Beratungsempfänger ist der Wunsch zur langfristigen Reduzierung der Heiz- bzw. Energiekosten. Für rund die Hälfte der Beratenen wurde eine (anstehende) Heizungssanierung bzw. -umstellung als Begründung angeführt. Zudem hat die Evaluation ergeben, dass die Vor-Ort-Energieberatung einen entscheidenden Einfluss darauf hat, in welcher Qualität (z.B. Dämmstoffstärke) die Maßnahme umgesetzt wird. Somit können Energieberater besonders dazu beitragen, dass qualitativ hochwertige Standards in der Sanierung von Wohngebäuden umgesetzt werden.

Und genau hier könnte die verstärkte Verzahnung ihre Potenziale nutzen: indem bereits in der Beratung auf die Möglichkeit hingewiesen wird, dass ein sehr guter baulicher Standard (z.B. Passivhaus- oder Niedrigenergiehausstandard) unter geringen Mehrkosten erreicht werden kann. Viele kommen, um ihre Heizung zu sanieren, und verlassen die Beratung mit einem Gesamtmaßnahmenpaket, das eine Verbesserung der Gebäudehülle mit umfasst. Und umgekehrt: Von den Beratungsempfängern 2005, die eine Solaranlage mit zusätzlicher Heizungsunterstützung installiert haben, gab die Hälfte der Befragten an, dass die Vor-Ort-Energieberatung der entscheidende Impuls (18 %) oder eine wichtige Hilfestellung (32 %) für die Entscheidung zu einer größeren Solaranlage zur zusätzlichen Heizungsunterstützung war.

Die Zeit spielt in der „Energiebalance-Beratung“ eine wesentliche Rolle: Sanierungsmaßnahmen lohnen sich langfristig und beeinflussen weitere Entscheidungen zur Energieversorgung. Die positiven Auswirkungen der Verzahnung werden dann klarer: Erneuerbare Energieanlagen wie Solaranlagen oder Wärmepumpen arbeiten effizienter in Gebäuden mit geringerem Energiebedarf. Durch den Effizienzbonus im Marktanreizprogramm erhöht sich zudem der Förderbetrag dieser Anlagen in besser gedämmten Gebäuden. So können langfristig und nachhaltig der Energieverbrauch und dementsprechend die Kosten reduziert werden.

Passivhausstandards werden in Zukunft immer wichtiger, Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien immer interessanter. Deshalb ist die kontinuierliche Weiterbildung der Energieberaterin / des Energieberaters von zentraler Bedeutung. Häufig aktualisiertes Allround-Wissen, ein ausgeprägtes Verständnis, komplizierte Sachverhalte für Laien transparent zu gestalten, Neutralität und ein vertrauensvolles Auftreten sind die Kernkompetenzen der Berater und Beraterinnen. Unter diesen Voraussetzungen fühlen sich Bauherren sicherer und besser beraten, so dass auch langfristig wirksame Entscheidungen getroffen werden können.

Energieeinsparverordnung und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

In Deutschland ist die europäische Gebäuderichtlinie in der sog. **Energieeinsparverordnung (EnEV)** aufgegangen, die sowohl technische Anforderungen an Gebäude stellt als auch die Rahmenbedingungen für die Erstellung und Vorlage der Gebäudeenergieausweise regelt. Ziel der EnEV ist es, den Energiebedarf für die Heizung, Trinkwassererwärmung sowie für Kühlen, Lüften, etc. zu reduzieren. In der EnEV werden unter anderem folgende zentrale Kenngrößen je nach Bereich (Wohngebäude oder Nichtwohngebäude, Neubauten oder Bestandssanierungen) auf unterschiedlichen Niveaus festgelegt:

- Der **Jahresprimärenergiebedarf (q_P)** beschreibt den bezüglich des fossil-nuklearen Ressourcenbedarfs bewerteten Energiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung etc. Neben der Qualität der Gebäudehülle geht in diesen Faktor der Nutzungsgrad und die Brennstoffart ein: Erneuerbare Energieträger führen zu einem sehr geringen Jahresprimärenergiebedarf.
- Der **Transmissionswärmeverlust (H_T')** beschreibt den mittleren U-Wert aller Bauteile eines Gebäudes, also die Qualität der Dämmung der Gebäudehülle.
- Werden nur bestimmte Teile eines Gebäudes saniert, müssen Anforderungen an die **U-Werte** einzelner Bauteile eingehalten werden.

Der Vorteil dieser doppelten Grenzwertfestlegung liegt in der erhöhten Planungsflexibilität und architektonischen Freiheit. Ein gewisser Nachteil mit Blick auf den Klimaschutz liegt darin, dass es zu Maßnahmenverschiebungen kommen kann, die dazu führen, dass zugunsten des Einsatzes von EE an Bauteilqualitäten gespart wird. Inwiefern diese Problematik in der Zukunft weiter bestehen bleibt oder sich verändert, wurde im Rahmen des Projekts Energiebalance analysiert.

Dazu wurde der Referentenentwurf für die EnEV 2009 untersucht (Stand Dezember 2008). Gegenüber der EnEV 2007 wurde eine 30%ige Verschärfung der Anforderungen zur Primärenergie angekündigt, die etwa in gleichen Teilen durch die Gebäudehülle und die Anlagentechnik erbracht werden soll. Zudem gibt es weitgehende strukturelle Veränderungen. Für den Wohngebäudebereich wird ein sogenanntes Referenzgebäudeverfahren eingeführt. Für dieses Referenzgebäude werden Ausstattungsvorgaben insbesondere für die Qualität der Wärmedämmung (U-Werte) und für die Anlagentechnik gemacht. Unter anderem berücksichtigt das Referenzgebäude eine zentrale Trinkwassererwärmung mit Solaranlage. Der Primärenergie-Grenzwert impliziert also bereits einen Anteil erneuerbarer Energien.

Mit diesen Referenzdaten wird für jedes individuelle Gebäude der entsprechende Primärenergie-Bedarf errechnet, der dann den Grenzwert für das konkrete Gebäude darstellt. Zusätzlich wurden für bestimmte Gebäudetypen (Einfamilienhaus, kleines und großes Mehrfamilienhaus, etc.) die maximalen spezifischen Transmissionswärmeverluste festgelegt. Die U-Werte für die Bauteilsanierung wurden maßgeblich verschärft.

Neben der EnEV gibt es seit dem 1.1.2009 ein weiteres gebäudebezogenes Instrument, das **Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)**. Dieses verlangt, dass in Neubauten ein vorgegebener Teil des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Dabei können verschiedene Formen der erneuerbaren Energien allein oder in Kombination genutzt werden. Für die verschiedenen Wärmequellen sind unterschiedliche Anteile zur Wärmeenergiedeckung vorgeschrieben. Außerdem gibt es Anforderungen an die Technologien (z.B. Gütesiegel für Solarkollektoren).

Sollen oder können keine EE-Anlagen genutzt werden, können andere klimaschonende Maßnahmen, sogenannte Ersatzmaßnahmen, ergriffen werden, wie z.B. bessere Gebäudedämmung über das in der EnEV verlangte Maß hinaus, Nutzung von Wärme aus Abwärmequellen und, unter bestimmten Rahmenbedingungen, aus Nah- und Fernwärme oder Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Somit ergeben sich mit der EnEV 2009 mehrfache Verzahnungen zwischen Erneuerbaren und Effizienz: Die EnEV berücksichtigt in ihrem Grenzwert eine Solaranlage, während das EEWärmeG nicht nur Effizienzanforderungen an die Anlage stellt, sondern auch erlaubt, dass anstelle einer EE-Anlage verstärkt gedämmt wird. Das Energiebalance-Projekt hat versucht, anhand von Berechnungen von fünf Beispielwohngebäude dieses komplizierte Geflecht zu überprüfen. Vorläufer dieser Berechnungen sind in den Diskussionsprozess um das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz eingeflossen.

Neubauten

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Transmissionswärmeverlust für die fünf Gebäude (Abbildung 1.4) zeigen, dass die expliziten, in der EnEV festgelegten H_T'-Anforderungen nach EnEV 2009 (Entwurf) (■) für nahezu alle Gebäude (Ausnahme Reihenhäuser) schärfer sind als gemäß geltender EnEV (--♦--). Alternativ lässt sich auch aus den Primärenergieanforderungen ein H_T' herleiten: Legt man beispielsweise einen Ölheizkessel ohne erneuerbare Energien zu Grunde, muss ein relativ scharfer H_T'-Wert eingehalten werden, weil im Referenzgebäude eine Solaranlage angenommen wird, die hier durch bessere Dämmung bzw. Gebäudedichtheit oder Wärmerückgewinnung kompensiert werden muss (♦).

Darüberhinaus muss ein solches Gebäude allerdings auch das Erneuerbare Wärmegesetz einhalten. Wenn wir annehmen, dass es nicht über einen Wärmenetzanschluss o.ä. verfügt, müsste dieses außerdem die Anforderungen der EnEV um 15 % unterschreiten – und zwar bezüglich des Primärenergiekennwertes und H_T'. Daraus ergeben sich nochmals strengere H_T'-Anforderungen, die zum Teil nur mit Passivhauskomponenten erfüllt werden können (o). In diesen Fällen gibt es allerdings auch die Möglichkeit, die weitere Verschärfung der Primärenergie-Anforderung durch z.B. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zu kompensieren.

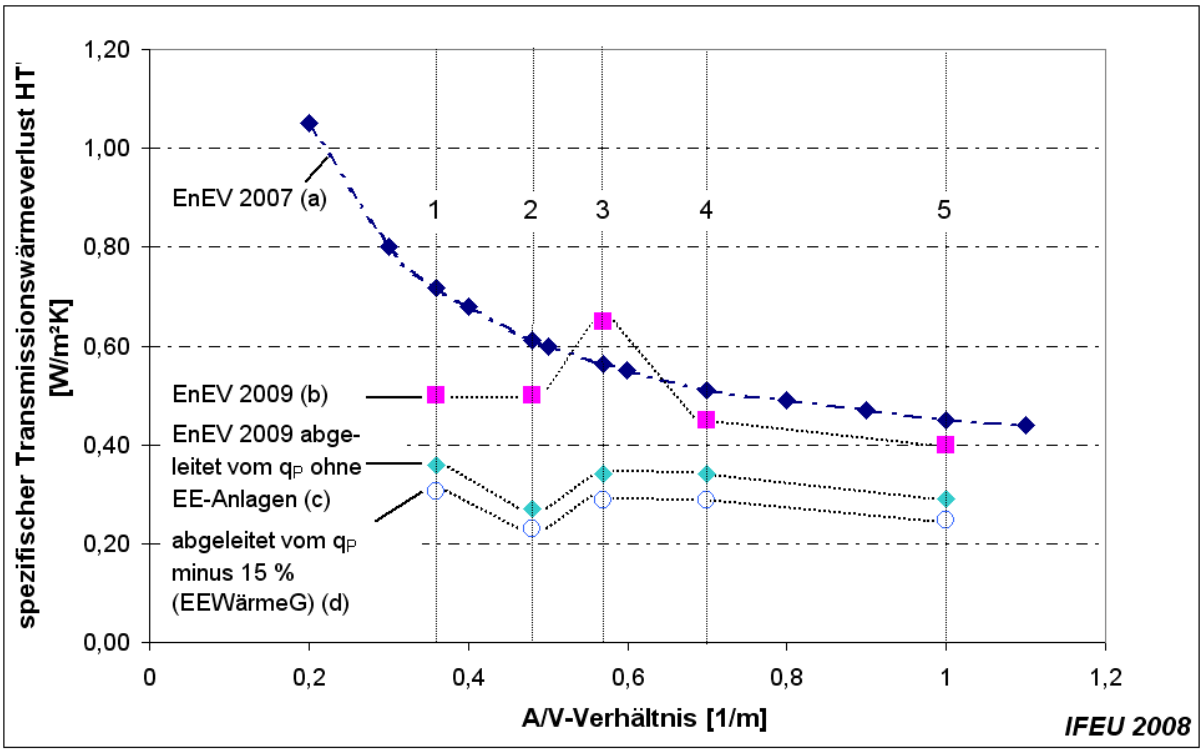


Abbildung 1.4: Maximaler Transmissionswärmeverlust (H_T') für die fünf Neubau-Beispielgebäude (a) nach geltender EnEV (--♦--), (b) nach EnEV-Entwurf 2009 (■), (c) die erreicht werden *müssten*, um die Primärenergieanforderungen nach Referenzgebäudeverfahren ohne Einsatz von erneuerbaren Energien zu erreichen (♦), (d) sowie um die Primärenergieanforderungen minus 15% (Vorschrift nach EEWärmeG) einhalten zu können (o).
1: großes Mehrfamilienhaus, 2: Mehrfamilienhaus, 3: Reihenhaus, 4: Doppelhaushälfte, 5: Einfamilienhaus.

Anders verhält es sich beim Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, beispielsweise Biomasse: In diesem Fall werden die Primärenergieanforderungen in jedem Fall unterschritten. Für H_T' werden die expliziten Grenzwerte (■) wirksam. Diese liegen aber im Durchschnitt nur 11 % unter den alten Grenzwerten (dies gilt sowohl für den Mittelwert der hier betrachteten Gebäude als auch für den Mittelwert der in Deutschland errichteten Neubauten). Die Verschärfung der EnEV in Bezug auf die Qualität der Gebäudehülle kann also durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger – der nach EEWärmeG eigentlich gefordert wird – weitgehend umgangen werden. Dies kann aber durchaus problematisch sein, da

- Heizungen eine deutlich geringere Lebensdauer haben als die Gebäudehülle. Die Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle legen deren Endenergiebedarf auf Jahrzehnte fest.
- insbesondere Biomasse begrenzt verfügbar ist. Damit sie einen weitgehenden Substitutionseffekt entfaltet, sollte sie in ressourcenschonenden Anwendungen zum Einsatz gelangen.

Die Minderung des Primärenergiebedarfs wird überproportional durch erneuerbare Energien und nur unterproportional durch eine Verbesserung der Gebäudehülle erbracht. Damit werden eigentlich gerade die Dämmmaßnahmen, die sich unter heutigen Energiepreisen als besonders wirtschaftlich darstellen, benachteiligt. Zudem wird deutlich, dass der Zirkelbezug in den Gesetzen deren Transparenz und Verständlichkeit einschränkt.

Sanierung von Bestandsgebäuden

Noch offenbarer werden die Möglichkeiten der gegenseitigen Aufrechnung im Fall der Sanierung von Bestandsgebäuden. Im Rahmen der EnEV 2009 gibt es (wie auch in der EnEV 2007) die Möglichkeit, zwischen zwei Verfahren zu wählen:

- man erfüllt die Anforderungen an einzelne Bauteile (z. B. maximaler U-Wert von Wänden, Fenstern etc,), wenn mehr als 10% der gesamten Bauteilfläche von Veränderungen betroffen sind, oder
- man erfüllt die Primärenergieanforderungen für den Neubau (q_P Referenzgebäude) mit einem Aufschlag von 40%.

Eine Anforderung zur Einhaltung einer Mindestqualität der Gebäudehülle (H_T`-Grenzwert) ist im Entwurf der EnEV 2009 für Sanierungen nicht vorgesehen.[4]

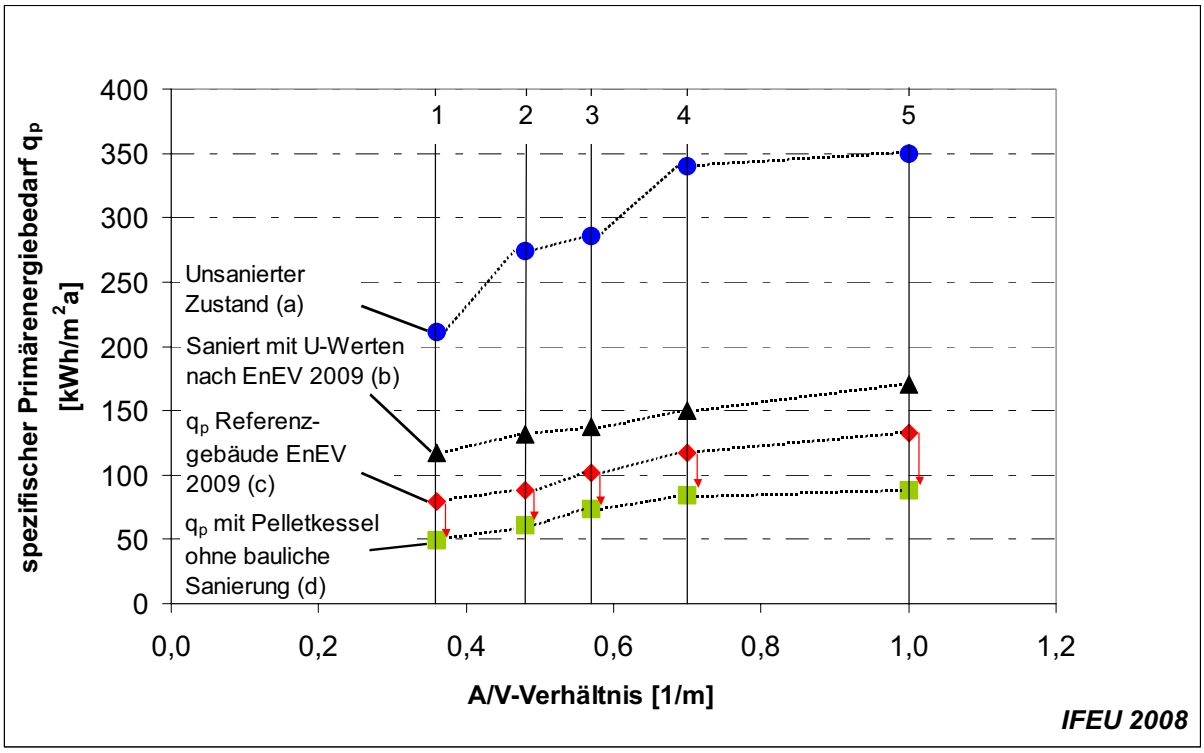


Abbildung 1.5: Spezifische Primärenergiebedarfswerte für die berechneten Typengebäude (a) im unsanierten Zustand (●), (b) nach Sanierung *aller* Bauteile gemäß Bauteilverfahren EnEV 2009 (▲) ohne an der Anlagentechnik etwas zu verändern, (c) Höchstwert für Bestandssanierung nach Referenzgebäudeverfahren (♦) und (d) Primärenergiebedarf, der erreicht werden kann, wenn ausschließlich ein Holzpelletskessel installiert wird, ohne Verbesserung der Gebäudehülle (■).
1: großes Mehrfamilienhaus, 2: Mehrfamilienhaus, 3: Reihenhaus, 4: Doppelhaushälfte, 5: Einfamilienhaus.

Setzt man beispielsweise Biomasse ein, wird es nach dem EnEV 2009-Entwurf möglich, mit dem Wegfall der Nebenanforderung für die Gebäudehüllenqualität die Primärenergiebedarfsgrenzwerte einzuhalten, ohne dass eine weitere Gebäudedämmung erforderlich ist (■).

Dadurch wird Abbildung 1.5 zur entscheidenden Grafik, um gegen eine Verzahnung zu plädieren – durch die alleinige Primärenergieanforderung werden keinerlei Einsparanforderun-

[4] Nach Redaktionsschluss wurde bekannt, dass eine solche Begrenzung des H_T' eingeführt werden soll.

gen fixiert. Diese Regelung kann also bei entsprechender Auslegung dazu führen, dass, um Investitionskosten zu senken, Dämmmaßnahmen gar nicht oder überwiegend in schlechterer Qualität durchgeführt werden.

Vorschläge zur Weiterentwicklung der EnEV und des EEWärmeG[5]

Eine Weiterentwicklung der Gesetze sollte daher nach Meinung der Autoren verschiedene Aspekte aufgreifen:

1. Entflechtung. Dieses Politikbeispiel zeigt, dass eine zu starke Verzahnung von Erneuerbaren und Effizienz auch Nachteile haben kann: zum einen ergibt sich die Möglichkeit einer Aufrechnung von Dämmung und Erneuerbaren Energien, zum anderen wird das gesetzliche Gefüge sehr kompliziert.

Diese Entflechtung der Ziele und Anforderungen könnte durch die Definition maximaler Heiz- und **Endenergiebedarfswerte** anstelle des H_T`-Grenzwertes in der EnEV unterstützt werden. Somit wird der Fokus auf Wärmeschutz-, und auf effizienzsteigernde Maßnahmen in der Anlagentechnik gelegt. Die Referenzgebäude-Anforderungen der EnEV sollten sich auf Gebäudehülle, Lüftungsverluste und Anlageneffizienz beziehen, weshalb die Integration von Solaranlagen im Referenzgebäude wieder zurückgenommen werden sollte. Nur im Rahmen des EEWärmeG werden dann Vorgaben bezüglich der Art der Energiebedarfsdeckung formuliert.

Durch diese Trennung in Hülle, Anlage und Energieträger würde eine klare Regelung geschaffen und ausgeschlossen, dass sich Bauherren und Sanierer durch den EE-Einsatz von der Pflicht zur nachhaltigen Dämmung freikaufen können. Vorrangiges Ziel der EnEV sollte es sein, den Energie*bedarf* insgesamt zu beschränken, während das EEWärmeG dazu dient zu regeln, *wie* dieser Energiebedarf gedeckt wird. Allerdings müssen auch bei einer Entflechtung gewisse Flexibilisierungsmöglichkeiten zwischen Gebäudehülle, Anlageneffizienz und erneuerbaren Energieträgern berücksichtigt werden, um die Regelungen politisch durchsetzbar zu machen.

---

[5] Dieses Kapitel beruht auf dem Referentenentwurf der EnEV 2009, Stand Januar 2009. Kurz vor Redaktionsschluss zu diesem Endbericht wurde die Energieeinsparverordnung 2009 vom Bundeskabinett verabschiedet und beschlossen. Eine wesentliche Forderung, dass bei Generalsanierungen ein Gebäudehüllen-basierter Grenzwert wieder eingeführt werden sollte, wurde in der Überarbeitung der Novelle berücksichtigt. Die ausgeführten Anmerkungen zu den Überschneidungen und Verzahnungen mit dem EEWärmeG bleiben jedoch weiterhin bestehen, da es hier keine Änderungen bezüglich der Neubauanforderungen mehr gab. Zusätzlich bleibt kritisch zu bemerken, dass durch die Einführung des Referenzgebäudeverfahrens wie auch durch die Anwendung der DIN 18599 für die Gebäudebilanzierung die Komplexität der Verordnung wesentlich zugenommen hat. Der Praxisbezug geht somit ein Stück weit verloren.

Aufgrund des EEWärmeG, welches seit Janurar 2009 gilt, musste §5 der EnEV überarbeitet werden. §5 ermöglicht nun, dass Strom aus erneuerbaren Energien, der im Gebäude erzeugt und verbraucht wird, vom Endenergiebedarf abgezogen werden kann. Diese Regelung war im Novellenentwurf nicht enthalten, weshalb die Konsequenzen dieser Regelung in der Bewertung der EnEV-Novelle nicht berücksichtigt wurden. Aus Energiebalance-Sicht ist dieser Paragraph aus zwei Gründen sehr problematisch: 1. Der Endenergiebedarf kann durch den EE-Strom-Anteil reduziert werden, obwohl sich die EnEV im Wohngebäude weiterhin im Wesentlichen auf Heizenergie konzentriert. Somit wird es möglich, dass Endenergie für Heizung und Strom miteinander verrechnet werden kann. Dies kann sogar so weit führen, dass ein Teil der Dämmmaßnahmen im Neubaubereich z.B. durch den Einsatz einer PV-Anlage umgangen werden kann. Der Mehrverbrauch an Heizenergie wird also durch EE-Strom substituiert, weshalb aus Energiebalance-Sicht (wie bereits erwähnt bezüglich der Solaranlage im Referenzgebäude) der Energieeinspargedanke teilweise verloren geht. 2. Da der Strom aus erneuerbaren Energien direkt vom Endenergiebedarf abgezogen werden kann, wird dieser bezüglich Emissionen oder Primärenergie mit Null bewertet. Langfristig sinnvolle Einsparziele werden durch die neue EnEV nicht forciert.

Die erforderliche Flexibilität im EEWärmeG für den Fall, dass keine erneuerbaren Energien eingesetzt werden können, könnte durch die Etablierung einer **Ersatz*zahlung*** anstelle einer Ersatz*maßnahme* gewährleistet werden. Von der EE-Wärmepflicht sollten nur extrem gut gedämmte Gebäude deutlich unter EnEV-15 % (z. B. Passivhausstandard) ausgenommen sein.

2. Vereinfachung. Vor allem im Wohngebäudebereich, wo vom Eigentümer bis hin zum ausführenden Betrieb für Bau oder Sanierung unterschiedlichste Akteure am Werk sind, sind aus Sicht der Autoren wesentliche Vereinfachung notwendig und auch möglich. Diese Vereinfachung betrifft einerseits die grundsätzlichen Anforderungen (Grenzwerte) als auch die verwendeten Bilanzierungsverfahren. Die geplante Einführung des Referenzgebäudeverfahrens sowie das festgelegte Ziel, die sehr komplexe DIN 18599 auch für den Wohngebäudebereich zur Anwendung zu bringen, widerspricht einer solchen Vereinfachung.

3. Verschärfung der H_T`-Anforderungen. Bei den geplanten Neubauvorschriften entsteht der größte Teil der Verschärfung durch die im Referenzgebäude berücksichtigte Solaranlage und effizientere Anlagentechnik. Der Verschärfungsanteil der Gebäudehülle bleibt im Vergleich zu den wirtschaftlich möglichen Anforderungen hinter den Erwartungen zurück. Deshalb ist eine weitergehende Verschärfung der H_T`-Anforderungen in 2009 für Neubauten wünschenswert.

Im Bereich der Generalsanierung von Gebäuden wurde gänzlich auf einen gebäudehüllenbasierten Grenzwert verzichtet. Die derzeit geplante Festlegung lediglich eines Primärenergiegrenzwertes (das 1,4-fache des Primärenergiegrenzwertes bei Neubauten) könnte somit dazu führen, dass Dämmmaßnahmen nicht oder in schlechterer Qualität durchgeführt werden. Dadurch werden Gebäudestandards und somit auch Energiebedarfswerte für einen Zeitraum von mindestens 40 Jahren festgelegt. Deshalb müssen hier zwingend Veränderungen im Novellierungsentwurf der EnEV 2009 vorgenommen und ein Grenzwert für H_T` berücksichtigt werden (siehe Fußnote6).

4. Anpassung. In Bezug auf einige Energieträger, zum Beispiel Biomasse, Bioöle oder Fernwärme, ist die derzeitige primärenergetische Bewertung als kritisch zu betrachten. Um die Kompensationsmöglichkeit von Effizienzmaßnahmen durch erneuerbare Energieträger gerade bei Biomasse, die ja auch einen begrenzt verfügbaren Rohstoff darstellt, zu limitieren, ist die **Abänderung des Primärenergiefaktors der Biomasse** notwendig. Gleiches gilt für die Festlegung von Fernwärme-Primärenergiefaktoren.

Bleiben jedoch beide Instrumente wie derzeit vorgesehen nebeneinander stehen, könnten durch deren Verzahnungen durchaus nachteilige Entwicklungen folgen. Sowohl die EnEV als auch das EEWärmeG würden ggf. nicht ihr volle Klimaschutzwirkung erzielen können. Es ist schwierig vorherzusagen, wie die Instrumente letztendlich wirken. Rein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten könnte sich das EEWärmeG zu einem Effizienzgesetz im Gebäudebereich entwickeln, da eine verbesserte Dämmung als Ersatzmaßnahme in der Regel günstiger ist als der Einsatz erneuerbarer Energieträger. Dieses EE-Instrument könnte eine interessante Dynamik entwickeln, welche die EnEV aufgrund der Flexibilisierungsmöglichkeiten (Aufrechenbarkeit von Dämmung gegen erneuerbare Energien) bisher nicht erreichen konnte. Wird jedoch beim Neubau von Gebäuden nicht nur nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschieden, werden wichtige Effizienzpotenziale über Jahre hinweg nicht ausgeschöpft, da durch den obligatorischen Einsatz von erneuerbaren Energien am Wärmeschutz gespart werden kann.

Marktanreizprogramm

Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien muss sich genauso wie Heizungsanlagen mit fossilen Brennstoffen hinsichtlich ihrer Effizienz messen lassen. Bei allen Anlagentypen sind Verbesserungen der Effizienz möglich und sinnvoll, insbesondere da eine Steigerung des Nutzungsgrades der Umwandlung von Primär- in Nutzenergie auch die (bei erneuerbaren Energieanlagen oftmals spezifisch höheren) Kapitalkosten pro installierter Leistung senkt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen

- Solaranlagen und tiefer Geothermie, die keinen separaten Brennstoff benötigen, sondern lediglich zum Betrieb von Peripherie-Aggregaten (Pumpen, Regelung, etc.) Hilfsenergie beziehen;
- Wärmepumpen, die in beträchtlichem Maß Gas oder Strom zur Nutzung der Umweltwärme benötigen und
- Biomasse-Anlagen, die einen zwar erneuerbaren und klimafreundlichen, aber dennoch begrenzt vorhandenen Brennstoff einsetzen.

Effizienzsteigerungen von erneuerbaren Energieanlagen lassen sich erreichen durch eine Steigerung des **primärenergetischen Nutzungsgrades,** durch Wechsel von primärenergieintensiven Endenergieträgern auf weniger intensivere (Beispiel Elektro-Wärmepumpe → Gas-Wärmepumpe), durch eine Steigerung des **Anlagen-Nutzungsgrades** beispielsweise durch Brennwertnutzung bei Biomasse-Kesseln oder Kraft-Wärme-Kopplung, aber auch durch eine **Senkung des Hilfsenergiebedarfs** (Beispiel effiziente Pumpen bei Solaranlagen).

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird in Deutschland im Rahmen des sogenannten „Marktanreizprogramms“ (MAP) gefördert. Ziel des “Marktanreizprogramms“ ist es, den Deckungsanteil der erneuerbaren Energien speziell im Bereich der Wärmeversorgung im Energiemarkt zu erhöhen. Gefördert werden u. a. Solarkollektoranlagen, Biomassekessel, effiziente Wärmepumpen und Nahwärmenetze durch Investitionszuschüsse bzw. zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschuss.

Im Rahmen des Energiebalance-Projektes wurde das MAP hinsichtlich seiner Effizienzanforderungen untersucht und Verbesserungsvorschläge abgeleitet (siehe Tab. 1.1). Beispielsweise wird ein höherer Fördersatz für besonders gut gedämmte Gebäude, eine Bonusförderung für optimierte Heizungssysteme mit besonders effizienten Pumpen und die Förderung von Biogas-Mikronetzen vorgeschlagen.

Beispiel Umwälz- und Kollektorkreispumpen

Umwälz- und Kollektorkeispumpen sind in der Gesamtenergiebilanz eines Heiz- bzw. Kollektorkreises ein wichtiger Bestandteil mit hohem Einsparpotenzial und zugleich geringen Amortisationszeiten. In deutschen Haushalten laufen ca. 14 Millionen Heizungs- und 6 Millionen Warmwasserzirkulationspumpen, welche bisher technisch bedingt nur 10 – 15 % der ihnen zugeführten Leistung in Pumpleistung umsetzen können. Zudem sind diese im Mittel deutlich überdimensioniert (Angstzuschläge) und laufen häufig mit voller Leistung, selbst wenn der Heizbetrieb abgesenkt bzw. unterbrochen ist.

Seit einigen Jahren bieten Pumpenhersteller jedoch auch besonders effiziente geregelte **Umwälzpumpen** mit Permanentmagnet-Technologie an. Sie verbrauchen im Jahr bis zu 80 % weniger Strom als “herkömmliche” Pumpen. Zeitgleich mit dem Einbau der Pumpen ist ein sorgfältiger **hydraulischer Abgleich** notwendig, um die volle Funktionsfähigkeit des Sys-

tems zu gewährleisten. Dieser hydraulische Abgleich senkt zudem die Wärmeverluste des Systems. Ähnlich wie bei den Heizkreispumpen sind **Solar-Kollektorkreispumpen** in der Regel überdimensioniert. Mit diesen Pumpen reduziert sich die durch Sonnenkollektoren prinzipiell mögliche Primärenergieeinsparung um 15 %. Bei der Verwendung von Hocheffizienzpumpen kann dieser parasitäre Verbrauch auf 2 - 4 % gesenkt werden.

Solche besonders effizienten Pumpen haben sich gleichwohl noch nicht als Standardkomponente für Heiz- und Kollektorsysteme im Markt etabliert. Hemmnisse sind in erster Linie deutlich höhere Investitionskosten, die damit einher gehende Präferenz der Hersteller, reguläre Pumpen in Kompaktsystemen und Solargruppen zu verwenden, eine reservierte Haltung des Handwerkes gegenüber der komplizierteren Einregelung und mangelnder Informationsfluss zum Kunden.

Das Energiebalance-Projekt schlug daher eine Förderung solcher besonders effizienter Pumpen im Rahmen des Marktanreizprogramms vor. Umgesetzt in der aktuellen Fassung des MAP wurde ein Investitionszuschuss von 200 € für besonders effiziente Umwälzpumpen eines Heizsystems, welche das freiwillige Energielabel der Klasse A tragen bzw. deren Bedingungen erfüllen. Zudem ist ein Nachweis über den hydraulischen Abgleich zu erbringen. Solarkollektorpumpen werden mit 50 € pro Pumpe gefördert.

1.1.3 Strom (Kapitel 7)

Der Ausbau **erneuerbarer Energien** im Stromsektor erfolgt ausgesprochen dynamisch. Innerhalb von nur zehn Jahren hat sich der Anteil der Stromerzeugung aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse von rund fünf auf jetzt rund 15 Prozent des Bruttostromverbrauchs nahezu verdreifacht. Wind, Wasser, Biomasse, Photovoltaik und Geothermie trugen 2007 mit rund 87 Milliarden kWh zur Stromversorgung von Deutschland bei. Sollte sich die jetzige **Wachstumsdynamik** fortsetzen, so werden die Ziele für 2010 und 2020 übererfüllt.

Der Stromverbrauch hingegen ist seit 15 Jahren angestiegen und 2008 nur leicht zurückgegangen. Diese Verbrauchsentwicklung ist Ergebnis einer komplexen Überlagerung verschiedener Effekte. Während beispielsweise der Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt in der Tendenz gefallen ist, führten – trotz effizienter werdender Einzelgeräte – wachsende Ausstattungsgrade, Produkt- und Nachfrageverschiebungen und gesellschaftliche Strukturentwicklungen (beispielsweise abnehmende durchschnittliche Haushaltsgröße) zu einem steigenden Pro-Kopf-Bedarf in den Haushalten.

Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt. Anders im Strombereich: Hier ist die Verschränkung nicht so unmittelbar und weniger technisch geprägt, da die elektrische Versorgung im Unterschied zur Wärmeversorgung nahezu ausschließlich leitungsgebunden erfolgt und die Herkunft des Stroms beim Endverbraucher technisch keine Rolle spielt.

Das Energiebalance-Projekt untersucht die Frage der Verzahnung von Effizienz und Erneuerbaren Energien im Stromsektor in zweierlei Hinsicht:

- die Frage nach der Effizienz *von* EE-Anlagen. Sie ist von Relevanz zum einen für die Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz der EE-Anlagen (z. B. Solaranlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Modulfläche; Biomasseanlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Brennstoff, etc.). Bei Biomasse-Anlagen kommt hinzu, dass das Brennstoffangebot potenzialseitig nicht unbegrenzt ist und eine erhöhte Effizienz somit einen Beitrag leistet, Flächen- und Nutzungskonkurrenzen zu mildern.

Eine besonders wichtige technische Variante der Effizienzsteigerung von erneuerbaren Energie-Anlagen ist die Kraft-Wärme-Kopplung.

- *Lernen von den Erneuerbaren*: Es erscheint sinnvoll, von den Erfahrungen mit eingesetzten Politikinstrumenten und Maßnahmentypen, Verfahrensweisen, Umsetzungsprozessen und Evaluationskonzepten gegenseitig zu lernen. Auf einer instrumentellen Ebene ist es beispielsweise denkbar, den erfolgreichen Mechanismus des Erneuerbare Energien-Gesetzs auf Effizienzelemente zu übertragen.

Erneuerbare Energien effizienter machen: Effizienzanforderungen im EEG (Kapitel 7)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verfolgt das Ziel, den Anteil erneuerbarer Stromproduktion nachhaltig zu steigern. Dazu regelt das Gesetz den vorrangigen Anschluss von Anlagen, die Elektrizität aus erneuerbaren Energien (und Grubengas) produzieren, an das Netz der allgemeinen Versorgung, dessen vorrangige Abnahme, Übertragung und Vergütung und einen bundesweiten Ausgleich des abgenommenen und vergüteten Stroms. Daneben legt das Gesetz feste spartenspezifische Vergütungssätze fest, die die Netzbetreiber an die Betreiber der Anlagen zahlen müssen.

Während der Laufzeit des Energiebalance-Projektes wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz novelliert. An das Projektteam wurde daher die Frage gestellt, welche Effizienzanforderungen an EE-Anlagen in das neue Gesetz aufgenommen werden sollen.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz in seiner Fassung von 2004 setzt bereits unterschiedliche Arten von Effizienzimpulse für erneuerbare Energieanlagen. Dabei unterscheiden wir zwischen **Anreizen**, die eine Erhöhung der Effizienz belohnen, **Forderungen**, die ein gewisses Maß an Effizienz verlangen, und **indirekten** Effizienz-**Wirkungen**, die als Folge der Ausgestaltung des EEG entstehen.

- Der stärkste **implizite Effizienzanreiz** geht von der Vergütungshöhe aus. Bei gegebenem Input führt eine Erhöhung des Stromertrags unmittelbar zu einer Erhöhung der Vergütung. Daher gibt es für alle Sparten einen Anreiz zur Effizienz.
- **Explizite Effizienz-Anreize** bestehen für Biomasse (bei Deponiegas, Klärgas und Minengas nur Technologiebonus) durch
  - den KWK-Bonus, der die gleichzeitige Wärmeauskopplung von Biomasse-Anlagen mit 2 Ct/kWh belohnt; und
  - den sogenannten Technologiebonus, der zum einen nur für Anlagen gewährt wird, die auch in KWK betrieben werden, und zum zweiten für innovative, potenziell ressourcen- und klimaschonende Technologien gewährt wird.
- Explizite **Effizienzforderungen** entstehen im EEG beispielsweise über die Mindestkriterien an den Ertrag eines Windstandorts oder über die Mindestkriterien für den elektrischen Wirkungsgrad von Altholzanlagen, die in der Biomasse-Verordnung niedergelegt sind.
- **Implizite Effizienzwirkungen** entstehen durch verschiedene Ausgestaltungsvarianten; beispielsweise die Größenstaffelung der Vergütungssätze bevorzugt kleinere Anlagen, die einerseits (bei Biomasse-KWK) eine höhere Wärmenutzung (→ höherer Gesamtnutzungsgrad) bzw. eine verstärkte Güllenutzung (→ Einsparung von Treib-

hausgasen) erlauben, andererseits auf Grund der Größenabhängigkeit der Nutzungsgrade vieler Anlagen zu geringfügig niedrigeren Nutzungsgraden führen kann.

Tabelle 1.3: Effizienzanreize für EEG-Anlagen im EEG 2004

	Wind	Wasser	Geothermie	PV	Biomasse	Klär-, Deponie, Minengas
Impliziter Anreiz Vergütungshöhe	X	X	X	X	X	X
Expliziter Anreiz KWK-Bonus bzw. Wärmenutzungsbonus	-	-	-	-	X	-
Technologiebonus	-	-	-	-	X	X
Forderungen	Mindestertrag				Biomasse-Verordnung	
Indirekte Wirkungen Größenstaffelung	X	X	X	X	X	X

Bei einer Effizienzbetrachtung ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz bei den verschiedenen Sparten eine sehr unterschiedliche Bedeutung hat.

Bei **Wind- und Wasserkraftanlagen** ist die Anlageneffizienz auf Grund des großen herstellerseitigen Technologiewettbewerbs und (im Fall der Wasserkraft) der langjährigen Technologieerfahrung i. w. ausgereizt bzw. wird im Zuge der Technologiefortschritte „automatisch" erschlossen. Bei Windkraft setzt das EEG einen Effizienzakzent, in dem besonders schlechte Standorte von einer Vergütung ausgeschlossen werden. Anreize sollten bei der Windkraft eher im Bereich der Systemintegration und -dienstleistungen liegen.

„Energieeffizienz" im Bereich der **Fotovoltaik** bezieht sich vor allem auf die für die Herstellung der Anlage erforderliche Energie und den Wirkungsgrad der Anlage. Hier ergeben sich durchaus große Unterschiede in Abhängigkeit von der Technologie (Dünnschicht, mono-/polykristallin), der Aufständerungsart, der geographischen und geometrischen Anordnung der Anlage (Standort, Verschattung, Einstrahlwinkel, etc.), den eingesetzten Rohstoffen (Solarsilizium versus electronic grade), dem Recyclinggrad etc. Die Energierücklaufzeiten heutiger Solarzellen liegen für deutsche Standorte zwischen zwei und fünf Jahren.

Daher gibt es Vorschläge, die EEG-Vergütung oder einen Effizienzbonus in Anlehnung an den kumulierten Energieverbrauch oder an eine ökobilanzielle Bewertung (pro kW, pro m^2 o. ä.) der Herstellung zu definieren. Während dieser Grundgedanke durchaus interessant ist, hat das Energiebalance-Projektteam im Rahmen der EEG-Novelle 2008 dennoch vorgeschlagen, eine solche zusätzliche Verankerung dieses Bonus nicht zu realisieren. Dies nicht nur, weil er eine zusätzliche Komplizierung des EEG bedeutet, sondern vor allem, weil die geringe Bedeutung der Herstellungsenergie von PV insgesamt dies nicht rechtfertigt, aus zwei Gründen:

- *Umwelt"import" aus dem konventionellen Energiesystem.* In Ökobilanzen wird davon ausgegangen, dass für die Produktion der Solarzellen das konventionelle Energiesystem herangezogen wird, also beispielsweise der deutsche Strommix für das Kristallziehen der Siliziumwafer, obwohl ein Großteil der Wafer-Produktion ausserhalb Deutschlands (z.B. in Norwegen und damit mittels Strom aus Wasserkraft) stattfindet. Die Zuordnung der Umwelteinwirkungen der konventionellen Strombereitstellung zu der Bilanz der Solarzellen ist aber nicht selbstverständlich und belastet die regenerative Stromversorgung mit Einwirkungen des fossilen Systems. Ein anderer Aus-

gangspunkt der Betrachtung wäre die Stromerzeugung über die Lebenszeit, z. B. 100 kWh/m^2*Jahr in Deutschland multipliziert mit einer Lebensdauer von z. B. 25 Jahren, d. h. 2,5 MWh in der gesamten Lebenszeit. Von diese Stromproduktion könnte die zur Herstellung des Systems notwendige Strommenge subtrahiert werden. Resultat wäre eine „Netto-Stromerzeugung".

- *Geringe Höhe der Umweltwirkungen.* Selbst wenn man von einem konventionellen Hintergrund-System für die Herstellung von PV ausgeht, sind die Umweltwirkungen der Herstellung von heutigen Solarzellen vergleichsweise gering und liegen beispielsweise bei CO_2-Emissionen zwischen 60 und 200 g/kWh (zum Vergleich: Braunkohlestrom 1000 g/kWh). Aus wirtschaftlichen Gründen (z. B. Rohstoffverfügbarkeit) ist bereits ein endogener Verbesserungsprozess in Gang (beispielsweise Solarsilizium, verlustarme Wafersägeverfahren etc.)

Bei der **Geothermie** ist insbesondere eine Förderung der Wärmenutzung vorrangig. Hierzu wurde im Rahmen des EEG-Erfahrungsberichtes ein Vorschlag gemacht, der als Wärmenutzungsbonus in §28 Abs. 2 EEG 2009 Eingang gefunden hat. Ein weiterer kritischer Aspekt ist der Pumpstrombedarf. Dieser wurde allerdings im Energiebalance-Projekt nicht untersucht.

Angesichts eines zwar beachtlichen, aber dennoch begrenzten Potenzials an biogenen Reststoffen und an Anbaufläche für Nachwachsende Rohstoffe kommt einer effizienten Nutzung von **Biomasse** eine besondere Priorität zu. Das Energiebalance-Projekt hat daher einen Schwerpunkt auf Biomasse-Anlagen gesetzt und untersucht, welche Effizienz-Anforderungen an Biomasse-Anlagen – oder allgemeiner: an Biomasse-Nutzungssysteme – gestellt werden müssen, damit sie einen maximalen Minderungsbeitrag bezüglich erschöpflicher Energieressourcen und bezüglich der Minderung des Ausstoßes an Treibhausgasen leisten können.

Im Bereich der vom EEG geförderten Biomasse gibt es verschiedene Prozessschritte, die hinsichtlich ihrer Effizienz Optimierungsmöglichkeiten aufweisen: Der eingesetzte **Rohstoff** geht in die gesamte Energie- und Treibhausgas-Bilanz ein. Der ökologische „Rucksack" von nachwachsenden Rohstoffen ist beispielsweise deutlich höher als der von Reststoffen, wie z. B. Landschaftspflegereste und Gülle. Auch im Bereich der **Anlagentechnik** unterscheiden sich die verschiedenen Biomasse-Nutzungskonzepte. Wichtige Parameter sind hier der elektrische und thermische **Nutzungsgrad** sowie die Stromkennzahl der Anlage, die Art der Wärmenutzung, die Art und Höhe des Hilfsenergiebedarfs und - bei Biogas-Anlagen – Gärrestabdeckung, Silageverluste; **Methanverluste** der Gasstrecke und ggf. Energiebedarf und Methanemissionen bei der Aufbereitung.

Beispiel Biogas

Im Rahmen des Projekts Energiebalance wurden unterschiedliche Biomasse-Anlagen auf Basis von **Lebenszyklus-Treibhausgasbilanzen** untersucht. Hier werden exemplarisch die Ergebnisse einer 500 kW_{el}-Biogasanlage dargestellt, in der 20 % der anfallenden Wärme extern genutzt werden. Dabei wird angenommen, dass die Biogasanlage Strom aus sogenannten marginalen Kraftwerken (70% Steinkohle, 30 % Erdgas) und Wärme aus einem Bereitstellungsmix von rd. 60 % Gas und 40 % Ölheizungen substituiert. Die Erstellung der Treibhausgasbilanz erfolgt in Anlehnung an die Ökobilanznorm (ISO 14040/14044). Diese verlangt eine Betrachtung „von der Wiege bis zur Bahre“. Entsprechend wird der gesamte Lebensweg der Biogaserzeugung und -nutzung einbezogen.

Im ersten Schritt wird die vollständige Bilanz der Referenzanlage dargestellt. Wird Gülle aus landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt, ergeben sich Minderungen von 150 g Treibhausgase pro MJ Biogas gegenüber dem sonst üblichen Umgang mit Rohgülle (Abbildung 1.6). Werden nachwachsende Rohstoffe (Mais) eingesetzt, so können immerhin 40 g Treibhausgase reduziert werden (Abbildung 1.6). Die wesentliche Entlastung resultiert aus den substituierten Strommengen und – bei den Gülle-Anlagen – aus den vermiedenen Emissionen, die sonst bei der Lagerung (Methan) und der Ausbringung der Gülle (Lachgas) entstehen. Eine erhöhte Wärmenutzung (80 statt 20 %) führt zu einer relevanten, allerdings nicht ergebnisentscheidenden Verbesserung der Bilanz der Treibhausgase (Variante 2). Negativ auf die Bilanz wirkt sich die offene Lagerung des Gärrestes aus; hier können signifikante Restgasemissionen von Methan auftreten (Variante 3). Als praktikable Maßnahme wird daher die Vorgabe einer gasdichten Abdeckung mit Restgasnutzung empfohlen, die als Nebeneffekt auch eine sehr effektive Minderungsmaßnahme für weitere Emissionen wie z.B. Ammoniak darstellt.

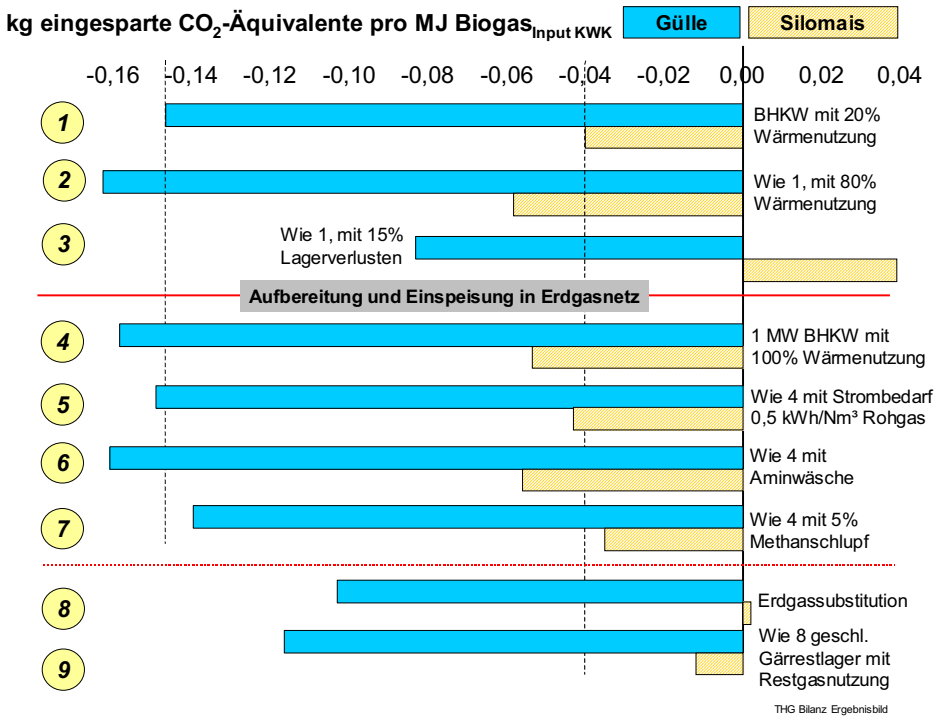


Abbildung 1.6: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Referenzanlage mit 500 kW_{el}, Varianten (blau: Einsatzstoff Gülle; orange: Einsatzstoff Silomais)

Wird Biogas zusätzlich auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist (Varianten 4-9), so entstehen zusätzliche Umweltwirkungen: zum einen Methanverluste in die Atmosphäre, die während des Aufbereitungsprozesses freigesetzt werden, zum anderen ein zusätzlicher Strom- und Wärmebedarf für die Gasaufbereitung und erforderliche Verdichtung. Im Rahmen des Energiebalance-Projektes wurde daher auch die Aufbereitung auf Erdgas-Qualität und die Einspeisung des Gases untersucht.

Variante 4, eine Biogas-Anlage, die 2 % des Methans durch die Aufbereitung an die Atmosphäre freisetzt und einen Strombedarf von 0,3 kWh/m^3 Rohgas hat, dafür aber 100 % der anfallenden Wärme nutzt, weil das BHKW nahe einer Wärmesenke steht, schneidet in den gesamten Treibhausgas-Emissionen etwas besser ab als die Variante 1. Voraussetzung für diese merkliche (allerdings auch nicht erhebliche) Verbesserung ist, dass bestimmte Grundanforderungen an die Aufbereitungsanlage eingehalten werden. Geht man beispielsweise von einem höheren Strombedarf (Variante 5) oder höheren Methanverlusten aus (Variante 7), so ergeben sich gegenüber der Nutzung des Biogases vor Ort keine zusätzlichen Vorteile. Die Gasnetzeinspeisung von Biogas sollte daher zwingend mit Mindestanforderungen vor allem an den Strom/Endenergiebedarf verknüpft sein, zusätzlich an maximale Methanverluste und eine regenerative Deckung des Wärme-Eigenbedarfs.

Die Aufwendungen und Verluste der Aufbereitung ließen sich durch eine verstärkte Förderung von Mikro-Biogasnetzen vermeiden. Diese Mikro-Biogasnetze erlauben die unmittelbare Verteilung des Biogases ohne Abtrennung anderer Gaskomponenten; diese Verteilung ist auch bei langen Distanzen wenig energieaufwändig; Verluste wie bei Wärmenetzen entstehen keine.

Wird anstelle der oben beschriebenen Substitution von Strom und Wärme unterstellt, dass das Biogas „lediglich“ die Verbrennung von Erdgas ersetzt und nicht die kohlenstoffhaltigerer Brennstoffe (Varianten 8 und 9), wird dadurch nur eine geringere Gutschrift erzielt, da Erdgas der fossile Energieträger mit den geringsten energiespezifischen Treibhausgasemissionen ist. Im Fall der hier beschriebenen Referenzanlage lägen die durch diese verursachten Treibhausgasemissionen wie z.B. Methanverluste aus der Biogasproduktion und aus der Aufbereitung sogar höher als die erzielbare Gutschrift durch die Erdgassubstitution. Diese Variante 8 führt im Nettoergebnis zu Treibhausgasbelastungen. Es reicht allerdings schon aus, das Gärrestlager gasdicht abzudecken und das Restgas zu nutzen, um die Belastungen in Treibhausgasentlastungen umzukehren (Variante 9).

Das Projekt Energiebalance hat die oben abgeleiteten – und eine Reihe anderer – Vorschläge (siehe Tabelle 1.1) im Rahmen des Projektes Energiebalance in den Novellierungsprozess des EEG eingebracht. Viele dieser Vorschläge wurden umgesetzt und sind nun Bestandteil des am 1.1.2009 in Kraft getretenen neuen EEG.

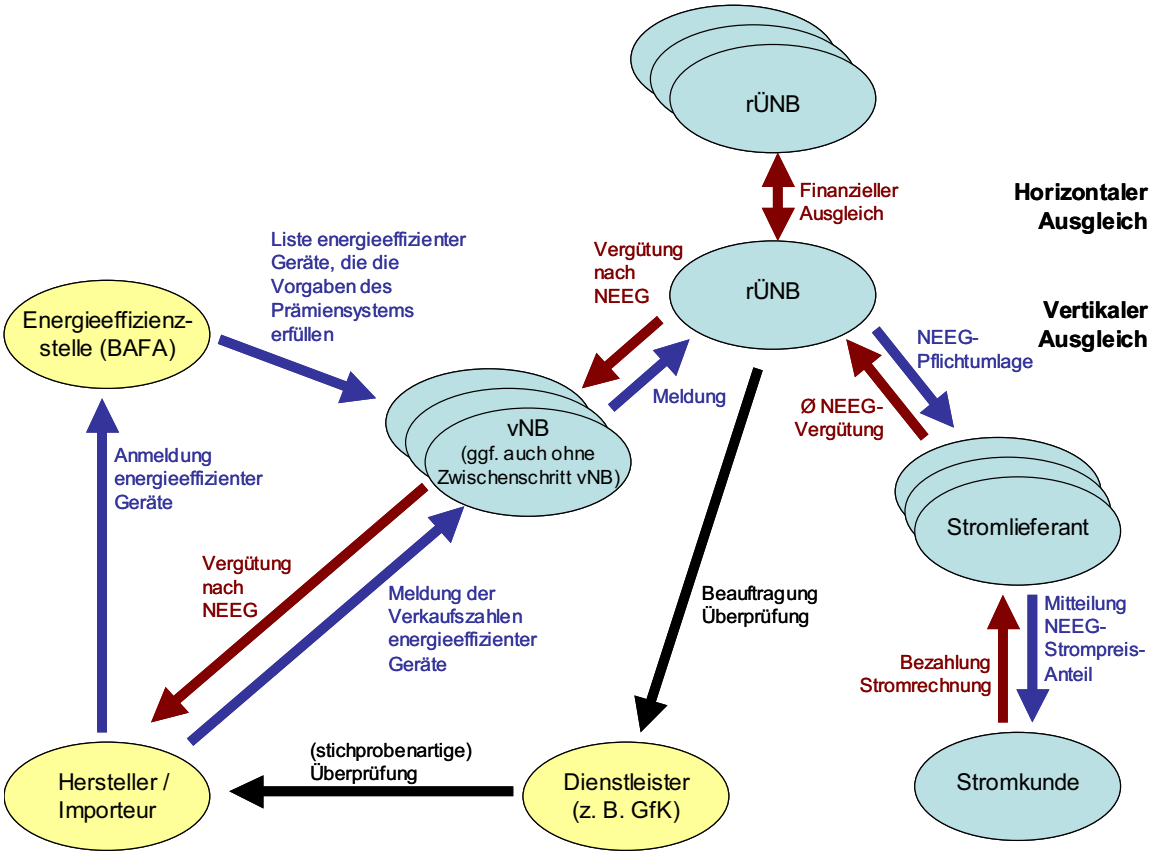
Effizienzförderung nach EEG-Vorbild („NEEG“, Kapitel 7)

Im Rahmen des Energiebalance-Projekts wurde neben der direkten Verzahnung von EE- und EF-Fördermaßnahmen auch die prinzipielle Übertragbarkeit von im EE-Bereich (im In- oder Ausland) bereits erprobten Mechanismen einer übergreifenden Preis- und Mengensteuerung auf den EF-Bereich untersucht – mit Schwerpunkt auf dem Strombereich. Als prinzipielle Fördermechanismen wurden zum einen ein NEgawatt-Einspeise-Gesetz-Modell (NEEG-Modell) in Analogie zum EEG und zum anderen ein System (handelbarer) Energieeffizienz-Verpflichtungen (Weißer Zertifikate) in Analogie zu grünen Zertifikaten für die Einspeisung erneuerbarer Energien und CO_2-Emissionszertifikaten diskutiert.

Bei beiden Instrumenten ist letztlich wie beim EE-Bereich die Idee, anreizende Rahmenbedingungen zu etablieren, die Marktkräfte stimulieren, ihnen Planungssicherheit geben und es ihnen überlassen, welche Aktivitäten sie mit welcher Kreativität, Effektivität und Effizienz durchführen. Dies ist im Gegensatz zu sehen zu staatlichen EF-Förderprogrammen, die nur einen bestimmten, vorab festgelegten Technik- oder Anwendungsbereich fokussieren.

Die Diskussion der beiden Fördermechanismen hat gezeigt, dass sowohl bei Zertifikatslösungen als auch bei Systemen mit festen Vergütungssätzen Verfahren zum Nachweis der erzielten Energieeinsparungen installiert werden müssen, die im Vergleich zur Ablesung von EE-Stromeinspeisungen am Zähler zusätzliche Transaktionskosten hervorrufen. Beide Verfahren sind rechtlich und praktisch aber prinzipiell in Deutschland umsetzbar. Je nach Ausgestaltung können sie jedoch substanzielle Mitnahmeeffekte induzieren und dazu führen, dass Aktivitäten sich eher auf besonders leicht erschließbare Energieeinsparpotenziale konzentrieren (vgl. z. B. die vielfache Umstellung auf Brennwertkessel im Rahmend es weißen Zertifikatesystems in Frankreich) und andere, weniger gut erschließbare, aber ebenso wirtschaftliche, oft auch umfangreichere Potenziale wie z. B. der hydraulische Abgleich und die optimierte Regelung von Heizungssystemen vernachlässigt werden. Sie müssen daher i. d. R. um sektor- und/oder technologiespezifische Programme ergänzt werden, die gezielt diese ansonsten vernachlässigten Bereiche ansprechen. Vor einer etwaigen Einführung von Energieeffizienzverpflichtungen – beispielsweise im Rahmen des geplanten Energieeffizienzgesetzes – sollten zudem Evaluationen entsprechender Systeme in anderen Ländern abgewartet werden, zu denen bislang nur beschränkte Erfahrungen vorliegen.

Ein genauerer Blick auf die Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich (NEEG-Modell) verdeutlicht, dass ein solcher Fördermechanismus mit fest vorab vorgegebenen, ggf. pauschalisierten Vergütungssätzen für erzielte Energieeinsparungen auch unabhängig vom Umlagemechanismus des EEG prinzipiell als ein mögliches Instrument zur Steigerung der Endenergieeffizienz untersucht werden kann. Wird die Diskussion von Mittelherkunft (z. B. EEG-Umlagemechanismus, allgemeine staatliche Mittel oder Fondslösung) und Mittelverwendung (EF-Förderung) getrennt geführt, so lassen sich verschiedenste Optionen genauer untersuchen. Im engeren Sinne wird aber erst durch den Umlagemechanismus ein System fester Vergütungssätze zu einem NEEG-Modell.



vNB: vergütungspflichtiger Netzbetreiber; rÜNB: regelverantwortlicher Übertragungsnetzbetreiber

Abbildung 1.7: Wälzungsmechanismus des NEEG am Beispiel von Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Geräte (vereinfachte Darstellung; ohne physikalischen Ausgleich der Stromeinspar-„Einspeisungen“) (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDN 2005)

In folgenden – und ggf. weiteren – EF-Technologiebereichen könnte die Förderung der Entwicklung und Markteinführung innovativer Technik ergänzend zum Ökodesign-Richtlinienprozess für mit Energie betriebenen Produkten sinnvoll erscheinen: LED bzw. OLED, Wäschetrockner, (gewerbliche) Kühl- und Gefriergeräte, Informations- und Kommunikationstechnologie, ggf. auch Gaswärmepumpen und Transformatoren, da hier noch größere Potenziale über die bislang erschlossenen hinaus liegen. Der erzielbare Hebeleffekt spricht dabei für die Wahl von Prämien für Hersteller und Importeure anstelle Stromrechnungsgutschriften für Endabnehmer. Ein Umlagesystem nach dem Vorbild des EEG könnte die Förderaktivitäten finanzieren (vgl. Abbildung 1.7).

Vor einer Umsetzung eines solchen NEEG-Instruments oder weiterer im Energiebalance-Projekt diskutierter Vorschläge zur Übertragung des EEG auf den EF-Bereich sollten die vorgelegten Analysen und Vorschläge unter Einbezug von ggf. noch erfolgenden Rückmeldungen des Begleitkreises des Auftraggebers mit ausgewählten Experten aus Wissenschaft und Praxis diskutiert und ggf. in einem kleinen Bereich getestet werden, bevor eine Einführung in einem größeren Rahmen erfolgt. Ziel sollte es dabei sein, auf einer breiteren Grundlage abzuwägen, inwieweit die Umsetzung der hier vorgeschlagenen konkreten Schritte in Deutschland empfohlen werden kann, auch in Bezug auf den gesamten zur Verfügung stehenden Politikinstrumente-Mix und die Frage, welches Instrument in diesem Mix wie am ef-

fektivsten und effizientesten wirkt, und inwieweit die Vorschläge bei den Marktakteuren auf Akzeptanz stoßen.

In den meisten EF-Technologiebereichen kommt es nämlich weniger auf das einzelne Technik-Produkt alleine an (das durch ein solches NEEG-Modell speziell gefördert werden könnte) als auf die Systemoptimierung (Planung unter Beachtung der Nutzungsanforderungen und ihrer möglichen Veränderung, System optimierende Komponentenwahl, Geräte- bzw. Anlageneinstellung). Die Systemoptimierung lässt sich eher durch eine kombinierte Förderung von Beratung, Energieanalyse und Technikprodukt erreichen – wie sie im Konzept eines EnergieSparFonds für verschiedene Förderprogramme vorgeschlagen wurde – als durch Prämien oder Gutschriften für das effiziente Produkt allein.

Wie in Irrek und Thomas (2006) vorgeschlagen, könnte ergänzend zu einem EnergieSparFonds ein System pauschaler, wie beim EEG ex ante festgelegter Vergütungen für die Umsetzung gebündelter EF-Aktivitäten bzw. EF-Programme durch Programmakteure zunächst in einem beschränkten Rahmen getestet werden. Die Erwartung hierbei ist, dass zusätzlich zu den sektor- und technologiespezifischen EF-Förderungen zusätzliche Ideen generiert und Marktkräfte aktiviert werden.

1.1.4 Verkehr (Kapitel 8)

Die Verkehrsleistung steigt beständig und lässt daher auch künftig kaum ausreichende Rückgänge des Kraftstoffbedarfs erwarten. Der Verkehrssektor steht demnach vor der Herausforderung, zuerst den Wachstumstrend bei den Verkehrsleistungen zu durchbrechen, bevor eine nachhaltige Reduzierung der CO_2-Emissionen erreicht werden kann. Daher sollten Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger und eine Verbesserung der technischen Energieeffizienz im Vordergrund stehen.

Der heutige Verbrauch von mineralischem Benzin und Diesel wäre jedoch weder aus quantitativer noch aus nachhaltiger Sicht durch Biokraftstoffe vollständig und sinnvoll zu ersetzen. Dies gilt um so mehr für die Vorstellung zukünftig steigender Nachfrage sowie die heute bereits auftretenden Rebound- und Backfire-Effekte. Eine EF-Steigerung bewirkt automatisch einen höheren EE-Anteil am Energieverbrauch und sollte daher Vorrang vor Maßnahmen zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien im Verkehrssektor und einer Verzahnung ohne Synergieeffekte haben.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Untersuchung die jeweilige sektorale Bedeutung von EE und EF betrachtet, die diesbezüglich bestehenden Verzahnungen analysiert und mögliche neue Ansatzpunkte für eine Verzahnung identifiziert, die so weit möglich auch bewertet wurden. Dafür wurden die zwei Verkehrsträger Straßenverkehr – mit dem Fokus PKW[6] – und Schienenverkehr – mit dem Fokus auf den Eisenbahnverkehr der Deutschen Bahn AG – ausgewählt. Zum einen, weil der weit überwiegende Teil der sektoralen CO_2-Emissionen aus dem Straßenverkehr resultiert, die wiederum größtenteils – zu ca. 2/3 – auf PKW zurückgehen. Zum anderen, weil der Schienenverkehr als einziger Verkehrsträger überwiegend Elektrizität für den Antrieb verwendet, womit prinzipiell andere Ansatzpunkte für einen – integrierten – Einsatz erneuerbarer Energiequellen verbunden werden können.

[6] Beim Güterverkehr kann dagegen davon ausgegangen werden, dass die Effizienz der Fahrzeuge bereits aus betriebswirtschaftlichen Gründen ausreichend berücksichtigt wird. Hier wird es angesichts der prognostizierten Steigerungen bei den Fahrleistungen (+56% bis 2030 u.a. nach (Ickert 2007) mehr auf Vermeidungs- und Verlagerungsstrategien ankommen.

Verzahnung von EE und EF im Straßenverkehr (PKW)

Erneuerbare Energien werden im Verkehrssektor heute fast ausschließlich in Form von Bio-Kraftstoffen eingesetzt: Darüber hinaus kommt vereinzelt auch EE-Strom in Elektro-PKW zum Einsatz. Allerdings werden bei den Bio-Kraftstoffen bereits erste kritische Grenzen erreicht, die nur schwer zu überschreiten sind. Dazu gehören beispielsweise technisch bedingte Beimischungsgrenzen für bestehende Motoren sowie die zum Teil umwelt- und klimazerstörenden Anbaumethoden. Daher werden die Biokraftstoffziele sowohl national als auch europäisch angepasst und die Nachhaltigkeitsanforderungen verschärft.

Für die Energieeffizienz gilt zunächst allgemein das übergeordnete Ziel der Europäischen Kommission. Bestandteil dieses Aktionsplanes sind auch verschiedene Maßnahmen zur Effizienzverbesserung im Verkehr, wobei für PKW eine technologische Verbesserung des Fahrzeugs im Mittelpunkt steht, die indirekt über Vorgaben zu spezifischen CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen – in g CO_2 pro km – innerhalb einer Flotte gelenkt werden soll. Die Verbände der europäischen Automobilindustrie (ACEA) sind dazu eine Selbstverpflichtung eingegangen, deren Ziel es war, die spezifischen CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen bis zum Jahr 2008 auf 140 g CO_2/km zu verringern. Dieses Ziel wurde allerdings deutlich verfehlt. Daraufhin wurde von der Kommission eine neue, gesetzliche Regelung – die Richtlinie zur Begrenzung der CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen – eingeführt, die am 18.12.2008 vom Europäischen Parlament verabschiedet wurde.

Deutschland setzt – neben der Umsetzung der genannten EU-Richtlinie – zudem im Rahmen des IEKP auf weitere Maßnahmen, die einen Anreiz zur Steigerung der Effizienz im Straßenverkehr bewirken sollen. Dazu gehört eine Umstellung der KFZ-Steuer auf CO_2-Basis, eine Verbrauchskennzeichnung von PKW und die LKW-Maut. Allerdings gibt es umgekehrt nach wie vor starke Anreize für verbrauchsintensive PKW, wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenwagen.

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind im Verkehrsbereich instrumentell bis auf eine Ausnahme **nicht miteinander verzahnt**. Dies gilt sowohl für die europäische wie für die nationale Ebene. Es gibt zwar auf beiden Ebenen eine Vielzahl von Maßnahmen, diese adressieren aber entweder die erneuerbaren Energien oder überwiegend – in sechs von neun betrachteten Maßnahmen – die Energieeffizienz. Lediglich auf europäischer Ebene – damit aber auch auf deutscher Ebene wirksam – gibt es mit der neuen ‚Richtlinie CO_2-Flottenverbrauch' für den PKW-Verkehr eine Maßnahme, die zumindest zum Teil bzw. optional eine Verzahnung von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz vorsieht.

Allerdings handelt es sich dabei aus Sicht des Klimaschutzes um eine negativ wirkende Verzahnung, da das EF-Ziel und dessen Realisierung durch die optionale Anrechnung von Biokraftstoffen aufgeweicht wird, ohne dass es – sofern gewünscht und sinnvoll – zu zusätzlichen (Nachfrage-)Impulsen nach Bio-Kraftstoff kommen wird. Im Gegenteil, allein für die Kompensation der schlechteren Fahrzeug-Effizienz würde – wenn sie vollständig über Biokraftstoffe erfolgt – bereits im Jahr 2019 nahezu der gesamte Bio-Kraftstoff, der heute beigemischt wird, benötigt. Das heißt es würde genau so viel CO_2 zusätzlich emittiert, wie heute bereits jährlich durch Biokraftstoffe eingespart werden.

Die bestehende Verzahnung von EF und EE in der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch sollte daher möglichst rasch wieder aufgehoben werden, ohne aber das bestehende EF-Ziel (120 g CO_2/km) für Neuwagen zu erhöhen und dessen tatsächliche Umsetzung weiter zu verzögern.

Technologische Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EF und EE im Straßenverkehr sind rar, wenn man den Einsatz von Bio-Kraftstoffen in adaptierten Motoren und den nicht-mobilen Teil – die Verkehrsflächen etc. – außen vor lässt. Vorstellbar erscheint lediglich eine integrierte Nutzung von Solarenergie mittels Photovoltaik für die Erzeugung von Bordstrom. Angesichts der aufwendigen technischen Integration, möglicher Rebound-Effekte und der zu erwartenden relativ hohen Zusatzkosten erscheint ein solcher EE-Einsatz am Fahrzeug aber zunächst wenig empfehlenswert. Ein potenziell interessanter Synergieeffekt besteht gleichwohl darin, dass die PV-Leistung proportional zur solaren Einstrahlung und damit zum Bedarf an Klimatisierung (und Kraftstoffverbrauch) ist. Dies könnte – die Möglichkeit für einen autarken Stand-Betrieb vorausgesetzt – zu einer verringerten Auslegung und damit Verbrauchsreduzierung der Klimaanlage beitragen. Da aus Klimaschutzsicht vorrangig ein Ersatz der heutigen Anlagen mit treibhausgasintensiven Kältemitteln durch Anlagen mit CO_2 als Kältemittel geboten ist, wäre diesbezüglich zunächst zu prüfen, ob und in welchem Umfang auch solche Anlagen mit kleinen autointegrierten PV-Anlagen betrieben werden könnten. Wesentlich effizienter, kostengünstiger und wirksamer für den Klimaschutz wäre es allerdings, stattdessen den Einsatz von Klimaanlagen im PKW-Bereich auf ein Minimum zu begrenzen und/oder – zumindest – hinsichtlich ihrer Effizienz zu regulieren.

Sowohl in dieser Hinsicht als auch vorbereitend auf eine mögliche Verzahnung mit der solaren Bordstromerzeugung wird eine **Neuausrichtung des heutigen Standard-Messzyklus** – auf der Basis des „Neuen Europäische Fahrzyklus“ (NEFZ) – für die typbezogene Verbrauchsbestimmung unter Einbeziehung der Nebenaggregate des jeweils aktuellen PKW-Modells vorgeschlagen. Dazu soll das Messverfahren künftig zumindest einmal mit und einmal ohne Nebenaggregate durchgeführt werden, um den Kraftstoffverbrauch durch Nebenaggregate separat zu erfassen[7]. Der Vorteil wäre, dass die Testergebnisse den realen Verbräuchen angenähert würden und es möglich wäre, die Daten zum Verbrauch von Nebenaggregaten in die Grundlage politischer Lenkungsmaßnahmen einzubeziehen. Auf dieser Basis könnte dann z.B. durch eine gesetzliche Vorgabe separat der Höchstanteil festgeschrieben werden, den Nebenaggregate am Kraftstoffverbrauch haben dürfen.

Elektromobilität ist eine Maßnahme, die die Effizienz des Antriebsstrangs – definiert über die erforderliche Endenergie pro Fahrdienstleistung – erhöht, da der Antrieb über einen deutlich höheren Tank-Rad-Wirkungsgrad verfügt als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Elektrofahrzeuge werden im Rahmen der europäischen CO_2-Verordnung für Pkw unabhängig vom verwendeten Strom-Mix als CO_2-frei gewertet. Prinzipiell kann diese (in den Anfangsjahren sogar mehrfache) Anrechnung der CO_2-Freiheit einen finanziellen Anreiz für einen Hersteller darstellen, Elektrofahrzeuge auf den Markt zu bringen. Dies allerdings nur, wenn der Hersteller im Durchschnitt seiner anzurechnenden Flotte deutlich über dem Grenzwert liegt. Das ist jedoch aufgrund der stufenweise Einführung sowie anderer Ausnahmeregelungen (Poolbildung, „eco-innovations“, etc.), nicht oder nur in wenigen Fällen zu erwarten.

Zu berücksichtigen ist bei der Klimabilanz des Elektroautos die Wechselwirkung mit dem Instrument **Emissionshandel**. Eine Verschiebung von PkW-Endenergieverbrauch aus dem nicht vom Emissionshandel betroffenen Verkehrssektor in den Strommarkt führt im Prinzip dazu, dass der Stromverbrauch unter das Emissionscap zählt. Allerdings ist es auch denkbar, dass eine Anpassung des Cap um diese „herübergewanderten“ Strommengen erfolgt – dies ist politisch auszuschließen.

[7] Elektrische Nebenaggregate wie Klimaanlagen, die zum Treibstoffverbrauch beitragen, werden bei diesem Test nicht angeschaltet und somit bisher nicht berücksichtigt.

Da die **Klima- und Energiebilanz** (bezogen auf erschöpfliche Energieträger) von Elektrofahrzeugen dann robuste Vorteile gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen aufweist, wenn sie mit erneuerbaren Energien gespeist werden, ist es zielführend, Elektroautos eng mit Strom aus regenerativen Quellen zu verknüpfen.

Der Schwerpunkt einer Förderung sollte zunächst aber auf der **ganzheitlichen Effizienz-Optimierung** im Zuge der Entwicklung von neuen Fahrzeugen liegen. Gerade die Entstehungsphase eines Marktes für Elektro-Autos bietet sich für die Erschließung der noch hohen EF-Potenziale in diesem Bereich und damit für die Vorgabe ambitionierter EF-Ziele, die dann direkt auf Forschung und Entwicklung wirken, an.

Bei der Ausarbeitung eines solchen Kopplungsmechanismus ist zu unterscheiden zwischen einer frühen Markteintrittsphase von Elektrofahrzeugen und einer langfristigen Perspektive. In der **Phase des Markteintritts** sollte nach Auffassung der Autoren eine kausale Kopplung einer staatlichen Förderung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien unter Beachtung der Zusätzlichkeit der EE-Stromerzeugung vorgenommen werden: Wenn Fahrzeuge durch Steuerbefreiung oder Marktanreizprogramme gefördert werden, sollte mit einem pragmatischen Mechanismus der Bezug von Ökostrom gefordert werden. In den ersten Jahren der Entwicklung von Elektroautos sollte die Verknüpfung angesichts der geringen Strommengen möglichst einfach ausgestaltet sein, möglichst wenig Transaktionskosten verursachen und die Betankung nicht nur an der kundeneigenen, sondern auch an beliebigen Steckdosen erlauben. In diesen Anfangsjahren ist auch der Aspekt der zeitgleichen Belieferung nicht ausschlaggebend.

Dieser pragmatische Mechanismus könnte beispielsweise den Bezug von Ökostrom mit einem hohen Neuanlagenanteil zur Auflage für staatliche Förderung gemacht werden. Dazu ist ein Zähler im Elektrofahrzeug erforderlich.

In der **langfristigen Perspektive** wird angesichts zunehmender Anteile an fluktuierendem EE-Strom aus Wind und Sonne eine zweite Eigenschaft des Elektrofahrzeugs immer stärker relevant: die Möglichkeit der gezielten Ladung und Entladung der Batterie. Die zeitflexible Betankung von Elektroautos ist nicht nur eine Möglichkeit, sondern auch eine technische Notwendigkeit, da ansonsten netzseitige Restriktionen insbesondere im Verteilnetz wirksam werden könnten. Im Rahmen eines Kombikraftwerksbonus, wie er derzeit im Rahmen einer EEG-Verordnung aufgenommen wird, sollten Elektrofahrzeuge als verschiebbare Lasten integriert werden.

Die Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz bietet langfristig auch die Möglichkeit, besondere Netzdienstleistungen anzubieten. Besonders in zukünftigen dezentralen Netzen können Elektrofahrzeuge Energiespeicherkapazität und Regelleistung bereitstellen. Zu klären sind hier allerdings Fragen der Akzeptanz und der Batterieabnutzung bei Rückspeisung.

Verzahnung von EE und EF im Schienenverkehr (Eisenbahn)

Für diese Untersuchung wird vor allem der Eisenbahnverkehr (inkl. S-Bahnen) der Deutschen Bahn AG betrachtet, da dieser den Energieverbrauch des Schienenverkehrs mit ca. 70 % dominiert, der Bund als Eigentümer – und damit die Politik – eine besondere Rolle spielt und weil die Deutsche Bahn AG in der jüngeren Vergangenheit Ziele zur Energieeinsparung und Reduktion von CO_2 Emissionen formuliert hat. Der zugehörige Ausstoß an Treibhausgasen betrug 2006 etwa 8,4 Mio. t CO_2 (DB AG 2007), wovon rd. 84 % auf den gesamten Traktionsbereich und 82 % bzw. 71 % auf den Einsatz von Strom insgesamt bzw.

im Traktionsbereich entfallen. Dadurch bestehen prinzipiell gute Ansatzpunkte für eine Integration von EE. Der **Anteil erneuerbarer Energien** ist von gut acht Prozent in 1990 bis auf 13,3 Prozent in 2007 angestiegen, wobei mit neun Prozent der überwiegende Teil des EE-Stroms aus Wasserkraft – insgesamt 12 Anlagen – und damit aus bestehenden Anlagen stammt, da die Potenziale für Wasserkraft in Deutschland nahezu ausgeschöpft sind. Die Bahn hat heute mit gut 13 % zwar einen deutlich größeren EE-Anteil als der Straßenverkehr, steht aber zugleich vor der großen Herausforderung ihren künftig wegfallenden Anteil an „Atomstrom" in Höhe von knapp 30 % möglichst CO_2-arm zu kompensieren, um ihr selbst gesetztes Umwelt-Ziel, die spezifischen CO_2-Emissionen um 20 % bis 2020 gegenüber 2002 zu reduzieren, auch zu erreichen**.** Die aktuellen Planungen sehen hierfür aus ökonomischen Gründen Strom aus Kohlekraftwerken vor, wodurch sich die CO_2-Emissionen der Bahn nach eigenen Berechnungen um mindestens etwa 3,6 Mio. t bzw. 60 % gegenüber heute erhöhen würden[8]. Von daher kommt sowohl den erneuerbaren Energien als auch besonders der Energieeffizienz eine besondere Bedeutung zu.

Der Energieverbrauch im Schienenverkehr konnte seit den 1960er Jahren durch den Abbau von Zugverbindungen, die Stilllegung von Nebenstrecken sowie die Umstellung auf moderne Elektro- und Dieselloks und eine Ausweitung des Leichtbaus insgesamt stark verringert werden. Zwischen 1990 und 2006 konnte die Bahn den absoluten Primärenergieverbrauch um weitere 19,5 Prozent auf 151 PJ senken, wobei allerdings bis 2005 etwa 54 % davon allein aus Maßnahmen im stationären Bereich resultieren[9]. Hintergrund der Einsparungen war eine Selbstverpflichtung aus dem Jahr 1994 in Form eines Energiesparprogramms, den spezifischen Primärenergieverbrauch pro beförderte Person bzw. beförderte Tonne Güter um 25% zu senken. Dieses Ziel wurde erreicht.

Konkrete technologische und/oder instrumentelle **Verzahnungen von EE und EF** sind im Schienen-/Eisenbahnverkehr nach dem bekannten Hintergrund und Sachstand nicht vorhanden. Als ein genereller Ansatz für eine Verzahnung kann lediglich die Selbstverpflichtung zur CO_2-Reduktion bezeichnet werden, die einen Spielraum für Maßnahmen sowohl im EE- als auch EF-Bereich eröffnet.

Demgegenüber entstehen relevante neue Anreize für eine Steigerung des Einsatzes von EE-Strom unter Umständen aus der aktuellen Gestaltung der neuen EU-Richtlinie zu Erneuerbare Energien, die die Ziele nunmehr neu auf den gesamten Verkehrssektor inkl. (Verkehrs-)Strom bezieht, sowie ggf. im Zusammenhang mit der oben geschilderten Herausforderung eines CO_2-neutralen Ausstiegs aus der Kernenergienutzung.

Technologische Ansatzpunkte für eine Verzahnung sind analog zum Straßenverkehr kaum vorhanden, da im Unterschied zu der Vielzahl an fahrzeugorientierten EF-Maßnahmen[10] ein fahrzeugbezogener „mobiler" EE-Einsatz wie z.B. Solarzellen auf Zugdächern nicht sinnvoll erscheint. Im Bereich der Politikinstrumente bietet sich dagegen ein größerer Spielraum für neue instrumentelle Verzahnungsansätze an. Dies liegt zum einen daran, dass es mit den DB-Infrastrukturunternehmen, den Bahntechnik-Herstellern und den Bahnbetreibern verschiedene relevante Akteure gibt, die unterschiedlich adressiert werden können. Und zum

[8] Dies gilt für den Fall eines konstanten Stromverbrauchs, bei einer weiteren Zunahme würden die Mehremissionen entsprechend ansteigen.

[9] Dazu trug neben der Umstellung auf Erdgas auch der Verkauf und die Stilllegung von Bahnhöfen und der Abbau von Verwaltungsaufgaben bei.

[10] Zum Beispiel: Leichtbauweise von Triebzügen, neue Bremssysteme zur Bremsenergie-Rückgewinnung, direkt elektromotorisch angetriebene Radsätze und supraleitende Transformatoren.

anderen an der Breite der möglichen geeigneten Politikinstrumente, wobei zwischen redistributiven Politikinstrumenten (Steuerung über Anreize), Regulation (Steuerung über Ver- und Gebote) sowie öffentliche Investitionen und Zuschüsse (distributive Förderprogramme) unterschieden wurde. Auf dieser Basis wurden mittels einem akteursorientierten „Screening" von bestehenden Instrumenten im Schienensektor sowie von ggf. übertragbaren Instrumenten in anderen Sektoren insgesamt folgende drei neue mögliche Ansatzpunkte für eine Verzahnung identifiziert.

1. **EE-Zielvorgabe:** Die Vorgabe von – dynamischen – Zielen für den EE-Bahnstromanteil, z.B. in Höhe von 100 % in 2020. Der Bahnstrom könnte somit maximal zum EU-Ziel (10 % in 2020) für den EE-Anteil im Verkehrssektor beitragen und dadurch den benötigten Umfang an Bio-Kraftstoffen verringern. Es wäre dann mehr Biomasse für den stationären Sektor verfügbar, die hier im Vergleich zum Verkehrssektor effizienter eingesetzt werden kann. Darüber hinaus könnte eine ambitionierte Zielvorgabe gezielt zu einer CO_2-armen Substitution des wegfallenden „Atomstroms" beitragen.
2. **BAT-Ansatz**: Zunächst allein im Hinblick auf eine technische EF-Steigerung wäre die Einführung einer Regelung von Verbrauchsstandards in Analogie zum PKW-Verkehr ein möglicher Ansatz. Hier sind jedoch vorab vertiefende Analysen sowie eine Regelung auf EU-Ebene anzuraten, da im Binnenmarkt Einzellösungen der Mitgliedsstaaten unrealistisch sind. Eine Verzahnung könnte dann hier – wie beim PKW – durch eine begrenzte Anrechnung bei der Erreichung der EE-Ziele (und umgekehrt) vorgenommen werden. Der Vorteil dieser Verzahnung wäre, dass sie an denselben Akteur adressiert ist, ihm somit einen Gestaltungsspielraum eröffnet und damit zur besseren Akzeptanz von neuen EE- und EF-Ziele beitragen kann, und dass sie an die Neuerrichtung von EE-Anlagen geknüpft werden kann. Nachteile liegen in zusätzlichem Aufwand für die Steuerung und Kontrolle der Verzahnung und darin, dass dadurch keine Synergieeffekte erzielt werden können.
3. **Klimaschutzorienterte Ausschreibungen**: Im Zuge der öffentlichen Beschaffung durch Ausschreibungen kann schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern künftig stärker berücksichtigt werden. Bei der Beschaffung ist prinzipiell auch eine Kopplung von Effizienz und erneuerbaren Energien möglich. Allerdings ist dabei unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen durch den Ausbau der Regenerativen Energien ausgespielt werden und eine negativ wirkende Verzahnung erzielt würde.

1.1.5 Wettbewerb[11]

Besonders neue und innovative Verzahnungs-Technologien und Konzepte wurden im Rahmen eines Wettbewerbs „Energiebalance – Gut verzahnt geplant!" gesucht und ausgezeichnet. Der Aufruf zur Teilnahme am Wettbewerb wurde im Herbst 2007 gestartet. Bis zum 31.12.2007 wurden über 50 Anträge mit Konzepten und Produkten der unterschiedlichsten Art eingereicht. Eine von Experten der Energietechnik und -wirtschaft besetzte Jury hat die Preisträger hinsichtlich der Kriterien Verzahnungsgrad, Innovationscharakter, Marktpotenzial und Endenergieeinsparung bewertet. Bei der Preisverleihung im Rahmen der Berliner Ener-

[11] Für eine ausführliche Dokumentation des Wettbewerbs siehe „Gut verzahnt geplant", Download unter www.ifeu.de/energiebalance.

gietage 2008 überreichte der Laudator Wolfhart Dürrschmidt, Referatsleiter im Bundesumweltministerium die Preise in einem Gesamtwert von 11.000 Euro.

1. Platz in der Kategorie Gebäude: Planungsbüro Graw mit dem Projekt „Solarsiedlung Köln Ossendorf“

Die Jury ernannte das Projekt Köln Ossendorf zum Sieger des Wettbewerbes. Bei diesem Projekt wurde eine in den 1960er Jahren erbaute Wohnsiedlung mit dezentraler Energieversorgung (Kohle- oder Nachtspeicherheizungen) im bewohnten Zustand grundlegend saniert. Dabei konnte unter Berücksichtigung eines idealen Kosten-Nutzen-Verhältnisses ein besonders effizienter Gebäudestandard erreicht werden. Die Gebäudeenergieversorgung wurde zentralisiert und erfolgt nun durch einen Biomassekessel in Kombination mit einer Abgaskondensationsanlagen, um die Latentwärme zusätzlich zu nutzen und Feinstaubemissionen zu reduzieren.

Der konsequent durchgehaltene Ansatz „Erst isolieren, dann installieren“ und die gelungene Einbindung der wichtigsten Akteure - Mieter und Wohnungsbaugesellschaft – hat die Jury überzeugt. Dieses Beispiel zeigt, dass hohe CO_2- und Energiekosten-Einsparungen unter schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen auch im sozialen Wohnungsbau erreicht werden können, ohne dass auf Qualität in der Ausführung, erneuerbare Energien mit innovativen Technologien oder Gestaltung verzichtet werden muss.

2. Platz in der Kategorie Gebäude: THP-Architekten für das Projekt „Stadtgut Blankenfelde – Sanierung nach dem Modell der 2000 Watt Gesellschaft“

Mit großem Engagement möchte der Verein Stadtgut Blankenfelde e.V. vor Ort eine regenerative 2000-Watt-Gesellschaft realisieren. Die Jury zeichnet hiermit ein anspruchsvolles Projekt aus, dass sowohl Suffizienz – durch gemeinschaftliche und umsichtige Nutzung von Rohstoffen, Räumen und Geräten – als auch Hocheffizienz – selbst unter den schwierigen Bedingungen des Denkmalschutzes – im Rahmen eines CO_2-neutralen Wärmekonzepts miteinander verbindet. 18 Gebäude, 18 Konzepte: Das Stadtgut demonstriert ein einfühlsames und zugleich ganzheitlich gedachtes Gesamtkonzept.

2. Platz in der Kategorie Industrie und Infrastruktur: Makatec GmbH mit dem Projekt „Heizen und Kühlen mit Membran-Absorptionstechnologie als Wärmetauscher“

Ein neuer Wärmetauscher der Firma Makatec auf Polymerbasis könnte der Absorptionstechnik gerade für den kleinen Leistungsbereich zum Durchbruch verhelfen. Mit Hilfe dieser innovativen Membrantechnologie kommt man einer kostengünstigen Nutzung von Abwärmeströmen, der Entwicklung kleiner und preisgünstiger Gas-Wärmepumpen und einer effizienten solaren Kühlung einen deutlichen Schritt näher. Auch völlig neue Ansätze zur Kühlung ohne zusätzlichen Energieaufwand im mobilen Fracht- und PKW-Sektor sind damit denkbar.“

3. Platz in der Kategorie Industrie und Infrastruktur: Viessmann Werke GmbH & Co KG für das Projekt „Effizienz Plus“

Die Jury hat insbesondere die konsequente Umsetzung des Dreischrittes Verbrauchssenkung, effiziente Energiewandler und erneuerbare Deckung des Restenergiebedarfs entlang der gesamten Wertschöpfungskette beeindruckt. Innovative Technologien, wie beispielsweise ORC-Turbinen und Stirlingmaschinen, und bewährte Maßnahmen, wie die Dämmung der Gebäudehülle, eine bedarfsgerechte Beleuchtung und die Optimierung der Industrieabläufe, gehen hier Hand in Hand.

3. Platz in der Kategorie Gebäudebereich: Hochbauamt Frankfurt für das Projekt „Passivhausschule Riedberg“

Zu geringen Mehrkosten von nur 5 % wurde die Schule Riedberg als Passivhaus in Kombination mit erneuerbaren Energien realisiert. Sie ist damit erfolgreicher Vorreiter und zugleich Maßstab für künftige öffentliche Neubauten in der Stadt Frankfurt am Main geworden. Neue öffentliche Gebäude dürfen in Frankfurt aufgrund der positiven Erfahrungen aus diesem Projekt nur noch in Passivhausstandard ausgeführt werden. Der Stadt ist es damit gelungen, ein innovatives Projekt im Nichtwohngebäudesektor mit großer Breitenwirkung zu realisieren.

Sonderpreis: 3E-Consult für das Projekt „Kalte Nahwärme“

Mit energetisch zunehmend anspruchsvolleren Gebäudestandards und innovativer Gebäudetechnik braucht es auch neue Lösung für eine Wärmeinfrastruktur. Das Projekt „Kalte Nahwärme“ weist hier innovative Wege: die zentrale Bereitstellung von solarer Wärme und Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau und die Verteilung dieser „kalten Nahwärme“ an dezentrale Wärmepumpen mit sehr geringen Verlusten gleichzeitig zu günstigen Preisen könnte ein zukünftiger Weg sein, auch hochgedämmte Siedlungen effizient und kostengünstig zu versorgen.

Alle weiteren Preisträger werden mittels Kurzportraits auf der Wettbewerbhomepage www.ifeu.de/energiebalance präsentiert und in einer separaten Broschüre porträtiert.

Abbildung 1.8: Preisträger des Wettbewerbs Energiebalance – Gut verzahnt geplant

Abbildung 1.9: Ausschnitt aus der Wettbewerbsbroschüre „Gut verzahnt geplant“

1.2 Veröffentlichungen

Verschiedene Publikationen sind aus diesem Projekt hervorgegangen.

- Broschüre „Energiebalance: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Einklang“

  Für die interessierte Öffentlichkeit wurden die wichtigsten Ergebnisse des Projektes verständlich aufbereitet und in Form einer Broschüre veröffentlicht. Sie kann aus dem Internet unter den folgenden Adressen heruntergeladen werden: www.ifeu.org oder www.erneuerbare-energien.de

- Broschüre „Gut verzahnt geplant“
  Preisträger des Technologie- und Konzeptwettbewerbs. Download unter www.ifeu.de/energiebalance

- Langfassung

- Diverse Arbeitspapiere, deren Ergebnisse in diesem Endbericht aufgenommen wurden. Sie sind unter www.ifeu.de/energiebalance und www.wupperinst.org zu finden.

2 Einleitung

2.1 Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Ausstieg aus der Atomenergie sind dann simultan zu erreichen, wenn der Ausbau der erneuerbaren Energien mit verstärkten Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz gekoppelt ist. Trotz der unbestrittenen Bedeutung beider Strategieelemente sind die erneuerbaren Energien (im folgenden: **EE**) und die Energieeffizienz (im folgenden: **EF**) institutionell, instrumentell, aber auch technisch bisher nicht optimal miteinander verzahnt. Dabei zeigt sich, dass vielfach optimale Systemlösungen aus EE und EF anzustreben sind, anstatt nur den einen oder anderen Weg zu verfolgen.

Eine Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz findet alleine schon dadurch statt, dass die **Ausbauziele** für erneuerbare Energien – die ja aus einem Zähler, der Bereitstellung von Energie auf Basis erneuerbarer Energien, und einem Nenner, dem Energiebedarf bestehen – erreicht werden können durch einen dynamischen Ausbau der erneuerbaren Kraftwerkskapazität und Auslastung, aber auch durch eine Senkung des Verbrauchs:

$$\text{Sektoraler Anteil EE} = \frac{\text{Erzeugung EE}}{\text{Verbrauch im Sektor}}$$

Auch die europäische EE-Richtlinie hebt in Article 3 darauf ab, dass „in order to achieve more easily these [RE] targets laid down in this article, each Member State shall promote and encourage energy efficiency and energy saving." (EU 2008)

Darüber hinaus gibt es durchaus vereinzelte Projekte, in denen der Aspekt der Verzahnung aus EE und EF aufgegriffen wurde. Als ein frühes Leuchtturmprojekt für einen strategisch-konzeptionellen Verzahnungsansatz von EE und EF kann das EU-Förderprogramm „**Concerto**" bezeichnet werden. Die EU hat im Herbst 2002 im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms ein Förderprogramm namens „Concerto" mit dem Schwerpunkt Nachhaltige Energiesysteme aufgelegt. Concerto unterstützt groß angelegte Demonstrationsprojekte für eine integrierte Energiepolitik in Europa. Die Initiative konzentriert sich auf die Integration von erneuerbaren Energiequellen und Energieeffizienzmaßnahmen inklusive ECO-Gebäuden mit integrierten erneuerbaren Energiequellen vor Ort, effizientem Gebäudedesign und -Management, Polygeneration in Kombination mit Wärme und Strom und Fernwärmeheizung (idealerweise mit Biomasse betrieben). Grundlegende Elemente dieses integrativen EU-Projekts sind Demonstrationsvorhaben, Forschung, Verbreitung des Wissens, Qualifizierungsmaßnahmen, Einbindung der wichtigsten Akteure vor Ort (insbesondere Politik, Verwaltung und Energieversorger) und die Festlegung auf einen bestimmten, abgrenzbaren Modellstadtteil sowie die Einbeziehung von so genannten Beobachterstädten europäischer Partner. Aus Deutschland haben sich die Städte Hannover (act2), Neckarsulm (energy in minds!) und Stuttgart (POLYCITY) qualifiziert.

Ein weiteres Beispiel ist die „100.000 Watt-Solar-Initiative für Schulen in NRW", ein Leitprojekt der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW. In dem vom Land NRW geförderten Schul-Projekt geht es darum, den Bau von größeren Photovoltaik-Anlagen (bis 50 kW-Leistung) mit Maßnahmen der Beleuchtungssanierung (Einbau von moderner und effizienter Beleuchtung) und sonstigen Energieeinsparinvestitionen in einem Gesamtpaket zu kombinieren. Grund-

idee der „100.000 Watt-Solar-Initiative" ist, dass die neu gegründete **Solar&Spar** Contract GmbH an ausgesuchten nordrhein-westfälischen Schulen pro Schüler 50 Watt solare Stromerzeugung installiert und gleichzeitig 50 Watt an Beleuchtungsleistung eingespart. So werden pro Schüler insgesamt 100 Watt Leistung an herkömmlicher Stromerzeugung hinfällig. Bei Schulen mit ca. 1.000 Schülerinnen und Schülern kann so jeweils pro Schule eine 100.000 Watt-Solar-Initiative umgesetzt werden. Die Investition pro Schule beträgt zwischen 500.000 und 1.200.000 Euro. Bei den vorgesehenen Solar- und Sparmaßnahmen an insgesamt vier Schulen wird ein Investitionsvolumen von über 3 Millionen Euro ausgelöst (WI 2007).

Projektidee

Ziel des durch das Bundesumweltministerium geförderten Forschungsprojekts „Energiebalance – optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ ist es, den Aspekt einer Verzahnung von EE und EF systematisch aufzugreifen und für die Sektoren Gebäude, Strom und Verkehr zu analysieren.

Dazu werden kluge Systemlösungen identifiziert, bei denen EE und EF verzahnt werden, integrale Maßnahmen für deren Förderung entwickelt und Vorschläge für eine verbesserte Abstimmung der bestehenden Instrumente unterbreitet werden. Anhand der Analysen im Rahmen des Projekts werden bisher noch zu wenig beachtete Konfliktfelder, aber auch Synergien bei der praktischen Umsetzung der beiden Pfade aufgezeigt.

Bei der Verzahnung von RE und EE stellen sich die Fragen,

- wie **erneuerbare Energieträger möglichst effizient genutzt werden** können, beispielsweise durch Steigerung der Nutzungsgrade oder Kraft-Wärme-Kopplung (cogeneration) (chapter 2 und 3);
- wie umgekehrt besonders **effiziente Anwendungen (insbesondere Gebäude und Siedlungen) ökonomisch sinnvoll mit erneuerbaren Energien versorgt werden können**; beispielsweise ist in sehr effizienten Passivhäusern der Einsatz von solarer Nahwärme oder Biomasse-Heizungen technisch und ökonomisch schwieriger;
- wie erneuerbare Energien und Gebäudeeffizienz in den **politischen Instrumenten** in Wechselwirkung treten. Beispielsweise erlaubt die Energieeinsparverordnung in gewissen Grenzen eine Kompensation von Dämmmaßnahmen mit erneuerbaren Energien. Ähnlich werden in der CO_2-Pkw-Richtlinie Biokraftstoffe auf einen gewissen Teil der erforderlich Effizienzbemühungen angerechnet.
- wie im Bereich erneuerbarer Energien erfolgreiche energiepolitische **Instrumente** auf den Bereich Energieeffizienz **übertragen** werden können.

Im Projekt Energiebalance wurden diese Synergien und Konkurrenzen zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz untersucht. Das Projekt bestand aus einer systematischen Auswertung der Verzahnung in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Methodisch wurden hierzu

- ausgewählte Szenarien für Deutschland und gesellschaftliche Zielkonzepte (z. B. 2000 Watt-Gesellschaft oder Bioenergiedörfer) ausgewertet,
- umfangreiche Technikfolgenabschätzungen, Ökobilanzen und Gebäudemodellierungen sowie

- Interviews und Workshops mit Akteuren des Gebäudebereichs durchgeführt (private Bauherren, Planern, Architekten, Handwerkern, Wohnungsunternehmen und Wohnungsbaugesellschaften),
- und systematisch verschiedene Politikinstrumente hinsichtlich ihrer Verzahnung analysiert.
- Außerdem wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens der Technologie- und Konzeptwettbewerb „Gut verzahnt geplant“ durchgeführt.

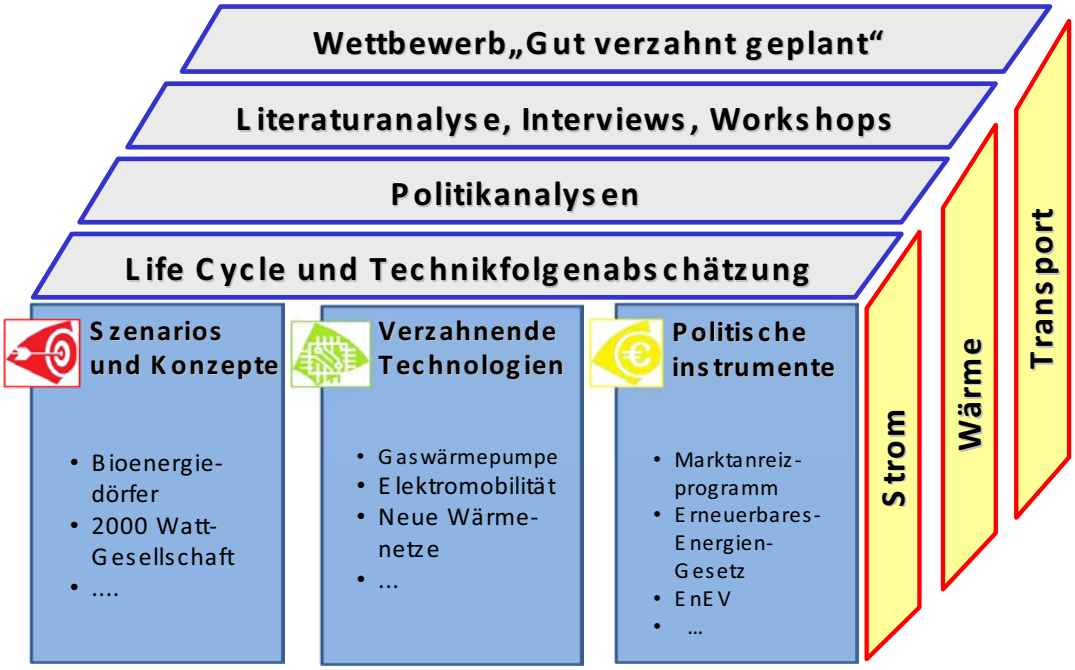


Abbildung 2.1: Struktur des Projektes Energiebalance

Das Projekt besteht aus folgenden Analyseebenen:

Zielkonzepte

Um einen Orientierungsrahmen für die Auswahl und Bündelung von Klimaschutzaktivitäten zu schaffen, sind in den letzten Jahren eine Reihe energie- und klimapolitischer Zielkonzepte entstanden, beispielsweise die „2000-Watt-Gesellschaft“, „Deutschland energieautark“ oder verschiedene Bioenergiedörfer und 100 %- Erneuerbare-Kommunen. Sie bieten Leitbilder für die Entwicklung und Realisierung von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, von lokalen Konzepten bis zu nationalen Strategien.

Es wurden verschiedene nationale, regionale oder kommunale Zielkonzepte hinsichtlich des Konkretisierungsgrads, Synergieeffekte oder Wechselwirkungen sowie im Hinblick auf Umsetzungsprozesse und Akteursbeteiligung analysiert. Da der Erfolg der Umsetzung im Wesentlichen auch von der Kommunizierbarkeit von Zielen und Maßnahmen abhängt, wurden die Aspekte Verständlichkeit und Öffentlichkeitsarbeit ebenfalls in die Bewertung einbezogen.

Technologien

Widersprüche oder negative Beeinflussungen zwischen EE und EF bestehen häufig auf technischer Ebene, wie zum Beispiel bei der Versorgung von hocheffizienten Siedlungsgebieten mit Nahwärme aus erneuerbaren Energien. Für einige bereits relevante Verzahnungstechnologien, aber auch für neue Technologien, die sich noch auf dem Markt etablieren müssen (wie z.B. Gaswärmepumpen, kalte Nahwärme, technische Versorgungsvarianten für Passivhäuser), werden Widersprüche und Synergien der Verzahnung im Rahmen von kurzen Technikfolgenabschätzungen aufgezeigt. Besonders neue und innovative Verzahnungstechnologien und Konzepte wurden im Rahmen eines Wettbewerbs „Energiebalance – Gut verzahnt geplant!“ gesucht und ausgezeichnet.

Instrumente

Eines der Ziele des Forschungsprojekts „Energiebalance“ ist die Analyse der (wechselseitigen) Anreizmechanismen wesentlicher Förderinstrumente zu EE und EF sowie die Optimierung der Verzahnung. Zudem werden Ideen generiert, wie übergreifende, integrative Politikansätze aussehen können. Zum einen hat das Forschungsprojektteam zu aktuell anstehenden Gesetzesvorhaben und -novellierungen Impulse erarbeitet, wie in diesen Fällen der bestehende Spielraum für Ergänzungen bzgl. EE- bzw. EF-Elementen ausgeschöpft werden könnte. Zum anderen wurden mittel- und langfristige Veränderungs- und Verzahnungsmöglichkeiten untersucht.

2.2 Struktur des Forschungsberichtes

Der Forschungsbericht folgt im wesentlichen einer sektoralen Gliederung. Zunächst werden in **Kapitel 3** und **4** die Beziehungen zwischen EE und EF von einer Top Down-Perspektive analysiert, nämlich inwiefern Verzahnungsaspekte zwischen EE und EF in Klimaschutzszenarien (Kapitel 3) und in gesellschaftlichen Zielkonzepten (Kapitel 4) Berücksichtigung finden. Anschließend werden die Sektoren Wärme/Gebäude (**Kapitel 5**), Strom (**Kapitel 7**) und Verkehr (**Kapitel 1**) untersucht.

2.3 Begriffsdefinitionen im Rahmen des Projektes „Energiebalance“

Innerhalb des Projektes „Energiebalance“ kommt dem Begriff der „Energieeffizienz“ (im Folgenden häufig EF abgekürzt) eine besondere Bedeutung zu; er wird in der nationalen wie internationalen Literatur unterschiedlich interpretiert. Da es im Energiebalance-Projekt u. a. um die Verständigung, Abstimmung und Integration der Bereiche EF und Erneuerbare Energien (im Folgenden häufig EE abgekürzt) geht, ist jedoch eine Klärung der Begriffe „Energieeffizienz“ und „Erneuerbare Energien“ erforderlich.

Für das Energiebalance-Projekt wird **„Energieeffizienz“** wie folgt abgegrenzt:

Während Effektivität im Sinne von „Wirksamkeit“ den Grad der Zielerreichung einer Aktivität bezeichnet, bezieht sich die Effizienz auf das Verhältnis zwischen einem wie auch immer definierten Input und einer Outputgröße. Bei der Energieeffizienz können dabei drei Ebenen unterschieden werden:

- Auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene wird Energieeffizienz entweder als **Energieintensität** oder (im Kehrwert) als **Energieproduktivität** bezeichnet. Die Energieintensität kann z. B. in Primärenergieverbrauch je Einheit BIP (real) oder Primärenergieverbrauch je Einwohner/-in angegeben werden, auf der sektoralen Ebene auch in Primärenergieverbrauch je Einheit Bruttowertschöpfung differenziert nach Produktionsbereichen (sektorale Energieintensität). Auch können Energieintensitätsgrößen wie der temperaturbereinigte Energieverbrauch je m^2 Wohnfläche oder der Kraftstoffverbrauch je 100 km Fahrleistung auf aggregierter Ebene gemessen werden. Energieproduktivität wird in der Regel in BIP (real) pro Primärenergieeinsatz angegeben. Zu derartigen Indikatoren existieren auch statistische Reihen mit entsprechenden Indexzahlen (Mayer 2006).
- In den Energieumwandlungsbereichen auf der Energieangebots- bzw. Energiebereitstellungsseite wird unter Energie- bzw. Umwandlungseffizienz der **Wirkungs- bzw. Nutzungsgrad** der Umwandlung (Umwandlungsausstoß / Umwandlungseinsatz) verstanden, also z. B. das Verhältnis von erzeugter Endenergie oder Nutzenergie zu eingesetzter Primärenergie oder Sekundärenergie (z. B. Wirkungsgrad eines Kraftwerks, eines Heizungssystems oder einer Raffinerie).
- Auf der Energienachfrageseite wird unter Energie- bzw. Endenergieeffizienz das Verhältnis verstanden, wie viel Energie für die Befriedigung energierelevanter Bedarfe, d. h. letztlich für ein bestimmtes Maß an Energie- oder Mobilitätsdienstleistungen i. e. S. benötigt wird. (Originäre) Energie- und Mobilitätsdienstleistungen i. e. S. bezeichnen dabei den physischen Nutzen, der durch eine Energieanwendung erzielt wird: z. B. Wärme eines Wohnraums, Kühle eines Getränks, trockene Wäsche, produzierte Druckluftmenge, mit Hilfe einer Maschine erzeugte Kraftanwendung, Ermöglichung des alltäglichen Einkaufs (z. B. entweder durch Bewegung von A nach B mit Hilfe eines Fahrzeugs oder z. B. durch eine Infrastruktur, die den Einkauf vor Ort zu Fuß ermöglicht), Informationsübermittlung. Eine Steigerung der Endenergieeffizienz bedeutet demnach, weniger Energie für dasselbe Maß an Mobilität bzw. Energieanwendung zu verbrauchen, also eine Verringerung der **Energieintensität der Energie- und Mobilitätsdienstleistungen i. e. S.** Die Steigerung kann durch technische, organisatorisch-institutionelle bzw. Struktur verändernde oder auch verhaltensbezogene Maßnahmen erreicht werden.

Die Erhöhung der Endenergieeffizienz ist eine Teilmenge des **Energiesparens**. Energiesparen beinhaltet zusätzlich auch den teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Inanspruchnahme von Energie- oder Mobilitätsdienstleistungen i. e. S. (Suffizienz oder Genügsamkeit) bzw. eine Substitution der Befriedigung von energierelevanten Bedarfen. Beispiele sind die Reduktion der Innentemperatur unter einen üblicherweise als angenehm empfundenen Wert oder der Ersatz einer sonntäglichen Ausflugsfahrt mit dem Auto durch einen Spaziergang in der näheren Umgebung. Das Vermeiden von Verschwendung, indem z. B. die Raumtemperatur auf einen üblicherweise als angenehm empfundenen Wert gesenkt wird, ist dagegen durchaus eine Maßnahme der Energieeffizienz. Auch zählen Maßnahmen, die zu einer Ver-

lagerung von Dienstleistungsinanspruchnahmen bzw. Verbräuchen führen, dann zu Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, wenn die Verlagerung nicht zu einer geringeren Bedarfsbefriedigung bzw. zu einem gesunkenen Niveau bei den in Anspruch genommenen Energie- und Mobilitätsdienstleistungen i. e. S. führt.

Energieeffizienz muss im Übrigen nicht zwangsläufig als Quotient zweier Energiekenngrößen ausgedrückt werden. Im Nenner kann auch eine andere den Nutzen charakterisierende Größe stehen, z. B. MB Informationsübermittlung, km zurückgelegte Wegstrecke, °C Raumtemperatur, im Zähler eine andere den Energieinput charakterisierende Größe, z. B. ha Anbaufläche. Letztere kann allerdings über die flächenspezifische Sonneneinstrahlung wieder in eine Energiekenngröße zurückgerechnet werden.

Mit **„Klimaeffizienz“** wird im Energiebalance-Projekt die Menge ausgestoßener Treibhausgase bezogen auf einen Input ausgedrückt (beispielsweise bezogen auf eine Fläche, die zum Anbau von Energiepflanzen verwendet wird, ein MJ produziertes Biogas oder ein Euro Investition). Ein die Klimaeffizienz steigerndes Verhalten führt also zu höherer Klimaschutzwirkung bezogen auf eine bestimmte Inputgröße bzw. zu einer Minimierung der Inputgrößen bezogen auf eine bestimmte Menge ausgestoßener Treibhausgase.

3 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in nationalen Energieszenarien

In der energie- und klimapolitischen Diskussion werden eine Reihe von Politikzielen und Ansprüchen an das Energiesystem von morgen formuliert (Abbildung 3.1). Die Anforderungen erfassen unterschiedliche Aspekte der Energieversorgung und -nutzung, wobei sich teilweise Synergien, aber auch Widersprüche und Zielkonflikte der Umsetzung abzeichnen. In der Debatte um künftige Optionen der Energieversorgung und der Ausgestaltung des politischen Rahmens spielen diese Anforderungen je nach Position und Interessenlage eine unterschiedlich wichtige Rolle.

Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass sich energie- und klimapolitische Optionen im politischen Prozess an einer **Vielfalt von Anforderungen** zu messen haben. Dies gilt um so mehr, als die klassischen Themen der Energie- und Klimapolitik zunehmend um Aspekte des Ressourcenschutzes und einer ökologischen Stoffstrompolitik erweitert werden, die als Politikfelder an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 3.1: Übersicht von Anforderungen an die Energieversorgung der Zukunft (eigene Darstellung)

Gleichzeitig ist es allerdings erforderlich, den politischen Prozess an Zielen und Prioritäten auszurichten. Vor dem Hintergrund des **Leitbilds einer nachhaltigen Energiepolitik** (bedarfsgerechte Versorgung bei Umwelt- und Sozialverträglichkeit sowie Wirtschaftlichkeit) und den Erfolgen in der klassischen Umweltpolitik stehen gegenwärtig drei **Oberziele** im Zentrum der Debatte in Deutschland:

- **Klimaschutz** durch absolute Reduktion der Treibhausgasemissionen.
- **Versorgungssicherheit** im Energiesystem. Dieses Ziel umfasst mehrere Wirkungsebenen, was die konkrete Operationalisierung erschwert. Neben der Vermeidung von Störungen der physischen Energieversorgung sind Ansatzpunkte die Minderung der ökonomischen Risiken durch Preiseffekte (Steigerungen, Volatilität) sowie der geopo-

litischen Risiken der Lieferbeziehungen mit bestimmten Förderregionen, u.a. durch einseitige Abhängigkeiten.

- **Preisgünstiger und verbraucherfreundlicher Zugang zu bedarfsgerechten Energiedienstleistungen** i.e.S. (z. B. warmer Raum, gekühlte Lebensmittel, Druckluft, Kraftanwendung, etc.) für alle Letztverbraucher. Sowohl aus gesamtwirtschaftlicher wie aus einzelwirtschaftlicher Perspektive sollten hier wirtschaftliche Lösungen der Bereitstellung dieser Energiedienstleistungen i.e.S. erreicht werden. Dies schließt Partialmarktziele wie die Wirtschaftlichkeit der Endenergiebereitstellung mit ein.

Weiterhin gewinnen zunehmend technologie- und wirtschaftspolitische Aspekte an Bedeutung, d.h. es wird durch eine direkte wie indirekte Technologieförderung eine Stärkung der deutschen Unternehmen in Zukunftsmärkten der nachhaltige Energieversorgung angestrebt. Dieser Aspekt spielt z.B. im Rahmen des EEG explizit eine Rolle als ein Politikziel.

Die Ausrichtung von politischen Maßnahmen auf die oben genannten **Oberziele** führt aktuell zu den beiden **energie- und klimapolitischen Kernstrategien**:

- **Steigerung der Energieeffizienz (EF)** in allen Umwandlungsprozessen des Energiesystems. Es gilt eine absolute Reduktion der Endenergienachfrage zu erreichen. Gründe sind erstens Mengenrestriktionen (Verfügbarkeit fossiler Energieträger, Grenzen der Ausbaugeschwindigkeit von alternativen Energien) und zweitens Wirtschaftlichkeitsaspekte (umfangreiche wirtschaftliche Einsparpotenziale; zu erwartende Preissteigerungen bei den Endenergieträgern).
- Substitution von fossilen (und nuklearen) Energieträgern durch den **Ausbau der erneuerbaren Energien (EE)**

3.1 Die Rolle von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in nationalen Szenarien

Szenarioanalysen für Deutschland zeigen, dass der Ausstieg aus der Kernenergie und die Erfüllung von ambitionierten Klimaschutzzielen (-40% bzw. -80 % Reduktion an Treibhausgasen bis 2020 bzw. 2050 ggü. 1990) simultan nur dann zur erreichen sind, wenn der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) und verstärkte Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz (EF), die zur Verringerung des Energiebedarfs führen, parallel verlaufen. Trotz dieser generellen gemeinsamen Linie werden die möglichen bzw. notwendigen Beiträge von EE und EF zur Reduktion von Treibhausgasen bezogen auf Umfang, Einsatzzeitpunkt und Dynamik unterschiedlich bewertet. Diesbezüglich und bezogen auf die Frage, welche Rolle dabei bzw. insgesamt eine Verzahnung von EE- und EF-Maßnahmen spielen, werden die in Tabelle 3.1 dargestellten einschlägigen Energie-Szenarien für Deutschland nachfolgend analysiert.

Tabelle 3.1: Überblick über die betrachteten Szenarien

Szenario	Zeithorizont	Klimaschutz Ziele	Szenario-Philosophie
BMU-Leitstudie 2008 (Nitsch 2008)	2000-2050	-80% CO_2 (1990-2050)	Normatives Zielszenario
BMWI-Energiegipfel2007 Sz. Koalitionsvertrag (EWI/prognos 2007)	2000-2020	Indirekt -40 % THG (1990-2020) durch Bezug auf Politik der Bundesregierung	Ansatzweise normatives Zielszenario Moderate Senkung der Energieintensität Moderate Erhöhung von EE
BMWI-Energiegipfel2007-Sz. Erneuerbare Energien (EWI/prognos 2007)			
BMWI-Energiegipfel2007-Sz. Kernenergie (EWI/prognos 2007)			
UBA-Klimaschutz-Szenario (Erdmenger et al. 2007)		-40% CO_2 (1990-2020)	Normatives Zielszenario
WWF-Sz. "*Target 2020*" (WI 2005)		Erreichen des 2 °C-Ziels der EU[1)]	Normatives Zielszenario
EU-Szenario „Combined high renewables and efficiency" (DG TREN 2006)	2000-2030	Modellierung der Folgen ambitionierter politischer Effizienz- und EE-Fördermaßnahmen [-21,4% CO_2 (1990-2020, EU-25) werden erreicht]	Modellierung möglicher politischer Klimaschutzmaßnahmen

[1)] Das bedeutet, dass -33% THG (1990-2020, EU-25) erreicht werden

3.2 Leitstudie 2008

Die **Leitstudie 2008** ist ein normatives Szenario, das davon ausgeht, dass simultan der Atomausstieg und ein 80 % CO_2-Reduktionsziel eingehalten werden müssen (Nitsch 2008). *Langfristig werden dabei erneuerbare Energien und Energieeffizienz hinsichtlich der CO_2-Einsparwirkungen einen ähnlichen Beitrag leisten.* Das Leitszenario geht davon aus, dass von den über 600 Millionen Tonnen zu leistender CO_2-Reduktion ab 2005 in etwa gleiche Beiträge von den Erneuerbare Energien und der Effizienzsteigerung (inkl. KWK) sowohl auf Angebots- als auch Nachfrageseite geleistet werden.

Auf die Bereiche Strom, Wärme und Kraftstoffe aufgeteilt ergibt sich allerdings ein heterogenes Bild. CO_2-Einsparungen im *Strombereich* werden im Wesentlichen durch den Einsatz von *erneuerbaren Energien* erreicht (bis zu 245 Mio. t CO_2 pro Jahr in 2050 gegenüber 2005). Im Jahr 2020 werden jährlich ca. 75 Millionen Tonnen und 2030 dann 137 Millionen Tonnen eingespart, jeweils bezogen auf 2005. Aber auch die Effizienz trägt zu den CO_2-Minderungen bei, allerdings auf Grund der zunächst noch ungebrochenen Wachstumstendenz im Strommarkt und noch nicht installierten umfangreichen EF-Maßnahmenpakete erst zeitverzögert. In den ersten zwei Dekaden wird zudem ein Teil der insgesamt erzielten CO_2-Reduktionen durch den Ausstieg aus der Atomenergie (über) kompensiert, anschließend gelingt dann aber eine nachhaltige Verringerung der CO_2-Emissionen.

Die pro Jahr gegenüber dem jeweiligen Vorjahr zusätzliche Einsparung von CO_2 durch erneuerbare Energien im Stromsektor beträgt durchschnittlich zwischen 4,7 (2010-2020) und 6,2 Millionen Tonnen (2020 – 2030). Der Einfluss der Energieeffizienz ist – inklusive der Än-

derung des Strommixes – hingegen als Folge des Atomenergieausstiegs zunächst negativ: beginnend mit durchschnittlich 1,4 Millionen Tonnen zusätzlich pro Jahr zwischen 2005 und 2010, verringert sich das auf diesen Effekt zurückzuführenden Wachstum der Emissionen auf 0,6 Millionen Tonnen jährlich zwischen 2010 und 2020. Erst zwischen 2020 und 2030, wenn der Atomausstieg abgeschlossen wird, überwiegen im Stromsektor die CO_2-Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen gegenüber den zusätzlichen Emissionen durch die Kompensation der Atomenergie. Es werden dann gegenüber dem jeweiligen Vorjahr zusätzliche CO_2-Einsparungen von durchschnittlich 2,7 Millionen Tonnen erreicht. Aber auch nach 2030 erreichen die Einsparungen durch Effizienzsteigerung nicht die Einsparungen durch erneuerbare Energien: dann stehen 0,9 Mio. t pro Jahr durch Effizienz 5,4 Mio. t durch Erneuerbare gegenüber.

Die Strommengen aus erneuerbaren Energien steigen ab 2020 stärker an als zuvor: während zwischen 2005 und 2010 jährlich durchschnittlich ca. 8 TWh mehr Strom hinzukommen, werden zwischen 2020 und 2030 jährlich durchschnittlich sogar mehr als 10 TWh Strom pro Jahr zusätzlich aus erneuerbaren Energien ins Energiesystem eingespeist. Entsprechend höher sind in diesem Zeitraum auch die durch erneuerbare Energien eingesparten CO_2-Mengen.

Im *Wärmebereich* wird die Minderung der CO_2-Emissionen dagegen hauptsächlich durch eine *verbesserte Effizienz* erreicht. Hier zeigt sich u.a. das große Einsparpotenzial durch Altbausanierung und hohe Energiestandards im Neubau. Der Anteil der erneuerbaren Energien an den gesamten sektoralen Klimagaseinsparungen ist deutlich niedriger: Die durchschnittlichen zusätzlichen Einsparungen pro Jahr gegenüber den jeweiligen Vorjahren durch Erneuerbare liegen im Bereich zwischen 1 und 1,2 Mio. t. Energieeffizienz hingegen ermöglicht CO_2-Einsparungen in einer deutlich größeren Mengenordnung: Mit anfänglich 10 Mio. t pro Jahr zwischen 2005 und 2010 werden die höchsten Einsparungen aller Sektoren erzielt. Dies schwächt sich ab auf 4,2 Mio. t pro Jahr zwischen 2020 und 2030.

Im *Verkehrssektor* werden insgesamt – über den Zeitraum von 2005-2030 betrachtet – größere Beiträge durch Energieeffizienz-Steigerungen als durch Erneuerbare Energien geleistet. Im Zeitverlauf ist jedoch ein strategischer Wechsel festzustellen, da kurzfristig – bis 2010 – der Beitrag der Erneuerbaren Energien deutlich – um einen Faktor vier – den der Effizienzsteigerung überwiegt. Ab 2010 kehrt sich dieses Verhältnis dagegen quasi „schlagartig“ um und es können durch EF-Maßnahmen knapp fünf mal so hohe Reduktionsbeiträge als durch den Einsatz von EE-Kraftstoffen geleistet werden[12].

In der Summe über alle drei Sektoren können sowohl am Anfang der Untersuchungsperiode als auch in der letzten Dekade mit jeweils etwa durchschnittlich 17-18 Mio. t CO_2 pro Jahr die höchsten CO_2-Minderungen erzielt werden Dagegen liegen die jährlichen Minderungsbeiträge zwischen 2010 und 2020 bei lediglich etwa 12 Mio. t CO_2 und damit um etwa 31 % darunter.

Konkrete Aussagen zu Verzahnungs-Maßnahmen und deren Wirkungen finden sich nicht.

[12] Der Einsatz von Biokraftstoffen steigt zwischen 2005 und 2030 um insgesamt 224 PJ an, während die gesamte Kraftstoffnachfrage um insgesamt 479 PJ zurückgeht.

Tabelle 3.2: Pro Jahr durchschnittlich gegenüber dem Vorjahr zusätzlich eingesparte Menge an CO_2 im Leitszenario 2008

Mt	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Strom:				
EE-Strom ab 2005 (nur fossile Subst.)	5,6	4,7	6,2	5,5
EFF-Strom + Änderung Mix ab 2005	-1,4	-0,6	2,7	0,6
Wärme:				
EE-Wärme ab 2005	1	1,2	1,2	1,2
EF-Wärme ab 2005	10	4,3	4,2	5,4
Kraftstoffe:				
EE-Kraftstoffe ab 2005	2,4	0,4	0,4	0,8
EF-Kraftstoffe ab 2005	0,6	1,9	2,1	1,7
Insgesamt				
EE-Beitrag	8,8	6,4	7,8	7,4
EF-Beitrag	9	5,7	9	7,7

Quelle: BMU 2008; eig. Berechnungen

3.3 Energie-Gipfel Szenarien (EWI/Prognos)

Für den Energiegipfel der Bundesregierung mit der Energiewirtschaft im Jahr 2007 modellierten EWI und prognos – basierend auf der Hochpreisvariante des eigenen Energiereports IV – drei neue Szenarien, die das Erreichen des Klimaschutzziels der Bundesregierung für das Jahr 2020 ermöglichen. Das erste Szenario namens *Koalitionsvertrag* (*KV*) nimmt als Parameter eine Senkung der Energieintensität um die Hälfte, eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien sowie die Fortentwicklung des Emissionshandels und den Ausstieg aus der Kernenergie an. Das zweite Szenario – *Erneuerbare Energien* (*EE*) – sieht einen noch stärkeren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien vor, während das dritte Szenario *Kernenergie* (*KKW*) unter anderem eine verlängerte Laufzeit der heute am Netz befindlichen Kernkraftwerke um 20 Jahre und eine um 10 % niedrigere durchschnittliche Effizienzsteigerung als die anderen beiden Szenarien modelliert. Die zugehörigen relevanten Kennwerte der drei Szenarien sind in der Übersicht in Tabelle 3.3 dargestellt.

Tabelle 3.3: Kennwerte der Szenarien für das Jahr 2020, die von EWI und prognos für den Energiegipfel 2007 erstellt wurden.

Indikator	2005	Szenario *KV*	Szenario *EE*	Szenario *KKW*
PEV gesamt, PJ	14469	12016	12108	12543
EE-Beitrag, PJ	665	1614	2039	1610
Anteil EE am PEV, %	4,6	13,4	16,8	12,8
Effizienzsteigerung PEV/BIP, Durchschnitt 2005 – 2020	–	-3,0	-3,0	-2,7
THG-Emissionen, absolut, Mio. t/a (1990: 948 Mio. t)	839	586	564	525
Veränderung THG-Emissionen ggü. 1990, Mio t/a	-154	-362	-384	-423

Quelle: ewi/Prognos 2007

Aus dem Variantenvergleich lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Der Beitrag von EF-Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen ist offenbar[13] höher als derjenige durch den EE-Ausbau, da der Primärenergiebedarf (PEV) jeweils in größerem Umfang gesenkt wird als zusätzliche EE-Angebotsbeiträge erschlossen werden und weil der zusätzliche EE-Ausbau in *Szenario EE* im Vergleich zu *Szenario KV* (+26%) bei ansonsten gleicher EF-Steigerung „nur“ noch eine Reduktion der Treibhausgase um 3% bewirkt.
- Anstrengungen im EF-Bereich werden bzw. sind offenbar signifikant mit der strukturellen Frage verbunden, ob an der Umsetzung des Kernenergieausstiegs festgehalten (*Szenario KV* und *Szenario EE*) oder ob eine Laufzeitverlängerung durchgesetzt wird (*Szenario KKW*). Jedenfalls werden in *Szenario KKW* signifikant geringere Effizienzgewinne unterstellt als in den anderen beiden Szenarien. Hier wird die Energieintensität zwischen 2005 und 2020 „nur“ um 2,7 Prozent (statt 3,0 %) pro Jahr gesenkt. Der Grundgedanke in diesem Szenario ist demnach: Ein fortgesetzter Betrieb der deutschen Kernkraftwerke erlaubt es, auf der Seite der Energieeffizienz weniger ambitionierte Ziele zu setzen.
- In Szenario *KKW* können zwar die energiebedingten Treibhausgasemissionen bis 2020 mit über 45 Prozent im Szenariovergleich am stärksten gesenkt werden. Allerdings ist die Herausforderung, die wegfallenden CO_2-Einsparungen in Folge des KKW-Ausstiegs durch EE und EF zu kompensieren, damit nach hinten und außerhalb des Untersuchungszeitraums verschoben worden. Nach 2020 ist aber auch wieder ein erheblicher Rückschritt bezogen auf die bereits erzielte CO_2-Minderung möglich bzw. unausweichlich, falls der Ausstieg dann nicht adäquat kompensiert wird. Insofern bestätigt die vergleichsweise hohe Minderungsleistung (-41%) des Szenarios EE, die trotz Ausstieg erzielt werden kann, die Eingangsthese, dass parallel sowohl EF-Steigerung als auch EE-Ausbau die wesentlichen Strategien für eine nachhaltige Senkung der Treibhausgas-Emissionen ist.

[13] Dies gilt allerdings nur, wenn der Primärenergieträger-Mix bzw. die Substitutionsstrategie bezogen auf die verschiedenen Primärenergieträger insgesamt in etwa gleich bleibt. Dies wird hier unterstellt.

Konkrete Aussagen zu Verzahnungs-Maßnahmen und deren Wirkungen finden sich nicht.

3.4 UBA-Klimaschutzszenario

Das vom **Umweltbundesamt (UBA)** erarbeitete Energieszenario modelliert eine Senkung der CO_2-Emissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber dem Bezugsjahr 1990. Eines der zentralen Steuerungsinstrumente für die Senkung der Emissionen ist die Versteigerung von CO_2-Zertifikaten. Der Erdgasanteil an der Stromerzeugung steigt demzufolge bis 2020 auf 30 Prozent. Der Atomausstieg wird umgesetzt.

Die CO_2-Einsparung verteilt sich zwischen erneuerbaren Energien und Effizienz/Sparen sehr ungleich. Während der zusätzliche Einsatz erneuerbarer Energien in der Energiewirtschaft, der Industrie sowie den Haushalts- und Dienstleistungssektoren ab dem Jahr 2005 bis 2020 54 Millionen Tonnen CO_2 vermeidet, senkt der Einsatz von Energieeffizienz den CO_2-Ausstoß im selben Zeitraum um 86 Millionen Tonnen. Hierin sind allerdings auch Vermeidungen durch den Brennstoffwechsel von Kohle zu Erdgas bei der Stromerzeugung eingeschlossen. Weitere 70 Millionen Tonnen werden im Jahr 2020 durch Energiesparen vermieden. Damit beträgt das Beitragsverhältnis von EE zu EF zur CO_2-Vermeidung etwa 1:3. Sparen und Effizienz (inklusive des Brennstoffwechsels von Kohle zu Erdgas) leisten in diesem Szenario also deutlich größere Beiträge zum Klimaschutz als die EE. Zu diesen 210 Millionen Tonnen an vermiedenem CO_2 kommen weitere 14 Millionen Tonnen, die keiner der prioritär aufgeführten Kategorien zugeordnet werden können.

Konkrete Aussagen zu Verzahnungs-Maßnahmen und deren Wirkungen finden sich nicht.

3.5 EU-Szenario „Combined high renewables and efficiency“

Im Jahr 2006 veröffentlichte die **Europäische Union** mehrere Szenarien, die mögliche Entwicklungen des europäischen Energiemarktes bis 2030 beschreiben (Europäische Kommission 2006). Neben einem Referenzszenario (Baseline) sind dies mehrere alternative Szenarien. In Bezug auf den Klimaschutz ist das ambitionierteste Szenario das „Combined high renewables and efficiency“-Szenario (kurz “Combined-Szenario”), das eine Kombination aus zwei weiteren Szenarien darstellt, die jeweils entweder einen starken Ausbau erneuerbarer Energien, oder eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz annehmen. Wie auch für das Baseline-Szenario liegen für das Combined-Szenario quantitative Daten über die angenommene Entwicklung in Deutschland vor, die hier betrachtet wird.

Im **Combined-Szenario** vervierfacht sich zwischen 2005 und 2030 nahezu die absolute Menge an erneuerbarer Primärenergie in Deutschland, sie steigt von 4,1 % des gesamten Primärenergiebedarfs auf 20,6 %. In diesem Szenario ist die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für EE zwischen 2005 und 2020 höher als zwischen 2020 und 2030, und auch die durchschnittlichen jährlichen absoluten Zuwächse in den letzen zehn betrachteten Jahren sind niedriger als in den 15 Jahren zuvor. Die Autoren der Szenarien gehen also offenbar davon aus, dass erneuerbare Energien zeitnah deutlich ausgebaut werden können, während sich mittelfristig der Ausbau verlangsamt.

Die gesamtwirtschaftliche Energieintensität verringert sich zwischen 2005 und 2030 im Baseline-Szenario um 34 % und im Combined-Szenario um 46 %. In Bezug auf die zeitliche Ent-

wicklung der Energieintensität wird in beiden Szenarien ein nahezu gleichmäßiger Rückgang angenommen, der sich jedoch im Laufe des betrachteten Zeitraums leicht abschwächt.

An dieser Stelle ist insbesondere der zusätzliche Beitrag von Energieeffizienz und von erneuerbaren Energien zum Klimaschutz von Interesse, der durch politische Maßnahmen erzielt werden kann. Zu diesem Zweck lassen sich die im Combined-Szenario gegenüber dem Baseline-Szenario erreichte Primärenergieeinsparung und die zusätzliche Menge erneuerbarer Primärenergie gegenüberstellen (vgl. Tabelle 3.4). Da beide Szenarien eine identische Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts unterstellen, könnten die zusätzlichen Primärenergieeinsparungen allein als Folge von reinen Effizienzverbesserungen angesehen werden. Allerdings wird eine solche strukturelle Veränderung der Energiewirtschaft – wie im Szenario unterstellt – in der Realität nicht ohne Wirkung auf das BIP bleiben. Insofern ist diese Aussage nur bedingt richtig.

Tabelle 3.4: Primärenergieeinsparung sowie zusätzliche erneuerbare Primärenergiebereitstellung (jeweils nach Substitutionsmethode) im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario

Differenz zwischen Baseline- und Combined-Szenario	2010	2015	2020	2025	2030
Primärenergieeinsparung (in ktoe/a) ab 2005 im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario	10.222	18.912	35.530	53.079	57.615
Zusätzliche erneuerbare Primärenergie (in ktoe/a) ab 2005 im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario	12.340	12.801	19.207	20.169	20.338

Quelle: (Europäische Kommission 2006); eigene Berechnungen

Die Betrachtung der zusätzlichen Effekte verdeutlicht, dass der Energieeffizienz eine deutlich größere Wirkung auf die Verringerung der konventionellen Energiebereitstellung zukommt als dem Ausbau der erneuerbaren Energien: Im Jahr 2030 wird im Vergleich zu 2005 im Combined-Szenario gegenüber dem Baseline-Szenario knapp drei mal so viel Energie eingespart, wie durch erneuerbare Energien zusätzlich bereitgestellt wird.

In diesem EU-Szenario wird im Stromsektor die Nutzung erneuerbarer Energien besonders stark ausgeweitet. Die Stromerzeugung aus diesen Quellen erhöht sich im Combined-Szenario um mehr als das Fünffache zwischen 2005 und 2030, von 43 TWh auf 225 TWh. Ihr Anteil an der gesamten Stromerzeugung wächst dabei von 10,5 % auf 41,2 %. Ähnlich wie bei der vorherigen Betrachtung der Primärenergie wird deutlich, dass der Zubau von Anlagen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms bis 2020 deutlich stärker wächst als zwischen 2020 und 2030. Dennoch gilt auch im Stromsektor, dass die Verbesserung der Energieeffizienz eine bedeutendere Rolle spielt als die verstärkte Nutzung erneuerbarer Technologien.

Konkrete Aussagen zu Verzahnungs-Maßnahmen und deren Wirkungen finden sich nicht.

Tabelle 3.5: Verringerung der Stromnachfrage sowie zusätzliche erneuerbare Stromerzeugung im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario.

Differenz zwischen Baseline- und Combined-Szenario	2010	2015	2020	2025	2030
Verringerung der Stromnachfrage (in TWh/a) im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario	29	56	119	154	166
Zusätzliche erneuerbare Stromerzeu-gung (in TWh/a) im Combined-Szenario gegenüber Baseline-Szenario	37	28	50	46	44

Quelle: (Europäische Kommission 2006); eigene Berechnungen

3.6 WWF-Szenario „Target 2020“

Target 2020 – Policies & Measures ist das vom Wuppertal Institut für den World Wide Fund for Nature (**WWF)** erstellte Energieszenario für die EU 25, das sich durch hohe Anteile erneuerbarer Energien und eine starke Umsetzung von Effizienzmaßnahmen auszeichnet. Die Trendentwicklung als *Business as Usual* (*BAU*) wurde von der EU übernommen (Mantzos et al. 2003). Hier wächst das BIP um 2,4 %/a, während der Energieverbrauch „nur“ um 0,7 %/a steigt. Diese Entkopplung von Wirtschafts- und Verbrauchswachstum erlaubt keine Einhaltung von Emissionsvorgaben im Sinne des Klimaschutzes, sondern führt im Gegenteil zu einem steigenden CO_2-Ausstoß, der im Jahr 2020 um 7 % über dem CO_2-Ausstoß des Jahres 1990 liegt). Die Umsetzung von *Policies & Measures* (*PM*) hingegen würde zu einer starken Senkung der CO_2-Emissionen führen: Gegenüber dem Stand von 1990 würde der CO_2-Ausstoß im Jahr 2020 um 33 kleiner ausfallen, was einer CO_2-Reduktion gegenüber *BAU* von knapp 38 Prozent entspräche.

Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch wird in Szenario *PM* bis auf 25% im Jahr 2020 gesteigert. Den größten Beitrag zur Emissionsminderung leistet jedoch die Energieeffizienz (inklusive Energiesparen): Von den erreichbaren 38 Prozent trägt sie 22 Prozentpunkte bei (ca. 900 Mio. t im Jahr 2020), Erneuerbare 14 Prozentpunkte (ca. 600 Mio. t) und Brennstoffwechsel zwei Prozent (vgl. Abbildung 3.2).

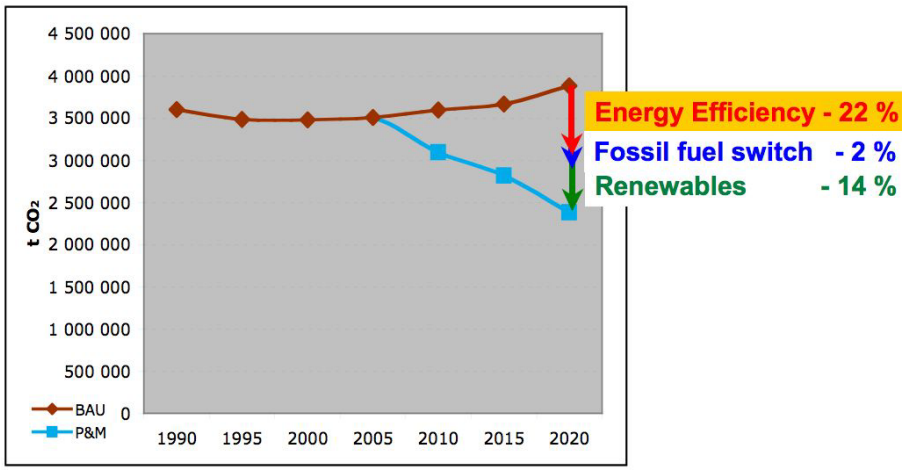


Abbildung 3.2: CO_2-Minderung in Szenario PM gegenüber der Referenzentwicklung der Region EU25 (WWF 2005)

Der Endenergieverbrauch sinkt in *PM* jährlich um 0,4 %, so dass im Jahr 2020 mehr als 20% an Energie absolut gegenüber *BAU* eingespart wird. Dafür wird die Effizienzsteigerung in allen Sektoren rasch vorangetrieben, Dies gelingt durch den Einsatz sowohl von sektorübergreifenden Maßnahmen wie einem gestärkten Emissionshandelssystem als auch durch zahlreiche Einzel-Maßnahmen. Für den Haushaltssektor wird beispielsweise die Einführung von Mindeststandards für die Energieeffizienz elektronischer Geräte sowie für die Wärmedämmung von Gebäuden und Gebäudeteilen vorgeschlagen, um die Energieeffizienzsteigerungen in diesem Bereich zu erreichen. Die Effizienzverbesserungen im Verkehr ermöglichen sogar ein weiter steigendes Verkehrsaufkommen bei einem gleichzeitig niedrigeren Kraftstoffverbrauch (-5 % im Jahr 2020 gegenüber 2005)

Um den hohen Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergiebedarf zu erreichen (24,5 % im Jahr 2020 gegenüber 7,5 % im Jahr 2000), müssten allerdings 80 Prozent des in der EU-25 mittelfristig nutzbaren Potentials ausgeschöpft werden, wobei der Schwerpunkt laut Szenario auf den Ausbau von Biomasse gefolgt von der Windkraft gelegt wird. Die Biomasse trägt demnach zur Hälfte des EE-Anteils bei und wird überwiegend zur Wärmebereitstellung und Stromerzeugung eingesetzt, die 61 % des gesamten Biomasseeinsatzes in Anspruch nehmen, während der Rest vom Transportsektor benötigt wird.

Konkrete Aussagen zu Verzahnungs-Maßnahmen und deren Wirkungen finden sich nicht.

3.7 Schlussfolgerungen aus der Szenarioanalyse

Die untersuchten Szenarien verdeutlichen, dass es verschiedene Wege und Strategien gibt, mit denen die angestrebten Klimaschutzziele erreicht werden können. Die Anteile erneuerbarer Energien und von Energieeffizienz variieren hierbei deutlich (Abbildung 3.3). In drei der fünf betrachteten Energieszenarien sind – bezogen auf den Zeitraum 2005-2020 – die Beiträge von Energieeffizienz zu Klimaschutzzielen deutlich (Szenario Koalitionsvereinbarung und Leitszenario) bis leicht (Szenario Kernkraft) größer als die Beiträge erneuerbarer Energieträger. In den anderen beiden Szenarien können dagegen deutlich (Combined Szenario für Deutschland) bis leicht (Szenario Erneuerbare Energien) größere Beiträge durch erneuerbare Energien als durch Effizienzsteigerung realisiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen,

dass die Szenarien sich bezogen auf die jeweils ausgewählten hauptsächlichen Optionen für EE (dreimal Strom und dreimal Biomasse-Wärme und -Kraftstoffe) und EF (Wärme, Strom sowie Wärme und Strom) zum Teil grundlegend voneinander unterscheiden.

Die genannten Ergebnisse werden wesentlich von exogenen Faktoren (Annahmen, Empirie und Expertenwissen) bestimmt und sind keine rein modellendogenen Größen – im Sinne von Optimierungsrechnungen. Sie stellen daher eher die jeweils bevorzugte Szenarienphilosophie dar und lassen nur bedingt Rückschlüsse auf die Vor- und Nachteile der hinterlegten Strategien und deren Wechselwirkung zu. Gleichwohl lässt sich aber feststellen, dass alle betrachteten Szenarien parallel Strategien für einen Ausbau Erneuerbarer Energien als auch zur Steigerung der Energieeffizienz verfolgen. Konkrete Aussagen für eine Verzahnung von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz werden von den betrachteten Szenarien dagegen nicht getroffen und lassen sich auch nicht ableiten.

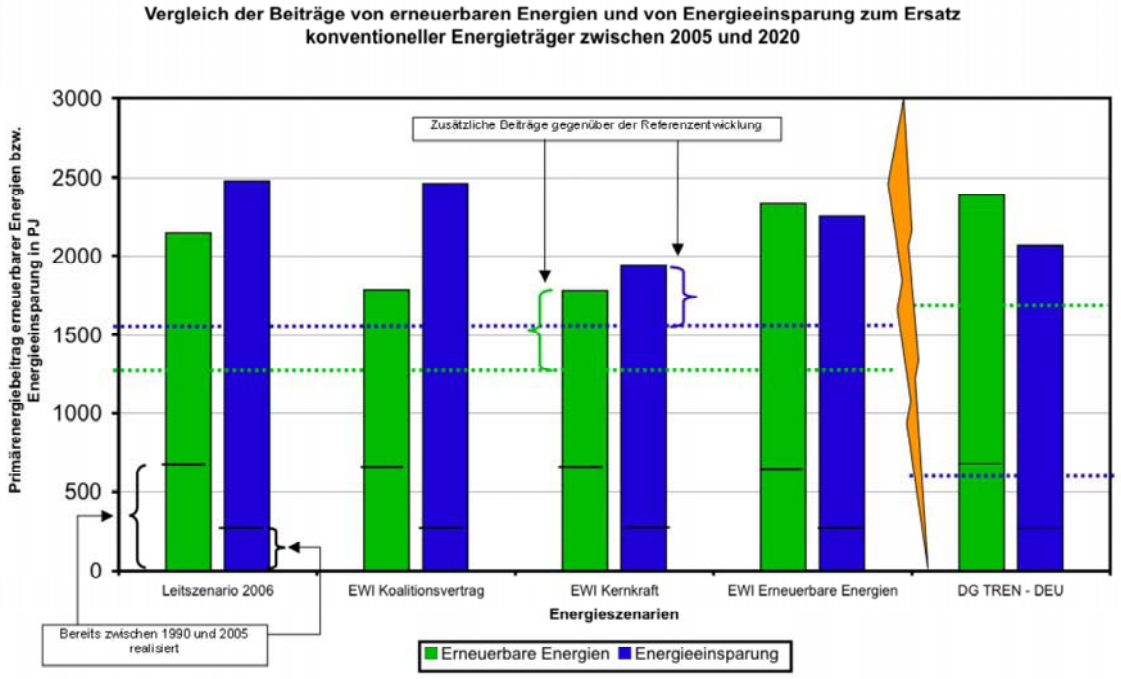


Abbildung 3.3: Beiträge von EE und EF zur Primärenergieeinsparung für verschiedene Szenarien, 2005-2020

Bei der Beurteilung der Wirksamkeit spielen – neben dem Erreichen der Zielmarken selbst – jedoch auch andere Aspekte eine wichtige bis entscheidende Rolle (siehe Tabelle 3.5). So beeinflusst die **zeitliche Dynamik** der gewählten Strategien (Ausbau erneuerbarer Energien, die Erschließung von Effizienzpotentialen, Kernenergieausstieg oder Laufzeitverlängerung) direkt die Allokation von Investitionen und die Formulierung ausgleichender bzw. ergänzender Politikinstrumente. Dies offenbart sich bei den betrachteten Szenarien am deutlichsten beim Umgang mit den Kernkraftwerken: Der mögliche Beitrag durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fällt in dem Szenario Kernkraft (Annahme Laufzeitverlängerung um 20 Jahre) im Vergleich zu allen anderen Szenarien, die dagegen am vereinbarten Ausstieg festhalten, am niedrigsten aus. Dies gilt mit Ausnahme des Szenarios Koalitionsvertrag auch für den Beitrag durch Erneuerbare Energien. Der Strategiewechsel vom Ausstiegsbeschluss

zur Laufzeitverlängerung führt offenbar – implizit – zu weniger ambitionierten Annahmen bezogen auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz (siehe Tabelle 3.5). Ansonsten kann bezogen auf die zeitliche Dynamik festgestellt werden, dass diesbezüglich auch sehr verschiedene Strategien – z.B. EE-Ausbau bereits kurzfristig (Combined-Szenario) oder erst langfristig (Leitszenario) stark – nahezu in gleichem Umfang zur Minderung von Treibhausgasen beitragen können.

Ein weiterer Aspekt ist in diesem Zusammenhang die **Zeitkritikalität** oder **Verzögerungsresistenz** von Maßnahmen und Strategien. Damit ist angesprochen, in wie weit Alternativen verfügbar gemacht werden können bzw. müssen, um eine eventuelle Verzögerung der gewünschten Ausbaustrategie auszugleichen. Als besonders zeitkritisch sind sowohl Maßnahmen mit hoher Tiefenwirkung wie zum Beispiel der Umgang mit der Kernenergie, der Ausbau der Offshore-Windkraft und des solarthermischen Stromimports als auch Maßnahmen mit hoher Breitenwirkung wie die umfangreiche Erschließung von sektoralen EF-Potenzialen anzusehen. Je stärker ein Szenario von diesen Strategien abhängt, desto kritischer bzw. weniger verzögerungsresistent ist es einzuschätzen. Das gilt generell für alle Szenarien, die diesbezüglich ambitionierte Entwicklungen unterstellen[14]. Ohne ambitionierte Strategien mangelt es aber umgekehrt in der Regel an ausreichend starken Impulsen (Dynamik, s.o.) für strukturelle Änderungen.

Wie sich in verschiedenen Szenarien zeigt, müssen zur Erreichung der gesetzten Klimaschutz- bzw. Emissionsziele sehr hohe Effizienzgewinne realisiert und zugleich mögliche ‚Rebound-Effekte' durch vermehrte Nutzung vermieden werden. Die entsprechend unterstellten Annahmen und Ziele für die Entwicklung der Energieeffizienz übersteigen die in der Vergangenheit erreichten Effizienzgewinne deutlich (vor allem im Leitszenario 2008 wird dies explizit diskutiert). Diese Steigerungen sind teilweise jedoch als Reaktion auf in anderen Bereichen nur schwierig umzusetzende Klimaschutzoptionen (z.B. Ausbau von KWK und offshore Windkraft) zu werten. Entsprechend schwierig wird es, möglicherweise ausbleibende Effizienzgewinne durch diese anderen Optionen auszugleichen, die ebenfalls zeitkritisch sind, vor allem hinsichtlich der anstehenden Ziele im Jahr 2020. Bei den in den Szenarien unterstellten hohen Effizienzsteigerungen ist demnach insgesamt eine hohe Zeitkritikalität anzunehmen.

Ferner besteht die Gefahr eines sich negativ selbst verstärkenden Systems: Unterbleiben Anstrengungen auf der Seite der Effizienzpolitiken, werden geringere Investitionen in Effizienztechnik die Folge sein. Eine geringere Marktdynamik wird wiederum geringere Kostensenkungen im Effizienzbereich zur Folge haben, so dass auf der Nachfrageseite das Hemmnis hoher Anschaffungskosten bestehen bleibt. Bleiben jedoch die gewünschten Erfolge im Effizienzbereich weit hinter den Erwartungen zurück, besteht die Gefahr, dass es nicht zu verstärkten Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz kommt, sondern stattdessen eher auf andere (angebotsseitige) Strategien gesetzt wird. Wie hoch die Zeitkritikalität aufeinander abgestimmter Klimaschutzstrategien ist, verdeutlicht das Leitszenario 2008: allein mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz sind die nahe liegenden Ziele bis 2020 nicht mehr zu erreichen. Dies ist auf den verlangsamten Ausbau der Offshore-Windenergie und der KWK zurückzuführen.

[14] Wenn sich z.B. der Ausbau der Offshore-Windkraft verzögert und zumindest anfangs vermutlich nicht so dynamisch umzusetzen ist, wie es z.B. im Leitszenario unterstellt wird und es nicht an anderer Stelle noch entsprechende kompensatorischen Spielräume gibt, dann ist das Szenario als wenig verzögerungsresistent einzustufen.

Die Minderung von CO_2-Emissionen nach den in den Szenarien vorgegebenen Pfaden sind zudem meist „Punktlandungen“, und zwar in zweierlei Hinsicht: erstens erreichen sie die vorgegebenen Ziele mit nur geringen Abweichungen zum geforderten Zeitpunkt, zweitens schöpfen sie einen großen Teil der in den entsprechenden Zeiträumen nutzbar zu machenden erneuerbaren Energieträgerpotentiale bereits aus (dies gilt auch bezüglich der in Industrie und Wirtschaft realistischen Entwicklungsdynamiken). Diese „Punktlandungen“ bedeuten, dass die Entwicklungspfade nur wenig verzögerungsresistent sind. Sollte sich eine EE- oder EF-Option nicht in der modellierten Weise realisieren lassen, ist eine Substitution nur mit großen Aufwänden möglich. So werden in einigen Szenarien teils bereits im Jahr 2010 signifikante Beiträge von der Offshore-Windkraftnutzung erwartet. Die letzten Jahre jedoch zeigten, dass die Entwicklung dieser Option voraussichtlich länger dauern wird und daher vor allem in Deutschland erst später als unterstellt größere Offshore-Versorgungsanteile zu realisieren sind. Ob und in welcher Weise Alternativen zeitnah für die Erreichung von Emissionszielen nutzbar gemacht werden können, hängt unter anderem davon ab, wann diese Alternativen auf politischer und marktlicher Ebene thematisiert und deren Umsetzung durch Maßnahmen eingeleitet werden. Eine entsprechend hohe Ausweichdynamik wird umso schwieriger umsetzbar, je später sie in Gang gesetzt wird.

Als eine Ausnahme von der Punktlandung bezogen auf die angestrebte CO_2-Minderung in Höhe von -40% bis 2020 kann das Szenario Kernkraft angesehen werden, da es diese Zielmarke um fünf Prozentpunkte übererfüllt und damit mehr Spielraum für zeitkritische Maßnahmen bietet. Dieses Szenario ist daher vermeintlich als weniger verzögerungsresistent als die anderen betrachteten Szenarien einzustufen. Dies gilt allerdings nur bei Beschränkung der Betrachtung bis zum Zieljahr 2020. Die Anforderungen an die Treibhausgasminderungen gehen allerdings weit darüber hinaus und fordern dann noch einmal -40 % bis 2050. Die strukturelle Herausforderung den Ausstieg aus der Kernenergie hinsichtlich der CO_2-Emissionen auszugleichen müsste dann aber in diesem Zeitraum gelingen. Bis dahin wurde aber nach eigenen Szenario-Annahmen nur eine relativ geringe Dynamik bei den Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in Gang gesetzt, so dass die erforderlichen Anstrengungen bezogen auf das langfristige Ziel als mindestens genau so zeitkritisch bzw. wenig verzögerungsresistent einzustufen sind[15].

Zusätzlich zu den oben genannten weiteren Aspekten sind auch Bereiche zu thematisieren, in denen es zu einer **gegenseitigen Hemmung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz** kommt. Dies ist dann der Fall, wenn die Ausschöpfung von Effizienzpotentialen dazu führt, dass der Einsatz erneuerbarer Energien zunehmend unwirtschaftlich wird und dadurch fossile Versorgungsoptionen bestehen bleiben oder sogar weiter ausgebaut werden. In den untersuchten Szenarien wird eine mögliche gegenseitige Hemmung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in der Regel kaum thematisiert. Es zeigt sich aber z. B. sowohl im Leitszenario 2006 als auch in der Aktualisierung des Jahres 2008, dass im Wärmebereich eine solche hemmende Dynamik entstehen kann. So ist der Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmebereich (vor allem bei der Gebäudeversorgung) aufgrund der zu etablierenden Infrastrukturen – Aufbau von Wärmenetzen – unterhalb einer bestimmten Kapazität unwirtschaftlich. Je höher jedoch der Dämmstandard von Gebäuden wird, desto geringer wird die Nachfrage nach Wärme im Winter und nach Klimatisierung im Sommer. Auch rege-

[15] Dies gilt auch für den Fall, wenn als Alternative zu den beiden Strategien EE und EF dann auf neue Kraftwerke mit CO_2-Abscheidung und Speicherung gesetzt wird. Dies noch in Forschung und Entwicklung befindliche Technik ist als sehr zeitkritisch bzw. gering verzögerungsresistent einzuschätzen.

nerative Versorgungslösungen sowie effiziente KWK-Anlagen geraten dann zum Teil an ihre technisch-ökonomischen Grenzen (siehe hierzu Kapitel 5).

Die **gegenseitige Beeinflussung von Entwicklungen auf europäischer und deutscher Ebene** wird in den Szenarien selbst nicht thematisiert. Prinzipiell stehen diese beiden Entwicklungen auch nicht in direkter Verbindung: eine deutsche Entwicklung hin zum verstärkten Einsatz Erneuerbarer würde der gesamteuropäischen Harmonisierung im Energiebereich nicht zuwiderlaufen, sofern nicht explizit geltende Gesetzesvorgaben verletzt werden. Allerdings ist durchaus denkbar, dass die Argumentation eines „deutschen Sonderwegs“ in Deutschland schwierig würde, wenn sämtliche anderen EU-Mitglieder eine gemeinsame Position verträten. Hierauf setzen z. B. die Befürworter der Kernenergie, die den Atomausstieg gerade als den erwähnten deutschen Sonderweg bezeichnen und ihn auf dieser Argumentationsbasis in Frage stellen.[16] Ein starkes Bekenntnis der EU zum Ausbau erneuerbarer Energien und von Energieeffizienz wiederum erschwert es nationalen Politiken, sich ähnlich ambitionierten Zielen zu verschließen.

Die Tabelle 3.5 fasst abschließend die wichtigsten Ergebnisse der Szenariountersuchung zusammen.

[16] Es muss hinzugefügt werden, dass der Atomausstieg jedoch keinem Sonderweg entspricht, da nicht alle anderen EU-Mitglieder auf die Atomkraft setzen.

Tabelle 3.5: Vergleichende Darstellung der untersuchten Szenarien des deutschen Energiesystems

Parameter	BMU/DLR Leitszenario 2006	Ewi Koalitionsvertrag	Ewi Kernkraftwerke	Ewi Erneuerbare Energien	UBA	EU-Szenario Combined
Änderung der energiebedingten CO_2-Emissionen im Jahr 2020 ggü. 1990 (oben) und ggü. Referenzentwicklung (unten)	- 33 % - 17 %	- 38 % - 24 %	- 45 % - 32 %	- 41 % - 26 %	- 40 % - 26 %	- 33 % - 22 %
Grad der Ziel-Erreichung mittel- (2020) und langfristig (2050)	2020: Ziel deutlich verfehlt 2050: Ziel erreicht	2020: Ziel knapp verfehlt 2050: k. A. möglich	2020: Ziel übererfüllt 2050: k. A. möglich	2020: Ziel erreicht 2050: k. A. möglich	2020: Ziel erreicht 2050: k. A. möglich	2020: Ziel deutlich verfehlt 2050: k. A. möglich
Hauptoption für EE	Stromerzeugung	Biomasse für Wärme und Kraftstoffe			Stromerzeugung	Stromerzeugung
Hauptoption für EF	Wärme	k. A. möglich			Wärme (Gebäude) und Strom	Strom
Zeitverlauf	EE anfangs weniger stark als nach 2020 EF anfangs stark, schwächt sich dann ab	Beiträge von EE und EF wachsen nahezu linear bis zum Ende des Betrachtungszeitraums			Keine Aussagen über Zeitverlauf möglich	EE anfangs stark. EF zwischen 2015 und 2025 am stärksten
Verzögerungsresistenz	Mittelfristig niedrig-moderat, langfristig aber höher Aufgrund ambitionierter EF-Annahmen hier nur noch wenig Spielraum; dagegen zusätzliche Klimaschutzbeiträge durch noch stärkeren EE-Ausbau realisierbar.	Mittelfristig niedrig, langfristig unsicher Erfordert erfolgreiche Realisierung ambitionierter Annahmen zur Energieeffizienz. Relativ vorsichtige Annahmen zum Ausbau Erneuerbarer Energien	Mittelfristig relativ hoch, danach unsicher bzw. eher niedrig. Aufgrund moderater Annahmen zu EF-Steigerung und EE-Ausbau noch Spielräume vorhanden. Herausforderung Kompensation des Kernenergie-Ausstiegs ist nur verschoben und bleibt im Szenario ungelöst.	Mittelfristig gering, langfristig unsicher Mittelfristig relativ einseitiger Fokus auf ambitioniertem EE-Ausbau lässt kaum Alternativen	Aufgrund der geringen Datendichte ist keine Aussage zu treffen.	Mittelfristig relativ hoch, langfristig unsicher Grund: Ambitionierter EE-Ausbau lässt keinen Spielraum, den könnte es hingegen bei der Erhöhung der Energieeffizienz geben, für die nur konservative Fortschritte angenommen werden.
Reibungspunkte	Reibungspunkte bzw. Interdependenzen zwischen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz auf der einen Seite und zum Ausbau erneuerbarer Energien auf der anderen Seite werden in keinem der betrachteten Szenarien explizit erwähnt und bleiben daher unklar.					
Zusammenhang zwischen deutscher und europäischer Energie- und Klimapolitik	Über die Wirkung bestehender EU-Zielvorgaben auf die deutsche Energie- und Klimapolitik hinaus werden keine Interdependenzen zwischen dem deutschen Energiemarkt und den Energiemärkten in anderen europäischen Ländern beschrieben bzw. berücksichtigt.					

4 Vom Bioenergiedorf zur 2000-Watt-Gesellschaft: Energiepolitische Zielkonzepte im Spannungsfeld zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz

Um einen Orientierungsrahmen für die Auswahl und Bündelung von Klimaschutzaktivitäten zu schaffen, sind in den letzten Jahren eine Reihe energie- und klimapolitischer **Zielkonzepte** entstanden, beispielsweise die „2000-Watt-Gesellschaft“, „Deutschland energieautark“ oder verschiedene Bioenergiedörfer und 100 % Erneuerbare-Kommunen. Sie bieten Leitbilder für die Entwicklung und Realisierung von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, von lokalen Konzepten bis zu nationalen Strategien.

Das **Zielkonzept** unterscheidet sich von einer Utopie oder Vision dadurch, dass ein tragfähiges Leitbild mit einer gut kommunizierbaren Überschrift, mit konkreten und operationalisierbaren Unterzielen und Maßnahmenpaketen ausgestattet wird. Der Weg zur Zielerreichung wird in die Zielkonzeptdefinition aufgenommen.

Im Laufe der Projektarbeit zu diesem Arbeitspaket wurde von der Bundesregierung im August 2007 das Eckpunktepapier für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm in Meseberg beschlossen. Die darin beschlossene nationale Strategie zum Klimaschutz liefert ein mehr oder weniger konkretes Maßnahmenprogramm zur Erreichung der Klimaschutzziele. Zu den einzelnen Punkten werden administrative und politische Rahmenbedingungen konkretisiert, damit die einzelnen Unterziele und die Leitziele Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit erreicht werden können. Allerdings beinhaltet das Meseberg-Papier kein Leitmotiv mit kommunizierbaren Namen. In wie fern ein solches Leitmotiv für die Verbreitung von Klimaschutzzielen sinnvoll ist, und wie Zielkonzepte auf der Meta-Ebene implementiert werden können, wird anhand der Analysen zu den nationalen Konzepten „Climate Change Bill“ (Großbritannien) und „2000-Watt-Gesellschaft“ (Schweiz) beschrieben.

In diesem Arbeitspaket beschränkt sich die Sicht nicht nur auf nationale Zielkonzepte auf der Meta-Zielebene, sondern betrachtet auch Zielkonzepte, die auf regionaler oder lokaler Ebene umgesetzt werden. Bei diesen Konzepten stehen, im Gegensatz zu den nationalen Zielkonzepten, häufig Umsetzung einzelner Maßnahmen im Vordergrund. In wie fern nationale Meta-Ziele und lokale, umsetzungsorientierte Zielkonzepte verzahnt werden können, wird in diesem Arbeitspaket dargestellt.

Ein weiterer Fokus im Rahmen dieses Arbeitspaketes liegt in der Verzahnung von EE und EF. Bisher liegen jedoch nur wenige Zielkonzepte vor, die den Versuch machen, EE und EF konkret miteinander zu verzahnen. In der Regel fokussieren die Konzepte auf eine der beiden Seiten, z.B. auf die Energieeffizienz im Rahmen des in der Schweiz entwickelten Konzeptes der 2000-Watt-Gesellschaft oder auf die erneuerbaren Energien im Rahmen vieler kommunaler Teil- oder Vollversorgungskonzepte.

Vor diesem Hintergrund ist es das **Ziel dieses Arbeitspaketes,**

- zukunftsorientierte nationale und internationale Zielkonzepte im Bereich EE und EF zu identifizieren und besonders relevante Beispiele zu beschreiben,
- Ansatzpunkte und Auswirkungen der Verzahnung von EE und EF im Rahmen der Zielkonzepte zu untersuchen,

- den Beitrag der Zielkonzepte zur Umsetzung der Kernstrategien und zur Erreichung der energiepolitischen Oberziele zu bewerten,
- die Stärken wie Schwachpunkte der jeweiligen Zielkonzepte zu analysieren, und
- Empfehlungen für geeignete integrative Zielkonzepte abzuleiten.

Das Analyseraster zur Beschreibung und Bewertung der Zielkonzepte orientiert sich an vier Leitfragen:

- Welche Zielvorgaben werden im Zielkonzept definiert, was soll erreicht werden?
- Wie wirkt sich die Umsetzung des Zielkonzepts im Energiesystem aus, kann eine sinnvolle Verzahnung von EE und EF erreicht werden?
- Welche Akteure sind beteiligt, was charakterisiert den Umsetzungsprozess?
- Kann das jeweilige Zielkonzept übertragen werden, eignet es sich als Leitbild für andere Initiativen?

Rund um diese vier Leitfragen ergeben sich eine Reihe von einzelnen Kriterien, die z.B. als Prüffragen für die Auswertung von Literatur oder als Leitfaden für persönliche Interviews genutzt wurden (Abbildung 4.1).

Leitfragen	Kriterien
Zielvorgaben	• Zielvorgabe und quantitative Wirkung • Konvergenz mit Oberzielen • Zielerreichung und Zeitrahmen • Grad der Konkretisierung
Wirkung im Energiesystem	• Synergietauglichkeit (Grad der Verzahnung) • Wechselwirkungen und potenzielle Nebeneffekte
Akteure und Umsetzungsprozesse	• Partizipation • Handlungsbereitschaft und -fähigkeit • Prozessinterne Unterstützung • Akzeptanz der ZK bei den Akteuren / bei der Zielgruppe • Hemmnisse • Kommunikation / PR • Evaluation
Übertragbarkeit	• Kommunizierbarkeit • Transparenz • Anwendbarkeit auf andere Bereiche / Ebenen / etc.

Abbildung 4.1: Übersicht der Leitfragen und Kriterien der Analyserasters zur Untersuchung der Zielkonzepte

4.1 Nationale, regionale und kommunale Zielkonzepte

Nationale Zielkonzepte gibt es sowohl auf politischer/staatlicher als auch auf nicht politischer/staatlicher Ebene. Die meisten **nationalen Zielkonzepte** auf politischer Ebene wurden 2007 initiiert. Nur *Zero-Oil Sweden* wurde im Februar 2006 vorgestellt, ist jedoch durch die neue Regierungsbildung Schwedens im Herbst 2006 als Zielkonzept nicht mehr in Diskussion. Die politischen Zielkonzepte bestehen auch in unterschiedlichen Ausprägungsformen und reichen von der allgemeinen politischen Zielsetzung ohne Maßnahmendefinition (z.B.

CO_2-Neutrales Neuseeland und *Norway carbon neutral by 2050*) bis hin zu detailliert definierten CO_2-Minderungspfaden wie beispielsweise das Konzept aus Großbritannien (*Climate Change Bill*). Von den zwei nicht regierungs- oder parteipolitischen Initiativen auf nationaler Ebene (*2000-Watt-Gesellschaft* und *Deutschland energieautark*) besteht die 2000-Watt-Gesellschafts-Vision am längsten (seit 2001) und ist am weitesten entwickelt. Die Implementierung der 2000-Watt-Gesellschaft auf verschiedenen politischen Ebenen (Schweizweit, auf Kantonsebene sowie in städtischen Bereichen) wird seit 2006 vorbereitet. Die 2000-Watt-Gesellschaft besteht zudem als Gebäude-Konzept und wird daher im Energiebalance-Projekt auf allen Ebenen untersucht.

Politische Zielsetzungen gibt es auch auf **regionaler** Ebene, die vor allem Bundesländer betreffen. Hier existieren die Erklärung des Schleswig-Holsteinischen Ministerpräsidenten, den gesamten Energiebedarf aus EE zu decken, sowie das Energieautarkie-Ziel im Burgenland (Österreich). Sowohl beim Schleswig-Holsteinischen als auch beim Burgenländischen Konzept besteht aktuell nur das politische Ziel ohne detaillierte Untersuchungen bezüglich Maßnahmenpläne.

Die meisten Zielkonzepte finden sich auf lokaler und **kommunaler** Ebene durch die hohe Anzahl der 100% Erneuerbaren Energien bzw. Energieautarkie-Initiativen. Vor allem bei diesen Konzepten gibt es auch unterschiedliche Umsetzungsgrade und Prioritätensetzungen.

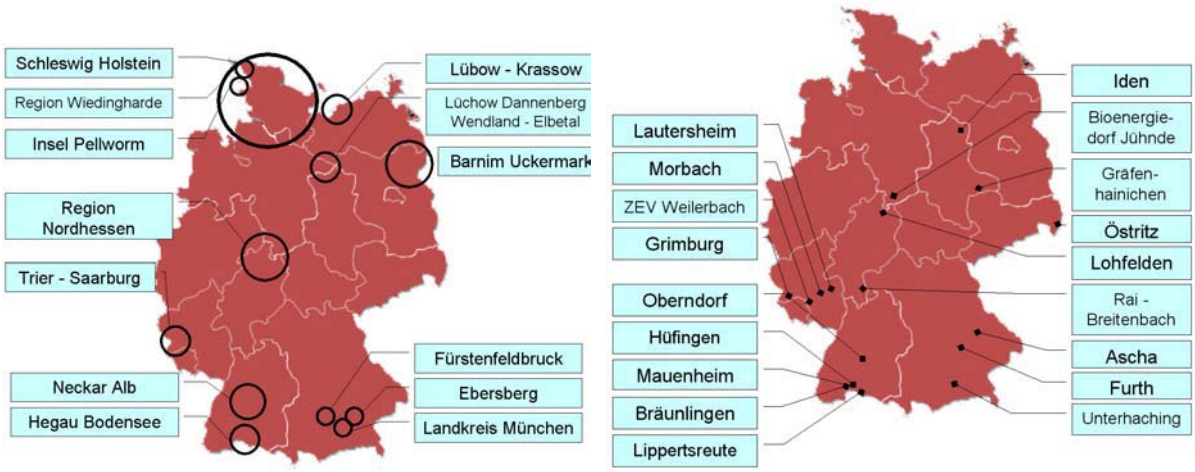


Abbildung 4.2: Übersicht über einige regionale (links) und kommunale (rechts) Zielkonzepte (v. a. 100 % EE-Kommunen/Regionen) in Deutschland (Paar 2007)

Bei den meisten Solarregionen steht ausschließlich der nicht zeitlich fixierte und in der Zieldefinition nicht quantifizierte Ausbau von EE-Anlagen im Vordergrund, ohne Effizienzkriterien oder Energiesparen zu berücksichtigen. Nur im Beispiel Freiburg gibt es eine Beschlussvorlage mit der Anweisung, dass „die Verwaltung mit einer umfassenden Konzeption zur Energieeinsparung“ (Beschlussvorlage 2004) beauftragt wird. Allerdings ist auch hier die Zielsetzung im Bereich Effizienz und Energiesparen nicht in Zahlen festgeschrieben.

Auch auf den regionalen und kommunalen Ebenen gibt es Zieldefinitionen, ohne jedoch weitere Maßnahmen eingeleitet zu haben (z.B. der Landkreis Auenland Carnuntum in Österreich und auf kommunaler Ebene Morbach, Lautersheim, Lippetsreute, Grimburg und Haimhausen). Umgekehrt wird in einigen Kommunen eine Vielzahl von Einzelprojekten umgesetzt, ohne ein definiertes Gesamtziel zu verfolgen oder zu kommunizieren. Beispielsweise sind in Hüfingen mehrere Anlagen zur Biomasse-, Wind und Solarenergienutzung errichtet worden, die als einzelne Projekte bestehen und nicht unter einem gesamten expliziten Ziel der Ge-

meinde zusammengefasst werden. Auffallend ist auch, dass auf kommunaler Ebene Zielkonzepte zum Großteil von nicht politischen Gruppen oder Personen initiiert werden (beispielsweise wurden die Aktivitäten in Güssing von einer Personengruppe aus der kommunalen Verwaltung initiiert). Diese bestehen dann durchaus auch schon seit mehreren Jahren und haben dementsprechend ihre Ziele zum Teil oder ganz erreicht (z.B. Mureck oder Mauenheim).

Definitive Zielsetzungen im Effizienzbereich gibt es nur in zwei kommunalen Zielerklärungen, in Ascha und Gräfenhainichen. In Ascha wurden die Ziele durch Maßnahmen definiert (Sanierung der kommunalen Gebäude im Niedrigenergiehausstandard), während in Gräfenhainichen ein allgemeines 50%iges Energieeinsparziel definiert wurde. Auch in Güssing wurde zu aller erst die Sanierung der städtischen Gebäude als Energiesparmaßnahme initiiert. In allen anderen Kommunen liegt das Hauptaugenmerk auf den EE-Anlagen und hier zum Teil auch verstärkt auf Biogasanlagen. Effizienzmaßnahmen ergeben sich in vielen Fällen nur als Nebeneffekt wie z.B. in Jühnde und Mauenheim durch den Austausch von alten Kesselanlagen und Anschluss an neu installierte Nahwärmenetze.

Werden EF-Maßnahmen umgesetzt, sind es meist Energiesparmaßnahmen im kommunalen Gebäudebestand (Wärmedämmung und Fenstertausch). Dadurch soll eine Vorbildwirkung für die Bevölkerung eingeleitet werden. Außerdem werden häufig fifty:fifty Projekte in Schulen umgesetzt und Informationsmaterialien für den Einsatz von effizienten Geräten erstellt und verteilt.

Während bei den nationalen Zielkonzepten der Klimaschutz und die Gewährung der Versorgungssicherheit im Vordergrund stehen, ist es bei den kommunalen Zielkonzepten fast immer eine Kombination aus Klimaschutz und Einleitung eines regionalen Strukturwandels (Schaffung von nachhaltigen Arbeitsplätzen). Der am Beispiel Güssing demonstrierte positive Strukturwandel ist für viele Regionen vor allem im Osten Deutschlands ein Ansporn, ähnliche Projekte umzusetzen. Durch den direkteren Zusammenhang zwischen Zielsetzung, Maßnahmen und Umsetzungspotenzial ist der tatsächliche Umsetzungsgrad in Kommunen höher als bei den nationalen Initiativen.

4.2 Detailanalyse

Aus insgesamt 54 identifizierten Zielkonzepten wurden nach verschiedenen Ausschlusskriterien (Paar et al. 2007) 14 Zielkonzepte als interessant für eine weitere Analyse ausgewählt. Für diese werden kompakte, vorstrukturierte Beschreibungen der wesentlichen Merkmale erstellt („Steckbriefe“), die im Anhang dokumentiert sind.

Besonders erfolgversprechende Zielkonzepten wurden im Energiebalance-Projekt einer detaillierteren Betrachtung unterzogen. Als “erfolgversprechend“ werden hier Zielkonzepte betrachtet, die sich durch eine hohe Übertragbarkeit, einen hohen Grad der Verzahnung von EE und EF und eine hohe öffentliche Wahrnehmungskraft auszeichnen.

Insgesamt wurden fünf Konzepte einer Detailanalyse unterzogen, von denen hier exemplarisch drei Analysen im Folgenden ausführlich dokumentiert werden.[17]

[17] Die Detailanalyse der Climate Change Bill in Großbritannien und des Wendlandes können im ausführlichen Arbeitspapier auf www.ifeu.de/energiebalance heruntergeladen werden.

4.2.1 2000-Watt-Gesellschaft National

Kurzbeschreibung

Jeder Mensch, der in der Schweiz lebt, nimmt im Durchschnitt in etwa 5000 Watt Leistung in Anspruch und emittiert pro Jahr rd. 8 bis 9 Tonnen CO_2-Äquivalente für Leben und Arbeiten sowie Mobilität. Durch die Steigerung der Umwandlungseffizienz von Primärenergie in Nutzenergie von heute 43% auf 60% sowie durch die Reduzierung des Endenergieverbrauches durch verbesserte Technologien und neue Konzepte soll die 2000-Watt-Gesellschaft (mit Bezug auf Primärenergie) erreicht werden und die CO_2-Emissionen (Bezug auf Äquivalente) auf eine Tonne pro Kopf reduziert werden.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Reduzierung des Primärenergieverbrauches jedes Schweizer Bürgers auf 17.500 kWh (entspricht 2000 Watt) pro Jahr in einem Zeitrahmen von 100 bis 150 Jahren. Um den CO_2-Ausstoß drastisch reduzieren zu können, müssen 1.500 Watt aus nicht fossilen Energieträgern bereitgestellt werden.

Wirkungsebene

Die theoretische Konzeptentwicklung und somit die Abstimmung der Maßnahmenkataloge erfolgte für das Energieversorgungs- und -bereitstellungssystem der Schweiz. In weiteren Unterprojekten erfolgte die Entwicklung der Pilotregion Basel sowie die Umsetzung des Zielkonzepts in Zürich. Weitere Bestrebungen zur Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft bestehen im Kanton Genf sowie in Bern.

Ansatzpunkt im Energiesystem

- Effizienzmaßnahmen in der gesamten Kette der Energieerzeugung bis -verbrauch
- Reduzierung von Umwandlungsverlusten
- Steigerung der Effizie Internet Explorer Browser starten.lnk nz bei Produktionsprozessen sowie beim Energieverbrauch (Gebäude, Geräte, Verkehr)
- Substitution von energieintensiven Materialien oder Produkten

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Der Bund hat die 2000-Watt-Gesellschaft in die strategische Zielsetzung verankert. Das Bundesamt für Energie ist hierfür verantwortlich. Zusätzlich haben bereits einige Kantone, Gemeinden und Kommunen die 2000-Watt-Gesellschaft in ihre Leitlinien aufgenommen. Grundsätzlich ist die 2000-Watt-Gesellschaft ein theoretisches Modell, das von Prof. Eberhard Jochem von der ETH Zürich erstellt wurde. Novatlantis, eine Plattform des ETH-Bereichs, begleitet alle Umsetzungsmaßnahmen und wirkt als Moderator in allen Diskussionen.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Konkrete Verzahnung in der Zielsetzung:

Reduktion des Primärenergieverbrauchs und der CO2-Emissionen durch Substitution von Energieträgern mit schlechter Energieausbeute (Begrenzung auf 500 Watt fossil) einhergehend mit einer höheren Umwandlungseffizienz;

Beispiele für Verzahnungselemente in den einzelnen Maßnahmen

- Sanierung des Gebäudebestands auf Minergie[18]-Standard inkl. Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung
- Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energieträger im KWK-Einsatz
- Entwicklung effizienterer Antriebstechnik in Kombination mit Kraftstoffen aus EE
- Forschung und Entwicklung biogen betriebener Brennstoffzellen

Konzept und Maßnahmen

Technische Maßnahmen und Konzeptionen:

- Definition von Einsparpotenzialen in den verschiedenen Sektoren
- Definition von Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz und Materialeffizienz

Organisatorische Maßnahmen:

- Verlängerung von Nutzungszyklen für Produkte sowie Etablierung des Systems „Teilen statt Besitzen“

[18] Schweizerische Effizienzstandards im Gebäudebereich

- Forschungsaufgaben im soziopsychologischen Umfeld: Wie werden Anreize geschaffen, die den Einsatz von energieeffizienten Technologien und Anwendungen in Haushalten, KMUs und öffentlichen Einrichtungen forcieren

Bewertung der Zielvorgaben und deren quantitativer Wirkung

Grundsätzlich handelt es sich bei der 2000-Watt-Gesellschaft um ein sehr ambitioniertes Ressourcen-Effizienzziel. Laut Ursprungskonzept sollte das 2000 Watt Ziel bereits Mitte des 21. Jahrhunderts erreicht werden. Der Bundesrat hat bei der Integration dieses Zielkonzeptes in die nationale Nachhaltigkeitsstrategie bewusst auf die Festsetzung eines Zieljahres verzichtet und strebt die Zielerreichung allgemein in den nächsten Jahrzehnten an.

Novatlantis, der Nachhaltigkeitsbereich der ETH, hat den Ursprungszeitrahmen bereits revidiert und auf 2100 bis 2150 korrigiert sowie zusätzlich ein Zwischenziel für 2050 von 3000 Watt definiert.

Die Ambitioniertheit des Konzepts wird auch anhand der Analyse der Unterziele deutlich. Im Vordergrund steht die Reduzierung der Umwandlungsverluste von Primärenergie in Endenergie und von Endenergie in Nutzenergie um jeweils rd. 30%. Im „White Book for R&D of energy-efficient technologies“ (Jochem et al. 2004) wird deutlich, dass dieses Ziel beispielsweise nicht nur durch eine grundsätzliche Veränderung im Kraftwerksbereich erreicht werden kann. Zusätzliche Effizienzsteigerungsmaßnahmen sind in allen Bereichen notwendig. Es werden Maßnahmen im Bereich Gebäudeenergieeffizienz, technologische Entwicklungen bei verschiedenen Transportmitteln oder der Einsatz von Brennstoffzellen im Busverkehr vorgeschlagen. Außerdem sind Effizienzsteigerungen in industriellen Produktionsprozessen und bei Geräten im Allgemeinen berücksichtigt. In einigen Sektoren und Gebieten sind technologische Entwicklungserfolge notwendig, um energieintensive Methoden oder Materialien langfristig ersetzt zu können.

Insgesamt soll der Primärenergiebedarf von 1.205 PJ im Jahr 2001 auf 460 PJ und die Umwandlungsverluste zur Endenergie von 310 PJ auf rd. 90 PJ reduziert werden (Jochem, 2004). Durch die Begrenzung des fossilen Anteils an der Primärenergie auf 500 Watt ist ein sehr ambitioniertes Ziel auch für den Ausbau der erneuerbaren Energien definiert worden, wobei Atomstrom nicht explizit ausgeschlossen wird.

Bezogen auf übergeordnete Ziele deckt sich die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft mit den Energieperspektiven des World Energy Council (WEC) (Dorer et al., 2004). Der vierte IPCC-Bericht zeigt auf, dass bis 2050 die CO_2-Emissionen um 50% reduziert werden müssen, mit einer Verpflichtung für Industrieländer auf 60 bis 80 %. Im relativen Bezug auf dieses Reduktionsziel entspricht die 2000-Watt-Gesellschaft mit dem Ziel „2 t CO_2 pro Kopf“ im Jahr 2050 einer Reduktion um 65% und liegt somit im Bereich des IPCC-Vorschlages.

Zielerreichung / Umsetzungsgrad

Die 2000-Watt-Gesellschaft befindet sich noch in der Konzeptentwicklungs- und Implementierungsphase. Im ETH-Bereich für Nachhaltige Entwicklung wurde von 2002 bis 2004 ein sog. „White Book of Research & Development of energy-efficient technologies” (Jochem et al., 2004) entwickelt. Dort werden anhand von verschiedenen Themenbereichen konkrete Maßnahmen zur Zielerreichung sowie notwendige Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen dargestellt. Dieses Konzept beinhaltet noch keinen Maßnahmenumsetzungsplan oder Implementierungsprozess für das Zielkonzept 2000-Watt-Gesellschaft. Daher werden die nächsten wichtigen Schritte in der Planung eines Umsetzungspfades sowie in der Gestal-

tung der Rahmenbedingungen für eine einheitliche Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft in der Schweiz liegen.

Zeitrahmen

Im Weißbuch des ETH-Nachhaltigkeitsrates novatlantis wurde 2050 als Zielerreichungsjahr für das 2000-Watt Konzept festgehalten. Da nach der Auffassung verschiedener Akteure und Autoren dieser Zeitrahmen nur durch sehr einschränkende Maßnahmen erreicht werden könnte, gilt dieser inzwischen als nicht umsetzungsadäquat und wurde durch novatlantis folgendermaßen korrigiert:

2050:	3000 Watt und 2 Tonnen CO_2 pro Kopf
2100 bis 2150:	2000 Watt (max. 500 Watt aus fossilen ET) und 1 Tonne CO_2 pro Kopf

In (Koschenz et al., 2005) wurde der Zeithorizont für die 2000-Watt-Gesellschaft ebenfalls für 2150 vorgeschlagen.

Grad der Konkretisierung

Das Weißbuch enthält für die Bereiche Gebäude, Mobilität, elektronische Geräte und elektrische Antriebe, industrielle Produktionsprozesse, Materialeffizienz und -substitution sowie Energieumwandlung eine Grundsatzstrategie, Zielsetzungen und Potenzialabschätzungen sowie Maßnahmenvorschläge für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsschritte. Im Gebäudebereich wird beispielsweise die Herausforderung hinsichtlich des Gebäudebestands beschrieben und die Notwendigkeit aufgezeigt, im Einzelfall zwischen Sanierung und Abriss plus Neubau zu differenzieren. Diesbezüglich werden nicht nur technische, sondern auch finanzielle und soziale Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Ergänzend zu den Maßnahmenvorschlägen im Weißbuch ist die Entwicklung eines Umsetzungspfades notwendig, um weitere konkrete Schritte für die Implementierung der 2000-Watt-Gesellschaft festlegen zu können. Zu diesem Zweck wurde eine Arbeitsgruppe unter der Leitung von novatlantis (ETH-Nachhaltigkeitsbereich) gegründet, in welcher das Bundesamt für Energie, der Kanton Basel sowie die Stadt Zürich, der SIA-Verband (Schweizerischer Ingenieurs- und Architektenverband) und die Energiewirtschaft der Schweiz vertreten ist. Diese Arbeitsgruppe hat sich zum Ziel gesetzt, Rahmenbedingungen zu schaffen, damit die 2000-Watt-Gesellschaft in der Schweiz als einheitliches Ziel umgesetzt werden kann.

Bis zum Ende des Jahres 2007 sollten die wichtigsten Maßnahmen identifiziert und Prioritäten in der Umsetzung gesetzt[19]. Diese Maßnahmen werden im Anschluss volkswirtschaftlichen Prüfungen unterzogen und ggf. Alternativen analysiert. In diesem Zusammenhang soll nochmals überprüft werden, ob beispielsweise der Zeitplan umsetzungsadäquat ist und wie Forschungsergebnisse auf diesen Zeitplan Einfluss nehmen.

Grad der Verzahnung

Das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft ist zunächst ein reines Ressourcen-Effizienzziel (Gutzwiller, 2006). Eine Verzahnung mit einer Ausbaustrategie im EE-Bereich entsteht erst durch die Begrenzung des fossilen Anteils auf 500 Watt pro Person sowie die Definition einer CO2-Emissions-Obergrenze pro Kopf. Die Notwendigkeit der schrittweisen Substitution von

[19] Stand dieses Arbeitspakets Anfang 2008; eine Aktualisierung war nicht möglich.

Öl und Gas durch erneuerbare Energien wird in allen Sektoren festgehalten. Die anteilige Bedeutung der EE steigt auf Grund des niedrigeren absoluten Verbrauchsniveaus.

Systemeffekte

In den ersten Untersuchungen im Weißbuch (Jochem et al. 2004) gab es allgemeine Hinweise zu möglichen Systemeffekten (z. B. erhöhte Wirtschaftswachstum durch frei werdende finanzielle Mittel sowie Arbeitsplatzschaffung). Detailliertere Untersuchungen dazu gibt es von dieser Stelle noch nicht.

Am Paul Scherrer Institut (PSI) werden Energiesystemanalysen mit einer umfassenden und detaillierten Beurteilung heutiger und zukünftiger Energiesysteme, auch der 2000-Watt-Gesellschaft, durchgeführt. Erste Ergebnisse wurden im Energiespiegel (Schulz 2007) veröffentlicht und lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Durch die notwendige Substitution von fossilen Energieträgern beispielsweise durch den Einsatz von Wärmepumpen wird trotz der effizienten Technologie der Stromverbrauch deutlich ansteigen. Deshalb wird es in der Stromproduktion wesentlich darauf ankommen, dass der Strom CO_2-neutral durch Erneuerbare Energie-Anlagen erzeugt wird. Diese Umgestaltung der Energieversorgung verursacht nach dieser Analyse Kosten von rd. 70 Mrd. Franken (rd. 42 Mrd. €) bei einer 15%igen CO_2-Reduktion pro Dekade bis 2050. Die Reduktion des Energieverbrauchs auf 4000 Watt verursacht dagegen nur Kosten von rd. 10 Mrd. Franken (rd. 6 Mrd. €). Die weitere Absenkung wird nach (Schulz 2007) wesentlich teurer sein. In diesen Kostenansätzen sind die Auswirkungen auf die Volkswirtschaft wie beispielsweise Innovationswirkungen und Arbeitsplatzeffekte sowie die vermiedenen externen Umwelt- und Gesundheitskosten nicht berücksichtigt.

Das in (Schulz, 2007) entwickelte Szenariomodell weist auch der Fernwärme (FW) eine zukunftsweisende Rolle zu – der Anteil am Endenergieverbrauch für Raumwärme im Sektor Privathaushalte nähert sich bis 2050 mit rd. 18 PJ dem der Wärmepumpe an. Voraussetzung für den FW-Einsatz aus Klimaschutzsicht ist jedoch die Erzeugung der Energie durch Erneuerbare Energieträger wie z.B. Biomasse (Schulz, 2007).

Übertragbarkeit

Grundsätzlich ist die 2000-Watt-Gesellschaft ein globales Konzept, das den Ausgleich des Energieverbrauchs zwischen Industrie- und Entwicklungsländern zum Ziel hat. Die Reduzierung des Energieverbrauchs in den Industrieländern auf 2000 Watt pro Kopf und Jahr ist nach (Jochem et al., 2004) nur durch weitreichende technische Innovationen möglich. Zudem starten die Industrieländer auf unterschiedlichen aktuellen Niveaus im Energieverbrauch. Die Anstrengungen und Maßnahmenkonzepte müssen sich daher an die Ausgangssituation anpassen. Das Maß der Übertragbarkeit auf andere Länder ist sektoral abhängig. Durch die unterschiedlichen Gebäudetypologien und Klimaanforderungen in den EU-Mitglieds-Ländern (z. B. Spanien vs. Schweden) sind beispielsweise im Baubereich verschiedene Anforderungen und Maßnahmenkataloge erforderlich. Im Verkehrssektor wiederum können vor allem technologische Entwicklungen international eingesetzt werden.

Aus diesem Grund wäre die Definition der 2000-Watt-Gesellschaft für z.B. alle Industriestaaten in Europa ein wesentlicher Motivationsschub für die Zielerreichung und die damit verbundenen Chancen der Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Der Markt und somit Absatzpotenziale für neue Technologien würde sich deutlich vergrößern und einen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeit von neuen Anlagen auslösen.

Im Grundsatz ist dieses Konzept auch auf andere Bezugseinheiten übertragbar. Bereits 2001 hat der ETH-Nachhaltigkeitsbereich novatlantis eine Pilotregion für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft initiiert und in **Basel** gestartet. Dort wurde das Thema in den vier Jahre gültigen Politikplan aufgenommen. Allerdings hat das 2000-Watt-Konzept nicht den Status einer kantonalen Zielsetzung, sondern den eines Pilotprojektes mit einer Laufzeit von 6 Jahren (bis Ende 2007). Die Projektkoordination und –finanzierung übernimmt zur einen Hälfte die Stadt Basel und zur anderen Hälfte novatlantis. Es wird außerdem durch verschiedene Hochschulen und Institute auf lokaler und nationaler Ebene (Uni Basel, FH beider Basel, PSI, empa – Forschungsinstitution für Materialwissenschaft und Technologie am ETH-Bereich und EAWAG) sowie von Akteuren aus der Wirtschaft (IWB – Industrielle Werke Basel) begleitet.

Während der Laufzeit dieses Pilotprojektes wurden zwei Kernthemen ausgearbeitet: Bauen und Mobilität. In diesen Kernthemen wurden Projekte initiiert und umgesetzt. Im Baubereich wurde ein Forschungsförderungsprogramm für Pilot- und Demonstrationsprojekte eingeführt. Vorbildliche Bauvorhaben im Sanierungs- und Neubaubereich zeigen auf, wie Gebäude in der 2000-Watt-Gesellschaft erstellt, betrieben und unterhalten bzw. erneuert werden. Im Bereich der Mobilität wird die Einführung nachhaltiger Kraftstoffe wie Biogas oder auch Wasserstoff vorbereitet und forciert.

Um dieses Pilotprojekt nach 2007 weiterführen und ausweiten zu können, hat das Baudepartement des Kantons Basel den Antrag zur Aufnahme der 2000-Watt-Gesellschaft als Schwerpunktsthema für die nächste Legislaturperiode (4 Jahre) gestellt. Dieser Antrag wurde angenommen – ab 2008 ist die 2000-Watt-Gesellschaft Kantonales Schwerpunktthema. In diesem Rahmen werden die Themengebiete ausgeweitet und Projekte zur CO_2-neutralen Verwaltung sowie zu den Themen Raum und Ressourcen durchgeführt.

Über die bereits erreichten Ergebnisse durch das Pilotprojekt gibt es keine Informationen. Dazu sind die umgesetzten Projekte zu klein, um messbare Erfolge erzielen zu können. Allerdings wurden zum Thema 2000-Watt-Gesellschaft Informationsveranstaltungen durchgeführt sowie Zeitungsartikel und Publikationen im Internet zur Information der breiten Öffentlichkeit erstellt. Zur Akzeptanz und Rezeption des Themas in der Basler Bevölkerung gibt es jedoch noch keine Evaluation.

In **Zürich** ist die 2000-Watt-Gesellschaft ebenfalls als 4-jähriger Legislaturschwerpunkt (2006 bis 2010) integriert und soll den Weg zur nachhaltigen Energie- und Ressourcenpolitik einleiten. Innerhalb dieses Zeitrahmens wurden 5 Themenfelder definiert, in denen das Thema 2000 Watt schrittweise eingebracht werden soll: 1) Konzept, Umsetzung und Implementierung / 2) Bauen, Planen und Wirtschaften / 3) Mobilität / 4) Umwelt- und Gesundheitsbewusstes Handeln sowie 5) Kooperationen zur Erhöhung der Umweltverträglichkeit.

Zur Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft in Zürich soll die Erweiterung des sog. Masterplans Energie um dieses Langfristziel vorbereitet werden. Der Masterplan ist mit Zielsetzungen und akteursbezogenen Handlungsfeldern bis 2010 gültig. Für den darauffolgenden Zeitraum von 10 Jahren (bis 2020) wird die 2000-Watt-Gesellschaft in den Masterplan implementiert. Um diesen Schritt demnächst vorbereiten zu können, müssen die noch laufenden Diskussionen um die Rahmenbedingungen bezüglich der einheitlichen Umsetzung in der Arbeitsgruppe um die 2000-Watt-Gesellschaft abgeschlossen werden.

Zusammenfassend besteht die 2000-Watt-Gesellschaft auf kantonaler und städtischer Ebene als Projekt, in dessen Rahmen einzelne Unterprojekte durchgeführt werden. In vielen Themenbereichen besteht für Kantone oder einzelne Kommunen keine Handlungsfähigkeit,

da diese Bereiche auf Bundesebene geregelt werden (wie z.B. Stromeffizienzanforderungen in Elektrogeräten). Die Gesamtstrategie zur Umsetzung der Zielsetzung wird in der Arbeitsgruppe noch vorbereitet. Damit eine einheitliche Umsetzung im gesamten Schweizerischen Gebiet auf allen Ebenen (national, kantonal und kommunal) erfolgt, sind Vertreter aller Organebenen in der Arbeitsgruppe beteiligt. Eine Übertragbarkeit auf andere europäische Länder ist jedoch grundsätzlich gegeben und würde positive Synergieeffekte mit sich bringen.

Akteursperspektive

Es gibt Akteure, die massiv zur Konzeptentwicklung beigetragen haben und beitragen werden, zudem gibt es Akteure, die im Wesentlichen in der Umsetzung des Konzepts aktiv sind.

Da die 2000-Watt-Gesellschaft noch in der Implementierungsphase ist und noch kein Umsetzungspfad erstellt wurde, werden hier die Akteure und deren Aktivitäten und Zielsetzungen in der Konzeptentwicklung beschrieben.

Tabelle 4.1: Akteursbeschreibung 2000-Watt-Gesellschaft (Quelle: eigene Zusammenstellung)

Akteur	Tätigkeit
ETH-Rat	1998 Aufnahme der 2000-Watt-Gesellschaft in die Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Rat
Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), Prof. Eberhard Jochem;	Entwicklung des „White Book for R&D of energy efficient technologies“ (2002 bis 2004) mit der Vision 2000-Watt-Gesellschaft und Konzepterstellung, Mitglied der Arbeitsgruppe zur Festlegung der Rahmenbedingungen für die Implementierung
Bundesamt für Energie Schweiz	Aufnahme der visionären Zielsetzung in die Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002, Arbeitsgruppenmitglied
Novatlantis, Nachhaltigkeit im ETH-Bereich, Roland Stulz	Gilt als „Hüter“ der 2000-Watt-Gesellschaft, ist in alle Diskussionsprozesse integriert bzw. initiiert, koordiniert und moderiert diese. Novatlantis ist auch die Beratungsstelle für Bundesämter. Dazu stehen dieser Institution zwei Millionen Franken pro Jahr zur Verfügung. Initiator der Pilotregion Basel
EMPA, Forschungsinstitution für Materialwissenschaft und Technologie des ETH-Bereichs,	Abteilung Energiesysteme/Haustechnik, Markus Koschenz und Andreas Pfeiffer: Entwicklung des 2000 Watt Konzepts für das Gebäude
Kanton Basel Stadt, Dr. Dominik Keller, Baudepartement des Kantons Basel-Stadt	Einrichtung der Pilotregion Basel, Arbeitsgruppenmitglied
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein	Erstellung der Dokumentation „SIA Effizienzpfad Energie“; Diese zeigt auf, mit welchen Maßnahmen und Zielwerten die 2000-Watt-Gesellschaft in der Gebäudetechnik bei Neubauten und Bestandsgebäude erreicht werden kann.
Industrielle Werke Basel (IWB), Energieversorger der Stadt Basel	Arbeitsgruppenmitglied sowie Beteiligte am Pilotprojekt Basel
Ämter für Umwelt und Energie beider Basel, Gasverbund Mittelland (GVM) und das Bundesamt für Energie	Gründung eines Steering Committees zum Thema Mobilität und dadurch Ausweitung des Akteurskreises auf der Umsetzungsebene
Stadt Zürich, Energiebeauftragter, Bruno Bébié	Implementierung der 2000-Watt-Gesellschaft in Zürich, Arbeitsgruppenmitglied
Universitäten / Fachhochschulen und Institu-	Wissenschaftliche Begleitung und Projektentwicklung

te z.B. Paul Scherrer Institut (PSI), EAWAG

Akzeptanz, Rezeption und Kommunikation

In der Schweiz ist es maßgeblich die Grüne Partei sowie der Bundesrat Moritz Leuenberger von der Sozialdemokratischen Partie der Schweiz (SP), die sich öffentlich für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft aussprechen. Kürzlich hat Herr Leuenberger die 2000-Watt-Gesellschaft als das „Exportprodukt für die Zukunft“ tituliert. Aussagen zur Akzeptanz in der Schweizer Volkspartei (SVP) lassen sich nicht finden. Jedoch wurde ganz aktuell (Ende Juni 2007) ein Konsenspapier des Bundesrates mit dem Titel "Plattform für Energieeffizienz" (Strategiegruppe Energie Schweiz, 2007) veröffentlicht, wo sich die vier größten Parteien (SVP, SP, Freisinnig Demokratische Partei und Christlichdemokratische Volkspartei) für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft in der Schweiz ab 2010 aussprechen.

Zur Rezeption und Akzeptanz des Konzepts in der Bevölkerung gibt es bis dato keine Untersuchungen. Anhand der Informationen aus den Interview-Gesprächen geht man jedoch davon aus, dass die Kommunikation des 2000 Watt Zieles noch erhebliche Schwierigkeiten mit sich bringen wird. Um das Ziel für die Bevölkerung leichter verständlich zu machen, wurde von manchen Autoren vorgeschlagen, Beispiele aus dem täglichen Leben wie Heizung, Verkehr oder industrieller Energieverbrauch pro Haushalt oder des Dienstleistungssektors zu demonstrieren. Abseits der begrifflichen Schwierigkeiten werden auch Probleme in der Kommunikation des Zeithorizonts sowie der Realisierbarkeit der Zielerreichung gesehen. Mit den vom Bund zur Verfügung gestellten 2 Mio. Franken pro Jahr ist novatlantis auch dazu angehalten, Informationskampagnen durchzuführen. In diesen Kampagnen wird es notwendig sein, realistische Ziele zu definieren, die mit klar umrissenen Maßnahmen erreicht werden können.

Bei der privaten Wirtschaft gibt es Befürworter und Gegner des Konzepts. Beispielsweise sehen die Wärmepumpen-Hersteller in der 2000-Watt-Gesellschaft eine Chance für einen stark wachsenden Markt für ihre Produkte. Da es bis zur Gründung der beschriebenen Arbeitsgruppe keinen partizipativen Prozess in der Konzepterstellung gab, sind Informationen über die Akzeptanz des Zieles bei den verschiedenen Umsetzungsakteuren nicht bekannt.

Evaluation

In der Konzeptentwicklung ist ein iterativer Prozess zur Zielimplementierung vorgesehen. Alle 4 bis 5 Jahre soll eine Evaluation der vergangenen Prozessschritte durchgeführt werden, um ggf. Änderungen oder Anpassungen für zukünftige Schritte durchführen zu können. Zu den bereits eingeleiteten oder umgesetzten Maßnahmen und deren Auswirkungen gibt es noch keine Untersuchungen und Evaluationsergebnisse.

Zusammenfassung

Das Ziel 2000-Watt-Gesellschaft ist ein sehr ambitioniertes, zunächst reines Effizienzziel. Durch Energiespar- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen muss der Primärenergieverbrauch auf 2000 Watt gesenkt werden. Hinzu kommen die beiden Subziele „Maximal 500 Watt aus fossilen Energieträgern“ und „Begrenzung der pro Kopf CO_2-Emissionen auf eine Tonne pro Jahr“. Erst durch diese Zielkombination entsteht generell ein nachhaltiger Verzahnungsaspekt zwischen EE und EF.

Durch die allgemeine Beschreibung der 1.500 Watt aus „nicht fossilen“ Energieträgern ist hier kein weiteres Qualitätskriterium eingeführt worden. Somit wird beispielsweise Kernenergie nicht explizit ausgeschlossen. Diese Strategie ist nach den Informationen aller Interview-

partner auch definitiv so gewollt. Dadurch soll verhindert werden, dass eine extreme Gegenposition der Atomlobby entsteht.

Anhand der initiierten verschiedenen Umsetzungsebenen der 2000-Watt-Gesellschaft auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene wird deutlich gemacht, dass auch dieses umfassende Konzept auf Ebenen lokaler Akteure und regionaler Handlungsfelder runtergebrochen werden sollte. Je nach Gesetzgebung und Handlungsfähigkeit übernehmen die Organebenen jene Bereiche, die sie selbst beeinflussen und steuern können. Damit auf allen Ebenen am selben Ziel unter den gleichen Rahmenbedingungen gearbeitet wird, müssen diese definiert und festgeschrieben werden. Eine Arbeitsgruppe wurde installiert, die diese Fragen diskutiert und Lösungsansätze vorschlägt. Zugleich beweist die Umsetzung auf den verschiedenen Ebenen aber eine große Strahlkraft des Konzepts und Aufnahmebereitschaft in verschiedenen Akteursgruppen.

Zur Akzeptanz und Verständlichkeit des Zieles „2000 Watt“ gibt es noch keine Untersuchungen. Das Problem der Kommunizierbarkeit des 2000 Watt-Zieles ist jedoch von allen Interviewpartnern erwähnt worden. Da sich dieser Name jedoch schon so weit eingegliedert hat und bereits in politischen Zielsetzungen definiert ist, liegt die Herausforderung eher in der Darstellung des Zieles anhand von alltäglichen Beispielen.

Bewertung 2000-Watt-Gesellschaft Schweiz

An der Ausrichtung des Konzepts der 2000-Watt-Gesellschaft sowie anhand des Inhalts der Ausführungen zum Thema wird der wissenschaftliche Hintergrund des Zielkonzepts deutlich. Die politische Dimension einer 2000-Watt-Gesellschaft muss in naher Zukunft ausgelotet werden. Gleiches gilt für die volkswirtschaftlichen Entwicklungen, deren Ergebnisse ggf. die Umsetzung wesentlich beeinflussen.

⊕ Es handelt sich nicht nur um ein Ressourcen-Effizienzziel, sondern durch die Unterziele auch um ein Ausbauziel für erneuerbare Energien sowie um ein Klimaschutzziel durch die Begrenzung der CO2-Emissionen pro Kopf auf eine Tonne. Die 2000 Watt entsprechen einem sozioökonomisch und ökologisch ermittelten Zielwert.

⊕ Der Bezug auf Primärenergie bringt verschiedene Vorteile mit sich: Energieträger mit schlechten Primärenergiefaktoren werden indirekt verhindert; die Maximierung der Energieumwandlungseffizienz wird angestrebt. Dadurch wird dezentrale, hocheffiziente Energieerzeugung forciert.

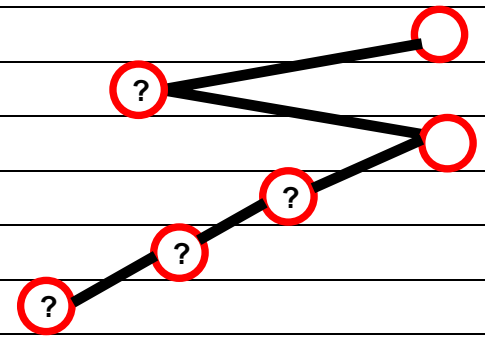
⊕ Die Forschungsergebnisse hinsichtlich der Potenziale in den verschiedenen Energieverbrauchssektoren geben einen guten Überblick über die Handlungsfelder und die notwendigen Anstrengungen.

⊕ Bei der 2000-Watt-Gesellschaft handelt es sich im Kern um ein globales Nachhaltigkeitskonzept mit dem Ziel der Angleichung der Energieverbräuche pro Kopf weltweit. Eine Übertragbarkeit ist für Industrieländer mit ähnlichem Ausgangszustand bezüglich des Energieverbrauchs möglich. Die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft im internationalen Bereich sowie die Harmonisierung von Zielen und Politikinstrumenten würde die Umsetzung wesentlich vereinfachen bzw. erst ermöglichen.

⊕ Die 2000-Watt-Gesellschaft wurde als allgemeine strategische Zielsetzung in der Bundesregierung verankert. In einem Konsenspapier haben sich die vier größten Schweizer Parteien für eine Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft ab 2010 ausgesprochen.

⊖ Sowohl die Begrifflichkeit als auch der angesetzte Zeithorizont zur Erreichung des Zieles werden in der Kommunikation und für Akzeptanz und Aktivierung Probleme mit sich bringen. Zum einen ist die Definition einer Leistung für den Energieverbrauch missverständlich und hat ggf. einen zu engen Bezug zum Strom. Zum zweiten ist eine Zielsetzung über den Zeitrahmen von 150 Jahren zu abstrakt. Eine Zwischenziel-Definition Mitte dieses Jahrhunderts erhöht die Verbindlichkeit, Evaluations- und Kontrollmöglichkeit der Maßnahmenumsetzung nicht wesentlich.

2000-Watt-Gesellschaft	Schwach	Stark
Verzahnung		
Grad der Konkretisierung		
Übertragbarkeit		
Charakter / formal. Integration		
Akzeptanz		
Kommunizierbarkeit		



? Noch Unsicherheiten gegeben

4.2.2 Solarcomplex Region Hegau / Bodensee[20] (Deutschland)

Kurzbeschreibung

„solarcomplex sieht sich als ‚prototypischer Vorläufer eines zukünftigen regionalen Energieversorgers in Bürgerhand', der ausschließlich auf erneuerbare Energien setzt"[21]. Ziel von solarcomplex ist es, bis zum Jahr 2030 den Energiebedarf in der Region Westlicher Bodensee weitgehend aus erneuerbaren Energien zu decken. Allerdings muss zuvor der Energieverbrauch signifikant gesenkt werden (um rd. 50%), damit die regionalen Potenziale den Bedarf decken können. Dieses Ergebnis wurde in einer Potenzialstudie ermittelt, welche 2002 von solarcomplex erstellt wurde[22].

solarcomplex ist als Bürgerbeteiligungsunternehmen organisiert, welches Anlagen zur Nutzung von Erneuerbaren Energien plant, baut und betreut. Das Unternehmen wurde im Jahr 2000 von 20 Personen aus der Region Hegau / Bodensee mit einem Stammkapital von 37.500 Euro gegründet. Inzwischen sind über 200 Gesellschafter am Unternehmen beteiligt und das Stammkapital konnte auf über 1,8 Mio. Euro angehoben werden. Gesellschafter sind sowohl Privatpersonen als auch KMUs und Kommunalpolitiker, Handwerker, Landwirte und Wissenschaftler. Der installierte wissenschaftliche Beirat berät die Geschäftsführer und Gesellschafter.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Die Gründer und Initiatoren von solarcomplex haben sich das Ziel gesetzt, die Energieversorgung der Region bis 2030 weitgehend auf erneuerbare Energien aus regionalen Quellen umzustellen und auf fossile und atomare Energieträger zu verzichten. Es wurden zu Beginn auch Zwischenziele definiert, z.B. dass 2005 in jeder Gemeinde mind. eine große PV-Anlage, in jeder Sparte der erneuerbaren Energien mind. eine Referenzanlage installiert ist sowie auch der Einstieg in die Windkraftnutzung erreicht wurde. Außerdem soll der Anteil von 5% Ökostrom pro Haushalt erreicht sein.

Wirkungsebene

„Die Region Hegau / westlicher Bodensee erstreckt sich in der Definition von solarcomplex in Ost – West – Richtung ungefähr von Konstanz bis Tengen und in Nord – Süd – Richtung ungefähr von Stockach bis zur Schweizer Grenze. Dieses Gebiet ist weitgehend deckungsgleich mit dem politischen Landkreis Konstanz. Dazu kommt das nördliche Bodenseeufer von Bodman bis Uhldingen. Damit entsteht ein annähernd kreisförmiges Gebiet von rund 1.000 km² mit rund 300.000 Einwohnern.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Die Potenzialstudie richtet sich nach den Angeboten im erneuerbaren Energiesektor und nicht nach dem Verbrauch. Hier wird je nach Technologie zwischen den Verbrauchssektoren Strom und Wärme abgegrenzt. So wird z.B. differenziert zwischen Strom- und Wärmeerzeugung bei der Aufteilung von Flächen für die solare Nutzung: 50% der Dachflächen werden für die Stromerzeugung, und die andere Hälfte für die Erzeugung von Warmwasser bilanziert. Bei Biogas wird das Potenzial an Kraft-Wärme-Kopplung angeführt. Zusätzlich wird das Biomassepotenzial erhoben, wodurch große Mengen an Wärme zentral und dezentral erzeugt werden können.

In der Potenzialstudie wird auch kurz auf das Thema Mobilität eingegangen. Allerdings sind die Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe bereits für die stationäre Nutzung der Energie bilanziert. Dadurch könnte nur ein kleiner Teil des Kraftstoffbedarfs in der Region abgedeckt werden.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Die Initiative zur Zielsetzung und zur Gründung von solarcomplex war von 20 Privatpersonen aus der Region ausgegangen. Neben der hohen gesellschaftlichen Akzeptanz durch eine umfassende Sensibilisierungsarbeit in der Region hat der Landkreis Konstanz am 27. Oktober 2003 eine Resolution einstimmig angenommen, womit die weitgehende Versorgung aus erneuerbaren Energien bis 2030 als politisches Handlungsziel definiert wurde. Diesen Antrag haben die IHK und die Handwerkskammer gemeinsam mit solarcomplex in den Kreistag eingebracht.

[20] Die Analyseinhalte sind einem Interviewgespräch mit Hr. Bene Müller, Geschäftsführer von solarcomplex entnommen.

[21] eurosolar 16.10.2004

[22] Müller, 2003: Erneuerbare Energien in der Region Hegau Bodensee, solarcomplex, www.solarcomplex.de

Rolle der Verzahnung von EE und EF
Die Zielsetzung enthält ein übergeordnetes verzahnendes Element, indem in der Potenzialanalyse rechnerisch ermittelt wurde, dass nur bei einer Reduzierung des Energieverbrauchs um mind. 2% jährlich (bis 2030 um rd. 50%) der verbleibende Energiebedarf durch EE gedeckt werden kann.

Auf Maßnahmenebene haben sich Verzahnungen von EE und EF meist nur aus Zufall ergeben. Grundsätzlich ist es jedoch das Ziel, EF verstärkt in die Projektentwicklung mit einzubeziehen.

Konzept und Maßnahmen
Organisatorisch waren die Gründung von solarcomplex und die Umsetzung der ersten Pilotprojekte in der Beteiligungsstruktur die ersten wichtigen Maßnahmen. Im Laufe der letzten Jahre, als das Interesse zugenommen hat und vermehrt Kapital akquiriert werden konnte, wurden auch Informationsangebote ausgeweitet. So werden Schulmaterialien erstellt und Erlebnistouren zu EE-Anlagen angeboten.

Vor allem im Bereich der Fotovoltaik-Anlagen wurde bereits sehr viel erreicht. Beispielsweise wurde im Laufe der ersten Umsetzungsjahre das Standardprodukt „6-kW-Solarkraftwerk“ entwickelt, wodurch der Aufwand zur Abwicklung dieser Projekte wesentlich reduziert werden konnte. Außerdem bietet solarcomplex Holzenergie-Contracting an, im Rahmen dessen bereits 12 Holzheizanlagen mit insgesamt 3 MW thermischer Leistung realisiert wurden. Zusätzlich wurde die erste Bürger-Biogasanlage mit 250 kW elektrischer Leistung realisiert. Die Wärme wird zur Beheizung eines Freizeitzentrums verwendet.[23] Und ein altes Wasserkraftwerk wurde revitalisiert und wieder in Betrieb genommen. Insgesamt ist es das Ziel von solarcomplex, einen vielseitigen Energiemix zu generieren.

Bewertung der Zielvorgaben und deren quantitative Wirkung

Bei solarcomplex handelt es sich um ein Unternehmen, welches Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien aus Bürger- und Privatkapital finanziert und realisiert. Der politische Rückhalt dieses Unternehmens ist unterschiedlich. Kommunal- und Regional-Politiker stehen dem Projekt sehr differenziert gegenüber, wobei nach Aussagen von Hr. Müller (Geschäftsführer von solarcomplex) keine einheitlichen parteipolitischen Standpunkte abzulesen sind. Das Ziel, bis 2030 die Energieversorgung der Region auf erneuerbare Energien umzustellen, ist im Landkreis Konstanz seit 2003 als politisches Handlungsziel verankert.

Das Ziel kann laut der Potenzialstudie nur dann erreicht werden, wenn der Energieverbrauch um rund 50% reduziert wird. Somit ist das Gesamtziel sehr ambitioniert und übertrifft die bundespolitischen Ziele. Die größte Anstrengung wird in der Erreichung der Energieeinsparungen liegen. Hier sind große Potenziale vorhanden, deren Ausschöpfung jedoch von vielen verschiedenen Akteuren beeinflusst wird. Die Tatsache, dass bis jetzt keine Maßnahmen zur Steigerung der EF umgesetzt wurden, zeigt, dass die Projektentwicklung in diesem Bereich auf schwer überwindbare Hemmnisse stößt.

Zielerreichung und Umsetzungsgrad

solarcomplex hat bereits viele Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien umsetzen und realisieren können (z.B. rund 5 MW installierte PV-Leistung an über 100 Standorten mit einer Stromerzeugung von 5 Mio. kWh jährlich). Bezeichnend für diesen Prozess ist die Etablierung eines vielseitigen Energiemix durch den Einsatz von verschiedenen Technologien je nach Potenzial. So wurden viele PV-Anlagen, Solarthermieanlagen, Biogasanlagen in KWK-Nutzung und Biomasseanlagen realisiert sowie ein Klein-Wasserkraftwerk saniert und in Betrieb genommen.

[23] www.solarcomplex.de

Im Bereich der Effizienzsteigerung und des Energiesparens konnte solarcomplex noch nicht aktiv werden. Es gibt keine Messungen oder Informationen darüber, ob der Energieverbrauch gegenüber dem Basisjahr 2000 bereits gesunken ist. Hier müsste also noch ein Bilanzierungssystem aufgebaut werden, um die Entwicklungen im Energieverbrauch messen, Einsparpotenziale systematisch identifizieren, Umsetzungsmethoden festlegen und die erreichten Erfolge kommunizieren zu können. Um dieses Thema voran zu bringen, hat solarcomplex bereits 2003 die Gründung einer lokal agierenden Energieagentur angeregt. Der Vorschlag wurde jedoch damals vom Landkreis abgelehnt.

Für die zukünftige Entwicklung im Bereich der EE geht solarcomplex davon aus, dass sich durch die dynamische Marktentwicklung die Rahmenbedingungen für deren Einsatz weiter verbessern. Diese Weiterentwicklung des Marktes ist auch notwendig, denn der aktuelle Trend in der Umsetzung von EE-Anlagen muss deutlich gesteigert werden, um das Ausbauziel erreichen zu können. Vor allem bei der Nutzung des vorhandenen Windenergiepotenzials muss noch viel Informations- und Überzeugungsarbeit geleistet werden, da es erhebliche Widerstände aus der Landkreispolitik gibt und auf Landesebene ein sehr restriktiver Flächennutzungsplan erstellt wurde. Die Weiterentwicklung der Projekte und Aktivitäten von solarcomplex sind von zukünftigen Gesetzesentwicklungen (Weiterentwicklung des EEG, Implementierung des erneuerbaren Wärmegesetzes auf Landesebene) stark abhängig.

Zeitrahmen

Könnte an beiden Strängen, der Effizienz sowie bei den erneuerbaren Energien, gleichmäßig gezogen werden, wäre der Zeitrahmen bis 2030 nach heutigem Stand der Dinge umsetzungsadäquat. Vor allem im Bereich der erneuerbaren Energien geht solarcomplex davon aus, dass sich der Trend weiterhin verbessert und vermehrt EE-Anlagen realisiert werden. solarcomplex sieht auch eine Chance im Entwurf des Baden-Württembergischen Landtags zum erneuerbaren Wärmegesetz. Dadurch könnte der Markt für die erneuerbare Wärme und auch für den Ausbau von Nahwärmenetzen massiven Aufschwung erfahren.

Umsetzungs- und Zeitrahmenprobleme werden vor allem im Bereich der Effizienzsteigerung und in der Realisierung von Windkraftanlagen gesehen. Der Anteil an erneuerbaren Energie-Strom könnte durch die Errichtung eines Windparks wesentlich gesteigert werden und sich dem bundesdeutschen Durchschnitt anpassen. Allerdings hat der Regionalverband Hochrhein-Bodensee im März 2007[24] einen Regionalplan Windenergie veröffentlicht, in dem gute Windenergiestandorte aus verschiedenen Gründen gestrichen wurden. Insgesamt bleiben für dieses gesamte Gebiet 8 Vorrangstandorte übrig. Hierzu hat sich auch schon der Bundesverband Windenergie e.V. kritisch geäußert[25].

Grad der Konkretisierung

Im Rahmen einer Potenzialstudie wurden für die einzelnen erneuerbaren Energiequellen das in der Region nutzbare Potenzial ermittelt. In dieser Studie wird jedoch kein Umsetzungsweg oder ein Maßnahmenpaket definiert. Allerdings können, lt. den Autoren der Studie, konkrete Handlungsfelder aus dieser Potenzialstudie abgelesen werden, da die Technologien zur Nutzung der EE weitgehend bekannt sind und die Handlungsfelder in der Region klar einge-

[24] http://www.hochrhein-bodensee.de/

[25] http://www.wind-energie.de/de/windenergie-in-der-region/bundeslaender/baden-wuerttemberg/aktuelles-aus-der-region/article/kritik-am-ausschluss-windhoffiger-flachen/17/

grenzt sind. Die Studie wurde deshalb auch allen Entscheidungsträgern in der Region kostenlos zur Verfügung gestellt.

Grad der Verzahnung

Ausgehend von der Potenzialstudie und den vorhandenen regionalen Ressourcen wurde eine prinzipiell verzahnende Zieldefinition eingeführt: Der Energieverbrauch muss bis 2030 um rund 50% reduziert werden, damit der verbleibende Verbrauch zu 100% aus erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. In der Umsetzung von Projekten stehen für solarcomplex die EE-Anlagen im Vordergrund. Allerdings ergeben sich in diesen Projekten oft „nebenbei“ verzahnende Elemente. Beispielsweise bei Holzenergiecontracting werden effizienzsteigernde Maßnahmen umgesetzt, indem die alten, meist mit Öl betriebenen Anlagen durch neue, hocheffiziente Pellet-Kessel ersetzt werden.

Gleichzeitig wird beim Kesseltausch die Verteilung der Heizenergie durch einen hydraulischen Abgleich, durch Installation von neuen Pumpen sowie durch die Dämmung der Leitungen optimiert. Es wird auch angedacht, wie z.B. in Mauenheim, beim Anschluss von Bestandsgebäuden an ein Nahwärmenetz Energiespar-Beratungen anzubieten. Im Geschäftsfeld Holzenergie-Contracting konnten Vorteile der Verzahnung von EE und EF bereits genutzt werden: Die Realisierung einer zentralen Holzpellet-Anlage für die Passivhaussiedlung in Engen zeigt, dass hocheffiziente Gebäude durch erneuerbare Energien versorgt werden können.

Mit der Kapitalstruktur und den bisherigen Methoden der Projektfinanzierung (aufbauend auf Bürgerkapital) sind Effizienzprojekte nur beschränkt umsetzbar und mit den vorhandenen Personalkapazitäten ist das weitläufige Thema Energieeffizienz bei solarcomplex nicht abdeckbar. Es gab bereits Überlegungen, Investitionen in Effizienzmaßnahmen auch in der Beteiligungsmodell-Struktur umzusetzen. Allerdings ergeben sich bei diesen Projekte zu viele rechtlich Hemmnisse. Vor allem auch dann, wenn die Sanierungsmaßnahmen über die Kesselerneuerung hinaus gehen und die Bausubstanz des Gebäudes betreffen. Eine Verzahnung könnte nach Herrn Müller am effektivsten durch die Gründung einer Energieagentur erreicht werden. Das Aufgabengebiet der EA läge in der Beratung von privaten, gewerblichen und öffentlichen Verbrauchern hinsichtlich effizienzsteigender Maßnahmen und Finanzierungsmöglichkeiten. Die enge Zusammenarbeit mit solarcomplex könnte zusätzliche Synergieeffekte bringen.

Systemeffekte

Im Zuge der Projektentwicklungen und Potenzialanalysen wurde auch die relativ hohe Anzahl von bereits bestehenden Biogasanlagen registriert. In den meisten dieser Anlagen wird die Wärme nicht genutzt. Dieses Potenzial wollte solarcomplex nutzen. Durch die Nutzung der Wärme erwirtschaften die Landwirte höhere Erlöse, da ihnen der KWK-Bonus zuerkannt wird. Im Gegenzug wird ein langfristiger Wärmeliefervertrag zwischen Biogas-Anlagenbetreiber und solarcomplex abgeschlossen. Diese Wärme wird von den Anlagenbetreibern kostenlos abgegeben. solarcomplex wiederum finanziert und baut die Nahwärmenetze zur Versorgung der umliegenden Gebäude und verkauft die Wärme weiter an die Endverbraucher. Diese Methode wurde erstmals in Mauenheim angewandt, wo sie sich als erfolgreiches Konzept mit hoher Akzeptanz erwiesen hat.

Die erfolgreiche Entwicklung in Mauenheim zum ersten energieautarken Dorf in Baden-Württemberg trägt auch zum wachsenden Bekanntheitsgrad von solarcomplex bei. Ähnlich

wie in Güssing sind viele Experten aus anderen Regionen interessiert an den Entwicklungen und informieren sich vor Ort über Umsetzungsprozesse, Hemmnisse und positive Auswirkungen. Das nächste Bioenergiedorf (Lippertsreute) ist aktuell in Arbeit und wird voraussichtlich 2008 des gesamten Energiebedarf aus regional erwirtschafteten Quellen decken.

In der Potenzialstudie wird von der Nutzung eines Windpotenzials in 40 best platzierten Windkraftanlagen mit einer Jahresstrommenge von rd. 140 GWh ausgegangen. Allerdings werden an den meisten dieser Standorte die Windenergienutzung durch eine sehr restriktive Flächennutzungsplanung in Baden-Württemberg verhindert.

Übertragbarkeit

Das System solarcomplex ist aufgrund der technisch, wirtschaftlich und Struktur unabhängigen Voraussetzungen gut auf verschiedene Landkreise übertragbar. solarcomplex hat alle Daten aus den Anfängen inkl. Musterverträge und Vereinbarungen zusammengestellt und bietet diese für Neugründungen an. Somit könnte eine solche Unternehmensgründung wesentlich erleichtert werden. Um die Verzahnung von EE und EF zusätzlich zu fördern, ist die Zusammenarbeit mit regionalen Energieagenturen sinnvoll. Hier könnte es in anderen Landkreisen durch die Zusammenarbeit von Energieagentur und solarcomplex-neu zu wesentlichen Fortschritten kommen.

Um die Verankerung in der Gesellschaft in einer ähnlich positiven Weise erreichen zu können, ist eine vertrauensvolle Gesellschafterstruktur notwendig. Diese Gesellschafter müssen einen gewissen regionalen Bekanntheitsgrad haben, das Tätigkeitsfeld fachlich einwandfrei repräsentieren und kommunizieren können. Auch die Besetzung der Geschäftsführung sollte nach diesen Kriterien geschehen. solarcomplex musste in ihren Anfängen wirtschaftliche Durststrecken überwinden, um mit dem relativ geringen Stammkapital Projekte umsetzen zu können und somit weitere Kapitaleinlagen für eine bessere Grundstruktur akquirieren zu können. Heute geht solarcomplex davon aus, dass bei Neugründungen mit einem Stammkapital von 200.000 Euro eine gute Startposition geschaffen ist, um erste Projekte gut und öffentlichkeitswirksam umsetzen zu können und den positiven Wechselwirkungsprozess für die Vergrößerung der Gesellschafterstruktur initiieren zu können.

Akteursperspektive

Im Sommer 2000 haben 20 Personen (darunter die heutigen Geschäftsführer von solarcomplex sowie Mitglieder des Aufsichtsrats) aus der Region Hegau/Bodensee sich dazu entschlossen, die Energieversorgung in der Region nach den Nachhaltigkeitskriterien umzugestalten. Folgender Grundsatz für eine erfolgreiche Umsetzung wurde damals festgelegt: Die Definition von langfristigen Zielen, die durch unternehmerische Tätigkeit und durch die Schaffung von regionaler Identität erreicht werden können[26]. Damals wurde die Unternehmensentwicklung in einem Mehrphasen-Modell beschrieben: In der ersten Phase wird das Unternehmen aufgebaut und professionalisiert. Es wird ein Mitarbeiterstamm installiert und es werden die ersten Beispiel- und Vorzeigeanlagen installiert und betrieben. In der zweiten Phase wird das Wachstum des Unternehmens zunehmen, die Mitarbeiterzahl wird weiter aufgestockt und die Anzahl und die Größe der Projekte nimmt zu.

Heute ist solarcomplex ein Unternehmen im großen Streubesitz. Rund 200 Gesellschafter sind am Unternehmen beteiligt – von Privatpersonen bis zu kleinen und mittelständischen

[26] www.solarcomplex.de

Unternehmen. Mittlerweile konnte das Anfangs-Stammkapital von 37.500 € auf über 1,8 Mio. Euro aufgestockt werden.

Seit der Gründung des Unternehmens sind Achim Achatz und Bene Müller die beiden vertretungsberechtigten Geschäftsführer. Die Akzeptanz wird zusätzlich durch die angesehenen Mitglieder des wissenschaftlichen Beirat gefördert.

Akzeptanz, Rezeption und Kommunikation

Die ersten positiven Ergebnisse, die durch EE-Anlagen erreicht werden konnten, haben dazu beigetragen, dass vermehrt Privatpersonen, aber auch Unternehmer Interesse am Beteiligungsmodell gewonnen haben. Die ersten Gründungsmitglieder sowie die beiden Geschäftsführer haben viel Überzeugungsarbeit leisten müssen. Es wurden Informationsstände bei Wochenmärkten organisiert, es wurden Lehrer in Schulen als Multiplikatoren vor allem zur Kapitalbeschaffung mobilisiert. Diese gesamte Öffentlichkeitsarbeit wurde durch eine umfassende Pressearbeit begleitet, wodurch der Bekanntheitsgrad weiter gestiegen ist. Durch die wachsende Anzahl der Gesellschafter wurde das Multiplikatorenfeld immer größer und durch deren Kapitalerhöhung auch das Handlungsspektrum des Unternehmens weiter. In dieser Wechselwirkung wird sich solarcomplex weiter vergrößern.

Das Bioenergiedorf Mauenheim und die umfassende Berichterstattung zu diesem Projekt hat sehr zur Förderung des Bekanntheitsgrades von solarcomplex beigetragen. Dadurch wurden auch Gewerbe- und Wirtschaftsverbände sowie Verbände wie z.B. der Lions-Club auf das Unternehmen aufmerksam und informieren sich eingehend zu den Investitions- und Anlagemöglichkeiten. Um weitere Interessenten über die realisierten Projekte und Rahmenbedingungen zu informieren, bietet solarcomplex kostenlose Rundfahrten zu verschiedenen EE-Anlagen an. Die Interessenten bekommen so die Möglichkeit, vor Ort die Anlagen zu besichtigen. Dieses Angebot wird von immer mehr Interessenten sowohl aus der Region als auch aus anderen Landkreisen wahrgenommen. Bei der Rundfahrt werden technische Informationen und strukturelle Perspektiven zur Energiegewinnung aufgezeigt. Außerdem bietet solarcomplex Unterrichtsmaterial für die Schulen der Region an.

Evaluation

Alle von solarcomplex errichteten Anlagen verfügen über eine Fernauslese-Möglichkeit. Dadurch kann ständig beobachtet werden, welche Energiemenge produziert und eingespeist wird. Diese Möglichkeit steht auch im Internet zur Verfügung. Man kann sich über die solarcomplex-Homepage die täglichen Strom-Ertragswerte der PV-Anlagen darstellen lassen. Diese Transparenz wird von den Kreditinstituten zur tagesgenaue Ertragskontrolle gefordert und stellt daher keine Besonderheit dar. Dieses Monitoring-System ermöglicht solarcomplex eine rasche Bilanzierungen zu den aktuellen Anteilen der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch. Zusätzlich werden alle Zahlen in einem Jahresabschluss der Gesellschaft (Bilanz und die Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt.

Aktuell wird im Rahmen einer Diplomarbeit erforscht, ob und unter welchen Bedingungen eine Leitwarte installiert werden könnte, die einen Eingriff in den Betrieb der Anlagen aus zentraler Stelle möglich macht. Ähnliche Evaluierungs-Anstrengungen im EF-Bereich fehlen.

Zusammenfassung

Insgesamt handelt es sich bei solarcomplex um ein engagiertes und gut verankertes Unternehmen in der Region Hegau / Bodensee. Der gute Bekanntheitsgrad ist durch die breite Gesellschafterstruktur und durch die Überzeugungsarbeit der Initiatoren erreicht worden. Durch diese breite Akzeptanz kann solarcomplex politisch unabhängig bleiben. Die gute Akzeptanz von solarcomplex in der Region spricht auch für diese Methode der Projektumsetzung. Der Multiplikatoreffekt durch die Beteiligungsstruktur trägt im Wesentlichen dazu bei, dass die Gesellschafterstruktur immer umfassender wird und sich neue Branchen und Verbände für die Teilnahme am Unternehmen interessieren. Im Laufe der Umsetzungsjahre konnten Standardprojekte, wie z.B. das 6 kW Solarkraftwerk, entwickelt werden. Bei diesen Standards sind die Rahmenbedingungen fixiert und der Verwaltungsaufwand reduziert worden. Es werden umfassende Service-Pakete angeboten, die für den Investor größtmögliche Sicherheiten bieten. Der Schritt zum eigenen Solarkraftwerk wird somit zu einem überschaubaren und einfach überwindbaren Akt.

Während im Bereich der EE bereits große Erfolge erzielt werden konnten, ist das Thema Energieeffizienz noch nicht in dem Maße in die Umsetzung einbezogen worden, wie es die Ergebnisse aus der Potenzialstudie fordern. Das liegt vor allem an den fehlenden Kapazitäten bei solarcomplex und an der noch fehlenden Struktur, in EF-Projekte beispielsweise über Beteiligungskapital zu investieren. Deshalb hat solarcomplex auch die Gründung der regionalen Energieagentur initiiert, damit eine eigene Stelle sich diesem Themenkomplex annehmen kann. Da der Landkreis Konstanz das Ziel, 2030 den Energiebedarf zu 100% aus EE zu decken, politisch verankert hat, müsste die Gründung einer Energieagentur auch im Interesse des Landkreises liegen. Der Vorschlag wurde allerdings abgelehnt.

Für die Übertragung von solarcomplex auf andere Regionen ist somit auf die Verzahnung mit einer Energieagentur zu achten, bzw. muss bei solarcomplex-neu die Erweiterung der Handlungsbereiche um Effizienzprojekte in die Unternehmensplanung mit einbezogen werden.

Bewertung solarcomplex / Region Hegau Bodensee

⊕ Hinsichtlich der Konkretisierung hat solarcomplex das Alleinstellungsmerkmal, dass eine Potenzialstudie für die Region erstellt wurde, um den individuellen Energiemix zu eruieren. Diese Studie könnte durch den Vorschlag zu konkreten Maßnahmenpaketen ausgebaut werden.

⊕ Die Übertragbarkeit ist beispielsweise durch die politische Unabhängigkeit sehr gut gegeben.

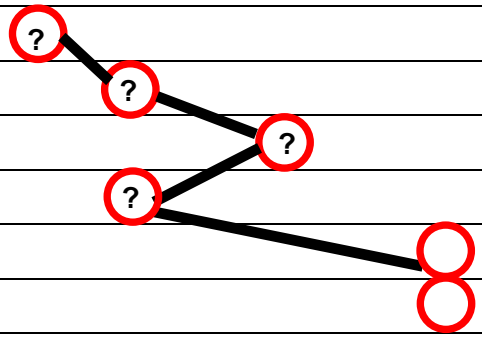
⊕ Das Ziel, bis 2030 den Energieverbrauch zu reduzieren und den verbleibenden aus regionalen, erneuerbaren Energieträgern zu erzeugen, ist sehr gut kommunizierbar. Diese 100% Kommunen und Regionen erfreuen sich in den verschiedensten Regionen größter Beliebtheit und sind ein sehr gutes Mittel zur Kommunikation eines Klimaschutzzieles.

⊕ Am Wachstum des Stammkapitals und am Interesse weiterer Investoren ist ersichtlich, dass solarcomplex sehr positiv wahrgenommen wird. Einen wesentlichen Beitrag dazu leisteten die beiden Geschäftsführer sowie die Gesellschafter durch das persönliche Engagement, aber auch durch den Bekanntheitsgrad der Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats.

⊖ Die Zielerreichung ist allerdings nur unter Ausweitung des Aktionsfeldes möglich. Für größere oder umfassendere Projekte muss separat geprüft werden, ob diese durch ein Bürgerbeteiligungsmodell getragen und realisiert werden können.

⊖ solarcomplex hat sich ein sehr ambitioniertes verzahntes Ziel gesetzt. Allerdings ist in der Umsetzung das Thema Effizienz noch nicht ausreichend berücksichtigt worden. Das liegt vor allem an den mangelnden zeitlichen Kapazitäten bei solarcomplex sowie an der noch nicht entwickelten geeigneten Struktur zur Umsetzung von EF-Projekten im Rahmen ihrer Geschäftstätigkeit.

solarcomplex	Schwach	Stark
Verzahnung		
Grad der Konkretisierung		
Übertragbarkeit		
Charakter / form. Integration		
Akzeptanz		
Kommunizierbarkeit		



4.2.3 Energieautarkes Güssing[27] (Österreich)

Kurzbeschreibung

Bereits 1990 hat der Gemeinderat beschlossen, dass in den Gebäuden der Stadtgemeinde Güssing Energie sowohl im Strom- als auch im Wärmesektor eingespart werden muss. Erst nach den Sanierungsanstrengungen im öffentlichen Gebäudebestand wurde das Ziel definiert, fossile Energieversorgungslösungen abzulösen und Alternativen zu suchen. Durch die Initiative einzelner Personen wurde 1991 das Biomasse-Fernwärmekonzept vorgelegt und im Gemeinderat beschlossen. Mit einem 27 km langen Fernwärmenetz werden seit Mitte der 90er alle öffentlichen Gebäude, gewerbliche Großabnehmer und viele Kleinabnehmer mit kostengünstiger Wärme aus Biomasse versorgt. [28]

Erst nach diesen ersten positiven Erfolgen wurde die Idee geboren, den gesamten Energiebedarf (inkl. Strom und Kraftstoff) aus erneuerbaren Energien zu gewinnen und das Heizkraftwerk-Projekt wurde gemeinsam mit der TU Wien gestartet. Seit 2004 wird in Güssing mehr als der gesamte Energiebedarf (Wärme, Strom und Kraftstoffe) aus regionalen Rohstoffen erzeugt. Jährlich bleiben rd. 13 Mio. Euro in der Region, wodurch ein Strukturwandel eingeleitet werden konnte.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Als das Projekt bzw. die erste Maßnahme gestartet wurde, lagen weder Definitionen für ein Gesamtziel noch Zeitrahmen fest. Erst nach ersten erfolgreich umgesetzten Maßnahmen erfolgte 1996 die Zieldefinition „Energieautarkes Güssing“. Zu diesem Zeitpunkt war die Energieautarkie im Wärmebereich bereits zum Großteil erreicht.

Das Autarkie-Ziel wurde 2004 mit der Inbetriebnahme des Biomasse-Kraftwerks erreicht bzw. wird inzwischen mehr Energie als in der Stadt benötigt produziert.

Wirkungsebene

Regional für das Stadtgebiet Güssing mit rund 3.800 Einwohnern, wobei als Ressourcenquelle die Bilanzgrenze Bezirk Güssing gewählt wurde. Die Stadt Güssing ist nur sieben Kilometer von der ungarischen Grenze entfernt und war deshalb durch die Nähe zum Eisernen Vorhang eine der ärmsten Regionen in Österreich. Nächstes Ziel ist es, den gesamten Bezirk Güssing (rund 27.000 Einwohner) autark mit Energie versorgen zu können.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Energieautarkie für Strombedarf:

- Aufbau eines Biomasse-Heizkraftwerks
- Aufbau einer Biogas-Anlage
- Installation einer Groß-PV-Anlage

Energieautarkie im Wärmebedarf:

- Installation und sukzessive Erweiterung eines Fernwärmenetzes (27 km Länge)
- Wärme aus Biomasse-Heizkraftwerk
- Installation von Solarthermie-Anlagen
- Sanierung der öffentlichen Gebäude (Wärmedämmung / Fenstertausch)

Energieautarkie im Kraftstoff-Bereich:

- Ausbau einer bereits seit 1991 bestehenden Biodiesel-Anlage
- Installation einer Versuchsanlage zur Altspeiseöl-Umesterung

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Die Idee und Initiative zu diesem Projekt ging von einer kleinen Personengruppe innerhalb der Gemeinde aus, allen voran Herr Koch, der 1991 Technischer Leiter im Stadtamt war und heute das Europäische Zentrum für Erneuerbare Energien in Güssing leitet. Durch die schwierige wirtschaftliche Lage in Güssing (70% Wochenpendler, hohe Abwanderungszahlen und schlechte infrastrukturelle Gegebenheiten) wurde das Konzept aufgrund der regionalen Entwicklungschancen akzeptiert und umgesetzt. Gemeinsam mit diesen Konzepterstellern wurde dieses Erfolgskonzept bis zur Energieautarkie weiterentwickelt.

[27] Die Analyseinhalte sind Interviewgesprächen mit folgenden Personen entnommen: Frau Brunner, Projektleiterin im Europäischen Zentrum für Erneuerbare Energien Güssing; Herrn Vadasz, Bürgermeister der Stadt Güssing;

[28] http://www.gussing.at/frame.asp?Bereich=Wirtschaft

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Verzahnung auf der Zielebene

Auf der Zieldefinitionsebene gab es kein verzahnendes Element!

Verzahnung auf der Maßnahmenebene:

- Alle öffentlichen Gebäude im Gemeindezentrum wurden energetisch saniert (Wärmedämmung, Fenstertausch, und Sanierung der Heizungsverteilung) und an das Biomasse-Fernwärmenetz angeschlossen.
- Gründung von Weiterbildungszentren (z.B. Handwerker werden zu Solarteuren ausgebildet oder wurden zu Effizienzmaßnahmen im Installationsbereich geschult).
- Die Gemeinde Güssing hat für alle Endkunden, die den alten Ölkessel gegen einen FW-Anschluss ausgetauscht haben, Energiesparberatungen durchgeführt und zusätzlich den FW-Anschluss gefördert.

Konzept und Maßnahmen[29]

- Erstellung eines Energiekonzepts für die öffentlichen Gebäude zur Energieverbrauchsreduktion
- Durchsetzung des Gemeinderatsbeschlusses zur Wärmeversorgung aus EE
- Erstellung eines Maßnahmenplanes
- Sanierung der öffentlichen Gebäuden (Wärmedämmung, Fenstertausch, Heizungssanierung)
- Errichtung und ständige Erweiterung des FW-Netzes mit Bau des damals größten Biomasse-Heizwerkes Österreichs
- Start und Umsetzung des Projekts "Biomassevergasung aus Holz zum Zweck der Stromerzeugung" mit Wirbelschicht Dampfvergasungstechnologie
- Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten des Gases (Produktion von synthetischem Erdgas oder Kraftstoff), Start 2007

Bewertung der Zielvorgaben und deren quantitative Wirkung

Ziel der Stadtgemeinde war in erster Linie die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung und somit die verstärkte Nutzung der regionalen Ressourcen. Zu günstigeren oder maximal gleichen Energiepreisen sollte die fossile dezentrale Wärmeerzeugung in eine zentrale Biomasse-Erzeugungsanlage umgerüstet werden. Zusätzlich sollten rd. 50% des Strom- und Heizenergieverbrauches in den öffentlichen Gebäuden eingespart werden. Das Ziel „Energieautarkes Güssing“ wurde erst nach den ersten positiven Umsetzungserfahrungen Ende der 90er Jahre definiert.

Es handelt sich um ein auf lokaler Ebene sehr ambitioniertes Ziel. Vor allem die Umsetzung der Biomasse-Wirbelschicht-Vergasung unterstreicht die Ambitioniertheit des Projekts auch auf Forschungs- und Demonstrationsebene. Im Kraftstoffbereich gab es 1991 eine erste Biodiesel-Produktionsanlage, die bereits damals den bilanziellen Treibstoff-Bedarf abdecken konnte. In Zukunft will man jedoch von der Produktion von Biodiesel wieder abweichen und die Produktion von synthetischen Kraftstoffen und Erdgas durch das Holzgas forcieren.

Zielerreichung / Umsetzungsgrad

2004, mit der Inbetriebnahme des Holzvergaser-Heizkraftwerks, konnte das Ziel Energieautarkie erreicht werden. Der gesamte Energiebedarf im Wärme- Strom- und Kraftstoffsektor kann bilanziell durch eigene Erzeugungskapazitäten gedeckt werden.

Zeitrahmen

Für das gesamte Konzept „Energieautarkes Güssing“ gab es weder einen Maßnahmenplan noch einen Zeitrahmen für die Umsetzung. Vielmehr hat sich das Projekt evolutiv entwickelt.

[29] http://www.eee-info.net/

Grad der Konkretisierung

Da das Gesamtziel Energieautarkie sukzessive durch die Definition von Einzelzielen in den Sektoren entstanden ist, wird der Grad der Konkretisierung hier als gering eingestuft. Die Verfolgung von sektoralen Unterzielen ermöglichte das Erreichen der Energieautarkie, ohne das Gesamtziel von Anfang an vor Augen zu haben.

Somit gab es weder einen Maßnahmenplan noch einen konkreten Umsetzungspfad mit zeitlichen Zielsetzungen sondern vielmehr definierte Unterziele. Erst bei Erreichen der ersten Umsetzungserfolge wurden weitere Ziele definiert und die Maßnahmen auf andere Sektoren ausgedehnt. Im folgenden werden die wichtigsten Eckpunkte der im nachhinein definierten Energieautarkie dargestellt:

- 1990: Umsetzung von Stromspar- sowie Sanierungsmaßnahmen in öffentlichen Gebäuden
- 1991: Konzeptentwicklung und Einreichung beim Gemeinderat zur Umstellung der Wärmeversorgung von dezentralen Ölkesseln auf eine zentrale Versorgungsvariante mit Biomasse-Heizwerk.
- 1991: Beschluss zur Änderung der Wärmeversorgungsstruktur
- 1991/92: Abschluss von langfristigen Lieferverträgen mit dem Waldverband (Vertragsdauer von 10 Jahren mit Option der Verlängerung um weitere 10 Jahre) – wichtiger Meilenstein!
- 1992 – 1996: Durchführung von Infoveranstaltungen und Energieberatungen für den Endverbraucher zum Thema Wärme aus Biomasse
- 1992 – 1996: Errichtung des Biomasse-Heizwerkes inkl. Fernwärmetrasse in der ersten geplanten Ausbaustufe, Anschluss aller öffentlichen Gebäude an das FW-Netz;
- 1995: Beitritt Österreichs zur EU – Güssing wird als wirtschaftlich sehr schwache Region als Ziel I Gebiet ausgewiesen und erhält wesentliche Förderungen zur Strukturentwicklung
- 1996: Beschluss zur Errichtung des Biomasse-Heizkraftwerks als Forschungs-Pilotanlage (Wirbelschicht-Vergaser) gemeinsam mit der TU-Wien.
- 1996-1999: Mittelakquisition für das Vergaser-Pilotprojekt (Investitionskosten von 13 Mio. Euro) bei EU / Bund / Land und Privatwirtschaft
- 2000 – 2004: Bau und Inbetriebnahme der Pilotanlage
- 2005: Inbetriebnahme der Biogasanlage Strem
- 2007: Initiierung und Umsetzung einer PV-Freiflächenanlage sowie Teilnahme an EU-Forschungsprojekten zum Thema „Produktion von synthetischen Erdgas aus Holzgas“

Grad der Verzahnung

Es gab keine konkreten Verzahnungsmechanismen. Jedoch stand die Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen zunächst an erster Stelle. Somit wurden die Sanierungsmaßnahmen im öffentlichen Gebäudebereich als erstes umgesetzt. Zusätzlich gab es eine Initiative zur Energieberatung. Jeder potentielle Fernwärmekunde wurde im Rahmen einer kostenlosen Energieberatung auf Energiesparpotenziale im Gebäude aufmerksam gemacht.

Systemeffekte

Im Vorhinein gab es keine Untersuchungen zu den Systemeffekten. Retrospektiv versucht das Europäische Zentrum für Erneuerbare Energien (EEE) Analysen durchzuführen, wie sich die einzelnen Projekte auf die Wertschöpfung bzw. auf die Strukturentwicklung in der Region sowie auf andere Systeme (beispielsweise die Land- und Forstwirtschaft) ausgewirkt haben.

Für das im Nachhinein definierte Ziel der Energieautarkie gab es drei nicht vorhersehbare Entwicklungen, die die Umsetzung des Gesamtprojekts nachhaltig beeinflusst haben:

- Der EU-Beitritt Österreichs 1995; da das östlichste Bundesland Burgenland und somit auch die Region Güssing als Randbezirk mit nur 7 km Entfernung zur Ungarischen Grenze eine der ärmsten Regionen in Österreich war, wurde diese Region als Ziel-I-Gebiet im Hinblick auf die Strukturförderansprüche eingestuft.
- In den ersten Planungen wurde ein konventionelles Biomasse-Kraftwerk zur Stromerzeugung vorgesehen. Kurzfristig hat man sich für das Vergaser-Projekt entschieden und hat dadurch einen zusätzlichen positiven Effekt durch die Forschungsarbeiten in Güssing und durch die Kooperation mit der TU Wien erreicht.
- Durch die Verabschiedung des Ökostromgesetzes 2003 gab es zusätzlich positive Auswirkungen hinsichtlich der Projektentwicklungen im EE-Strombereich (Bau der Biogasanlage). Zusätzlich wurde ein besseres wirtschaftliches Ergebnis für die Pilotanlage erreicht, da der erzeugte Strom zu festgelegten Vergütungssätzen eingespeist werden kann. Allerdings wurde das Ökostromgesetz bei der Novellierung massiv eingeschränkt wodurch die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb von EE-Anlagen verschlechtert wurde..

Einer der wichtigsten Effekte durch das Gesamtprojekt ist die Schaffung von rd. 1000 neuen Arbeitsplätzen durch den Strukturwandel in der Region. Der Bezirk Güssing erfuhr einen nachhaltigen Entwicklungsschub und wurde zum Forschungszentrum für die Themen Energieautarkie und Holz-Wirbelschichtvergasung. Wöchentlich besuchen rund 300 Touristen die Stadt Güssing, um die verschiedenen Energieerzeugungsanlagen zu besichtigen, Erfahrungen auszutauschen und Know-How dazu zu gewinnen.

Durch die langfristigen Lieferverträge mit den Waldverbänden kann von der Fernwärme Güssing GmbH aktuell ein um 25% günstigerer Wärmepreis als bei einer konventionellen Ölversorgung angeboten werden. Durch diese günstigen Energieangebote wurden auch Unternehmen in die Region gezogen. Heute haben sich die zwei größten Parkett-Hersteller Österreichs in Güssing angesiedelt, die günstige Wärme zur Holztrocknung und für deren industriellen Prozess abnehmen und den Holzabfall an das Biomasse-Heizkraftwerk liefern.

Anfangsschwierigkeiten gab es vor allem in der Umsetzung der Effizienzmaßnahmen sowie in der Installation der Fernwärme-Übergabestationen. Durch fehlendes Know-How bei den Installationsunternehmen konnten Umrüstungen zum Teil nicht optimal vorbereitet werden. Um dieses Problem zu beheben, wurde ein Schulungszentrum eingerichtet, wo Handwerker verschiedenster Richtungen regelmäßig zu den aktuellen Entwicklungen im Themenfeld Energie geschult werden.

Probleme gab es anfangs auch mit den Anlagen, da noch keine elektronischen Überwachungs- und Fernauslese-Systeme integriert waren. Dieses technische Problem konnte durch die Entwicklung von Regel- und Steuerungssystemen gelöst werden. Die Standortanalyse für das Fernwärme-Heizwerk hat ergeben, dass die Freifläche neben einer Schule der

logistisch beste Platz für die Errichtung des Heizwerkes ist. Jedoch kam es durch die Holzschredderung zu einer erhöhten Lärm- und Staubbelastung für dieses Gebiet, wodurch der Platz zur Verarbeitung des Holzes umgesiedelt werden musste.

Übertragbarkeit

Um die Potenziale für die Energieerzeugung in einer Region erfassen zu können, muss für jeden betrachteten Bilanzkreis der Kommune oder der Region ein eigenes Versorgungskonzept und ein Energiemix festgelegt sowie eine Standortanalyse durchgeführt werden. Nur so können die regionalen Bedingungen in die Zieldefinition bzw. in die Maßnahmenkonzeption mit einfließen.

Die Idee des Bundeslandes Burgenland, bis 2013 eine energieautark Versorgungsstruktur aufzubauen, basiert auf den positiven Erfolgen in Güssing. Da das Burgenland-Projekt noch am Anfang der Projektentwicklung steht, wurden die Güssinger noch nicht aktiv in Diskussionsprozesse einbezogen. Anhand der Erfahrungen in Güssing bezüglich der Hemmnisse und potenziellen Blockaden wird der Zeitplan (Burgenland Energieautark bis 2013) als nicht realistisch eingeschätzt. Das EEE entwickelt aktuell ein Konzept für den Bezirk Güssing sowie für weitere Bezirke.

Akteursperspektive

Wesentliche Akteure waren:

Tabelle 4.2: Akteursübersicht zu Güssing (Quelle: eigene Zusammenstellung)

Akteure	Verantwortung
Konzeptentwickler, Herr Koch	Entwicklung eines umsetzbaren Konzepts; Überzeugung der politischen Funktionsinhaber bis hin zum Gemeinderatsbeschluss; Leitung und Regelung der bestehenden und zukünftig vorgesehenen Projekte als Geschäftsführer des EEE;
Kommunal-Politik, Bürgermeister Vadasz	Mittragen des Konzepts und politische Umsetzung; Kommunikation zu Unternehmen / Bürgern Übernahme von Kredit-Haftungen für Projekte der ersten Umsetzungsphase; Förderung von FW-Anschlüssen bei den Endverbrauchern sowie Initiierung der Einspar-Beratungen
Forschung und Entwicklung, Prof. Hofbauer TU Wien	Entwicklung des Forschungs- und Demonstrationsvorhabens Holzvergaser in Güssing;
Landwirtschaft / Forstwirtschaft (Waldverband)	Rohstoff-Förderung Holz bzw. Biomasse aus Viehhaltung
Investoren bzw. Finanzierungsinstitute	Direkter, nicht rückzahlbarer, Investitionszuschuss: 1/3 EU Bund Land, 1/3 aus Anschlussgebühren, 1/3 Kreditbewilligung durch Haftungsübernahme der Gemeinde
Verbraucher	Anschluss an das FW-Netz

EVUs	Kurzfristige Einbindung der EVUs in die Konzeptentwicklung; Begas war Gesellschafter der Forschungsanlage
Handwerker und Energieberater	Umsetzung der Effizienzmaßnahmen in den öffentlichen Gebäuden sowie Installation von FW-Übergabestationen (Know-How-Aufbau durch Schulungen)
Parkettindustrie	Ansiedelung von Betrieben in Güssing; Schaffung von Arbeitsplätzen, Abnahme von Wärme und Lieferung von Brennstoff;

Da in Güssing kein Erdgasnetz installiert ist und somit das Hauptkonkurrenzfeld Erdgas / Fernwärme nicht gegeben war, war der Widerstand von Seiten der Energieversorger gering. Im Strombereich konnten durch die Einführung des Ökostromgesetzes anfängliche Schwierigkeiten umgangen werden.

Akzeptanz, Rezeption und Kommunikation

Am Anfang wurde das Konzept von einigen politischen Vertretern als auch von der Bevölkerung kritisch gesehen. Um die Bevölkerung von der Idee zu überzeugen, wurden Informationsveranstaltungen durchgeführt. Mit den ersten erreichten Erfolgen (stabiler Fernwärmepreis und Versorgungssicherheit) nahm die Akzeptanz in der Bevölkerung und bei den Unternehmen zu. Ein positiver Entwicklungsschub wurde erreicht, als sich das Krankenhaus an das FW-Netz angeschlossen hat.

Letztendlich wurde die Politik sowie auch die Bevölkerung von Güssing dadurch stark beeindruckt, dass ein regionaler Strukturwandel eingeleitet werden konnte, sich gewerbliche und industrielle Unternehmen angesiedelt haben und Arbeitsplätze geschaffen wurden.

Evaluation

Es gibt kein regelmäßiges Monitoring bzw. keine regelmäßige Evaluation des Erfolges nach bestimmten Kriterien. Die in Abbildung 4.4 dargestellten „Ergebnisse“ für die Entwicklung der CO_2-Emissionen wurden nur nach Bedarf rein rechnerisch ermittelt.

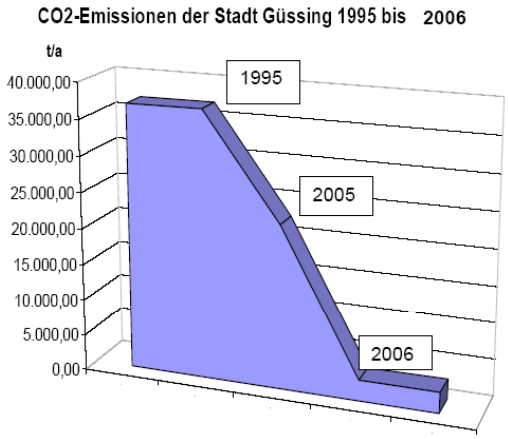


Abbildung 4.4: Rechnerische Gesamt-CO_2-Bilanz der Stadt Güssing für die Sektoren Verkehr, Wärme und Strom (Quelle: EEE Güssing[30])

[30] http://www.eee-info.net/Download/EmissionenGS.pdf

Es gibt keine Zahlen zum Energieverbrauch bzw. zu den CO_2-Emissionen vor und nach den Sanierungen in den öffentlichen Gebäuden. In den Sektoren Treibstoff und Strom werden negative Emissionswerte berechnet, da es in diesen Bereichen zu einer Überschussproduktion kommt. Dies ist allerdings methodisch fragwürdig. Aufgrund der erzielten Erfolge in Güssing wurde die Stadtgemeinde zum Vorreiter im Bereich Energieautarkie.

Zusammenfassung

In Güssing wurde durch eine Vielzahl von **Einzelprojekten** schrittweise die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern erreicht. Diese Energieautarkie war nicht von Anfang an als Ziel definiert, sondern hat sich erst nach den ersten Erfolgen im Wärmesektor und in Teilbereichen im Stromsektor nach und nach eingestellt. Grundsätzlich ist hier auch zu erwähnen, dass die Gesamtheit der Projekte nur durch **erhebliche finanzielle Zuschüsse** durch die Europäische Union sowie des Bundes umgesetzt werden konnte, wodurch die Übertragung auf andere Städte oder Kommunen auch auf finanzieller Basis überprüft werden muss.

Im Wesentlichen ist der Erfolg auch der **Einstimmigkeit** zwischen den Ideengebern und dem politischen Umfeld zu verdanken. Ein großes Hemmnis, die Verdrängung von Erdgas aus einem Ortsgebiet, war in Güssing nicht vorhanden, da es keine Erdgasinfrastruktur gab. Zusätzlich haben Teilerfolge, wie beispielsweise der Abschluss von langfristigen Lieferverträgen mit dem Waldverbund unter persönlichem Einsatz des Bürgermeisters, dazu beigetragen, dass die Fernwärmepreise stabil gehalten werden können. Dadurch gab es einen nachhaltigen Imageschub für die Fernwärme.

Zuletzt ist noch die allgemeine Vorreiterrolle dieses Projektes zu erwähnen. Güssing hatte durch den Bau des Biomasse-Heizwerkes für die FW-Versorgung das erste Kraftwerk dieser Art in Österreich errichtet. Auch mit der Errichtung der Wirbelschicht-Vergaseranlage wurden Forschungsbereiche in die Region verlagert und der Energie-Tourismus forciert. Die Einnahme der technologischen Vorreiterrolle setzt sich auch heute noch fort, indem Brennstoffzellen-Versuchsstände oder solare Klimatisierungsanlagen aufgebaut und weiterentwickelt werden. Dadurch wurde Güssing zu einem Forschungszentrum für erneuerbare Energien.

Bewertung Güssing

⊕ Die frühe Einbindung der lokalen politischen Entscheidungsträger hatte in diesem Fall einen sehr positiven Einfluss auf die Realisierung. Durch die lange Amtszeit des Bürgermeisters (seit 1992) konnte eine konstante Unterstützung und treibende Kraft für das Konzept erhalten werden.

⊕ Der Aufbau eines internationalen Forschungsstandortes hat ebenfalls positive Einflüsse auf die Realisierung des Konzepts. Die Einbeziehung von Universitäten und Forschungsprojekten sowie durch die Installation des europäischen Zentrums für erneuerbare Energien hat die Umsetzung im Wesentlichen positiv beeinflusst.

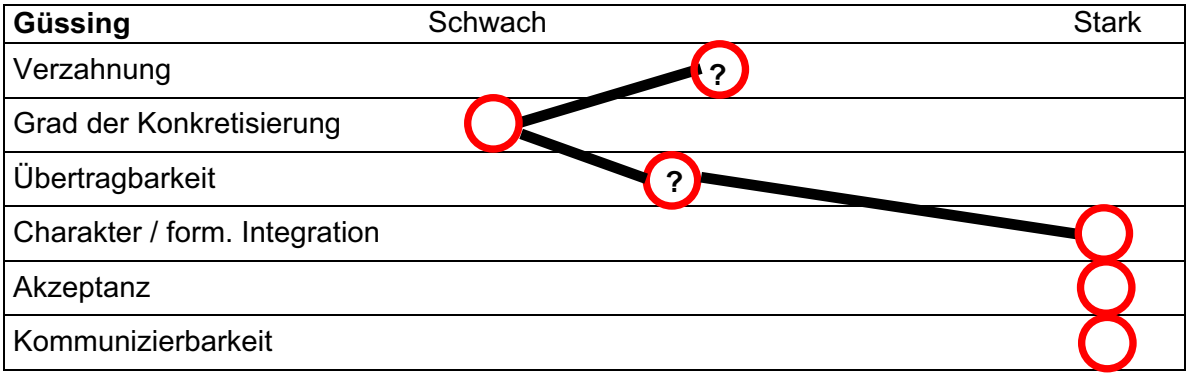
⊕ Die anfängliche Skepsis der Bürger hat sich in eine sehr gute Akzeptanz entwickelt. Durch die positiven Entwicklungen in der Region und durch den erreichten Strukturwandel wird das Projekt sehr gut bei der Bevölkerung aber auch bei mittelständischen Unternehmen angenommen.

⊕ In Güssing ist sowohl die interne als auch externe Kommunizierbarkeit des 100%-Zieles sehr gut gegeben. Güssing hat als erste energieautarke Gemeinde weltweit hohen Bekanntheitsgrad errungen.

⊖ Die Verzahnung ist bei den Projekten in den meisten Fällen nicht konkret geplant gewesen, sondern hat sich eher zufällig ergeben.

⊖ Da sich das Energieautarkie-Projekt in Güssing stufenweise entwickelt hat und da es keinen konkreten Maßnahmenplan für die Zielerreichung gab, sind sowohl bei der Verzahnung als auch bei der Konkretisierung Effizienzpotenziale unausgeschöpft geblieben.

⊖ Die Übertragbarkeit ist schwierig, da in Güssing einige Rahmenbedingungen vorherrschten, die die Projektumsetzung wesentlich unterstützt haben. Zum einen gab es vor Ort keine einflussreichen Energieversorger. Außerdem konnten für die Projekte hohe Fördergelder akquiriert werden.



4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.3.1 Nationale Zielkonzepte

Bei den betrachteten nationalen Initiativen handelt es sich überwiegend um Zielkonzepte, die noch weit am Anfang stehen. Idealerweise wurden diese bereits auf politischer Ebene diskutiert bzw. von den nationalen Parlamenten akzeptiert. Zum Beispiel wurde die 2000-Watt-Gesellschaft vom Schweizer Bundesrat bereits als nationale Langfristperspektive in die Nachhaltigkeitsstrategie aufgenommen. Es sind jedoch **noch keine Maßnahmen umgesetzt** worden. Auch in der 2000-Watt-Pilotregion Basel wurden bisher nur Einzelprojekte mit Zielrichtung 2000 Watt umgesetzt. Eine richtige Integration des Konzepts mit einer darauf abgestimmten Regionalpolitik ist hier noch nicht gegeben.

Die **Verzahnung von EE und EF** erfolgt bei der 2000-Watt-Gesellschaft auf Zieldefinitionsebene beispielhaft durch die Einführung der Unterziele (max. 500 Watt fossile Energieträger und max. 1 Tonne CO_2-Emissionen pro Person und Jahr) sowie implizit durch die Fokussierung auf Primärenergie. Auf der Maßnahmenebene gibt es zum aktuellen Umsetzungsstand der 2000 Watt Gesellschaft nur wenige Verzahnungsbeispiele. Genannt werden diese vor allem im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu den Themen effizienter Biokraftstoffeinsatz, Biogaseinsatz in effizienten Brennstoffzellensystemen oder Forcierung der biogenen KWK. Bei der Climate Change Bill in Großbritannien spielt die Verzahnung von EE und EF sowohl auf Zielsetzungsebene als auch auf Maßnahmenebene dagegen noch keine Rolle.

Das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft ist ein Beispiel dafür, wie ein nationales Ziel auf regionale und kommunale Instrumente übertragen werden kann. Dadurch werden der lokale Handlungseffekt, die lokalen Maßnahmenplanung sowie die Umsetzungsüberwachung ge-

fördert bzw. gefordert. Indem die 2000-Watt-Gesellschaft bereits mit Pilotvorhaben in Basel, Zürich und weiteren Kantonen und Städten anfängt, kann die Implementierung des Konzepts besser vorbereitet sowie die Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen des nationalen Zielkonzepts getestet werden. Die Identifikation in den Pilotregionen mit dem nationalen Zielkonzept spricht dafür, dass die **Kombination eines Top-Down-Konzepts mit einer Bottom-Up-Umsetzungsmöglichkeit erfolgreicher ist als ein reiner Top-Down- oder Bottom-Up-Ansatz von jeweils allein für sich stehenden Zielkonzepten**. Im Top-Down-Ansatz sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zu schaffen, damit verschiedene Akteure auf den Umsetzungsebenen agieren können.

Die Definition eines **nationalen Zieles im Sinne eines überzeugenden Leitbilds**, das für alle Strukturen, Regionen und weitere Einheiten angewendet werden kann und mit dem sich alle Akteure auf allen Ebenen gleichermaßen identifizieren können, erscheint als wesentliches Element eines erfolgreichen Zielkonzepts mit hohem Wiedererkennungswert. Ein solches nationales Zielkonzept sollte mit den beschlossenen EU-Zielen – oder vergleichbaren übergeordneten Zielen – mindestens übereinstimmen, besser noch über sie hinausgehen.

Ob die 2000 Watt Gesellschaft allerdings ein allgemein verständliches, leicht überzeugendes, gut vermittelbares Konzept darstellt, wird angezweifelt. Das „Wording“ an sich ist nicht ohne weitere Erläuterung verständlich. Eine „Übersetzung“ zur verständlichen und anschaulichen Darstellung des Zieles könnte für die Identifizierung mit den 2000 Watt sinnvoll sein. Weitere Akzeptanzuntersuchungen hierzu sind ggf. notwendig.

Ein weiteres Erfolgselement für derartige komplexe Zielhierarchien mit umfassendem Anspruch ist ein **„neutraler Hüter“**. Dies erhöht die partei- und akteurs-übergreifende Durchsetzbarkeit und Lebensdauer eines Projektes. Im Fall der 2000 Watt-Gesellschaft ist dies novatlantis, die schon durch ihren ETH-Bezug wissenschaftlichen Charakter hat und Anerkennung bei den verschiedenen Akteursgruppen hat. In der Tat hat sich daher ein parteiübergreifendes Bündnis in einem sog. Konsenspapier für die Realisierung der 2000 Watt-Gesellschaft ausgesprochen. Bei der Climate Change Bill wird die Britische Regierung durch eine unabhängige Kommission (Committee on Climate Change – CoCC) beraten.

Ein besonders wichtiger Punkt bei der Implementierung von nationalen Zielkonzepten ist die Evaluationsmöglichkeit sowie die laufende Umsetzungskontrolle. Dieser Aspekt wird bei nationalen Konzepten umso wichtiger, als das die Ziele meist sehr langfristig festgelegt werden (z.B. 2000 Watt bis 2150). Eine Möglichkeit dieser laufenden Kontrolle zeigt die Climate Change Bill auf. Eine Kontrolle der Emissionsreduzierung erfolgt im 5 Jahres Rhythmus. Dadurch wird ein gewisses Maß an Verbindlichkeit erzeugt, wobei Maßnahmen bei nicht Einhaltung noch nicht definiert wurden. Anders als in der Schweiz wird in Großbritannien versucht, diese **Verbindlichkeit auch durch eine gesetzliche Fixierung** des Zieles (quantitativ und zeitlich) herzustellen. Somit wird eine **verlässliche Grundlage** für alle Akteure im Staat (Wirtschaft, Gesellschaft, Unternehmen, etc.) geschaffen, die über den Zeitrahmen einer Legislaturperiode hinausragt.

Aus den Schlussfolgerungen lassen sich zusammenfassend folgende Empfehlungen für Implementierung eines nationalen Zielkonzeptes formulieren:

- Der Titel des Zielkonzepts muss gut **kommunizierbar** sein.
- Die politischen **Oberziele** (Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit) sowie die Kernstrategien der Umsetzung (EE und EF) sollten über das Leitmotiv transportiert / interpretiert werden können.

- Im Rahmen des Zielkonzepts sollte klar dargestellt werden, dass es sich um eine **Kombination von Top-Down-Konzept mit einer Bottom-up-Ableitungsmöglichkeit und -Umsetzbarkeit** der Zielgrößen handelt.
- Durch die Installation eines neutralen Hüters unter Einbeziehung von unabhängigen Instituten soll das Vertrauen in das nationale Zielkonzept gestärkt werden.
- Der Leuchtturmcharakter sowie die interne und externe Signalfunktion entstehen durch die Fixierung von sehr innovativen, hoch angesetzten, realistischen und verbindlichen Zielen. Diese Ziele beinhalten im Allgemeinen indirekt auch **Nachhaltigkeits- sowie Suffizienzaspekte**. Ambitionierte Ziele, wie z.B. Faktor 4 oder 2000 Watt, können im angegebenen Zeitraum nur durch die Einbeziehung dieser beiden Aspekte erreicht werden. Ähnlich ambitioniert sollte auch die Zielvision für Deutschland diese Aspekte direkt oder wenigstens indirekt beinhalten.
- Damit ein Zielkonzept zu einem solchen Leitmotiv wird, benötigt es einen **klaren, gut kommunizierbaren, begreifbaren und eingängigen Titel**. Dieser Name oder Begriff kann durch die Definition von weiteren Unterzielen, die nicht in der Hauptbenennung genannt werden, erweitert werden.
- Die **Verbindlichkeit der Zielkonzepte** sollte hergestellt werden, sei es durch eine **gesetzliche Fixierung der Reduktionsziele** (wie in der britischen Climate Change Bill, wo die Kontrolle durch 5 Jahres Budgets kurzfristig erfolgen wird und durch die Fixierung eines Zwischenzieles frühzeitig reagiert werden kann), durch die **Installation eines neutralen Hüters** und somit einer unabhängigen **Kontrollinstanz,** und durch eine transparente **Umsetzungskontrolle und Berichterstattung**.
- Durch eine **Verzahnung zwischen europäischen, nationalen und lokalen Aktivitäten** wird die Identifikation der einzelnen Initiativen mit dem Leitbild des Bundes und der Zielsetzung der EU erhöht und die Transparenz über die Aktionen und die Kommunikation wesentlich erleichtert.

In die Diskussion um den **Zielkonzept-Titel** wurden vom Projektteam selber verschiedene Vorschläge eingebracht, die im folgenden kurz kritisch beleuchtet werden sollen:

Deutschland energieautark

Dieser Titel hat den entscheidenden Vorteil, dass er gut kommunizierbar, leicht verständlich ist und einen eingängigen Namen hat. Die Energieautarkie ist im regionalen und kommunalen Bereich bereits sehr weit verbreitet. Kommunikationsprobleme gibt es damit in den meisten Zielkonzepten nicht. Schwieriger wird der Begriff, wenn er technisch oder volkswirtschaftlich diskutiert wird: Die Energieautarkie gibt als alleinstehender Titel keine Informationen zu Klimaschutzzielen – Steinkohlekraftwerke könnten mit nationalen Kohlevorkommen betrieben werden, Solarstromimporte aus sonnenreicheren Ländern dagegen verhindert werden. Auf europäischer Ebene stellt sich zudem die Grundsatzfrage, ob eine Unabhängigkeit und selbstständige Versorgung volkswirtschaftlich überhaupt gewünscht wird. Die Vorteile der wechselseitigen transnationalen Abhängigkeit im Rahmen von „Energiepartnerschaften“ können verloren gehen.

Zudem hat „Deutschland energieautark“ den Nachteil, dass es sich um ein abstraktes, übergeordnetes Ziel handelt, welches sich auf Deutschland und nicht auf einzelne Personen bezieht. Dieser Aspekt ist beispielsweise bei der 2000-Watt-Gesellschaft sehr gut gegeben. Der

Bezug der Zielsetzung „pro Person“ macht die Bevölkerung zu Akteuren und nicht zu passiven Empfängern.

50/50/50

Diese Zieldefinition lehnt sich an den Titel der 50/50-Schulprojekte an. Bis 2050 soll der Energieverbrauch um 50% reduziert und der Anteil erneuerbarer Energien an der Energieerzeugung von 50% erreicht werden. Der Vorteil dieses Titels liegt in der übergeordneten Verzahnung von EE und EF. Allerdings sprechen die Zahlen nicht für sich selbst und eine „Übersetzung“ für die Verständlichkeit oder für die anschauliche Darstellung ist somit notwendig, was wiederum zu Kommunikationsschwierigkeiten führen kann. Auch hier bleibt die Zieldefinition im abstrakten, nicht personenbezogenen Bereich.

4 Liter Gesellschaft

Der heute durchschnittliche Energieverbrauch von rd. 13 Liter Rohöl-Äquivalenten pro Tag und Person liefert ein anschauliches Bild für den aktuellen Pro-Kopf Primärenergieverbrauch. Die Reduzierung dieses Energieverbrauchs auf durchschnittlich 4 Liter könnte als Zieldefinition dienen. Ähnlich wie bei der 2000 Watt Gesellschaft wird die Definition von Unterzielen notwendig. So sollte festgelegt werden, dass mind. die Hälfte des Energieinhalts der 4 Liter aus erneuerbaren Energieträgern stammen muss. In der Berechnung zum Leitszenario wird eine Reduzierung des Primärenergieverbrauchs um 50% gegenüber dem aktuellen Wert prognostiziert, somit würde das Zwischenziel im Jahr 2050 mit rd. 7 Liter Rohöläquivalent fixiert werden. Bis dahin sind die Ausbauziele der EE mit 50% definiert.

Dieses Zielkonzept hätte ähnlich wie bei der 2000 Watt Gesellschaft den Vorteil, dass der direkte Bezug zu Personen hergestellt werden kann. Im Unterschied zur 2000 Watt Gesellschaft könnte diese Zielsetzung besser kommunizierbar und verständlicher sein. Ein wesentlicher Nachteil liegt in der Begriffs-Korrelation mit einzelnen Technologien, wie z.B. das 4 Liter Haus oder dem 4 Liter Auto. Zusätzlich muss bei dieser Zieldefinition sowie auch bei der 2000 Watt Gesellschaft darauf verwiesen werden, dass es sich um Primärenergie handelt.

Nachhaltig Bedarfsgerecht!

Diese Zielkonzeptdefinition entspringt der Idee, das nationale Zielkonzept in Anlehnung an eine Balanced-Scorecard[31] (BSC) aufzubauen. Unter dem definierten Oberziel „Nachhaltig Bedarfsgerecht!“ werden verschiedene Unterziele und Prioritäten über Klimaschutz-, Energie- und Suffizienzziele hinaus in allen vier Nachhaltigkeitsdimensionen festgelegt (ökologisch – ökonomisch – sozial – institutionell-kulturell). Dabei setzt das Konzept nicht bei der Energiebereitstellung, sondern bei den zu befriedigenden elementaren Bedürfnissen und Bedarfen der Individuen an, die bestimmte Energiedienstleistungen i. e. S. wie warme und helle Räume, sichere beleuchtete Verkehrswege, gekühlte Lebensmittel, Kraftanwendungen, etc. benötigen. Letztlich geht es bei dieser Zielkonzeption zentral um die Frage, wie diese Dienstleistungen nachhaltig erbracht werden können. Diese Zieldefinition hat einen Bezug zur einzelnen Person und schafft somit eine persönliche Verbindung. Es gilt zu prüfen, ob ein Leitsatz mit einer komplexen Unterzieldefinition kommunizierbar ist bzw. nach welchen Kriterien diese Kommunikation durchgeführt werden kann.

[31] Dabei handelt es sich um ein Konzept zur Dokumentation der Ergebnisse aus Aktivitäten einer Institution im Hinblick auf eine Strategie oder Vision .

2 Tonnen CO2 pro Kopf

CO_2 ist als Indikator für Klimaschutzmaßnahmen bereits sehr weit verbreitet und gut kommuniziert. Auch bei dieser Zieldefinition ist der positive Bezug auf die einzelne Person gegeben. Anders als bei der 4 Liter Gesellschaft wird diesem Ziel in den internen Diskussionen unterstellt, dass die einzelnen Personen auch die Bereiche Mobilität, Wohnen, Konsum, Reisen, etc. in die Zielsetzung einbeziehen, während bei der 4 Liter Gesellschaft der Bezug allein auf die Mobilität nahe liegt.

2000 Watt Gesellschaft

Als weitere Möglichkeit besteht die Übernahme des Zielkonzepts 2000 Watt Gesellschaft. Da es sich bei dem Zielkonzept um ein globales Konzept handelt, ist eine Übertragung relativ gut möglich. Ein wesentlicher Vorteil in der Übernahme dieses Zielkonzeptes liegt darin, dass bereits wesentliche Grundlagen geschaffen wurden und somit auf vorhandenen Erfahrungen aufgebaut werden kann. Zudem wäre z.B. für Deutschland ein Austausch mit der Schweiz hinsichtlich der Umsetzung (z.B. zu föderalen Umsetzungsmechanismen etc.) möglich.

Zusammenfassend werden die Vor- und Nachteile der Titel für das nationale Zielkonzept in Tabelle 4.3 gegenübergestellt.

Tabelle 4.3: Gegenüberstellung Vor- und Nachteile der Zielkonzept-Titel (Quelle: eigene Darstellung)

Titel	Vorteile	Nachteile
Deutschland energieautark	Leicht verständlich Eingängiger Begriff	Klimaschutz wird nicht transportiert (Energieautarkie auch mit Steinkohle möglich) Energieautarkie nicht unbedingt erwünscht („Energiepartnerschaften“) Bezug auf einzelne Person nicht möglich
50/50/50	Eingängiger Begriff Verzahnende Zieldefinition Bezug auf Primärenergie	Titel muss in Worten erklärt werden Bezug auf einzelne Person nicht möglich
4 Liter Gesellschaft	Eingängiger Begriff Bezug auf Primärenergie Bezug auf einzelne Person möglich	Begriffskorrelation mit Technologien (4 Liter Auto, 4 Liter Haus)
Nachhaltig Bedarfsgerecht!	Umfassendes Leitmotiv Bezug auf einzelne Person möglich	Kein beziffertes Ziel Begriffe nicht selbsterklärend BSC ggf. zu komplex für Zielkommunikation
2 Tonnen CO_2 pro Kopf / 2 Tonnen Gesellschaft	Bezug auf CO_2 trifft bereits festgelegte Ziele CO_2 als Indikator bereits anerkannt und für Bevölkerung verständlich Bezug auf einzelne Person	sperrige Begrifflichkeit kein definierter Bezug zu Energiegrößen
Übernahme der 2000 Watt Gesellschaft	Aufbauen auf bereits gemachte Erfahrungen Erfahrungsaustausch möglich Eingängiger Begriff	Begriff nicht selbsterklärend Starker Bezug zur Elektrizität

4.3.2 Lokale Zielkonzepte

Die meisten recherchierten regionalen und lokalen Zielkonzepte beziehen sich auf ländliche Gebiete. **Für mittlere oder größere Städte oder auch einzelne Regionen** sind in den vergangenen Jahren bereits eine Vielzahl von Klimaschutzkonzepten erstellt worden, für die z.T. aktuell Folgekonzepte in Angriff genommen werden. Werden diese Konzepte und Handlungsanweisungen in die Politik aufgenommen und Ziele definiert, handelt es sich um Zielkonzepte. Beispielsweise wurden für die Klimaschutzregion Hannover verschiedene Ziele und einzelne Maßnahmen definiert. Sicher ist also, dass bei **kommunalen und regionalen Zielkonzepten ein ausgefeilter Maßnahmenplan mit klaren Akteursperspektiven und Zielverankerungen benötigt wird**. Die vorhandene zentrale Versorgungsstruktur in städtischen Gebieten könnte ein Vorteil für eine gut planbare Umsetzung sowie für ein effektives Monitoring sein. Durch die hohe Energiebedarfs-Dichte kann man jedoch auch davon ausgehen, dass Zielkonzepte für Städte mehr Projekte im EF-Bereich einbeziehen müssen um den Deckungsgrad durch erneuerbare Energien oder effizient hergestellter Energie (KWK) erhöhen zu können.

Bei den meisten regionalen/kommunalen Zielkonzepten richtet sich der Fokus auf die erneuerbaren Energien; die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen werden häufig nicht in die Zielsetzung integriert, sondern treten bestenfalls als Nebeneffekt auf. Eine Ausnahme ist der Landkreis Hegau-Bodensee, der plant, bis 2030 50 % Energie einzusparen, vornehmlich durch Gebäudesanierung. Bei anderen Zielkonzepten wird das Thema Effizienz häufig nicht in die Zieldefinition mit aufgenommen.

Selbst fortgeschrittene Zielkonzepte (wie z.B. Mauenheim oder Güssing, die ihren Energiebedarf bereits zu 100% aus EE decken) weisen sowohl auf der institutionellen und konzeptionellen Ebene als auch auf der Maßnahmenebene oft wenig verzahnende Elemente auf. Es lassen sich nur wenige Beispiele für eine Kopplung finden, beispielsweise:

- Beim Holzenergiecontracting der Firma solarcomplex wird beim *Kesseltausch* auch die Heizenergie-*Verteilung saniert.* Die Reduzierung der Verteilverluste durch den hydraulischen Abgleich, die Installation einer neuen differenzdruckgeregelten Pumpe sowie durch die Isolierung der Verteilleitungen liegt im wesentlichen Interesse von solarcomplex, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu verbessern.
- Ein weiterer wichtiger Einflussbereich von Kommunen liegt in der Festlegung der Rahmenbedingung für die *solare Bauleitplanung*. Kaufverträge von Gründstücken im kommunalen Einflussbereich können mit baulichen Mindest-Standards sowie Anforderungen zur anteiligen Nutzung von EE versehen werden.
- Vorschriften können auch bei der Einführung eines *lokalen Sanierungsstandards* gemacht werden. Durch diesen Standard kann die Sanierungsqualität gefördert und überprüft werden. Ähnlich wie bei der solaren Bauleitplanung können auch bei der Sanierung Anforderungen an bauliche Effizienzstandards und zur Nutzung von EE-Anlagen gestellt werden.
- Im Landkreis Ebersberg gibt es z. B. einen *Wettbewerb „Nachhaltiges Bauen*“. In diesem Wettbewerb werden Projekte ausgezeichnet, die in den Bereichen Wärmedämmung, Baumaterialien, Energie- und Wasserversorgung besonders innovative Konzepte einreichen.

- Als weiteres Beispiel wird das Beratungsprojekt in Güssing angeführt: Jeder neue Fernwärmekunde (Biomasse-KWK) bekommt eine *kostenlose Energieberatung* sowie einen Zuschuss zu den Anschlusskosten.

Der **Umsetzungsgrad** unterscheidet sich stark von Konzept zu Konzept. Güssing hat rechnerisch die „Energieautarkie" bereits erreicht, auch Mauenheim und Jühnde beziehen bereits 100 Prozent des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien. In anderen Kommunen oder Regionen wiederum gibt es noch keine Bestandsaufnahme und Bewertung des Umsetzungsgrades.

Im Laufe der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die meisten regionalen und kommunalen Zielkonzepte **keine strategische Maßnahmenplanung und kein Zeitplan mit Meilensteinen** erstellt haben. Vielmehr sind es die positiven Erfahrungen aus Einzelprojekten – meist im Bereich der erneuerbaren Energien – aus denen weitere Projekte hervorgehen. Die **Wege zur Umsetzung von lokalen Zielkonzepten sind sehr unterschiedlich**. Sie entstehen vor allem durch die Verschiedenheit in der institutionellen Integration des Zielkonzepts und der Protagonisten, die mit der Umsetzung betraut sind.

Bei kommunalen Projekten ist es oft ein „**engagierter Protagonist**", der durch seine persönlichen Verbindungen und Zielsetzungen die Projekte voranbringt (zur Bedeutung von solchen PromotorInnen als auch MultiplikatorInnen und weiteren Erfolgsfaktoren von Klimaschutzprozessen auf kommunaler Ebene vgl. auch Irrek/Kristof 2000 in Böde/Gruber 2000). Hier hängt es von der Wirkungsdauer dieser Protagonisten ab (etwa Amtszeit eines Bürgermeister), ob ein Zielkonzept genügend Eigendynamik zur erfolgreichen Durchsetzung entfaltet. Ein einzelner, kompetenter, unabhängiger Akteur kann viel bewirken, was am Beispiel der Geschäftsführer von solarcomplex in der Region Hegau / Bodensee zu sehen ist. Zieht sich aber ein zentraler Geldgeber zurück, wie im Beispiel Pellworm die Schleswag (heute E.ON Hanse), so versandet das Projekt offensichtlich.

Gelingt es im Entwicklungsprozess aber, das Zielkonzept **institutionell zu verankern (zu professionalisieren)**, so bleibt die Chance auf eine nachhaltige Fortführung der Aktivitäten gewahrt. So geschehen bei den Regionalmanagern für die Region Wendland / Elbetal sowie für den Landkreis Ebersberg. Im ersten Fall hat sich der Projekthorizont vom Landkreis Lüchow-Dannenberg auf die genannte Region erweitert; angesiedelt ist das Regionalmanagement bei der Niedersächsischen Landgesellschaft, welche v.a. vom Land Niedersachsen, den Kreisen und den Kommunen getragen wird. In Ebersberg ist das Regionalmanagement bei der Amtsleitung des Landratsamtes angesiedelt und wird darüber hinaus von einem BAUM Consult Mitarbeiter geleitet. In Fürstenfeldbruck scheint die Stärke in der Breite von staatlichen und nicht-staatlichen Netzwerk-Mitgliedern zu liegen, die sich im Verein Ziel21 zusammengeschlossen haben.

Der **Handlungsraum öffentlicher Akteure wird jedoch oft durch knappe Budgets begrenzt**. Auswege bietet die Beteiligung privaten Kapitals, z.B. hat der Verein Ziel21 im Landkreis Fürstenfeldbruck zusätzlich zu den öffentlich geförderten Projekte auch Bürgerbeteiligungsprojekte initiiert. Solarcomplex hat diesbezüglich ein Alleinstellungsmerkmal. Es ist politisch vollkommen unabhängig und hat sich im Laufe der Jahre eine umfassende Gesellschafterstruktur (Bürgergesellschaft) mit 1,3 Mio. Euro Stammkapital aufgebaut. Allerdings gilt auch in diesem Beispiel, dass Effizienzmaßnahmen nicht vorangetrieben werden, da nicht ausreichend Kapazitäten vorhanden sind und da nur wenige Methoden vor-

handen sind, die eine Umsetzung von EF-Projekte mit Bürgerkapitalbeteiligung ermöglichen, wie z.B. Solar&Spar-Projekte in Schulen[32].

Im Rahmen einer regionalen Zielkonzeptentwicklung und -umsetzung kann es jedoch kompliziert sein, wenn **viele verschiedene Akteure** aktiv sind. Beispielsweise in der Region Wendland Elbetal sind zwei Vereine, zwei Rahmenprogramme und die neu gegründete Energiemanagement Agentur „EMMA“ mit der Realisierung von EE- und EF-Projekten beschäftigt. Die dortigen Aktivitäten sind schwer zu überblicken, da diese auch nicht unter einem gemeinsamen Maßnahmenplan organisiert sind. Somit erscheint es als sinnvoll, wenn mehrere Akteure an einer Zielerreichung arbeiten, ein gemeinsam definiertes Handlungsraster zu erstellen.

Welche Art von EE-Projekten umgesetzt werden, hängt u.a. von der **vorhandenen Infrastruktur in den Dörfern und Kleinstädten** ab. Die Bioenergiedörfer sind meistens nicht an die Erdgasversorgungsinfrastruktur angeschlossen (z.B. in Güssing und Mauenheim) – ein wichtiger Konkurrent zur Wärmeversorgung ist somit nicht präsent. Die Bilanzierung der EE-Deckungsanteile und der Einsparungen wird jedoch ohne statistische Grundlagen, z.B. aus der bisherigen zentralen Wärmeversorgung, erschwert.

EE-Regionen teilen die gemeinsame Motivation der Stärkung der Wirtschafts- und **Strukturentwicklung** inklusive der Erhöhung der regionalen/kommunalen Wertschöpfung und des Beitrags zur Sicherung und Schaffung von regionalen/kommunalen Arbeitsplätzen. Teilweise handelt es sich um historisch bzw. geographisch benachteiligte Regionen, die z.B. über EU-Strukturförderprogramme eine besondere Förderung erhalten. Weiteres Merkmal dieser Regionalentwicklungen ist, dass sie zusätzliche Handlungsfelder umfasst. Nachhaltigkeitsziele finden sich so z.B. auch im Handlungsfeld Landwirtschaft: Das Wendland / Elbetal hat sich vorgenommen, den Anteil der ökologischen Landwirtschaft auf 50 % auszuweiten.

Hand in Hand mit der Regionalentwicklungsidee geht die Analyse und die Nutzung **regionaler/kommunaler Potenziale**. Einen signifikanten und relativ schnell umsetzbaren regionalen/kommunalen Beitrag zur Energieversorgung liefert vor allem die Biomasse aus der Land- und der Forstwirtschaft. Der Festbrennstoff Holz und Biogas aus Energiepflanzen spielen deswegen bei allen EE-Regionen eine hervorgehobene Rolle.

Ein **Erfahrungsaustausch zwischen den unterschiedlichen Aktivitäten** findet bisher an verschiedenen Orten, jedoch nicht zentral organisiert statt:

- Das **Klimabündnis** der Städte würde sich durch seine Organisationsform, seine Grundziele sowie durch die bereits vorhandenen Kontakte und Netzwerke für diese Aufgabe besonders eignen. Während dieser Austausch zwischen den Mitglieds-Kommunen bereits stattfindet, ist die zusätzliche Installation einer Informations- und Austauschplattform für 100%-Kommunen oder ähnlicher Initiativen ggf. sinnvoll. Parallel existieren weitere Städtenetzwerke wie **ICLEI** und **Energie-Cités**.
- Einen besonderen Schub könnten die kommunalen Aktivitäten zu verzahnten kommunalen EE/EF-Konzepten im Rahmen des europäischen **Covenant of Mayors** erfahren, der am 10. Februar 2009 mit europaweit bislang 372 Kommunen gestartet ist (www.eumayors.eu). Die beitretenden Kommunen verpflichten sich, über die für das Jahr 2020 gesetzten 20-20-20-Ziele der EU hinauszugehen und u. a. entsprechende

[32] vgl. hierzu http://www.solarundspar.de und http://www.staudi.fr.schule-bw.de/archiv/proags/ecowatt_start.htm

nachhaltige Energieaktionspläne zu erstellen, umzusetzen und über die Umsetzung regelmäßig zu berichten. Gelingt die Zielerreichung nicht, werden sie vom Covenant wieder ausgeschlossen.

- Ergänzend hierzu findet ein Erfahrungsaustausch auch im Rahmen von Wettbewerben wie dem **European Sustainable Energy Award** statt. Durch die Entwicklung und Implementierung Benchmarksystems des UBA gibt es zukünftig ein weiteres, systematisch offengelegtes, Instrument zum Vergleich von Klimaschutzaktivitäten in Kommunen (IFEU 2008).
- Zu einer Plattform für Erfahrungsaustausch entwickelt sich die jährlich stattfindende RegioSolar-Tagung. **RegioSolar** ist eine Plattform zur Förderung des Austauschs und der Kooperation von regionalen Solarinitiativen. Dass ein solcher Erfahrungsaustausch gewünscht wird, zeigt sich durch das hohe Interesse und den relativ hohen Teilnehmerzahlen bei dieser Tagung.
- Eine weitere Plattform zum Informationsaustausch können **Kommunale Klimaschutzkonferenzen** auch auf Ebene der Bundesländer sein (z.B. Baden-Württemberg).

4.3.3 Empfehlung für ein Energiebalance-Regionen-Förderprogramm

Europäische und nationale Ziele reichen in der Regel nicht aus, um auch die Maßnahmenentwicklung und -umsetzung aktiv vorantreiben zu können. Es muss dazu auch länderbezogene, regionale oder kommunale Initiativen geben, die auf ihrer Ebene konkret das Ziel unterstützen und Maßnahmen umsetzen. Die europäischen und nationalen, gesellschaftlichen Meta-Ziele sollen für diese regionalen Aktivitäten einen übergeordneten und weisenden Charakter haben. Auf kommunaler und regionaler Ebene bestehen erhebliche Potenziale zur Minderung von CO_2-Emissionen und weiteren Treibhausgasen. Städte und Gemeinden gehören daher zu den wichtigsten umsetzungsorientierten Akteursgruppen zur Erreichung des Klimaschutzzieles. Der Bund und die Länder unterstützen diese Akteure in der Umsetzung von einzelnen Maßnahmen.

Vor diesem Hintergrund hat das Energieprojekt Ende 2007 die Etablierung eines Fördermechanismus von „Energiebalance-Regionen“ vorgeschlagen.

Dieses Förderprogramm sollte

- **eine solide Institutionalisierung von Umsetzungsprojekten gewährleisten;** dies ist insbesondere auch für die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen erforderlich, die mit höheren Investitionsaufkommen und längeren Amortisationszeiten von einer solchen kontinuierlichen institutionellen Unterstützung abhängen; hier spielt das Fundament einer Institution (Grundkapital oder Beteiligungen von Gebietskörperschaften) eine wesentliche Rolle. Beide Aspekte sind wiederum wichtig für die Entwicklung und Implementierung von Zielkonzepten in städtischen Gebieten.
- Regionen fördern, die sich ein ambitioniertes und bezüglich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz ausgewogenes Ziel gesetzt haben, das im Sinne des Covenant of Mayors über die 20-20-20-Ziele der EU bis 2020 hinaus geht;
- aus folgenden Komponenten bestehen:

- die **Einrichtung einer Stelle** (in der Verwaltung oder als gegründetes Unternehmen), welche sich zentral um Fragen der Energieeffizienzsteigerung und Ausbau von erneuerbaren Energien kümmert und EE- und EF-Projekte initiiert und umsetzt. Diese institutionalisierte Stelle wird mit einer Anschubfinanzierung gefördert.
- Der Förderung von **Potenzialstudien und Klimaschutzkonzepten und von Beratungsaktivitäten zu ihrer Umsetzung**. Durch die Übernahme einer Teilfinanzierung dieser Studien werden Anreize für Kommunen geschaffen, solche Studien in Auftrag zu geben. In der Strategieentwicklung sollte ein partizipativer Prozess ermöglicht werden – die Beteiligung von Privatpersonen, Unternehmern und anderen Multiplikatoren sollte gegeben sein.
- Die zusammengefassten Ergebnisse und Chancen der Region durch die Reduzierung des Energieverbrauchs sowie durch die Nutzung der erneuerbaren Energien sowie eine Darstellung der Erfolge in anderen Landkreisen werden im Rahmen einer **zentral organisierten Öffentlichkeitsarbeit** kommuniziert. Als Beispiel für diese zentrale Öffentlichkeitsarbeit könnte das Projekt „AltbauNeu“ dienen[33], welches die verschiedenen Initiativen vor Ort über eine zentrale Homepage steuert und somit auch einen Austausch unter den Kommunen fördert. Insgesamt soll diesem internen Austausch auch ein hoher Stellenwert zugefügt werden und wesentlich unterstützt werden.
- Mit welchen Methoden in der Energiebalance-Region Projekte umgesetzt werden, bleibt den Fördermittelempfängern weitgehend frei gestellt. Beispiele sind: Installation von lokalen Förderprogrammen um Energieeffizienzmaßnahmen verstärkt zu fördern, Einrichtung von Energiespar-Fonds in Zusammenarbeit mit den lokalen Stadtwerken (wie z.B. proKlima in Hannover) oder zur Entwicklung von Beratungsmöglichkeiten für Schulen zu Solar und Spar-Projekten. Wichtig ist, dass bewertbare Maßnahmen sowohl im EE- als auch im EF-Bereich umgesetzt werden.

Informationen dazu, wie Kommunen oder Städte Maßnahmen umsetzen können, findet man in verschiedenen Leitfäden. Als Beispiel hierfür wird der Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimakonzepte des Deutschen Instituts für Urbanistik [difu 1997] genannt. Um die aktuellsten Entwicklungen und neuen Methoden zur Förderung von EE- und EF-Maßnahmen in diese Handlungsempfehlung einzubauen und sie auf den aktuellen Stand der gesetzlichen Entwicklungen auszubauen, ist eine Überarbeitung und Neuauflage dieses Leitfadens sinnvoll. Hierzu könnte geprüft werden, ob es in diesem Zusammenhang sinnvoll ist, auch Verzahnungsprojekte (z.B. Solar und Spar) in diesem Leitfaden darzustellen.

[33] www.alt-bau-neu.de

5 Vergleich der Akteursstruktur in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Zur Konzeption oder Verbesserung von Politikinstrumenten und Maßnahmen ist es erforderlich, deren Wirkungsbereiche möglichst genau zu kennen, insbesondere die von ihnen direkt adressierten oder indirekt einbezogenen bzw. betroffenen Marktakteure. Letztlich muss daher bei jeder Analyse für die Ausgestaltung sowie für die ex ante- oder ex post-Evaluation von Politiken oder speziellen Instrumenten, Programmen und Dienstleistungen eine Untersuchung der relevanten Akteure und ihrer spezifischen Anreize und Hemmnisse auf dem Markt der jeweiligen Zieltechnologie entlang der Wertschöpfungskette erfolgen. Dabei sind beispielsweise die in der Tabelle 5.1 zusammengefassten Akteure auf der Seite des Angebots und der Nachfrage nach EE- und EF-Technologien und -Dienstleistungen zu unterscheiden.

Tabelle 5.1: Ausgewählte Akteure (Quelle: eigene Darstellung)

Angebot von EE-/EF-Technologien und Dienstleistungen	Intermediäre	Nachfrage nach EE-/EF-Technologien und Dienstleistungen
HerstellerInnen von Produkten, die an EndabnehmerInnen verkauft werden HerstellerInnen von Produkten, die an sonstige Akteure verkauft werden BetreiberInnen, VermieterInnen, Projektentwickler/-innen, ContractorInnen	HändlerInnen (Groß- und Einzelhandel) PlanerInnen und BeraterInnen InstallateurInnen, SchornsteinfegerInnen Banken, Versicherungen, Leasinggesellschaften Energieagenturen, Informations- und Beratungszentren	InvestorInnen, die zugleich auch NutzerInnen sind, InvestorInnen, die nicht gleichzeitig NutzerInnen sind (z. B., investierende BetreiberInnen-Gesellschaften, etc.) NutzerInnen, die nicht gleichzeitig auch Investoren sind (z. B. MieterInnen, KäuferInnen fertig gestellter Gebäude)

In Bezug auf die Frage der Integration von Energieeffizienz (EF) und erneuerbare Energien (EE) ist hinsichtlich der betroffenen Akteure zu analysieren:

- Sind die Akteure im EF-Bereich andere als im EE-Bereich?
- Inwieweit unterscheiden sich ihre Marktsituation und die wesentlichen Markthemmnisse, vor denen sie stehen?
- Welche Akteure integrieren bereits EF und EE?
- Inwiefern organisieren sie ihre Interessen in Bezug auf EE oder EF, wie bilden sie diesbezügliche Netzwerke, und inwieweit spielt die Integration von EF und EE hierbei eine Rolle?

Um sich diesen Fragestellungen zu nähern, wurden jeweils die akteursorientierten Ausgangslagen an ausgewählten Beispielen für den EF-Bereich (Haushaltsgeräte, Heizungsanlagen plus Umwälzpumpen sowie Gebäudedämmung) und am Beispiel von Windenergie (Strom) sowie Solarthermie (Wärme) für den EE-Bereich erfasst und analysiert. Die ermittelten übergreifenden Ausgangssituationen sind in den folgenden Tabellen 5.2 bis 5.4 zusammengefasst und geben implizit erste Antworten auf die Fragen nach den Akteuren, ihrer

Marktsituation und wesentlichen Hemmnissen zur Integration von EE und EF sowie zur Vernetzung bzw. Interessenvertretung.

Im **Bereich der Endenergieeffizienz** kann insgesamt von einer leicht steigenden Nachfrage nach EF-Technologien und –Dienstleistungen gesprochen werden. Die Markt- und Akteurssituation ist insgesamt jedoch recht heterogen und die Hemmnisse, die der Verbreitung von EF-Technologien und -Dienstleistungen nach wie vor gegenüberstehen, sind sehr vielfältig. Entsprechend sind auch die Ansätze zur Hemmnisüberwindung zielgruppen- und technologie- bzw. anwendungsbereichspezifisch zu gestalten. Dabei ist die Akteursgruppe der so genannten intermediären Akteure, wie z.B. Planer etc (siehe Tabelle 5.1), die als „Vermittler" zwischen der reinen Angebots- und Nachfrageseite tätig sind, von besonderer Bedeutung für die Adressierung von Instrumenten. Eine Integration von EF und EE findet zum Teil im Bereich der Gebäude (Konzeption, Planung und Technik) statt (vgl. Kapitel 6), ist aber bei weitem noch nicht die Regel und individuell abhängig von den jeweiligen Akteuren und Interessenlagen. Gute Ansatzpunkte bestehen diesbezüglich bei den Akteuren für Heizungsanlagen, während dies bei den anderen Akteuren für Endenergieeffizienz nicht zu erwarten ist.

Es gibt einige wenige einschlägige Interessenvertreter, aber – im Unterschied zum EE-Bereich – keine übergreifenden Organisationen z. B. in Form eines EF-Bundesverbandes. Allerdings werden übergreifende Interessenvertretungen der EF-Wirtschaft bislang eher von den kleineren Unternehmen gewünscht und nicht von allen Akteuren für erforderlich gehalten (Irrek/Thomas 2006). Eine Integration von EF und EE wird – soweit das ermittelt werden konnte – nicht systematisch verfolgt, spielt aber in Einzelfällen wie zum Beispiel beim Contracting oder im Heizungsanlagengeschäft eine Rolle.

Die Marktsituation, vor der die Akteure der **EE-Sparte Windenergie** stehen, wird einerseits durch einen stagnierenden Binnenmarkt und andererseits einen zunehmend wachsenden Exportmarkt geprägt, der für die deutschen Akteure entsprechend wichtiger wird. Der Herstellermarkt hat sich in den letzten Jahren in nennenswertem Umfang konsolidiert, während auf der Betreiber- und Investorenseite vor allem große (Energie-)Konzerne wie z.B. E.ON und RWE neu eingestiegen sind. Im Vergleich zu der recht homogenen und überschaubaren Akteursgruppe der Hersteller sowie – mit Abstrichen – der Zulieferer stellen sich die anderen Akteursgruppen, vor allem die der Dienstleister, relativ heterogen dar. Neben den vertikal integrierten Herstellern gibt es in der Regel enge und langfristig ausgelegte Kooperationen und Bindungen zwischen den einzelnen Herstellern und den diversen Zulieferern, unter anderem aus Gründen der Qualitätssicherung. Die Hemmnisse bzw. Gründe für den stagnierenden Binnenmarkt liegen vor allem in genehmigungsrechtlichen Restriktionen auf Länder- und Gemeindeebene, lokalen Widerständen sowie Verzögerungen bei Verstärkung und Ausbau der Stromnetze. Zu deren Abbau sind daher überwiegend branchenfremde Akteure zu adressieren.

Die Integration der Energieeffizienz beschränkt sich im wesentlichen auf die Anlagentechnik selber (Umwandlungseffizienz) sowie standortoptimale Planung vor allem im Fall großer Windparks (Systemeffizienz). Hinsichtlich der End-Energieeffizienz bestehen dagegen keine integrativen Ansatzpunkte. Auf nationaler Ebene gibt es zumindest drei einschlägige Interessenvertretungen, wobei der Bundesverband Windenergie über diverse Büros zudem regional vertreten ist. Hinzu kommt der Bundesverband Erneuerbare Energien als übergeordnete Interessenvertretung.

Die Ausgangslage im **Solarthermie-Bereich** ist – mit Ausnahme von 2007 – durch ein langjährig zunehmendes Marktwachstum gekennzeichnet, so dass Deutschland derzeit (noch) der größte Solarthermiemarkt in der EU ist. Allerdings ist die Marktentwicklung überwiegend und empfindlich von entsprechenden Förderprogrammen abhängig. Dem deutschen Markt können nach brancheneigenen Angaben insgesamt etwa 5.000 Unternehmen inkl. dem Handwerk zugeordnet werden. Die Akteursstruktur ist insgesamt als heterogen einzustufen, mit Ausnahme des – relativ kleinen – Markts für Röhrenkollektoren, der von einer einzigen Firma dominiert wird. Die Marktentwicklung wird noch durch zahlreiche, verschiedenartige Hemmnisse wie z.B. dem Investoren-Nutzer-Dilemma und langen Amortisationszeiten gebremst. Dabei spielen zudem verschiedene Aspekte von einschlägigen Förderinstrumenten sowie von angrenzenden Gesetzen und Verordnungen eine besondere Rolle. Für den Hemmnisabbau sind daher nicht nur die einschlägigen Marktakteure zu adressieren, sondern insbesondere auch die Politik und der Gesetzgeber selber.

Die Integration der Energieeffizienz beschränkt sich – wie bei der Windenergie – im wesentlichen auf die Anlagen- und Systemtechnik, mit dem Unterschied, dass es im Kontext der Heizungsanlagen auch Ansatzpunkte für eine Integration bzw. Verzahnung von Solarthermie und End-Energieeffizienz gibt. Diesbezüglich gibt es seit 2008 erstmalig spezifische Instrumente in Form von Boni (siehe Kapitel 6.5), die im Rahmen des MAP gewährt werden und im Rahmen dieses Projektes entwickelt wurden. Von diesen wurde bereits in nennenswertem Umfang Gebrauch gemacht: Insgesamt wurden in 2008 mehr als 80.000 (bzw. 57.000) Anträge für den gesamten EE-Sektor (bzw. Solarbereich) gestellt, von denen etwa 37% aller Anträge Boni-Zahlungen betrafen.

Die Interessen der Branche werden auf nationaler Ebene zum einen durch den einschlägigen Bundesverband Solarwirtschaft (inkl. Photovoltaik) sowie dem übergeordneten Bundesverband Erneuerbare Energien, der auch für die anderen EE zuständig ist, vertreten. Zudem gibt es weitere Verbände, deren einschlägige thematische Ausrichtung anders gelagert ist, aber auch Überschneidungen mit dem Solarthermiemarkt aufweisen. Sie können daher partiell auch als Interessenvertreter gewertet werden können, obwohl sie ebenso als konkurrierende Interessenvertreter agieren.

Tabelle 5.2: Übergreifende akteursorientierte Ausgangslage im EF-Bereich auf der Nachfrageseite (bezogen auf die Beispiele energieeffiziente Haushaltsgeräte, Heizungsanlagen und Umwälzpumpen sowie Dämmung der Gebäudehülle

Marktsituation 2005/2006	Wesentliche Markt-hemmnisse	Integration EE/EF	Vernetzung / Interessenvertretung
Inlandsmarkt: Leicht verstärkte Nachfrage nach EF-Dienstleistungen und EF-Technologien in einigen Bereichen aufgrund der Energiepreisentwicklung, Diskussion um Klimaschutz / Energiesparen und Rahmensetzungen / Förderinstrumenten **Export**: Exportanteile je nach Produktgruppe sehr unterschiedlich, u. a. auch abhängig von den Transportkosten (Dämmstoffe) und den wirtschaftlichen Produktionsbedingungen im Inland (Energiesparlampen). **Handel:** Kein eigenes Interesse an Vermarktung besonders energieeffizienter Geräte und Anlagen	Im Markt verfügbare Technologien und Dienstleistungen sind oft wirtschaftlich, aber die Marktdurchdringung wird durch vielfältige Faktoren (hohe Anschaffungskosten bzw. oft mehrjährige Kapitalrückflusszeit, Investor-Nutzer-Dilemma, etc.) gehemmt => besondere Bedeutung von intermediären Akteuren wie z.B. Planer- und BeraterInnen	Zum Teil im Gebäudebereich	**Vernetzung**: Eine übergreifende Vernetzung von EF-Akteuren z. B. zur Interessenvertretung (EF-Verband) existiert im Gegensatz zum EE-Bereich nicht. Die Mehrheit der von Irrek und Thomas (2006) befragten Akteure hält ein solche übergreifende Lobbyorganisation der „Energieefffizienz-Wirtschaft“ aufgrund der Heterogenität der Ausgangslagen und Interessen der unterschiedlichen Unternehmen und Branchen auch nicht für sinnvoll. Einen zusätzlichen Vernetzungs- und politischen Unterstützungsbedarf äußerten allein einige kleinere der befragten Unternehmen. Möglicherweise könnte jedoch eine übergreifende Interessenvertretung von Anbietern von Energieeffizienz-Dienstleistungen dem Bedarf der Branche entsprechen. Dies sollte zukünftig näher untersucht werden. **Ausgewählte EF-Einzelinteressenvertreter**: ASEW, die Contracting-Verbände VfW und ESCO Forum im ZVEI sowie bestimmte Herstellerverbände, die nur EF-Produkthersteller vertreten (z.B. Dämmstoffhersteller)

Quellen: Irrek/Thomas 2006; FNR 2006a, FNR 2006b; Kleemann 2006.

Tabelle 5.3: Übergreifende akteursorientierte Ausgangslage im EE-Bereich am Beispiel Windenergie (bezogen auf Anlagenherstellung und -betrieb)

Marktsituation 2006	Wesentliche Markthemmnisse	Integration EE/EF	Vernetzung / Interessenvertretung
Inlandsmarkt Deutlich rückläufige Nachfrage-Entwicklung von 2002-2005 mit signifikanter Trendumkehr in 2006 Zubau in den Binnenländern überwiegt zunehmend den der Küstenländer Nur leichte Belebung des Repowering-Marktes, der trotzdem unter den Erwartungen und Möglichkeiten zurück bleibt Markt-Wachstum momentan zunehmend geringer als im Ausland Offshore-Markt kommt nicht in Gang aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit und fehlendem Netzanschluss **Exportmarkt**: Der Exportmarkt gewinnt zunehmend an Bedeutung	Zusätzliche Hemmnisse: Mangelnde öko-soziale Akzeptanz bzw. lokale Widerstände Gemeindespezifische Planungsvorbehalte im BauGB (z.B. Höhenbegrenzungen) Exportmarkt Unterschiedliche sowie mangelnde bis fehlende nationale Richtlinien Offshore: Mangelnde Verfügbarkeit an Transportmitteln Mangelnde Wirtschaftlichkeit Fehlende Serienreife bei angestrebten Groß-Anlagen (≥ 5 MW) Netzanbindung und mangelnde Netzkapazitäten an Land	„Nur“ Integration in Bezug auf die Umwandlungseffizienz Keine Ansatzpunkte bezogen auf Endenergieeffizienz	Bundesverband WindEnergie (BWE) Gegr. 1996; heute über 19.000 Mitglieder Wirtschaftsverband Windkraftwerke (WVW) heute 101 Mitgliedsunternehmen VDMA Fachverband Power Systems (Branche Windenergie; AG Windenergie Zulieferindustrie)

Quellen: BWE; DEWI; SWW; eig. Bewertungen des Wuppertal Instituts

Tabelle 5.4: Übergreifende akteursorientierte Ausgangslage im EE-Bereich am Beispiel Solarthermie (ST)

Marktsituation 2007	Markthemmnisse	Integration EE/EF	Vernetzung / Interessenvertretung
Inlandsmarkt Deutschland ist (noch) größter Solarthermiemarkt in der E Es gibt ca. 5.000 Unternehmen (inkl. Handwerk); Umsatz 850 Mio. €; Inländischer Wertschöpfungsanteil ca. 75 % Nach stetigem Zubau (im Mittel 605 MWth/a) zwischen 2001 und 2007 gab es zwar 2007 einen Rückgang um 37 %, für 2008 wurde aber wieder eine Steigerung auf ca. 800 MWth/a erwartet Markt-Anteile: Flachkollektoren ca. 90%, Röhrenkollektoren ca. 10 %, mit hoher Marktkonzentration bei Röhrenkollektoren (Fa. Ritter Solar ist Marktführer mit >75 %) Es gibt diverse Gesetze, Verordnungen u. Förderprogramme mit Bezügen zur Solarthermie, die Marktentwicklung ist überwiegend von Förderprogrammen abhängig Aktuell erhöhte Nachfrage nach neuen Heizungen gekoppelt mit ST; Erzielte Preissenkung in den letzten 15 Jahren ca. 40 %	Investoren-Nutzer-Dilemma => Mögliche Lösung: Änderung der Baugesetzgebung Förderprogramme etc. sind für den Verbraucher zu unübersichtlich Zu häufige Änderungen der Rahmenbedingungen sowie finanziell gedeckelte Förderprogramme EEWärmeG zielt „nur“ auf Neubauten*, wobei ST hier in Konkurrenz zu Biomasse, Wärmepumpen und tiefer Geothermie steht Eingeführte Energieeffizienzstandards beziehen sich ebenfalls nur auf Neubauten Lange Amortisationszeit für die Investoren Teilweise mangelnder Platzbedarf in Altbauten für benötigte Pufferspeicher Flächen- und Marktkonkurrenz mit boomendem PV-Markt	**Positiv** Neue Verzahnungs-Boni im MAP: 1) Kombi-Bonus für ST-Anlage mit Heizung und Warmwasser (Brennwertkessel) sowie Effizienzbonus für ST-Hocheffizienzpumpe **Negativ** Häufig erfolgt der Verkauf der ST-Anlagen allein über den Preis, was dazu führt, dass Fertigpakete ohne individuelle Auslegung nach Standort und Hausbedarf den Markt beherrschen.	**Einschlägig** BSW - Bundesverband Solarwirtschaft Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. Bundesverband Solarindustrie (Bsi) ESTIF (EU) **Partiell** Haus und Grundbesitzerverbände BDH- Bundesindustrieverband deutschland für Haus, Energie, Umwelttechnik e.V. Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH)

Quelle: (BSW 02/2008); [1)] M. Wiege 2008 (Paradigma); Eigene Darstellung

Zusätzlich zu den oben genannten akteursorientierten Einzelanalysen können aus einem Vergleich der betrachteten EF- und EE-Bereiche folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Akteure und ihre Verbände im EF-Bereich sind überwiegend andere als im EE-Bereich, wobei die Akteure im EE-Bereich besser übergreifend organisiert sind als die EF-Akteure.
- Verknüpfungen oder Überschneidungen – und damit verbunden integrative Ansatzpunkte – zwischen beiden Bereichen gibt es überwiegend auf der Ebene der Einzelakteure sowie bestimmter übergreifender Interessenvertretungen/Verbände. Dabei kommen prinzipiell folgende Marktakteure in Frage: Heizungsanlagenhersteller und -installateure, Hersteller, Planer und Betreiber von industriellen Anlagen zur Prozesswärmeerzeugung, Hersteller und Betreiber von KWK(K)-Anlagen, Motoren- und Kraftstoffentwickler, Zulieferunternehmen, SHK-Handwerk, Elektrohandwerk, SchornsteinfegerInnen, EnergieberaterInnen und einschlägige Consultants, PlanerInnen, ArchitektInnen, Ingenieurbüros, Energieanbieter, Contracting-Unternehmen, Facility-ManagerInnen, Bauherren, Konsumenten, Banken und Sparkassen, Versicherungen, WirtschaftsprüferInnen, teilweise Handel bzw. Großhandel.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Verzahnung zwischen EF und EE bei den meisten dieser Akteuren mit integrativen Ansatzpunkten bisher in der Regel nicht systematisch, sondern eher in interessanten Einzelfällen erfolgt. Diesbezüglich könnten die Interessenvertretungen und Verbände eine wichtige pro-aktive übernehmen – u. a. auch für den Bereich der Aus-, Fort- und Weiterbildung - und könnten ggf. entsprechend instrumentell adressiert werden.
- Besonders im Wärmebereitstellungs- und –nutzungsbereich sind die Interaktionen und Überschneidungen zwischen EE und EF in allen Sektoren (private Haushalte, GHD-Sektor, Industrie) groß, dagegen in vielen Bereichen der Strombereitstellung und -nutzung sowie dem Verkehr auch gar nicht vorhanden. Der Wärme- und Gebäudebereich und ihre Akteure bieten sich daher für integrative Strategien und Instrumente besonders an.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es folgende zentrale übergreifende Hemmnisse gibt:

a) die teilweise unzureichende Kompetenz und Anreizstruktur bei PlanerInnen, BeraterInnen, ArchitektInnen und HandwerkerInnen
b) der Fachkräftemangel sowie
c) im (Wohn-)Gebäudebereich das InvestorInnen-NutzerInnen-Dilemma, die fehlende Beratung und Finanzierung aus einer Hand bzw. die meist fehlende lokale Verknüpfung von Beratung und Umsetzungsunterstützung und die begrenzten finanziellen Mittel

Einige EF- und EE-Bereiche (Wind, Wasser und Solarthermische Kraftwerke) haben ihren Umsatzschwerpunkt (mittlerweile) beim Export haben. Die Exportunterstützungsaktivitäten der dena werden derzeit vom EE-Bereich auf den EF-Bereich ausgedehnt. Inwieweit sie den Unternehmen nützen, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden.

Pakete an Politiken und Maßnahmen, die auf ein und denselben Marktakteur wirken, sollten auch in Hinblick auf die Integration von EE und EF möglichst abgestimmt bzw. integriert die jeweiligen Marktakteure adressieren. Die unterschiedlichen Marktsituationen und -hemmnisse sind bei der Gestaltung der Instrumente und Maßnahmen zu beachten.

6 Gebäude

6.1 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Gebäudesektor

Der Verzahnung von EE und EF kommt im Gebäudesektor eine besondere Bedeutung zu. Im Jahr 2007 wurde für die Heizung und Warmwasserbereitung knapp 2.700 PJ Energie aufgewendet. Die Bedeutung der idealen Verzahnung von EE und EF im Gebäudesektor als Beitrag zur CO_2-Minderung wird deutlich, wenn man beispielhaft folgende aktuellen Gegebenheiten betrachtet:

- Etwa ein Drittel der CO_2-Emissionen in Deutschland werden im Gebäudebereich verursacht (d. h. mehr als 3 Tonnen CO_2 pro Kopf und Jahr) und der Wohnbereich hat einen entscheidenden Anteil daran.
- Der durchschnittliche Verbrauchskennwert für Mehrfamilienhäuser für Heizung und Warmwasser liegt in Deutschland bei 173 kWh/m²a Erdgas (Techem 2007) – Passivhäuser erreichen einen Heizenergiebedarf von nur 15 kWh/m²a.
- Öl und Gas sind mit über 70 % Anteil die wichtigsten Energieträger für die Wärmebereitstellung im Gebäudebereich (BMWi 2008).
- 1,4 Millionen Wohnungen – jede 25. – werden in Deutschland immer noch elektrisch beheizt (Frey et al. 2007).
- Der EE-Anteil der Wärmebereitstellung erfolgt heute zu 70 % mit Einzelanlagen – der überwiegende Teil mit Biomasse (Nitsch 2008).

Bis 2050 sollen die Treibhausgasemissionen auf 20 % des Emissionswerts von 1990 reduziert werden. Welchen Beitrag der Gebäudesektor zur Zielerreichung zu leisten hat und welche Rolle hierbei die Verzahnung von EE und EF spielt, verdeutlichen die folgenden Auszüge aus der aktuellen Leitstudie 2008 (Nitsch 2008):

Im Wärmemarkt werden zur Zeit etwa 50 % der Endenergie umgesetzt und 40 % der energiebedingten CO_2-Emissionen erzeugt. Zu 55 % wird der Energiebedarf des Wärmesektors durch die Raumheizung bestimmt; knapp 30 % benötigt die Industrie als Prozesswärme, die restlichen 15 % werden für den Warmwasser- und Prozesswärmebedarf der Haushalte und der Kleinverbraucher eingesetzt. Seine Umstrukturierung und Optimierung mittels der Strategieelemente EE, EF und KWK ist für einen erfolgreichen Klimaschutz von herausragender Bedeutung, zumal mit Öl und Gas zu über 70 % Energieträger eingesetzt werden, deren Preise in letzter Zeit beträchtlich gestiegen sind. Im Verhältnis zu der großen Aufmerksamkeit, die dem Stromsektor in der energiepolitischen Diskussion meist gewidmet wird, findet der Wärmemarkt zu selten die ihm zustehende Bedeutung.

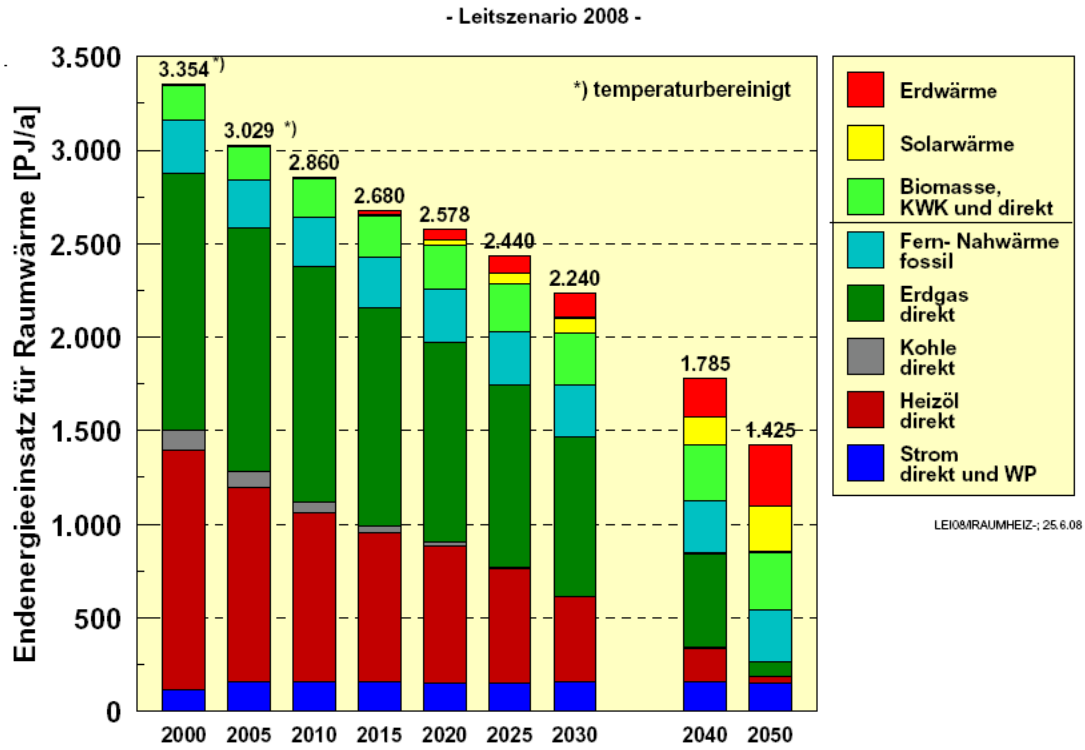


Abbildung 6.1: Endenergieeinsatz für Raumwärme im Leitszenario 2008 (Nitsch 2008)

Wegen der großen Potenziale ermöglicht allein die Effizienzstrategie (Gebäudesanierung, KWK-Ausbau; relativ stärkerer Rückgang von Heizöl im Vergleich zu Erdgas) eine beachtliche Verminderung der CO_2-Emissionen im Wärmesektor. Von den insgesamt zwischen 2005 und 2050 vermiedenen 260 Mio. t CO_2/a im Wärmebereich **stammen im Leitszenario 79 % aus der Minderung des Energieeinsatzes zur Wärmeerzeugung**. Ohne eine erfolgreiche Mobilisierung dieser Minderungspotenziale ist daher eine effiziente Klimaschutzstrategie im Wärmesektor nicht zu erreichen. Sie setzt zudem auch die Erdgasmengen frei, die im Stromsektor für eine effiziente KWK-Strategie benötigt werden.

Bis 2050 muss der Wärmesektor einen **gravierenden Strukturwandel** durchlaufen. Die weiter vordringende KWK und der Ausbau der EE erfordern in beträchtlichem Ausmaß die Umwandlung von Einzelheizungen in netzgebundene Wärmeversorgungen. Im Leitszenario 2008 sinkt ihr Anteil von derzeit 88 % auf 35 % in 2050. Während die Wärmebereitstellung aus EE heute zu 70 % mit Einzelanlagen erfolgt, werden im Leitszenario in 2050 rund 60 % der EE-Wärme über Wärmenetze bereitgestellt. Ihr Beitrag muss dazu auf das 8-fache des heutigen Wertes steigen. Die durch die klimapolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung notwendig gewordenen strukturellen Veränderungen im Wärmemarkt erfordern eine sehr genaue Beobachtung der Wirkungsweise des derzeitigen energiepolitischen Instrumentariums und ggf. rasche Nachjustierungen.

Aus dieser Zielsetzung und den dargestellten Zahlen ergeben sich folgende Handlungsbereiche:

1. Der Heiz- und Endenergiebedarf für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung muss nachhaltig reduziert werden. Die wesentlichen Stellschrauben sind hier die Sanierungsraten wie auch die Qualitätsstandards der durchgeführten Sanierung.

2. Die für Heizung und Warmwasserbereitung bereitgestellte Energiemenge muss effizient genutzt werden, beispielsweise durch den massiven Ausbau von KWK-Anlagen.
3. Zudem müssen erneuerbare Energien vermehrt in den Wärmemarkt einfließen. Vorrangig sollten erneuerbare Energieträger ohne Primärenergiebedarf (z.B. Solarenergie, Geothermie) eine Rolle spielen. Zudem kommen Energieträger wie Biomasse und Biogas in Spiel.

Während es für den Ausbau von Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ein quantifiziertes Ziel (14% bis 2020) gibt, wurde bislang kein Ziel zur Reduzierung des Endenergiebedarfs für Gebäudeheizung definiert. Diese Zielsetzung ist sowohl für die Überprüfung der Zielerreichung wie auch für die Gestaltung und Justierung von Anreizmechanismen und politischen Instrumenten sinnvoll. Diese Zieldefinition scheint von besonderer Bedeutung, da für die unterschiedlichen Akteure im Gebäudebereich vor allem Planungssicherheit wichtig ist. Diese wird erreicht, indem die Zieldefinition mit Meilensteinen in einer Roadmap hinterlegt wird. Somit können die Ansprüche für die Zukunft klarer dargestellt werden.

Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt. Die Entscheidung für eine Heizungsanlage und Gebäudedämmung ist nicht unabhängig voneinander zu treffen. Technisch sind EE und EF gekoppelt über die Höhe des erforderlichen Heizwärmebedarfs, die Anforderungen an Temperaturen und Verteilsystem usf. Instrumentell erlaubt die Energieeinsparverordnung eine teilweise gegenseitige Anrechnung von EF und EE durch die Primärenergie-Anforderung (siehe Kapitel 6.5.3).

Deshalb sollte das Ziel sein, die Synergien der Verzahnung von EE und EF im Gebäudesektor weitgehend zu nutzen. Allerdings gibt es gerade in diesem, auch für das Erreichen von Klimaschutzzielen bedeutenden Sektor Konkurrenzen, die gegen eine Verzahnung wirken. Im Rahmen des Projekts Energiebalance wurden durch Experteninterviews, Workshops und Instrumente-Analysen vielfältige Hemmnisse, die eine verzahnte Vorgehensweise im Gebäudebereich behindern, zusammengetragen. Sowohl bei Neubauvorhaben als auch Gebäudesanierungen bestehen oftmals **ökonomische, technische sowie praktische und institutionelle Hemmnisse**, die eine optimale Ausgestaltung von Maßnahmen im Bereich erneuerbarer Energien (EE) und im Bereich Energieeffizienz (EF) behindern.

Es gibt Grundhemmnisse, die die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen ODER den Einsatz von erneuerbaren Energien erschweren. Diese Grundhemmnisse wirken sich gleichzeitig auch als Verzahnungshemmnisse aus, da damit auch der kombinierte Einsatz von EE / EF erschwert wird:

Technische Hemmnisse

- Technische Hemmnisse bei der Umsetzung von hohen Qualitätsstandards bei der Bauteilsanierung
- Anteilig höhere Verlustraten bei Nah- und Fernwärmewärmenetzen durch Verringerung der Wärmedichte → Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit
- Energieversorgung mit EE von Passivhäusern mit geringem Restenergiebedarf technisch schwierig
- Senkung des relativ hohen Energiebedarfs zur Warmwasserbereitung bei Passivhäusern technisch schwierig;
- Verweigerung des Gasnetz-Anschlusses bzw. Fernwärmeanschlüssen bei Passivhaussiedlungen /-häusern

Akteursbezogene Hemmnisse

- Prioritätensetzung bei Bauherren (Wärmedämmmaßnahmen stehen meist ganz hinten)
- Höhere Investitionen und längere Amortisationszeiten bei besseren Gebäudestandards → langfristige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen finden kaum statt.
- Fehlendes Know-How bei den beteiligten Akteuren wirkt sich negativ auf die Entscheidungsfindung durch den Bauherren und auf den technisch-wirtschaftlichen Erfolg des Projektes aus (z.B. Mehrkostenansatz bei Gebäudedämmmaßnahmen ggü. Mehrkosten für Einsatz von EE-Anlagen).
- Qualität der Beratung wächst nicht mit der Komplexität der Themen mit. Dies betrifft sowohl die Beratung zu besseren Gebäudestandards als auch zu EE-Anlagen.
- Hohe Vorbehalte ggü. neuen Technologien und deren Zuverlässigkeit bei Bauherren, Vermietern, Verwaltern oder Mietern (z.B. bezüglich Beschaffungsprozesse für Pellets, Handhabbarkeit von Zwangsbelüftungsanlagen, Dichtheit von Gebäuden).
- Hoher Kommunikations- und Sensibilisierungsaufwand innerhalb der Wohnungs- und Immobilienunternehmen.
- Hoher Kommunikations- und Sensibilisierungsaufwand zwischen Vermieter und Mieter (vor allem bei Sanierungsvorhaben im bewohnten Zustand).
- Mit Abnahme und Übergabe der Versorgungstechnik ist der Auftrag abgeschlossen; weiterführende Regelungs- und Betriebsoptimierung (hohes Einsparpotenzial vor allem bei komplexeren Anlagen) wird häufig nicht durchgeführt
- Durchgehend mangelnde Transparenz und gestiegene Komplexität bei Förderprogrammen

Instrumentelle / Organisatorische Hemmnisse

- Keine überprüfbare EF-Zielsetzung vorhanden → keine Kontrolle darüber, ob die derzeit verfügbaren Anreize für Gebäudesanierungsprogramme ausreichen, um Ziele für 2020 und 2050 einhalten zu können (KfW-Kredite / weitere länderbezogene Förderprogramme etc.)
- Zu geringe Anforderungen an die Bauteil-Dämmung in der aktuellen EnEV; Verschärfung im 3 Jahres Rhythmus weiterentwickeln
- Mangelnde Umsetzungs-Kontrollmöglichkeit bei der EnEV / Komplexität der EnEV im Wohngebäudebereich zu hoch
- Mehraufwand für die ausführliche Bestandsaufnahme bei Sanierungsobjekten (höhere Anfangskosten beim Bauherren)
- Nutzer-Investor-Dilemma bei Wohnungs- und Immobilienunternehmen hinsichtlich bilanzielle Aktivierbarkeit, Umlegungsgrenzen (11%) der aufgewandten Kosten auf die Miete / Kosten für Contracting im Mietwohnbereich (BGH-Urteile behindern Umlagemöglichkeit)
- Fernwärme- und ggf. Nahwärmetarifstrukturen entsprechen nicht den aktuellen Gegebenheiten für Neubaugebiete oder Sanierungsobjekte (geringe Arbeitspreise und hohe Grundpreise)

- Qualitativ hochwertige Einzelmaßnahmen werden im Rahmen der KfW nicht gefördert – Maßnahmenpakete können nicht getrennt werden, weshalb sehr effiziente Einzelmaßnahmen ggf. verhindert werden.
- Organisatorische (z.B. Grundbucheintrag, Brandschutz, Eigentumsrecht, etc.) und soziale Hemmnisse zur Realisierung von übergreifenden Versorgungslösungen für Siedlungsgebiete etc.
- Getrennte Zuständigkeiten bei der Gesetzgebung (BMU, BMWI und BMVBS)
- Die HOAI entspricht nicht den aktuellen Anforderungen zur Umsetzung von Projekten (keine Leistungsphasen z.B. für anfängliche Beratungsgespräche und zur Nachbetreuung von Anlagen)

Übergreifende Hemmnisse

- Konkurrenzen in Bezug auf Investitionssummen
- Unzureichende Umsetzung der integrierten Planung im gesamten Planungs- u. Realisierungsprozess
- Durch die freie Gestaltungsmöglichkeit von wirtschaftlichen Vergleichsrechnungen und dynamischen Annahmen wird die Vergleichbarkeit von höheren Dämmstandards mit Versorgungstechnik häufig erschwert und undurchschaubar. VDI 2067 nur für Anlagentechnik und nicht für Dämmmaßnahmen einsetzbar.
- Häufig längere Umsetzungsperioden durch komplexe Energiekonzepte und Bauausführungen, ggf. finanzielle Ausfälle bei Wohnungs- und Immobilienunternehmen
- Positives Image von EE-Anlagen / negatives Image von luftdichten Gebäuden

Aus dieser Fülle an Grund- und Verzahnungshemmnissen haben sich einige zentrale Themen für das Projekt Energiebalance herauskristallisiert. Eine Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz im Gebäudesektor wurde in verschiedener Hinsicht untersucht. Hier stellten sich die Fragen,

- wie erneuerbare Energieträger möglichst effizient genutzt werden können (**Anlageneffizienz von erneuerbaren Energieanlagen**); hier geht es um die Möglichkeiten, die Nutzungsgrade und Anlagenperformance beispielsweise der Biomassenutzung oder der Sonnenkollektoranlagen zu steigern;
- wie **besonders effiziente Gebäuden und Siedlungen in Zukunft mit erneuerbaren Energien mit oder ohne Nahwärmeverbund versorgt werden können**; beispielsweise ist eine Nutzung von Biomasse in Einzelanlagen oder Nahwärmeversorgung von Passivhäusern aus technischen und ökonomischen Gründen vielfach schwieriger;
- und wie erneuerbare Energien und Gebäudeeffizienz **in den politischen Instrumenten in Wechselwirkung** treten. Zentrale Frage ist, ob Synergieeffekte ungenutzt bleiben oder ob möglicherweise zu viele Verzahnungen vorhanden sind, die negative Effekte erzeugen. Beispielsweise erlaubt die Energieeinsparverordnung derzeit und ggf. in Zukunft (EnEV 2009) verstärkt eine gegenseitige Aufrechnung von Gebäudedämmung und erneuerbarer Wärmeversorgung. Welche Energiebalance-Aspekte in der Gebäudeenergieberatung bereits enthalten sind und zukünftig notwendig sein könnten, wurde ebenfalls untersucht.

Exkurs: 1. Platz im Wettbewerb „Energiebalance – Gut verzahnt geplant“ (aus der Wettbewerbsbroschüre, Download www.ifeu.de/energiebalance)

Erneuerbare plus Energieeffizienz

Solarsiedlung Köln - Ossendorf

Planungsbüro Graw, Aloys Graw, 1. Preis in der Kategorie Gebäude

Projektbeschreibung:

Im Stadtteil Köln – Ossendorf wurde in den Jahren 2006 und 2007 eine aus fünf Gebäude bestehenden Wohnsiedlung grundsaniert und entsprechend den Anforderungen der Solarsiedlungen von Nordrhein–Westfalen energetisch aufgewertet. Durch den integrierten Planungsansatz zwischen Haustechnikplanung, Architektur, Landschaftsplanung, Bauqualitätssicherung, Projektsteuerung und der Bewohnerbetreuung konnte so eine kostengünstige Sanierung im bewohnten Zustand ermöglicht werden. Dabei wurde konsequent der Grundsatz „erst isolieren, dann installieren“ angewandt, um eine ressourcenschonende Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien, in diesem Fall Pellets und Solarthermie, zu ermöglichen. Die öffentlichkeitswirksame optimierte Nutzung regenerativer Energien und modernster Bautechniken im sozialen Wohnungsbau ermöglichte neben einer deutlichen Verbesserung der Wohnqualität auch eine Stabilisierung des gesellschaftlichen Umfeldes. Dabei können alle Maßnahmen durch die eingesparten Energiekosten finanziert werden.

Die aus den 1960er Jahren stammenden Gebäude wurden kalt vermietet. Die Mieter waren somit verpflichtet, die Heizungsgeräte, meistens Kohleöfen oder Elektroheizungen, selbst zu unterhalten. Durch das umgesetzte Konzept wurde die Energieversorgung zentralisiert und ein Wärmeeinsparpotenzial von 80 % erreicht. Gleichzeitig konnten die Energiekosten um rund 90 % gesenkt werden.

Wort der Jury

"Die Jury ernannte das Projekt Köln Ossendorf zum Sieger des Wettbewerbes, da es sich hier um ein Projekt mit besonderer Reichweite und Bedeutung für die Sanierung im sozialen Mietwohnungsbau handelt. Der konsequent durchgehaltene Ansatz „Erst isolieren, dann installieren“ und die gelungene Einbindung der wichtigsten Akteure - Mieter und Wohnungsbaugesellschaft - hat die Jury überzeugt. Dieses Beispiel zeigt, dass hohe CO_2- und Energiekosten-Einsparungen unter schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen erreicht werden können, ohne dass auf Qualität in der Ausführung, erneuerbare Energien mit innovativen Technologien oder Gestaltung verzichtet werden muss."

Maßnahmenkatalog	
Dämmmaßnahmen	
Außenwände:	• 14 cm WDVS,
Dach:	• 24 cm Mineralwolle/Polyiso-Hartschaum
Kellerdecke:	• 10 cm Mineralwolle
Fenster:	• U-Wert: 1,4 W/m²K
Wärmeversorgung	
Vor Sanierung:	• Einzelöfen • Kohle- bzw. Holzfeuerung, Nachtspeicher, Ölofen, etc.
Nach Sanierung:	• 5 zentrale Holzpelletskessel (42 - 55 kW) • 2 Solarthermieanlagen mit insgesamt 150 m² Fläche
Energieverbrauch	
Vor Sanierung:	• 260 kWh/m²a
Nach Sanierung:	• 70 kWh/m²a,
Energiekosten	
Vor Sanierung:	• 0,79 €/m²a - 2,97 €/m²a (max.)
Nach Sanierung:	• 0,21 €/m²a
Weitere technische Austattung	• Kontrollierte Wohnungslüftung • 2 PV-Anlagen mit 26 kW_p • Abgaswärmetauscher (15 % Energieeinsparung), Abgaswäscher und Schlammfänger (70 % Staubreduktion)

Der Gewinner:
Dipl.-Ing. Aloys Graw, Planungsbüro Graw
Senator Wagner Weg 4, 49088 Osnabrück
Tel.: +49/541-335030 E-Mail: info@pb-graw.de

Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Kooperation mit BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Medienpartner VDI nachrichten

Projektteam Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, ifeu

Aus diesen Untersuchungsdimensionen ergibt sich folgende Kapitelstruktur:

Kapitel 6.2 stellt im ersten Schritt die Möglichkeiten der Verzahnung im Gebäudebereich dar, indem Szenarioberechnungen mit unterschiedlichen Verzahnungsgraden ausgewertet wurden.

Kapitel 6.3 befasst sich mit einzelnen Technologien zur Wärmeversorgung von Gebäuden, die bereits jetzt oder in Zukunft verstärkt erneuerbare Energien effizienter nutzen können. Es setzt sich aus mehren *Mini-Technologie-Analysen* zusammen, beispielsweise für die Gas-Wärmepumpe (zukünftig ggf. Biogasbetrieb möglich) aber auch für Biomasse-Mikro-KWK-Anlagen.

Kapitel 6.4 befasst sich mit dem Thema, wie besonders effiziente Gebäude (also Passivhäuser) mit effizienten und erneuerbaren Energien versorgt werden können. Dabei teilt es sich in zwei Schwerpunkte: Einerseits werden technischen Versorgungslösungen für einzelne Gebäude (Einfamilienhäuser) analysiert. In einem weiteren Kapitel werden für eine Neubausiedlung Ergebnisse einer ökonomischen und ökologischen *Variantenberechnung* mit verschiedenen Versorgungsoptionen dargestellt. Der Fokus liegt hier insbesondere auf leitungsgebundene Versorgungslösungen, woraus sich am Ende dieses Kapitels auch Notwendigkeiten für die zukünftige Nah- und Fernwärmeversorgung ableiten lassen.

Kapitel 6.5 stellt die Verzahnung in den bestehenden politischen Instrumenten dar und versucht einen Wegweiser für zukünftige Veränderungen zu schaffen. Dabei orientiert sich das Kapitel an drei zentralen Themen: Beratung / Umsetzung und gesetzliche Anforderungen / Förderung. Im Rahmen einer *Auswertung von 25 Energieberatungsberichten* wurden Verzahnungsaspekte in der Energieberatung analysiert und Vorschläge entwickelt, mit welchen Hilfsmittel und Instrumenten Energieberater die optimale Verzahnung von EE und EF zukünftig besser berücksichtigen könnten. Zudem wurde das sehr komplexe Zusammenspiel zwischen Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG) analysiert. Anhand von *Modellrechnungen bei Wohngebäuden* wurden die geplanten Veränderungen in der EnEV sowie die Überschneidungen zum EEWärmeG analysiert und bewertet. Für die Weiterentwicklung des Marktanreizprogramms (MAP) wurden weitere Verzahnungsaspekte in Technologien untersucht.

Die durchgeführten Analysen, Technologieradars und Modellrechnungen wurden in zwei Bereichen mit Expertenworkshops ergänzt. Zum einen wurde ein Expertenworkshop zum Thema Gebäude der Zukunft – Verzahnung von EE und EF im Gebäudebereich durchgeführt. Rund 30 Experten haben im Rahmen eines ganztägigen Workshops zentrale Hemmnisse der Verzahnung ausgearbeitet und Empfehlungen und Strategien für die Zukunft entwickelt (siehe Workshopbox 2 in Kapitel 6.5.3). In einem zweiten Workshop mit dem Thema Energieversorgung der Zukunft, wurde das Thema beleuchtet, wie besonders energiesparende Gebäude (Passivhäuser) zukünftig mit effizienten und erneuerbaren Energie-Technologien versorgt werden können (siehe Workshopbox 1: in Kapitel 6.4.2).

Zusätzlich wurde im Herbst 2007 ein **Wettbewerb** „Gut verzahnt geplant!“ ausgelobt (siehe Anhang 11.3). Dieser Wettbewerb richtete sich an Planer, Ingenieure, Entwickler von Produkten und Konzepten, die besonders die Verzahnung von EE und EF herausstellten. Von den rund 60 Einsendungen befassten sich fast die Hälfte der Teilnehmer mit Gebäudekonzepten. Einige dieser Gebäudekonzepte finden sich auch bei den Gewinnern wieder, die hier portraitiert werden:

6.2 Erneuerbare Energien und energetische Sanierung im privaten Wohnungsbau: eine Szenarioanalyse

Die Entwicklung der Wärmeversorgung im Gebäudebereich und der darauf aufbauenden Energiepolitik wird zukünftig durch folgende zwei Haupt-Trends geprägt werden: Steigerung der (End-)Energieeffizienz (EF) und verstärkter Einsatz von erneuerbaren Energien (EE). Hierfür existieren auf der Nachfrageseite eine Vielzahl von Maßnahmen zur Begrenzung und Minimierung des Raumwärmebedarfes durch Sanierung der Gebäudehülle und Erneuerung bzw. Substitution von Heizungssystemen (EF-Maßnahmen). Zudem gibt es eine Reihe von Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauches, die durch eine effiziente, aber im wesentlichen auf einer nicht-fossilen Heizanlage beruhen. Die Realisierung von Heizungen auf Basis erneuerbarer Energien ist – technisch-ökonomisch betrachtet – zum Teil abhängig von den durchgeführten EF-Maßnahmen und den daraus resultierenden Wärmebedarfseigenschaften wie z.B. dem erforderlichen Temperaturniveau der Heizungsanlage. Damit sind sowohl Grenzen als auch Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EE und EF verbunden. Die nachfolgende Szenarioanalyse kann darauf jedoch nur bedingt und vereinzelt eingehen, da sie methodisch den Schwerpunkt auf eine sehr differenzierte „bottom-up“ Modellierung von energetischen Sanierungsstrategien und damit auf die Nachfrageseite legt. Die Angebotsseite und damit der Einsatz von erneuerbaren Energien wird dagegen „top-down“ auf der Basis bestehender Potenzial- und Szenariountersuchungen vorgenommen.

Der Fokus der hier durchgeführten Szenarioanalysen liegt daher hauptsächlich darin, die Größe des strategischen Spielraums und der möglichen Beiträge des Gebäudesektors zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen aufzuzeigen. Insgesamt werden dafür – unter ansonsten gleichen übergeordneten Rahmenbedingungen wie z.B. demographischer Entwicklung – folgende drei Grundszenarien berechnet und ausgewertet: 1) „business-as-usual“ Szenario (BAU), 2) Effizienzszenario (Eff) und 3) High-Potential Szenario (HP).

6.2.1 Szenariodefinition und -beschreibung

Das **BAU-Szenario** wird in Anlehnung an das Datengerüst und der Ausgangslage von Prognos/IER – Referenzentwicklung im Auftrag der Enquête-Kommission sowie Kleemann (2005) durchgeführten Analysen hinsichtlich des Brennstoff-, Strom und Fernwärmeverbrauch relevanten Anwendungsbereiche im Bereich Raumwärme und Warmwasser sowie Marktanteile der im Basisjahr bestehenden Heizungsanlagen sowie der für das Bau-Szenario übertragenden Entwicklungstendenzen erstellt und als Referenz-Szenario für die anderen beiden Szenarien herangezogen. Spezifische Zielvorgaben bestehen hier nur in so fern, dass eine geringe Verschärfung der derzeit geltenden ENEV (Stand 02.2008) – um abzüglich 15 % bezogen auf den geltenden HT’-Wert bis zum Jahr 2020 – vorgenommen wurde. Darüber hinaus werden bis zum Jahr 2050 weiterhin lediglich Effizienzmaßnahmen umgesetzt, die im Bereich des Trendsparens liegen. Die Eingriffe und deren Leitindikatoren sind auf die wenigen konkreten gesetzlichen Maßnahmen begrenzt, die im Bereich der privaten Wohnungsbauten zur Zeit gelten. Dazu gehören die aktuell geltende EnEV, die in 2009 novelliert werden soll, sowie im Bereich der Neubauten[34] das bereits zum 01.01.2009 in Kraft getretene EEWärmeG. Das BAU-Szenario ist demnach geprägt durch niedrige Sanierungs-

[34] Nutzungspflicht für Neubauten: Eigentümer von Gebäuden, die neu gebaut werden, müssen ab dem 1. Januar 2009 erneuerbare Energien für ihre Wärmeversorgung nutzen.

raten, einem geringen anlegbaren Energiepreis, kurzen Amortisationserwartungen und einer nur geringen Verschärfung der Bauteilanforderungen (siehe Tabelle 6.1).

Im **EF-Szenario** werden zwar auch keine konkreten Klimaschutzvorgaben gemacht, aber es wird unterstellt, dass gegenüber Trendbedingungen – sowohl auf der Nachfrageseite als Wärmedämmsysteme als auch auf der Angebotsseite als ‚technisch verbessertes' Heizungssystem – in deutlich erhöhtem und differenzierbarem Umfang Effizienztechniken zur Anwendung kommen. Als forcierter Eingriff gegenüber dem BAU-Szenario kommen zusätzlich zu den Effizienzmaßnahmen noch Maßnahmen im Bereich der erneuerbaren Energie zum Einsatz. Dies drückt sich einmal dadurch aus, dass der Beitrag zur Deckung der Endenergie (Wärme) in 2020 aus mindestens 14 % – statt gut 6 % im BAU-Szenario – erneuerbarer Energien stammt. Zum anderen werden die Bedingungen zur Umsetzung von wärmetechnischen Maßnahmen derart erweitert, dass es zu einer leichten Zunahme der Umsetzungsraten kommt. Im Vergleich zum BAU-Szenario zeichnet sich das EF-Szenario durch etwa doppelt so hohe Sanierungsraten, einem höheren anlegbaren Energiepreis, längeren Amortisationserwartungen, einer gleich hohen – allerdings auf den Bestand erweiterten – Verschärfung der Bauteilanforderungen sowie zusätzlich einem Zwischen-Ziel für den anteiligen EE-Einsatz in 2020 aus (siehe unten sowie Tabelle 6.1).

Im **HP-Szenario**, welches auf dem EF-Szenario aufbaut, wird schließlich ein Zukunftspfad analog zur Zielsetzung des Wärmegesetzes vorgegeben, der die maßgeblichen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems erfüllt. Dies gilt insbesondere für die Verminderung der Treibhausgasemissionen (Minderung der CO_2-Emissionen um 80 % bis 2050 ggü. 1990) als Leitindikator. Konkret bedeutet dies eine Reduzierung des Baukörper bezogenen mittleren Transmissionswärme-Kennwertes (H_T') um 80 % für den ***Altbau*** und einer Passivhausvorgabe für den ***Neubau*** ab dem Jahr 2015. Trotz der Einbeziehung erweiterter technischer Lösungen zur Reduzierung des Nutzenergiebedarfes sind im Szenario HP lediglich Maßnahmen abgebildet, die unterhalb eines anlegbaren Preises von 8,8 Cent/kWh-Einsparung liegen. Zusätzlich mögliche Reduktions-Maßnahmen wie z.B. Vakuumdämmung bleiben hier noch unberücksichtigt. Bei derzeitigen Wärmepreisen von um die 6-7 Cent/kWh (Stand Februar 2009) und deren absehbaren Steigerung in der Zukunft können die umgesetzten Maßnahmen als realistische wirtschaftliche Grenzkostenannahme betrachtet werden.

Das HP-Szenario wird im Unterschied zum EF-Szenario demnach durch noch höhere Sanierungsraten – u.a. aufgrund angenommener, verschärfter Durchsetzung der geltenden Bau- und Sanierungsvorschriften, noch höhere anlegbare Energiepreise, noch längerer Amortisationszeiterwartungen und noch weiter verschärfter Bauteilanforderungen bei Neu- und Bestandsbauten geprägt. Bezogen auf den EE-Einsatz (s.u.) werden dabei zusätzlich zwei Varianten unterschieden: Variante HP-1 mit einem relativen Deckungsanteil von 14 % in 2020, was aufgrund des niedrigeren Endenergiebedarfs absolut betrachtet einem Rückgang des EE-Einsatzes ggü. EF-Szenario entspricht, und Variante HP-2, in der die absoluten – potenziell verfügbaren – Mengen aus dem EF-Szenario in das HP-Szenario übertragen werden und folglich ein höherer endenergetischer Deckungsanteil erreicht wird. Aus dem Vergleich der beiden Varianten lässt sich auf die unterschiedliche Bedeutung von EF und EE hinsichtlich CO_2-Minderung schließen und exemplarisch ein Potenzial angeben, welches für dieses Szenario durch geeignete – verzahnende – Instrumente zusätzlich gehoben werden kann.

Während für alle Szenarien auf der Bedarfsseite verschiedene differenzierte energetische Sanierungsstrategien zugrunde gelegt werden, wird der Einsatz der Energieträger „top-

down“ durch eine übergeordnete (Deckungs-)Strategie bestimmt und hängt damit direkt von den resultierenden unterschiedlich hohen Bedarfsniveaus ab.

Analog zu den obigen überwiegend qualitativen Ausführungen zu den Szenarien sind in der folgenden Tabelle 6.1 die konkreten Werte für die einzelnen Leitindikatoren, die die verschiedenen Szenarien prägen, überblicksartig zusammengefasst.

Tabelle 6.1: Zusammenfassende Darstellung der Einflussgrößen für die Szenarien Bau, Effizienz und High-Potential

Einflussgröße	Szenario			
	BAU	Effizienz (EF)	High Potential (HP)	
Sanierungsrate	< 0,7 % p.a. Derzeitige Sanierungsrate bei der Umsetzung von wärmetechnischen Maßnahmen an der Gebäudehülle	< 1,5 % p.a. Forcierung flankierender Maßnahmen (Energieberatung Energiepass, KfW)	< 2,5 % p.a. Maximale Umsetzung (Vollsanierung)	
Anlegbarer Preis	4,4 Cent/kWh	6,7 Cent/kWh	8,8 Cent/kWh [1)]	
Amortisations-Erwartung	< 4 Jahre Gewinnerwartungen von Investitionen im Haushaltsbereich	< 10 Jahre Mittlere Gewinnerwartung (Bankenpraxis)	< 15 – 20 Jahre Orientierung an Lebenszyklen von Bauteilerneuerungen	
Bauteilanforderungen				
Altbau	-15 % HT’ (zur Basis EnEV 2009)		Passivhaus Schrittweise Verschärfung ab 2020-2050	
Neubau	-30 % HT’ bis zu Jahr 2020 - 80 % HT’ von 2021 bis 2050		-30 % HT’ bis zu Jahr 2020 Passivhausstandard von 2021 bis 2050	
EE-Einsatz	-	14 % der Wärmenachfrage 2020 nach EEWärmeG	Variante 1: 14% der Wärmenachfrage	Variante 2: Absolut-Werte aus EF-Szenario

Anmerkungen: EE = Erneuerbare Energien; 1) Orientierung an zukünftigen Marktpreisentwicklungen von Energieträger

Allgemein betrachtete Treibergrößen

Unter den allgemeinen ‚mitlaufenden’ Treibergrößen sind Rahmenindikatoren zusammengefasst, die eine übergeordnete wirtschaftliche oder gesellschaftliche Entwicklung widerspiegeln und für alle Szenarien gleich gelten (ceteris paribus Analyse). Zu ihnen gehören in diesem Fall die Entwicklung von Bauteileanforderungen/-standards[35], die demographische Entwicklung und die damit einhergehende Wohnflächenentwicklung sowie Annahmen zu Umsetzungs-/Sanierungsraten.

In Tabelle 6.2 sind die unterstellten **Entwicklungen von Bauteilanforderungen** an Neubauten sowie für die nachträgliche Bauteilsanierung von Gebäuden aufgetragen, und deren spezifischen Gesamt- und Mehrkosten gegenüber dem Referenzstandard der EnEV 2009.[36] Sie reichen von den historischen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1995 über den Referentenentwurf der neuen EnEV 2009 bis zum Passivhaus-Standard.

[35] Die Güte der jeweiligen Standards wird innerhalb der Szenarien nicht (mehr) variiert, sondern nur deren Marktanteile sowie die Wirkungen von flankierenden Maßnahmen auf die Sanierungsraten.

[36] Dieses Projekt wurde abgeschlossen, bevor die EnEV endgültig verabschiedet wurde.

Tabelle 6.2: U-Werte zur Einhaltung von Wärmeschutzverordnungen und –standards und deren Kosten

Bauteile	(1)	(2)	EnEV 2009[3)] Änderung im Bestand	Niedrig-Energie-Haus (H_T' -15%)	H_T' -80%	Passiv-Haus
Wärmedämmung U-Werte (W/m^{2}K)						
Dach	0,22	0,2	0,20;0,24	≤ 0,16	0,14	0,1
Außenwände	0,5	0,3	0,28	0,25	0,15	0,112
Keller	0,5	0,35	0,35	0,29	0,12	0,12
Fenster	1,8	1,4	1,3	≤ 1,2	< 1	< 0,7
Spezifische Gesamt/Mehrkosten €/m^2						
Dach				31,9 / 10,1	36,6 / 14,7	45,6 / 23,8
Außenwände				96,8 / 41,8	103,6 / 48,6	108,7 / 53,7
Keller				29,9 / 11,7	33,0 / 14,9	51,9 / 33,7
Fenster				434,5 / 101,5	456,3 / 123,2	478,0 / 145,0

Anmerkungen: (1): WSVO 1995 gültig bis 31.01.2002; (2) EnEV 2002 – 2008; 3) Aktueller Entwurf (Stand Ende 2008)
Allg.: Kostenangaben gegliedert nach Gesamtkosten/Mehrkosten

Quellen: Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport des Landes NRW (2001); Ecofys (2007); EnEV-Novelle – Anlage I (2008); Kostenangaben ESD-Befragung (2008); Eigene Berechnungen

Für die Bevölkerungsentwicklung wurden die Modellrechnungen des Statistischen Bundesamtes herangezogen, die von zwei Leitindikatoren für die Entwicklung der Bevölkerung bis zum Jahre 2050 ausgehen: Lebenserwartung (Niedrig/Mittel/Hoch) und Wanderungssaldo (Niedrig/Mittel/Hoch). Für die Szenarioberechnung wird von der mittleren, moderateren Entwicklung ausgegangen. Diese liegt in 2050 bei 75,1 Mio. Einwohnern und damit um 12 % (6 %) über (unter) der niedrigsten (höchsten) Variante (siehe Tabelle 6.3).

Tabelle 6.3: Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands bis 2050 [in Mio.]

Varianten		Stützjahre					
Lebens-Erwartung	Wanderungs-Saldo	2001	2010	2020	2030	2040	2050
Niedrig	Niedrig	82,4	82,0	80,0	76,7	72,2,	67,1
Mittel	**Mittel**	**82,4**	**83,1**	**82,8**	**81,2**	**78,5**	**75,1**
Hoch	Niedrig	82,4	83,1	83,9	83,6	82,1	80,0

Quelle: Statistisches Bundesamt (2003)

Die **Entwicklung der Wohnfläche** ist eine resultierende Größe, die aus der Entwicklung der Einkommensverhältnisse sowie der daraus entstehenden Komfortansprüche entsteht. Verschiedene Expertisen rechnen diesbezüglich bisher mit einer stetigen Steigerung der Wohnflächen von 7 - 10 m^2 pro Person und Dekade, wonach sich der bislang erreichte statistische Durchschnittswert von rund 40 m^2 bis zum Jahr 2050 fast verdoppeln würde. Bei Betrachtung der historischen Zahlenreihe von 1980 bis 2005 ist aber eine deutlich moderatere Ent-

wicklung ersichtlich. Von daher gehen wir für die weitere Entwicklung von einer Steigerung der spezifischen Wohnflächen auf rund 64 m²/Kopf gemäß Tabelle 6.4 aus.

Tabelle 6.4: Entwicklungen der Wohnflächen pro Person in [qm/Kopf]

Jahr	1980	1990	2002	2005	2010	2020	2030	2040	2050
	Historische Werte				Szenarioannahmen				
Wohnfläche	32,6	36,4	40,1	42,9	45,6	50,8	55,9	60,8	63,6

Quelle: Statistisches Bundesamt (2006); eigene Modellrechnungen

Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Entwicklungen für den Neubau sowie für die demographische Wanderungsbewegung zwischen Alten und Neuen Bundesländern ergibt sich die in Tabelle 6.5 aufgezeigte differenzierte Wohnflächenentwicklung. Demnach gehen die Bestands-Wohnflächen bis 2050 durch Abriss insgesamt um 19 % gegenüber 2005 zurück, wobei der prozentuale Rückgang in den NBL fast doppelt so hoch ausfällt wie in den ABL. Dennoch steigt die gesamte Wohnfläche bis 2050 als Folge intensiver Neubautätigkeiten um etwa 41 % an und demzufolge steigt bis dahin der Anteil der Neubauten an der gesamten Wohnfläche auf gut 40 % (Abbildung 6.2).

Tabelle 6.5: Wohnflächenentwicklung [Bestände in Mio. m²]

Jahr	2005	2010	2015	2020	2030	2040	2050	2000 2050
ABL	2.754,6	2.718,3	2.699,2	2.680,1	2.598,1	2.459,1	2.292,9	-16,8 %
NBL	546,7	518,8	506,9	494,9	467,9	429,9	367,2	-32,8 %
Zwischen-summe	3.301,3	3.237,3	3.206,1	3.175,0	3.066,0	2.889,1	2.660,1	-19,0 %
Abriss (kumuliert)		64,1	95,.2	126,3	235,3	412,2	641,1	
Neubau	-	228,0	441,0	660,0	1.106,0	1.552,0	1.998,0	
Summe	3.301,3	3.465,2	3.647,1	3.835,0	4.172,0	4.441,1	4.658,1	+41,1 %

Quelle: Statistisches Bundesamt (2006); Eigene Modellrechnungen

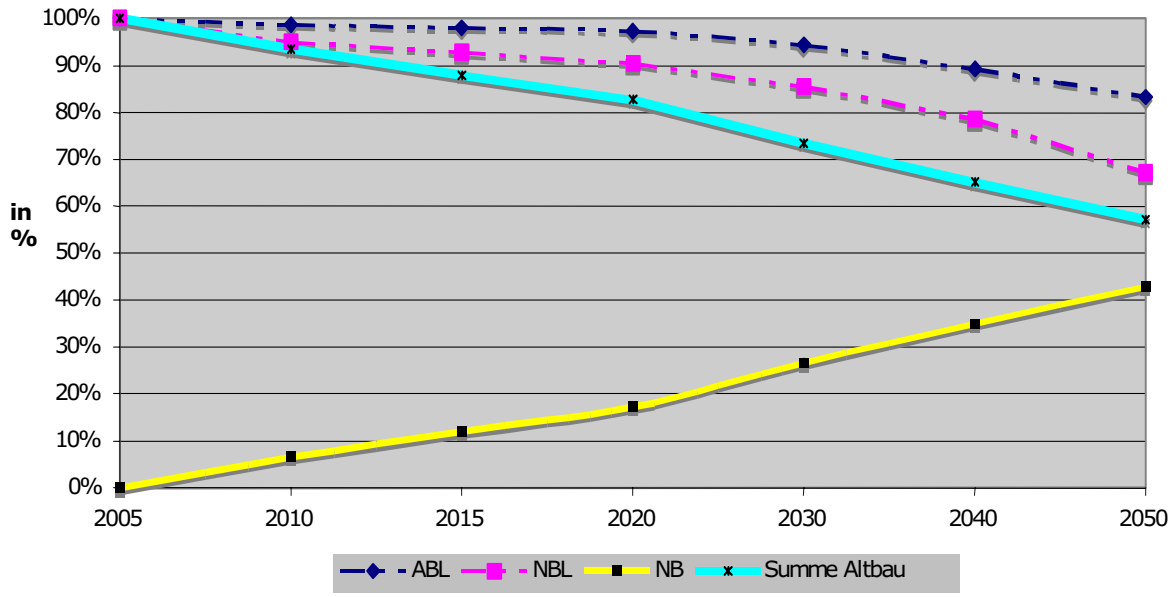


Abbildung 6.2: Entwicklung der Wohnflächenanteile im Altbaubestand (ABL und NBL erbaut vor 2005) sowie im Neubau

Die **Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Umsetzungs-/Sanierungsrate)** verläuft langsam und ist dem Tempo des technischen Fortschrittes nicht angepasst, d.h. die technischen Möglichkeiten werden bei Weitem nicht ausgenutzt. Dies entspricht dem Sanierungsfortschreiten der letzten 30 Jahre. Investitionsrechnungen des Wirtschaftszweiges „Innenausbaugewerbe“ haben ergeben, das die derzeitige Umsetzungsrate von Modernisierungs- und Renovierungsmaßnahmen an Gebäuden zwischen 0,5 und 0,7 % p.a. der Wohnfläche beträgt.

Da weder mit der EnEV 2002 noch mit deren dynamisierten Nachfolgern wie der im Jahr 2009 in Kraft tretenden EnEV 2009, noch mit dem Energiepass als Vertreter harter Maßnahmen, sowie mit weicheren Maßnahmen wie z.B. der Förderung der Energieberatung von Wohngebäuden eine Sanierungspflicht gekoppelt ist, bleiben die Hemmnisse für eine breite Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen im Altbau weiterhin bestehen. Evaluierungen der Programme und Maßnahmen (einschl. der KfW-Kreditvergabe) haben gezeigt, dass die Quote der Mitnahmeeffekte dieser Programme relativ hoch ist[37], d.h. die Wirkung der Sanierungen, die unmittelbar durch die beschriebenen Maßnahmen getätigt wurden, ist (vor dem Hintergrund des großen Sanierungsstaus) marginal. Lediglich durch die Energiespartipps und ‚Vor-Ort'-Beratung im Zusammenhang mit dem Energiepass lässt sich eine leichte Zunahme der Sanierungsraten vermuten. Vor diesem Hintergrund werden szenariospezifisch die in der folgenden Tabelle dargestellten Annahmen zu Umsetzungsraten getroffen.

[37] Vergleiche Öko-Institut (2005), Kleemann (2005), ISI/Öko-Institut/IBP (2005); Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2005); Korytarova, Katarina (2006)

Tabelle 6.6: Entwicklung der Umsetzungsraten in den Szenarien BAU, Effizienz und High Potential bezogen auf jährlich sanierte Wohnflächen [in % pro Jahr]

% p.a.	*Bis 1998*	*1999-2005*	2006-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
BAU-Szenario: Autonome Umsetzungsrate	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
EF-Szenario: Autonome Umsetzungsrate (s.o.) plus Maßnahmen induzierte Umsetzungsraten							
+ Energiepass/-beratung	0	0	0,08	0,12	0,4	0,4	0,6
+ KfW CO_2-Gebäude-sanierungsprogramm	0,06	0,2	0,3	0,3	*	*	*
EF-Szenario insgesamt		0,7	1,08	1,22	1,4	1,5	1,5
HP-Szenario: Autonome Umsetzungsrate (s.o.) plus Maßnahmen induzierte Umsetzungsraten							
+ Erweiterte flankierende Maßnahmen zur Umsetzungssteigerung			0,6	0,8	0.8	0,9	1,0
HP-Szenario insgesamt		0,7	1,68	2	2,1	2,4	2,5

Quelle: Rückrechnungen aus den Wohnflächen der geförderten KfW-Mittel[37]; Modellannahme Wuppertal Institut (2006); Energiepassprognose nach BMWA von 0,7 - 1 Mio. Energiepässen pro Jahr

* Annahme, dass die Förderung ab dem Jahr 2021 durch die KfW in andere Maßnahmen (Gesetzliche Regelungen, Mindeststandards usw.) übergegangen sind.

6.2.2 Ergebnisse der Szenarienrechnung

Für die drei zuvor beschriebenen Szenarien wurden jeweils für den Zeitraum 2005 bis 2050 die Entwicklung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs privater Wohnbauten, die dafür benötigten Einsatzmengen an Energieträgern, die mit den unterstellten Sanierungsstrategien verbundenen (Mehr-)Kosten sowie die resultierenden jährlichen CO_2-Emissionen berechnet und analysiert. Die Ergebnisse werden nachfolgend sukzessive vorgestellt. Um diese Ergebnisse und zugehörigen Entwicklungen in den einzelnen Szenarien folgerichtig zu interpretieren, sind die nachstehenden – teilweise sich gegenseitig aufhebenden – Teilentwicklungen zu unterscheiden und beachten:

Tabelle 6.7: Überblick über relevante Einflussgrößen, ihre tendenziell Wirkung und ihre Berücksichtigung in den Szenarien

↓	Der **Abriss** im Altbaubestand senkt die erforderliche Nutzenergienachfrage bezogen auf das Basisjahr (2005), d.h. jedes Gebäude, das aus dem Bestand entnommen wird, wird im unsanierten Zustand abgerissen.	Ceteris paribus
↓	Die **Sanierung** des Altbaubestandes senkt die erforderliche Nutzenergienachfrage im Zeitpunkt des Bilanz- oder Stützjahres.	Variabel
↑	Der Neubau steigert die erforderliche Nutzenergienachfrage durch die hinzukommende **Wohnflächenentwicklung**.	Variabel
↓↑	Die **sinkende Bevölkerungsentwicklung** bewirkt prinzipiell eine sinkende Nutzenergienachfrage pro Person. Bei zugleich **sinkenden Haushaltsgrößen**, aber gleich bleibenden bzw. steigenden Wohnflächen und Komfortansprüchen entsteht dagegen ein (über-)kompensierender Effekt.	Ceteris paribus
↑	Durch **Substitution** von Einzelraum- bzw. Etagenheizungen durch Zentralheizungen steigt der so genannte Benutzungsumfang. D.h. durch den steigenden Komfortanspruch werden die Räume einer Wohnung häufig nicht mehr bedarfsorientiert sondern gleichermaßen geheizt. Dadurch steigt die Endenergienachfrage trotz verbessertem Wirkungsgrad der Heizungsanlage.	Ceteris paribus
↓	Durch die Erneuerung und Substitution von Heizungsanlagen werden i.d.R. deutlich verbesserte **Wirkungsgrade** erzielt und Endenergie eingespart.	Variabel

Anmerkungen: ↓ verringernde Wirkung; ↑ erhöhende Wirkung

Entwicklung von Nutz- und Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser im Szenariovergleich

Aufgrund der unterschiedlich ambitionierten Sanierungsstrategien und –tiefe sowie Einsatzstrategien für erneuerbare Energien zeigen sich aufgrund der verschiedenen, gewählten Strategien insbesondere langfristig (bis 2050) aber auch bereits mittelfristig (bis 2020) zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Bedarfsentwicklungen der Szenarien (siehe Abbildung 6.3).

Im Trendfall – **BAU-Szenario** – kann der gesamte Endenergiebedarf für Raumwärme (RW) und Warmwasser (WW) um 13 % bis 2020 und um 41 % bis 2050 – jeweils ggü. 2005 – reduziert werden. Ab 2020 werden im Vergleich zum Zeitraum bis 2020 schneller bzw. größere Einsparungen realisiert, da ab dann zum einen etwas höhere Umsetzungsraten zum Tragen kommen sowie zum anderen auch der Beitrag durch Abrisse ansteigt und zwischen 2030 und 2050 etwa gleich hoch wie der Sanierungsbeitrag ausfällt. Dabei kann durch Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen im RW-Bereich – vor allem absolut als aber auch relativ betrachtet – deutlich mehr Endenergie (-42 % oder 894 PJ/a) eingespart werden als im WW-Bereich (-37 % oder 118 PJ/a), da die technischen Einsparpotenziale dort höher sind. Die Einsparerfolge bei RW auf der Nutzenergieseite teilen sich zudem wie folgt auf: Eine Verringerung der benötigten Nutzenergie durch Wärmedämmmaßnahmen (-29 % bzw. 607 PJ/a) und durch Abriss (-6 % bzw. 117 PJ/a). Maßnahmen auf der Nutzenergieseite entfalten demnach bereits im BAU-Szenario eine größere Wirkung als die systemische Verbesserung von Heizungsanlagen.

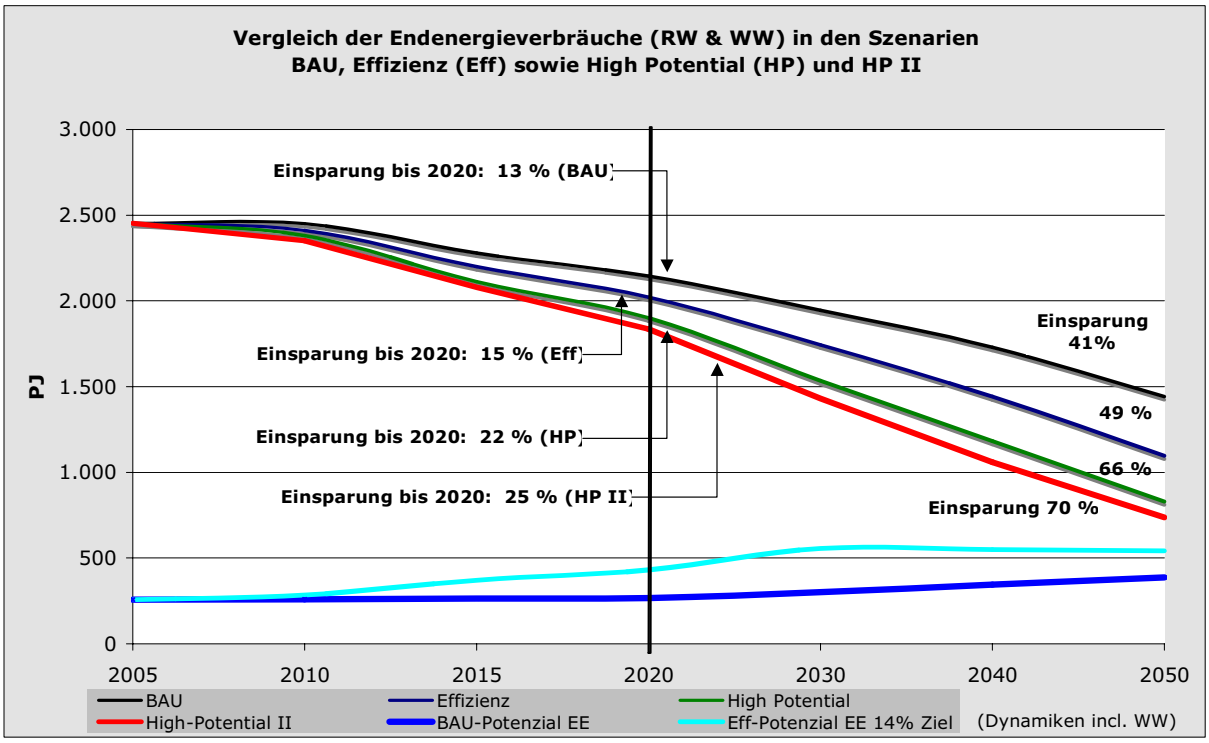


Abbildung 6.3: Szenario-Vergleich der Endenergiebedarfs-Entwicklung für Raumwärme (RW) und Warmwasser (WW) für 2005 bis 2050 sowie der Potenziale der erneuerbaren Energien in den Szenarien BAU und Eff

Im Fall des **EF-Szenarios** lassen sich bis 2020 im Unterschied zum BAU-Szenario „nur" moderate Verbesserungen (4 %-Punkte) hinsichtlich der Endenergieeinsparung realisieren, obwohl bis dahin bereits eine um etwa 50 % höhere Sanierungsrate bei ansonsten gleichen Bedingungen unterstellt wurde. Dies zeigt, wie wichtig eine noch deutlich ambitioniertere Sanierungsrate ist, um schneller eine größere Wirkung entfalten zu können. Langfristig betrachtet trägt sie allerdings – zusammen mit höheren Bauteilanforderungen an den Neubau und anlegbaren Energiepreisen – zu einer nennenswerten zusätzlichen Absenkung des Endenergiebedarfs um etwa 14 %-Punkte bis 2050 im Vergleich zu BAU bei. Diese zusätzlichen Erfolge basieren dabei allein auf energetischen Verbesserungen im RW-Bereich, da die Entwicklungen im WW-Bereich für alle Szenarien nahezu gleich verlaufen. Die Einsparungen im RW-Bereich teilen sich im EF-Szenario auf in: Eine Verringerung der benötigten Nutzenergie durch Wärmedämmmaßnahmen (-47 % bzw. 968 PJ/a) und durch Abriss (-6 % bzw. 117 PJ/a) sowie endenergetisch wirksame Substitutions- und Modernisierungsmaßnahmen von Heizungsanlagen in Höhe von -58 % bzw. 1.233 PJ/a. Fazit: Maßnahmen auf der Nutzenergieseite entfalten hier demnach verglichen mit dem BAU-Szenario noch eine größere Wirkung als die systemische Verbesserung von Heizungsanlagen.

Im **HP-Szenario** können dagegen – in beiden Varianten – bereits bis 2020 zusätzlich deutlich größere Einsparungen an Endenergie gegenüber BAU- (9-12 %-Punkte) und EF-Szenario (7-10 %-Punkte) erzielt werden. Maßgeblich hierfür sind zunächst im wesentlichen die ggü. EF um bis zu 64 % weiter erhöhte Sanierungsrate sowie gut zwei Cent/kWh höher angelegten Energiepreise[38]. Die Verringerung des Endenergiebedarfs wird dann ab 2020

[38] Demnach sind für 8,8 ct/kWh schon 93 % des technischen Einsparpotenzials von maximal 1.330 PJ bis 2050 bei gegebenen Umsetzungsstandard betriebswirtschaftlich erreichbar.

zusätzlich durch erhöhte Bauteilanforderungen an Neu- und Altbauten (Passivhausstandard) noch forciert, so dass durch die zugrunde gelegten HP-Strategien der Endenergiebedarf in 2050 weiter um 25-29 %Punkte ggü. BAU und 11-15 % Punkte ggü. EF gesenkt werden kann. Auch diese zusätzlichen Erfolge basieren allein auf energetischen Verbesserungen im RW-Bereich, die sich bezogen auf die Gesamteinsparung wie folgt aufteilen: Eine Verringerung der benötigten Nutzenergie durch Wärmedämmmaßnahmen (-68 % bzw. 1.279 PJ/a) und durch Abriss (-6 % bzw. 117 PJ/a) sowie endenergetisch wirksame Substitutions- und Modernisierungsmaßnahmen von Heizungsanlagen in Höhe von -70 % bzw. 1.500 PJ/a. Im HP-Szenario wirkt sich die hohe Sanierungsqualität (d.h. stufenweise Verschärfung der Altbausanierung auf Passivhausstandard) am stärksten von allen Szenarien auf den Nutzenergiebedarf aus, so dass ein gleichmäßiger Verlauf von Nutz- und Endenergie (sowie Emissionsreduktion) in Verbindung mit dem Einsatz erneuerbarer Energien entsteht.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Fall der szenarioinhärente Variantenvergleich zwischen HP-1 und HP-2, die sich von der Strategie her zunächst „nur“ hinsichtlich ihres Einsatzumfanges an Erneuerbare Energien unterscheiden. Dadurch kann in HP-2 der resultierende Endenergiebedarf in 2050 – bei gleichem Nutzenergieniveau – um weitere vier Prozentpunkte oder etwa 100 PJ gegenüber HP-1 gesenkt werden. Diese Reduktion ist vor allem durch eine damit verbundene mögliche stärkere Substitutionsertüchtigung von Heizungsanlagen im Altbaubestand (und deren Wirkungsgraderhöhung) zurück zu führen.

Entwicklung der Häufigkeitsverteilung der spezifischen Energieverbräuche im Wohngebäudebestand

Die nachfolgende Abbildung stellt die Entwicklung der spezifischen Energiebedarfe in den Szenarien dar, die durch Einsparmaßnahmen erreicht wurden (als Häufigkeitsverteilung dargestellt, normiert auf die Wohnflächenverteilung im Gebäudebestand). Die Ist-Kurve spiegelt die heutige Verteilung des Baubestandes wider (Stand des Basisjahres 2005) sowie zum Vergleich dazu die diejenigen des BAU-, EF und HP-Szenarios im Zieljahr 2050. Dadurch wird ersichtlich wie sich die Verteilungen aufgrund der verschiedenen Szenariostrategien in Richtung niedrigem Energiebedarfs verschieben.

Bei der Analyse der Gebäudetypen zeigt sich folgendes Bild: Der **Status quo (Ist-Kurve)** des deutschen Baubestandes zeigt eine inhomogene Durchmischung. Eindeutige Zuordnungen von Gebäude-Größen/-altersklassen und Energieverbräuche, wie auch Anteile am deutschen Baubestand und Energieverbrauch/Größenklassen sind kaum möglich. Wesentlicher Einflussfaktor für die Durchmischung der Bausubstanz waren für den Einfamilienhaus- wie auch den Mehrfamilienhausbereich die zwei Kriegs- und Wideraufbauphasen. Der durchschnittliche spezifische Energiebedarf im Bestand liegt bei 181 kWh/m^2, wobei die Bandbreite von 79 kWh/m^2 bis 412 kWh/m^2 reicht.

Durch die (autonome) Sanierung im **BAU-Szenario** sind die Bedarfsmengen (rote Kurve) deutlich nach links verschoben, wobei sich durch einheitliche Sanierungsstandards die jeweiligen spezifischen Verbräuche deutlich verdichtet haben. Ihr durchschnittlicher Bestandsverbrauch ist nach der Sanierung auf 90 kWh/m^2 und damit auf die Hälfte des Bestandswertes gesunken. Allerdings gibt es immer noch eine hohe Bandbreite aufgrund nennenswerter Anteile von Gebäuden mit hohen spezifischen Verbräuchen bis über 400 kWh/m^2 (energieintensiver Ausläufer der Verteilung).

Durch die Maßnahmen im **Effizienz-Szenario** findet eine weitere Linksverschiebung sowie Glättung der Kurve in den hinteren, energieintensiveren Bereichen statt, so dass das gewich-

tete Mittel dort bei ca. 56 kWh/m^2 liegt. Der Kurvenverlauf ist im Gegensatz zu den zuvor dargestellten Szenarien nun homogener, was aus einer deutlichen Steigerung der Effizienz im Altbaubestand resultiert.

Wesentlich für die Bewertung des Szenarios **‚High-Potential'** ist einmal die Tatsache, dass sich das gewichtete Mittel der Verbrauchskennwerte nochmals um durchschnittlich 3 kWh/m^2 Richtung energiearme Gebäude verschieben läßt. Dem liegt ferner zugrunde, dass sich die Anteile auf wenige Standards deutlich verstetigt haben und somit das wirtschaftliche Einsparpotenzial zwischen Ist-Bestand und High-Potential auf rund 70 % gesteigert wurde. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass diese Steigerung zu sekundären Effekten hinsichtlich weiter gesenkter Wärmeleistungsbedarfen in den Baukörpern führt, was der Anwendung von Heizungssystemen, die durch erneuerbare Energiequellen betrieben sind, und damit einer Verzahnung von EE und EF entgegen kommt.

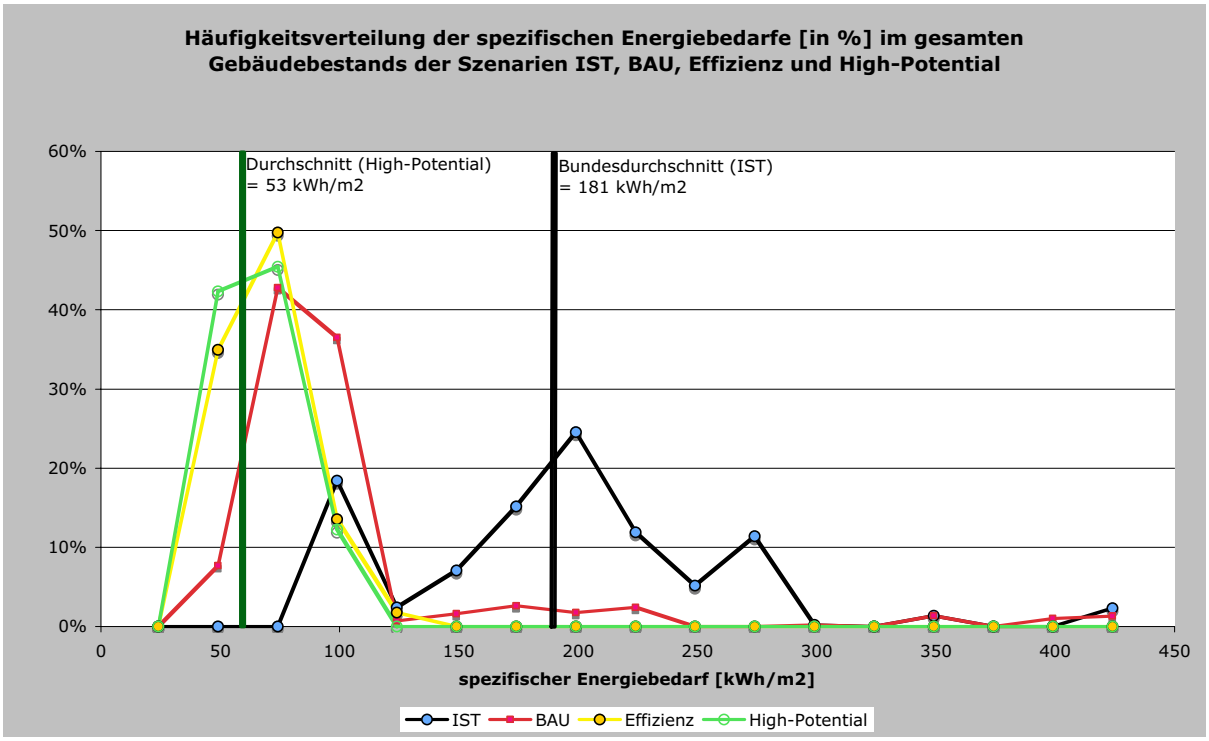


Abbildung 6.4: Häufigkeitsverteilung des spezifischen Energiebedarfs im gesamten Gebäudebestand nach Szenarien im Zieljahr 2050 und im Vergleich zum Status-quo

Sanierungskosten in den Szenarien BAU, Effizienz und High-Potential

In Tabelle 6.8 sind die kostenseitigen Ergebnisse dargelegt, die allein durch die wärmetechnischen Maßnahmen in den Szenarien entstanden sind.[39] Im oberen Teil ist die Entwicklung der Einsparungen aufgetragen. Sie macht deutlich, dass im **Bau-Szenario** insgesamt 465 PJ an Nutzenergie durch Gebäudesanierungen im Altbaubestand (ohne Abrisse) eingespart worden ist, die zu Kosten von insgesamt 12,6 Mrd. Euro (Mehrkosten) zu erstehen sind. In den Kosten sind nur Maßnahmen berücksichtigt, die bezogen auf die Einzeltechnik (Bauteil)

[39] Kosten auf der Seite der Angebotsseite (Heizungsanlagen, Erneuerbare Energien) konnten in diesem Teil der Studie nicht abgeschätzt werden.

bis zu 4,7 Cent/kWh zu erstehen sind[40]. Werden diese zeit(raum)bezogenen Gesamtkosten mit einem Zinssatz von 4 % annuitätisch auf das Jahr 2005 abdiskontiert, d.h. alle zu den jeweiligen Sanierungszeitpunkten entstandenen Investitionen werden auf den Startzeitpunkt 2005 bezogen, entstehen Jahreskosten von rund 30,7 Mio. Euro bei einer Gesamtinvestition von 5,1 Mrd. Euro.

Im **Effizienz-Szenario** lassen sich durch intensivierte Gebäudesanierungen im Altbaubestand (ohne Abrisse) im Vergleich zum BAU-Szenario zusätzlich jährlich 289 PJ an Nutzenergie einsparen, bei zusätzlichen Mehr-Kosten in Höhe von 14,4 Mrd. Euro. Dabei sind nur Maßnahmen berücksichtigt, die bezogen auf die Einzeltechnik zu 6,7 Cent/kWh zu erstehen sind. Werden die entstandenen Gesamtkosten wieder mit einem Zinssatz von 4 % annuitätisch auf das Jahr 2005 abdiskontiert, entstehen annuitätische Jahreskosten von rund 65,2 Mio. Euro, die damit gut doppelt so hoch liegen wie im BAU-Szenario.

Tabelle 6.8: Entwicklung der Sanierungskosten, Barwerte und annuitätischen Jahreskosten in den Szenarien BAU, Effizienz sowie High-Potential

Entwicklung der wirtschaftlichen Kennzahlen im Gebäudebereich privater Haushalte			
Einsparung in [PJ] durch Gebäudesanierungen in den Szenarien			
	BAU	**Effizienz**	**High-Potential**
ABL	272	605	1.008
NBL	193	149	216
Summe	465	754	1.224
Mehrkosten in 1.000 € für den Zeitraum 2005 - 2050			
ABL	10.983.183	23.430.791	98.948.361
NBL	1.678.200	3.580.160	13.413.965
Summe	12.661.383	27.010.951	112.362.326
Barwerte in 1.000 €			
Abdiskontiert auf 2005	5.138.014	10.910.917	44.861.545
Annuitätische Jahreskosten für den Zeitraum 2005 - 2050	30.736	65.270	268.367
Version: Energiebalance - 3.1 Quelle: eigene Berechnungen			

Anmerkung: Zins (real) = 4 %

Im **HP-Szenario** können bis 2050 insgesamt 1.224 PJ an Nutzenergie durch Gebäudesanierungen im Altbaubestand (ohne Abrisse) und damit im Vergleich zum EF-Szenario zusätzlich 470 PJ eingespart werden. Dies kann zu Mehr-Kosten von insgesamt 112 Mrd. Euro (plus 85 Mrd. Euro ggü. EF-Szeanriio) realisiert werden[41]. Diese Kostenangaben gelten für beide HP-Varianten, da bezogen auf die Nutzenergie jeweils die gleichen wärmetechnischen Maßnahmen durchgeführt wurden. Dabei ist allerdings die Besonderheit zu beachten, dass hier

[40] Das heißt jede kWh, die eingespart werden konnte, liegt unterhalb eines ‚virtuellen' Energiepreises dieser Wirtschaftlichkeitsgrenze.

[41] Die Höhe der Mehrkosten relativiert sich sehr angesichts der derzeitigen Finanzkrise und den öffentlichen Geldern, die zur Rettung von z.B. angeschlagenen Banken aufgebracht werden. Eine entsprechende Investition zur Gebäude-Sanierung würde ein sehr wirksames Konjunkturprogramm darstellen.

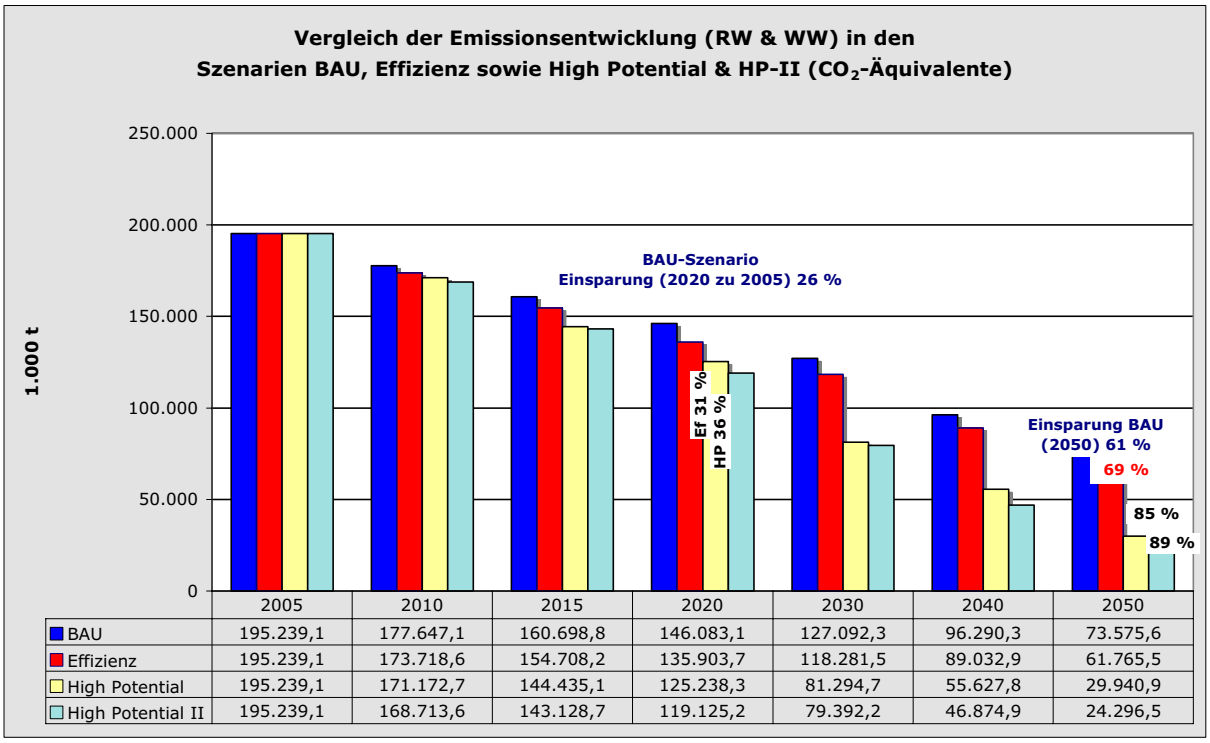
im Gegensatz zum BAU- und EF-Szenario das so genannte **Kopplungsprinzip** verfolgt wurde. Dabei werden auch Einzelmaßnahmen in die Sanierungsstrategie mit einbezogen, die oberhalb des ‚virtuellen' Energiepreises von 8,8 Cent/kWh liegen, deren Gesamtkosten über alle Maßnahmen je Gebäudetyp jedoch unterhalb dieser Wirtschaftlichkeitsgrenze liegen. Werden analog zu oben die Gesamtkosten mit einem Zinssatz von 4 % annuitätisch auf das Jahr 2005 abdiskontiert, entstehen Jahreskosten von rund 268 Mio. Euro, die damit um etwa einen Faktor vier höher als im EF-Fall liegen, bei einer Gesamtinvestitionssumme von 44,8 Mrd. Euro.

Szenariovergleich der CO_2-Emissionen

Wie die Entwicklungspfade der Endenergie bereits erkennen lassen, können auch die THG-Emissionen unterschiedlich schnell – bis 2020 relativ moderat und ab dann verstärkt - reduziert werden (Abbildung 6.5). Dabei fällt der verstärkende Effekt im HP-Szenario durch die parallele Intensivierung von Sanierung und EE-Einsatz ggü. BAU- und EF-Szenario besonders hoch aus und führt letztlich zu deutlich höheren THG-Reduktionen um bis zu 28 %-Punkte in 2050.

Das **BAU-Szenario** führt inkl. Primärenergieseite zu einer Verringerung der CO_2-Äuivalente um 26 % bis 2020 sowie um bis zu 61 % bis 2050. Die THG-Emissionen können demnach im Zeitverlauf im Vergleich zur Endenergie um einen Faktor 2 (2020) bzw. 1,5 (2050) stärker reduziert werden. Diese Entwicklung verdeutlicht, dass im Trendfall Maßnahmen zur Heizungsmodernisierung, im Zeitraum 2020-2050 gegenüber einer niedrigen konstanten wärmetechnischen Wohnraummodernisierung, stärker zum Tragen kommen.

Im **Effizienz-Szenario** können demgegenüber die THG-Emissionen durch erhöhte Umsetzungsraten, Sanierungsqualität sowie EE-Einsatz zusätzlich um bis zu 5 %-Punkte bis 2020 und 8 %-Punkte bis 2050 – und damit ebenfalls stärker als die Endenergieeinsparung – verringert werden.



	2005	2010	2015	2020	2030	2040	2050
BAU	195.239,1	177.647,1	160.698,8	146.083,1	127.092,3	96.290,3	73.575,6
Effizienz	195.239,1	173.718,6	154.708,2	135.903,7	118.281,5	89.032,9	61.765,5
High Potential	195.239,1	171.172,7	144.435,1	125.238,3	81.294,7	55.627,8	29.940,9
High Potential II	195.239,1	168.713,6	143.128,7	119.125,2	79.392,2	46.874,9	24.296,5

Abbildung 6.5: Vergleich der Treibhausgas -Emissionsentwicklung in den Szenarien BAU, Effizienz (Ef) sowie High-Potential (HP) & HP-II für die Raumwärme und Warmwasser bis zum Jahr 2050 in [1.000 Tonnen]

Die beiden **HP-Szenariovarianten** ermöglichen darüber hinaus noch viel weitergehende THG- Minderungen: Bis zum Jahr 2020 minus 36 bis 39 % (zusätzlich 5-9 %-Punkte ggü. EF-Szenario) und bis 2050 minus 85 bis 89% (zusätzlich 16-20 %-Punkte ggü. EF-Szenario). Die durch die Variante HP-2 ggü. HP-1 zusätzlich erzielbaren Erfolge resultieren einerseits aus einer verstärkten Vermeidung fossiler Energieträger zu Gunsten CO_2 –ärmerer Energiequellen, zum anderen werden durch die in den Markt drängenden neuen erneuerbaren Energieträger, zunehmend neue Heizungsanlagen und -konzepte eingeführt, die einen höheren Wirkungsgrad als Altanlagen haben. Damit ist indirekt eine Verzahnung von EE und EF verbunden und damit zugleich deren potenzieller Spielraum aufgezeigt.

Fazit Szenariovergleich

Der Vergleich der drei betrachteten Szenarien verdeutlicht, welche ungenutzten Effizienz- und Einspar-Potenziale an Energie und THG-Emissionen gegenüber einer Trendentwicklung bestehen. Durch eine Steigerung der Sanierungsrate (etwa Faktor 1,5), höheren anlegbaren Energiepreisen (Faktor 1,5) und Amortisationserwartungen (Faktor 2,5), erst mittelfristig verschärften Anforderungen allein an Neubauten (Faktor 2,7) und einem verstärktem EE-Einsatz lassen sich der Endenergiebedarf und die THG-Emissionen im EF-Szenario im Vergleich zum Trend um jeweils 8 %-Punkte in 2050 weiter verringern. Bei nochmaliger Steigerung von Sanierungsrate (Faktor 1,7), anlegbarem Preis (Faktor 1,3), Amortisationserwartung (Faktor 1,75) sowie Passivhausvorgaben an Neu- und Altbau ab 2020 lassen sich der Endenergiebedarf und der THG-Ausstoß im HP-Szenario noch um auf 25 bzw. 24 %-Punkte gegenüber Trendbedingungen absenken. In diesem Fall ermöglicht die

Variante 2 mit einem erhöhten EE-Einsatz analog des verfügbaren Potenzials im EF-Szenario noch eine zusätzliche Verringerung um jeweils bis zu 4 %-Punkte.

Von struktureller Bedeutung ist ferner, dass sich beim Übergang von BAU- über EF- zum HP-Szenario zunehmend zusätzliche Ansatzpunkte für den Einsatz erneuerbarer Energien (in Verbindung mit dezentralen Heizungsanlagen/-zentren) und damit für eine Verzahnung von EF- und EE-Maßnahmen ergeben, wenn erst einmal die hohen Wärmeerzeugungsmengen sowie Wärmeleistungsbedarfe heruntergefahren sind. Eine Größenordnung für den potenziellen Spielraum, der dadurch adressiert werden kann, ergibt sich exemplarisch aus dem direkten Vergleich der beiden HP-Varianten.

Ein für den verzahnenden Einsatz von erneuerbaren Energien sowie damit in Verbindung stehende Heizungstechnologien begünstigenden Effekt, entsteht erst durch eine erhebliche Reduzierung der inneren Wärmelasten. Somit können etwa so genannte KfW-40-Häuser (oder besser) mit Vorlauftemperaturen der Heizung von unter 40°C betrieben werden, die einen Einsatz und damit einen zusätzlichen verzahnenden Effekt von Effizienz und Erneuerbaren begünstigen[42].

6.2.3 Offene Forschungsfragen im Bereich der Wirkungsanalyse einer nachhaltigen Maßnahmenstrategie zur Verzahnung von Effizienz- und erneuerbare Energien

Für eine systematische, qualitative und quantitative Untersuchung der möglichen positiven oder auch negativen Wirkungen einer Verzahnung von EE und EF im Gebäudebereich auf Energie- und Emissionsbilanz wäre eine differenzierte Betrachtung (Modellierung) von Gebäuden, Bauteilen, Sanierungsstrategien, Heizungs- und Warmwassertechnik, erneuerbaren Energien und – vorhandener – Infrastruktur erforderlich. Auf einer solchen integralen Basis könnten Ansatzpunkte für Verzahnungen besser identifiziert, analysiert und bewertet werden. Bisherige Untersuchungsansätze fokussieren jedoch bisher in der Regel auf einzelne Bereiche wie z.B. energetische bzw. emissionsseitige Variantenvergleiche von unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen (Nachfrageseite) oder unterschiedlichen Heizungs- und Versorgungssystemen (Angebotsseite).

Zum Beispiel liegt der methodische Fokus des Wuppertal Instituts für spezifische Wirkungsanalysen im Sektor „Bauen & Wohnen“ auf der Sanierungs- und Nachfrageseite. Diesbezüglich können z.B. mittels einer sehr differenzierten Gebäudetypologie (bis zu 44 Typen), die bis auf das Niveau von Wandaufbauten reicht, material- und kostenseitige Effekte sehr differenziert bewerten werden. Mit diesem Modell ist es zum einen möglich Gebäudetypenscharf den Raumwärmebedarf sowie wirtschaftlich realisierbare Energieeinsparpotenziale durch nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen zu bestimmen. Zum anderen lassen sich aus den Angaben der Gebäude- und Wohnungszählungen die Entwicklung des Raumwärmebedarfs und der Emissionen privater Haushalte auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen (Bund, Länder, Gemeinden und Stadtteile) einschätzen. Die Versorgungsseite wird dagegen deutlich einfacher modelliert und bewertet. Umgekehrt gibt es eine Reihe von anderen Modellen, die sehr differenziert den Bereich der Wärmeversorgung von Gebäuden (Heizungstechnik und Infrastruktur) und/oder in diesem Kontext den Einsatz von erneuerbaren Energien unter-

[42] Hierbei ist zudem anzumerken, dass eine integrative forcierte Verzahnungsstrategie die Einbindung von erneuerbaren Energien und deren Heizungstechnologien von der industriellen Vorfertigung (z.B. Gestaltung von Dachelementen usw.) bis hin zur Baustellenorganisation hat.

suchen, dafür aber das/die Gebäude selber und die Sanierungsmöglichkeiten wenig detailliert betrachten.

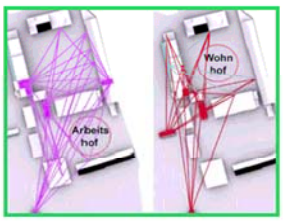
Eine Kopplung von differenzierten Gebäude- und Versorgungsmodellen wäre nicht nur für eine weitere verbesserte Untersuchung von Synergie- und Verzahnungseffekten von EE und EF im Zeitverlauf vorteilhaft, sondern generell für Szenario-Analysen zur Entwicklung von Energiebedarf und Treibhausgas-Emissionen, da dadurch der Lösungs- und Optimierungsraum erweitert werden könnte. Für eine solche Kopplung müssten zunächst geeignete Modelle identifiziert und ein Konzept für die Kopplung bzw. gegenseitige Integration erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang könnten bzw. sollten direkt neue Anforderungen, die sich z.B. durch die Einführung – und (Weiter-)Entwicklung – neuer Gebäude- und (dezentraler) Heizungstechnologien ergeben und die die systemaren Zusammenhänge für Energiebedarfs- und Emissionsanalysen verändern, Berücksichtigung finden. Dies spielt u.a. bei den folgenden Betrachtungen für eine effektive Versorgungsalternative eine besondere Rolle:

- Kombination von Alt- und Neubau etwa bei Baulückenschließungen
- Gewinnung von passiver Solarenergie (Verschattung/Ausrichtung von Siedlungen)
- Bildung von Heizzentralen
- Verteilung von Wärmegewinne
- Konstantere Nachfragemengen durch „Siedlungs-Lastmanagment“ (Wärme/Strom)

In diesem Zusammenhang stellt sich eine weitere wesentliche Forschungsfrage, die sich im Projektverlauf eröffnet hat, aber nicht bearbeitet werden konnte: Welche zusätzlichen Synergie- und Verzahnungseffekte sind nutz- und instrumentell adressierbar, wenn die Betrachtung von einzelnen Gebäuden oder relativ homogenen (Neubau-)Siedlungen auf Stadtteile oder Quartiere erweitert würde? Welche neuen Sanierungs- und Versorgungsstrategien können hier vorteilhaft zum Einsatz kommen? Diese systemerweiternde Fragestellung könnte weitere wichtige Erkenntnisse offen legen wie zum Beispiel:

- Ob durch eine systemübergreifende Analyse, d.h. über dem Fokus von Einzelgebäuden hinaus, Effekte und Entwicklungen deutlich gemacht werden können, die mit bisherigen Analysemethoden (Modellen/Realitätsausschnitten) nicht abbildbar waren und die über den üblichen Energieansatz hinausgehen?
- Können durch die o.g. Neukonzipierung des „Gebäude- und Siedlungsansatzes“ auch Fragestellungen integriert werden, die verkehrliche und infrastrukturelle Aspekte berücksichtigen?

Exkurs: Siedlungssanierung: 2. Platz im Wettbewerb „Energiebalance – Gut verzahnt geplant“ (aus der Wettbewerbsbroschüre, Download www.ifeu.de/energiebalance)



Erneuerbare plus Energieeffizienz

Stadtgut Blankenfelde – Sanierung nach dem Modell der 2000 Watt Gesellschaft

THP Architekten, Andreas Hoffmann, 2. Preis Wettbewerb Energiebalance

Projektbeschreibung:

Mit der Sanierung eines unter Denkmalschutz stehenden und 18 Gebäude umfassende Ensembles aus dem 18. Jahrhundert will der Verein Stadtgut Blankenfelde e.V. einen emmissionsfreien Wohn-, Lern und Arbeitsraum schaffen. Dabei ist das vorrangige Ziel, den personenbezogenen Primärenergieverbrauch einer kleinen überschaubaren Gemeinschaft auf den weltweiten Durchschnittswert von 2.000 Watt zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein Konzept erstellt, welches neben individuellen Detaillösungen zur ambitionierten Gebäudehüllensanierung für jedes einzelne Gebäude die Nutzung erneuerbarer Energien zur zentralen Energieversorgung vorsieht. Die kombinierte Nutzung von Sonnenenergie und Biomasse, ein nachhaltiges Wasserversorgungs- und Entsorgungskonzept sowie die gemeinsame und effiziente Nutzung von Nebennutz- und Büroflächen sind integraler Bestandteil des ambitionierten Projektes und ermöglichen eine erhebliche Reduzierung des Energiebedarfs. Ziel ist es, in der Gesamtbilanz eine CO_2-Neutralität zu erreichen.

2007 wurde das Konzept fertiggestellt. 2008 konnte mit den dynamischen Simulationen des Wärmebedarfs, dem Einholen der baurechtlichen Genehmigungen und mit weiterer Offentlichkeitsarbeit begonnen werden. Bis Ende des nächsten Jahres (2009) sollen zumindest die Sanierung der Gebäudehüllen umgesetzt und die Energieversorgung des gesamten Stadtguts sichergestellt sein.

Wort der Jury

"Mit großem Engagement möchte der Verein Stadtgut Blankenfelde e.V. vor Ort eine regenerative 2.000 Watt-Gesellschaft realisieren. Die Jury zeichnet hiermit ein anspruchsvolles Projekt aus, dass sowohl Suffizienz – durch gemeinschaftliche und umsichtige Nutzung von Rohstoffen, Räumen und Geräten – als auch Hocheffizienz – selbst unter den schwierigen Bedingungen des Denkmalschutzes – im Rahmen eines CO_2-neutralen Wärmekonzepts miteinander verbindet. 18 Gebäude – 18 Konzepte: Das Stadtgut demonstriert ein einfühlsames und zugleich ganzheitlich gedachtes Gesamtkonzept."

Maßnahmenkatalog	
Sanierung	
Dämmung	
Gebäude mit:	
Sichtmauerwerk	• Innen (U = 0,11 W/m²K)
verputzten Wandflächen	• Innen (U = 0,12 W/m²K)
Sekundärgebäude	• Außen (U = 0,10 W/m²K PH-Qual)
Fenster	
Gebäude mit:	
Sichtmauerwerk	• W.schutzvergl. mit drehbaren Vakuumdämmläden
verputzten Wandflächen	• Doppelkastenfenster (innen Winterfenster, außen W.schutzvergl.)
Sekundärgebäude	• Passivhausfenster
Wärmeeinsparungen	• - 93 %
Energieversorgung	
Solarthermie (ca. 100 m²)	• 65 – 70 %Warmwasser (WW) • 35 – 40 % Heizwärme (HW)
Restwärmebedarfdeckung: mit Biomasse (Biogas oder Holzhackschnitzel) und KWK	• 26.000 kWh_h/a WW • 47.000 kWh_h/a HW • 29.000 kWh_e/a (30 %)
PV- Anlage	• 60 kWp (300 m²)
Strombedarf Maßnahmen	• - 52 % • Eff. Nutzung von el. Geräten • Eff. Nutzung von Funktionsbereichen (Büros, Lagerräume etc.)
CO2 – Bilanz	• - 23 t/a
Wasserbedarf Wasserentsorgung	• - 54 % auf 46 l pro Person u. Tag • eigene biologische Behandlung
• Primärenergieverbrauch 80 – 100 kWh/m²a • Amortisationszeit der energiesparbedingten Mehrkosten 10-14 Jahre	

Der Gewinner:
Dipl.-Ing. AKB Andreas Hoffmann, THP Architekten
Fehrbelliner Straße 30, 10119 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 – 4849 4242 info@thparchitektur.de

Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Kooperation mit BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.
Medienpartner VDI nachrichten
Projektteam Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH ifeu

6.3 Erneuerbare Energien effizienter nutzen: Effizienzsteigerung bei erneuerbaren Energieanlagen

Auch die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien muss sich hinsichtlich ihrer Effizienz messen lassen. Hier ist zum einen zu unterscheiden zwischen

- Solaranlagen und tiefe Geothermie, die keinen Haupt-Brennstoff benötigen, sondern lediglich zum Betrieb von Peripherie-Aggregaten (Pumpen, Regelung, etc.) Hilfsenergie beziehen;
- Wärmepumpen, die in beträchtlichem Maß Gas oder Strom zur Nutzung der Umweltwärme benötigen und
- Biomasse-Anlagen, die einen zwar erneuerbaren und klimafreundlichen, aber dennoch begrenzt vorhandenen Brennstoff einsetzen.

Bei allen Anlagentypen sind Verbesserungen der Effizienz möglich. Diese Effizienzsteigerungen lassen sich folgendermaßen gliedern:

Kategorie 1: Steigerung des primärenergetischen Nutzungsgrades durch Wechsel von primärenergieintensiven Endenergieträgern auf bessere (Beispiel Elektro-Wärmepumpe → Gas-Wärmepumpe)

Kategorie 2: Steigerung des Anlagen-Nutzungsgrades beispielsweise durch Brennwertnutzung bei Biomasse-Kesseln oder Kraft-Wärme-Kopplung

Kategorie 3: Senkung des Hilfsenergiebedarfs (Beispiel effiziente Pumpen bei Solaranlagen)

Das Energiebalance-Team hat aus jeder dieser Kategorien jeweils ein Beispiel herausgegriffen und einer Analyse unterzogen. Vor allem neue, noch nicht weitgehend am Markt etablierte Technologien, die einen Verzahnungsaspekt aufweisen, werden in den folgenden Kapiteln unter verschiedenen Gesichtspunkten beschrieben. Damit sollten Aussagen zu diesen Technologien getroffen werden, in wie Fern diese bereits einsatzbereit sind, welche wesentlichen Vorteile sie gegenüber Referenzsystemen aufweisen und wie sich die Verzahnung dieser Technologien auswirkt. Zudem werden Empfehlungen definiert, ob und in welcher Form diese Technologien weiter forciert werden können, um bestehende Lücken dadurch schließen zu können.

Analysiert werden für Kategorie 1 die Gas-Wärmepumpe (Kapitel 6.3.1), für Kategorie 2 die dezentrale (Mikro-KWK) mit fester Biomasse (Kapitel 6.3.2) und für Kategorie 3 besonders effiziente Heizungspumpen (Kapitel 6.3.3).

Exkurs: 3. Platz im Wettbewerb „Energiebalance – Gut verzahnt geplant“ (aus der Wettbewerbsbroschüre, Download www.ifeu.de/energiebalance)

Erneuerbare plus Energieeffizienz

Passivhausschule Riedberg

Hochbauamt Frankfurt, Axel Bretzke, 3. Preis in der Kategorie Gebäude

Projektbeschreibung:

Ende 2004 wurde die erste Grundschule in Passivhausweise eingeweiht. Dem voraus gingen intensive Kosten- und Nutzenabwägungen eines solchen Baustandards im Nichtwohnbereich. Die Mehrkosten gegenüber dem bis dahin üblichen EnEV–30 % Standard wurden mit rd. 5 % angegeben, was einer Amortisationszeit von etwa 10 Jahren entspricht.

Bei der Planung und Umsetzung des Gebäudes wurden konsequent Passivhauskomponenten eingesetzt und so ein Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a und ein Primärenergiebedarf von 59 kWh/m²a erreicht. Die Wärmeversorgung der Schule, Turnhalle Kita, Vollküche und Speisesaal wird über zwei 60 kW Pelletkessel sichergestellt. Zu Spitzenlastzeiten werden die Klassenräume neben der mittels Wärmerückgewinnung vorerwärmten Zuluft und der hohen Wärmeabgabe durch die Schüler (1,5 – 2 kW) mit einem Heizkörper pro Raum erwärmt. Diese Variante stellte sich, im Vergleich zur sonst üblichen Zuluferwärmung mittels Gruppenheizregister, als die kostengünstigere und leichter regelbare heraus. Die Zuluft wird über Weitwurfschlitze gleichmäßig im Raum verteilt und durch die Flure mit zentraler Absaugung nach außen abgeführt. Bei einer Luftwechselrate von 15 m³/h*Pers. bzw. zweifachen Luftwechsel/h sind anders als bei Fensterlüftung im Winter ausreichend niedrige CO_2-Konzentrationen in den Klassenräumen geräusch- und zugluftfrei gewährleistet. Die schwere Bauweise des Gebäudes garantiert ausreichend Speichermasse, um auch im Sommer angenehme Lernbedingungen zu ermöglichen. Die tagsüber zwischengespeicherte Wärme kann nachts über Lüftungsklappen passiv bzw. per Sommerbypass über die Lüftungsanlage aktiv nach Außen abgeführt werden. Die stromsparende elektrische Ausstattung und Beleuchtung runden das energetische Gesamtkonzept des Gebäudes ab. Durch die Ausführung in PH-Bauweise werden also nicht nur die Betriebskosten und Umweltwirkungen erheblich reduziert, sondern auch bessere Lernbedingungen für die Schülerinnen und Schüler geschaffen.

Wort der Jury

„Zu geringen Mehrkosten von nur 5 % wurde die Schule Riedberg als Passivhaus in Kombination mit erneuerbaren Energien realisiert. Sie ist damit erfolgreicher Vorreiter und zugleich Maßstab für künftige öffentliche Neubauten in der Stadt Frankfurt am Main geworden. Neue öffentliche Gebäude dürfen in Frankfurt aufgrund der positiven Erfahrungen aus diesem Projekt nur noch in Passivhausstandard ausgeführt werden. Der Stadt ist es damit gelungen, ein innovatives Projekt im Nichtwohngebäudesektor mit großer Breitenwirkung zu realisieren.“

Maßnahmenkatalog	
Dämmmaßnahmen Außenwände: Dach: Kellerdecke: Fenster:	 • 0,16 W/m²K • 0,11 W/m²K • 0,34 W/m²K • 0,74 W/m²K
Wärmeversorgung	• Vollautomatische Holzpelletkessel 2 x 60 kW • pro Raum ein Heizkörper
Lüftung, Wärmerückgewinnung	• 3 Lüftungsanlagen (2 x 4800 m³/h, 1 x 2800 m³/h) • 3 weitere Anlagen für Küche, Speisesaal u. Turnhalle • Hocheffiziente Wärmerückgewinnung (84 %) • Volumenstromregler, z.T. mit CO_2 - Mischgasfühler
Energieverbrauch Heizwärme Strom Primärenergiebedarf	 • 15 kWh/m²a • 33 kWh/m²a • 59 kWh/m²a
Baukosten	• Investitionskosten 16,7 Mio € inkl. Kita und Turnhalle (Energiebezugsfläche 5540 m²)
Weiters	• PV Anlage mit 30 kW_p

Der Gewinner:
Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Axel Bretzke
Gerbermühlstraße 48, 60594 Frankfurt am Main
Tel.: +49/69-21238697
E-Mail: axel.bretzke@stadt-frankfurt.de

Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Kooperation mit BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Medienpartner VDI nachrichten

Projektteam Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH ifeu

6.3.1 Gas-Wärmepumpen (WP)

Wärmepumpen (im Folgenden WP abgekürzt) funktionieren prinzipiell wie ein Kühlschrank: Sie entziehen der Umgebung Wärme und geben sie auf einem höheren Temperaturniveau wieder ab. Die Wärmequelle kann entweder Luft, Erdreich oder Wasser (Brunnenwasser, Abwasser) sein. Elektrisch betriebene WP etablieren sich insbesondere zunehmend im Neubau und haben in den vergangenen Jahren starke Zuwachsraten aufzuweisen.

Während die Elektro-WP marktreif zur Verfügung steht und zunehmend an Bedeutung gewinnt, befindet sich die Gas-WP für den Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern noch in einer frühen Markteintrittsphase. Für den Bereich größerer Leistungen - z.B. zur Schwimmbadbeheizung und -Entfeuchtung sind gasmotorisch betriebene WP bereits heute verfügbar.

Bei der WP im Allgemeinen können folgende **technische Prinzipien** unterschieden werden:

a) **Kompressions-WP** (Elektro-WP, Gasmotor-WP)

b) **Sorptions-WP** (Absorptions-WP, Adsorptions-WP)

c) **Vuilleumier-WP** (hier nicht weiter betrachtet)

Beiden Prinzipien a) und b) ist gleich, dass bei ihnen mittels Verdampfer einer Wärmequelle Umgebungswärme entzogen wird, die nach Druckerhöhung anschließend im Verflüssiger zur Einspeisung in ein Wärmenetz (Heizwasser und/oder Warmwasser) auf einem erhöhten Temperaturniveau zur Verfügung steht. Der entscheidende Unterschied liegt in der Art der Verdichtung: Während bei der Kompressions-WP ein mechanischer Kompressor (angetrieben über einen Elektro- oder Verbrennungsmotor) zum Einsatz kommt (s. Abbildung 6.6 a), findet bei der Sorptions-WP die Verdichtung auf thermischem Wege über Sorptions- und Desorptionsprozesse statt (s. Abbildung 6.6 b). Bei der Sorptions-WP wird lediglich für den Lösungsmittelkreislauf noch eine elektrische Pumpe benötigt, dessen Stromverbrauch jedoch weit unterhalb des Kompressors einer Elektro-WP liegt.

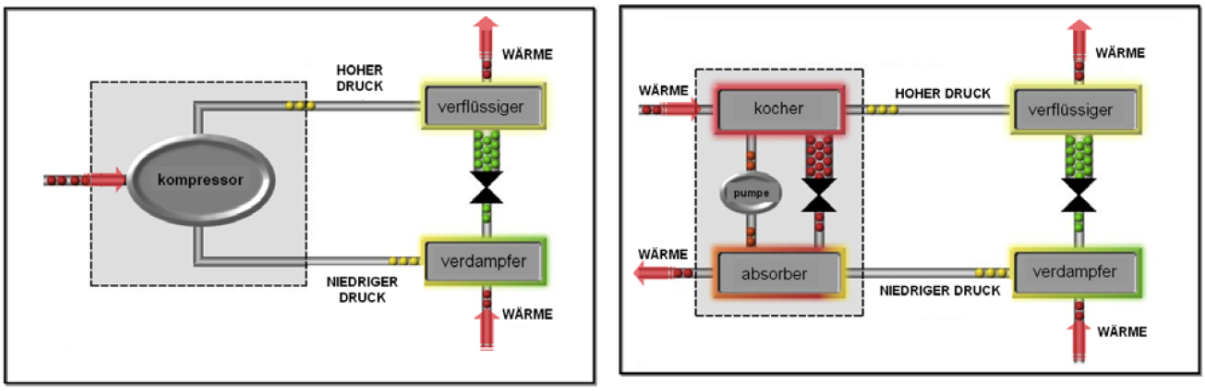


Abbildung 6.6: Prinzipvergleich zwischen a) Kompressions- und b) Sorptions-WP (Robur 2007)

Nach Art des Adsorbens wird bei der Sorptionsanlage noch weiter zwischen Absorptions- und Adsorptions-WP unterschieden: Bei der A**b**sorptionstechnik wird das verdampfte Kältemittel in einer (flüssigen) Lösung (z.B. Ammoniak/Wasser oder Wasser/Lithiumbromid) absorbiert, bei der A**d**sorptionstechnik an der Oberfläche eines Feststoffes (z.B. Zeolithe, Silikagel, Aktivkohle) angelagert. Ein Spezialfall der Absorptions-WP ist die Diffusions-Absorptions-WP (DAWP), bei der auch noch die Lösungsmittelpumpe durch Ausnutzung der freien Konvektion eines Hilfsgases (Helium) ersetzt wird.

Antriebsenergie wird benötigt, um den mechanischen oder thermischen Verdichter anzutreiben, mit dessen Hilfe über einen thermodynamischen Kreisprozess die Nutzung der Umweltwärme erst ermöglicht wird. Bei der mechanischen Variante treibt ein Gas-Motor (anstelle eines Elektromotors bei Elektro-WP) den Verdichter an. Die auf einem relativ hohem Temperaturniveau anfallende Abwärme des Motors wird zusätzlich zu der eigentlich genutzten Umgebungswärme in den Heizkreislauf eingespeist. Bei der Sorptionsvariante (thermische Verdichter) wird Erdgas in einem Brenner verbrannt und die entstehende Wärme für den Regenerationsprozess des Kältemittels genutzt.

Sorptions-WP können auch mit sonstigen Wärmequellen betrieben werden (z.B. industrielle Prozessabwärme, BHKW-Abwärme, Solarenergie). Diese Antriebsquellen werden hier nicht näher betrachtet.

Bei gasbetriebenen WP wird die Effizienz der Anlage über die dimensionslose **Heizzahl** charakterisiert. Sie ist definiert als das Verhältnis von Nutzwärmeleistung (in kW_{th}) zu Brennstoffleistung (Produkt aus Brennstoffmassenstrom und -Heizwert H_i) und ermöglicht den direkten Vergleich mit den Wirkungsgraden konventioneller Heizsysteme. Analog zum Jahresnutzungsgrad (bei Heizkesseln) bzw. zur Jahresarbeitszahl (bei der Elektro-WP) wird die **Jahresheizzahl** definiert als Verhältnis aus Wärmeenergieertrag eines Jahres pro eingesetzter Brennstoffenergie (inklusive elektrischer Hilfsenergie auf Primärenergiebasis).

Vor- und Nachteile der betrachteten Gas-Wärmepumpen

Die **gasmotorisch betriebenen Anlagen**[43] wurden hauptsächlich in Japan entwickelt. Im asiatischen Raum spielen Klimatisierungsanwendungen eine große Rolle. Dies ist der Grund dafür, dass dort bereits frühzeitig - neben elektrisch betriebenen Kühlsystemen - auch Gas-Klimageräte entwickelt wurden, die sowohl zu Kühl- als auch zu Heizzwecken eingesetzt werden können. Laut ASUE (2006) sind weltweit mehr als 600.000 Anlagen im Einsatz, darunter auch einige in Deutschland.

Die italienische Fa. **Robur** bietet für den Leistungsbereich von 35 - 180 kW **Absorptions-WP** an, die wahlweise als reine Heiz- und Warmwasserbereitungsanlagen oder als kombinierte Kühl- und Heizanlagen (Heizbetrieb im Winter / Kühlbetrieb im Sommer) ausgeführt sind. Als Umgebungsenergie kann - wie bei der Elektro-WP - Wärme aus dem Erdreich, der Luft und aus Wasser genutzt werden. Eine dokumentierte Referenzanlage[44] (17 $kW_{Kälte}$/35 $kW_{Wärme}$) wurde z.B. 2006 von der Bayerischen Rhöngas GmbH in Bad Neustadt zur Beheizung und Klimatisierung eines Bürogebäudes der Überlandwerk Rhön GmbH installiert.

Im Gegensatz zu den als marktreif zu bezeichnenden Gasmotor-WP und der Absorptions-WP von Robur befinden sich die für den kleineren Leistungsbereich geeignete DAWP ebenso wie die Zeolith-WP noch im Feldteststadium. An diesen für 2007 und 2008 durchgeführten Feldtests beteiligen sich neben den Herstellern Buderus (Bosch Thermotechnik, Wetzlar) und Vaillant (Remscheid) die Gasversorger e.on Ruhrgas (Essen) und GASAG (Berlin).

In dem Feldtest wird die **DAWP** von **Buderus** (Typbezeichnung Loganova) mit einem Ammoniak-Wasser-Gemisch als Kältemittel und Helium als Hilfsgas (zum Antrieb des Kältemittelkreislaufs) betrieben. Als Wärmequelle dient eine 27 m tiefe Erdsonde. Die WP hat inklusiv

[43] Hersteller: z.B. Aisin / Toyota Group, Mitsubishi Heavy Industries, Sanyo (marktreif), ca. 18 bis 75 kW

[44] S.u. http://www.robur.com/pag_news_dett.jsp?id_news=258&cat=12 (Zugriff 13.02.08)

der Umgebungswärme eine Heizleistung von 3,6 kW. Der Spitzenlastbetrieb wird über ein integriertes Brennwertgerät mit zusätzlichen 19 kW realisiert. Die GASAG gibt ein Energieeinsparpotenzial von 25% gegenüber Brennwerttechnik an (GASAG 2007a). Die DAWP wird derzeit in Einfamilienhäusern in Berlin, Marl, Dorsten, Moers, Essen, Ratingen, Neuss, Fulda und Frankfurt getestet. In dem Feldtest werden in einer ersten Phase (September 2007 bis April 2009) 10 Geräte und in einer zweiten Phase (Juni 2008 bis Dezember 2009) weitere 50 bis 100 Geräte unter Praxisbedingungen getestet (Ruhrgas 2008).

Die auf dem **Adsorption**sprinzip basierende **Zeolith**-Wasser-WP[45] der Fa. **Vaillant** liefert über Solar-Luft-Kollektoren eine Heizleistung von insgesamt 10 kW. Der Jahresnutzungsgrad wird mit 130% und die Energie- und Emissionseinsparungen gegenüber Brennwerttechnik mit 17% angegeben (GASAG 2007b / Vaillant 2005). Die Vor- und Nachteile der einzelnen Gas-Wärmepumpen untereinander werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 6.9: Vor- und Nachteile der verschiedenen Gas-WP-Technologien im Vergleich (eigene Darstellung)

	Vorteile	Nachteile
Gas-Motor-WP	• Marktverfügbar + Anwendungserfahrung vorhanden • Bis zu +10% Effizienzgewinne gegenüber Sorptions-WP • Wärme auf versch. Temperaturniveaus, dadurch flexibel einsetzbar • gute Eignung für Industrie + Gewerbe (sensible Wärme im Abgas mit 600°C → Nutzwärme von 100°C, Kühlwasserwärme → Nutzwärme von ca. 90°C, Kondensationswärme → Nutzwärme von 40 - 50°C, Verdampferwärme i.d.R. zw. 0° und 10°C)	• höhere Schadstoff- und Lärmemissionen (Verbrennungsmotor) • (Derzeit) keine Anlagen für kleineren Leistungsbereich verfügbar • Höherer Verschleiß und regelmäßige Wartungsarbeiten erforderlich
Sorptions-WP (allgemein)	• wenig bewegte Teile → leise (Eignung im Wohngebäudebereich) + wartungsarm • schadstoffarme Verbrennung (vergleichbar mit Brennwertkessel)	• bis zu 10% geringere Effizienz als Gasmotor-WP • (Derzeit noch) höhere Investitionskosten
DAWP	• keine Lösungsmittelpumpe → leise + wartungsarm, kein Hilfsstrombedarf • Prototyp geeignet für kleinen Leistungsbereich (EFH und MFH) • s.a. Vorteile Sorptions-WP (allgemein)	• Derzeit nur Prototyp (im Feldtest) verfügbar • Aufwändigeres Handling für Kältemittel (Ammoniak ist toxisch und brennbar) • s.a. Nachteile Sorptions-WP (allgemein)
Zeolith-WP	• Prototyp geeignet für kleinen Leistungsbereich (EFH und MFH) • Unproblematisches Kältemittel (Zeolithe sind ungiftig und nicht brennbar) • In Verbindung mit Solar-Luft-Kollektor keine Gartenfläche erforderlich • s.a. Vorteile Sorptions-WP (allgemein)	• Derzeit nur Prototyp (im Feldtest) verfügbar • s.a. Nachteile Sorptions-WP (allgemein)

Abgrenzung zu den Referenzsystemen

Zusätzlich zum Vergleich der verschiedenen Gas-WP untereinander ist natürlich der Vergleich zu üblichen Referenzsystemen – hier die Elektro-WP und der Gas-Brennwertkessel –

[45] Zeolithe sind keramikähnliche Feststoffe aus Aluminiumoxid und Siliziumoxid, welche in der Lage sind, unter Wärmeabgabe große Mengen Wasser zu adsorbieren. Unter Wärmezufuhr kann das Wasser wieder ausgetrieben werden (reversibler Prozess). Die ökologisch unbedenklichen Stoffe werden u.a. seit den 1980er Jahren in Waschmitteln zur Wasserenthärtung eingesetzt.

notwendig. Um sich gegen diese Technologien behaupten zu können, muss die Gas-WP ökologische, ökonomische oder sonstige Vorteile aufweisen, die im Folgenden untersucht werden sollen.

a) Abgrenzung zur Brennwerttechnik

Die Gas-Brennwerttechnik gilt heutzutage bei erdgasversorgten Objekten als Stand der Technik. Sie erzielt auf dem Prüfstand einen (heizwertbezogenen) **Wirkungsgrad** von bis zu 109 %. Ihr tatsächlicher **Jahresnutzungsgrad** liegt mit rund 100 % deutlich oberhalb eines modernen Erdgas-Niedertemperaturkessels (ca. 92%) oder eines Heizöl-Brennwertkessels (ca. 95 %).

Wie die roten Balken in Abbildung 6.7 zeigen, weisen die betrachteten Gas-WP etwa 25 % bis 45 % höhere Wirkungs- bzw. Nutzungsgrade auf als das Referenzsystem Brennwertkessel. Die höchste Effizienz erreicht die gasmotorisch betriebene WP, gefolgt von der Absorptions-WP. Auch die für den kleineren Leistungsbereich sich in Entwicklung befindenden DAWP und Zeolith-WP versprechen ebenfalls erhebliche Energieeinsparungen gegenüber der Brennwerttechnik. Das CO_2-Einsparpotenzial gegenüber der Referenztechnologie kann bei den Gas-WP auf ca. 20 % bis 40 % abgeschätzt werden.

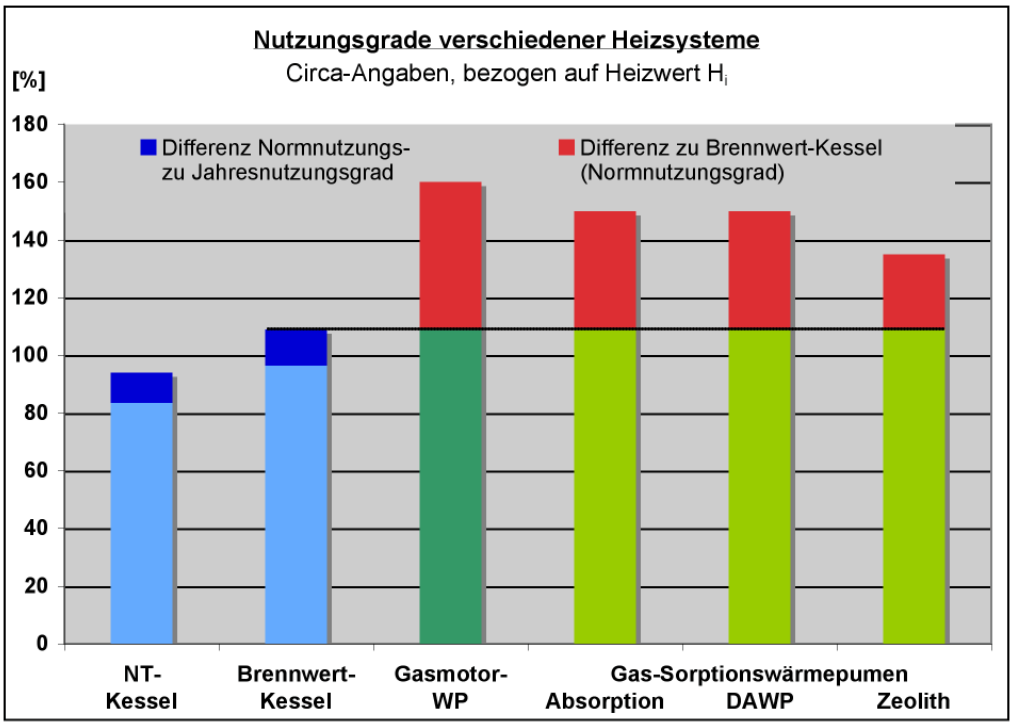


Abbildung 6.7: Nutzungsgradvergleich von Erdgas-Heizkesseln (oberer Wert: theoretischer Normnutzungsgrad / unterer Wert: Jahresnutzungsgrad in der Praxis) mit Gas-Wärmepumpen (nur Normnutzungsgrad) (DBU 2004 / VZN 2007 / BINE 2005 / BINE 2007 / Robur 2006 / Welp 2008 / eigene Abschätzungen)

Der Normnutzungsgrad, welcher die Anlageneffizienz unter Idealbedingungen am Prüfstand charakterisiert, liegt bei einem modernen Gas-Brennwertkessel bei ca. H_s = 98 % / H_i = 109 %[46] und bei einem Öl-Brennwertkessel bei ca. H_s = 98 % / H_i = 104%. In der Praxis kön-

[46] Nach Euronorm EN 437:2003 gilt: H_i = Heizwert, Index „i“ steht für lat. „inferior = unterer“ (ehemals unterer Heizwert H_u) H_s = Brennwert, Index „s“ steht für lat. „superior = höherer“ (ehemals oberer Heizwert H_o)

nen die tatsächlichen, über das Jahr gemittelten Nutzungsgrade jedoch z.T. erheblich von den Normnutzungsgraden abweichen. Eine Felduntersuchung im Auftrag der DBU ergab beispielsweise, dass bei Brennwertgeräten statt des vom Hersteller angegebenen Normnutzungsgrades von 109 % in der Praxis im Mittel nur ca. 96 % erreicht werden (DBU 2004). Ähnliche Ergebnisse erbrachte in Bezug auf die elektrische WP ein im Oktober 2006 gestarteter zweijähriger Feldtest der „Lokale Agenda 21 - Gruppe Umwelt/Energie Lahr“ (Umwelt/Energie Lahr 2008). Auch hier konnte nachgewiesen werden, dass die tatsächlichen Nutzungsgrade z.T. erheblich unterhalb der von Herstellern, Verbänden oder Energieversorgern beworbenen Normnutzungsgrade liegen. Die Angaben in Abbildung 6.7 sind auf theoretische Werte der Normnutzungsgrade beschränkt – sie sind daher eher als optimistische Abschätzung bzw. als Zielwerte zu verstehen.

In Abbildung 6.8 sind erste Praxisergebnisse der e.on Ruhrgas für die DAWP von Buderus / Bosch Thermotechnik dargestellt. Die Nutzungsgrade der Anlagen schwanken im reinen Heizbetrieb zwischen 108 % und 141 %. Im Mittel liegen sie bei 121 % und somit noch deutlich unterhalb der in Abbildung 6.7 dargestellten Zielwerte bzw. unterhalb der auf dem Prüfstand ermittelten Heizzahl von 1,47[47]. Wird die WP zusätzlich zur Heizung auch zur Warmwassererzeugung eingesetzt, verringerte sich im Praxistest der Nutzungsgrad auf 114 % (Bandbreite: 99 % bis 141 %). Dies entspricht einer Absenkung des Nutzungsgrades um knapp 6 % gegenüber dem reinen Heizbetrieb (Ruhrgas 2008).

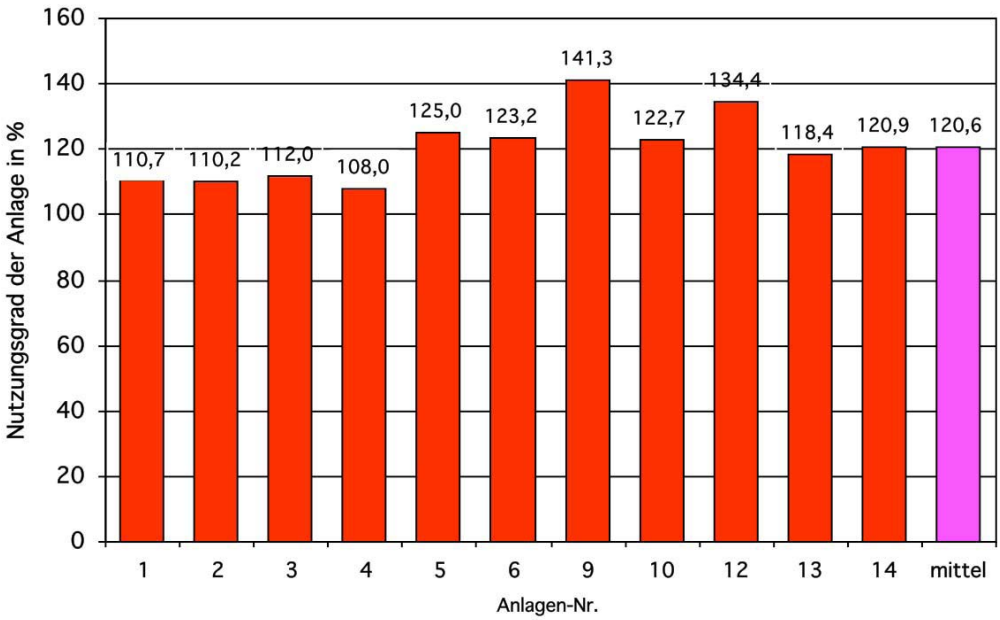


Abbildung 6.8: Thermischer Nutzungsgrad untersuchter DAWP-Anlagen von Buderus / Bosch Thermotechnik GmbH nur Heizbetrieb, ohne elektrische Hilfsenergie (Ruhrgas 2008)

Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass die im EEWärmeG für Gas-WP formulierte Anforderung einer Mindestheizzahl von 1,2 (= Nutzungsgrad von 120%) von der untersuchten DAWP bei reinem Heizungsbetrieb im Mittel nur knapp und bei integrierter Warmwasserversorgung derzeit noch nicht eingehalten werden kann. Da das EEWärmeG zudem die Berücksichtigung des peripheren Stromverbrauchs (Grundwasser- bzw. Soleumwälzpumpe,

[47] Die Heizzahl von 1,47 wurde jedoch bei sehr niedrigen, d.h. optimistisch simulierten Vor- und Rücklauftemperaturen von 24,8°C bzw. 21,3°C ermittelt (Ruhrgas 2008).

Regelung) verlangt, ist sogar die Einhaltung der Mindestheizzahl bei reinem Heizbetrieb nicht unbedingt gewährleistet. Dies bedeutet, dass bei der untersuchten DAWP im kleinen Leistungsbereich noch Effizienzverbesserungen erforderlich sind, um die gesetzlichen Anforderungen aus dem EEWärmeG sicher einhalten zu können. Da sich die Entwicklung der DAWP in einem frühen Stadium befindet, ist jedoch noch mit Potenzial bei der Effizienzverbesserung zu rechnen.

b) Abgrenzung zur Elektro-WP

Der Vergleich der Gas-WP mit der Elektro-WP gestaltet sich insbesondere aus zwei Gründen schwieriger als der oben vorgenommene Vergleich mit konventionellen Erdgaskesseln: Zum einen ist die Effizienz, und somit das Energieeinsparpotenzial, der Elektro-WP in etwas höherem Maße abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Umgebungstemperatur) und Wärmenutzung (Heizungsvorlauftemperatur). Zum anderen wird das resultierende CO_2-Einsparpotenzial entscheidend von der Art der Erzeugung des Wärmepumpenstroms bestimmt.

Die Güte einer elektrisch betriebenen WP-Anlage wird charakterisiert durch die Leistungszahl (Momentanwert, analog zu Wirkungsgrad) und durch die Arbeitszahl (Jahreswert, analog zu Nutzungsgrad). Die ***Leistungszahl*** ε ist definiert durch das Verhältnis von gelieferter Wärmeleistung zu eingesetzter elektrischer Leistung und liegt typischerweise oberhalb von vier. Der für die Praxis relevante Wert ist die *(Jahres-)**Arbeitszahl*** α: Sie gibt den Wärmeenergieertrag eines Jahres pro eingesetzter elektrischer Energie an und liegt idealer weise oberhalb von drei, das bedeutet, dass pro eingesetzter Kilowattstunde Strom zwei Kilowattstunden (regenerativer) Umgebungswärme zusätzlich gewonnen werden können. Die Arbeitszahl ist – wie oben angedeutet - in hohem Maße abhängig von der verwendeten Wärmequelle und der Vorlauftemperatur des Heizungssystem (vgl. Tabelle 6.10).

Tabelle 6.10: Abhängigkeit der Wärmepumpen-Arbeitszahl von Art der Wärmequelle und Vorlauftemperatur (Angaben inkl. Strombedarf für Pumpen u. Ventilatoren) (VZN 2007)

Wärmequelle	Mittlere Temp. der Wärmequelle	Vorlauftemperatur 35°C	Vorlauftemperatur 50°C
Grundwasser[48]	10°C	4,5	4,0
Erdreich	0°C (Sole)	3,8	3,0
Luft	2°C	3,0	2,3

Will man Elektro-WP und Gas-WP **primärenergetisch** miteinander vergleichen, so muss eine Aussage über den Kraftwerkswirkungsgrad getroffen werden. Das EEWärmeG verlangt für Elektro-WP die Einhaltung von Mindestarbeitszahlen von 3,5 (Luft) bzw. 4,0 (Sole bzw. Grundwasser). Wie Abbildung 6.9 zeigt, entspricht dies - bei einem heutigen mittleren Kraftwerkswirkungsgrad in Deutschland von rund 35 % - einer äquivalenten Gas-Wärmepumpen-

[48] Wie Feldtests zeigen (z.B. Umwelt/Energie Lahr 2008) sind trotz höherer Quelltemperaturen die JAZ von Grundwasser-WP in der Praxis dennoch kaum besser als die von Erdreich-WP. Ursache hierfür ist i.d.R. der hohe Pumpstrombedarf für den offenen Grundwasserkreislauf, häufig aufgrund unzureichend gereinigter Filter und Wärmetauscher sowie unterdimensionierter Brunnen.

Heizzahl von 1,2 bzw. 1,4. Zukünftige Wirkungsgradverbesserungen im Kraftwerkspark würden die Primärenergiebilanz der Elektro-WP entsprechend verbessern.

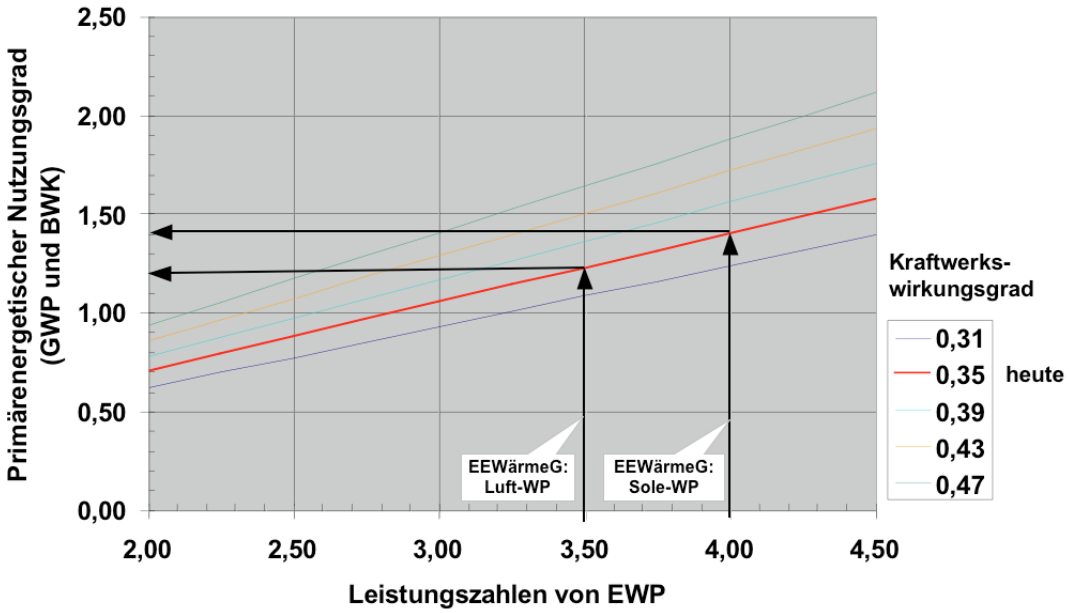


Abbildung 6.9: Umrechnungsdiagramm für Leistungszahlen (Elektro-WP) und primärenergetischem Nutzungsgrad als Funktion des Kraftwerkswirkungsgrades inkl. Netzverluste (nach Ruhrgas 2008)

Der Vergleich der **Treibhausgasemissionen** (inklusive vorgelagerter Prozessketten) in Abbildung 6.10 zeigt, dass die Bandbreite bei den Elektro-WP besonders groß ist: Eine gut ausgeführte Erdreich-Wärmepumpenanlage (mit niedriger Vorlauftemperatur von 35°C und dementsprechend hoher Arbeitszahl von 3,8) erzielt mit 175 $g_{CO2Äqu.}$/kWh sehr gute Emissionswerte und spart gegenüber einem Brennwertkessel (bzw. Niedertemperaturkessel) rund 31 % (bzw. 41 %) ein.

Für ein Heizsystem mit höherer Vorlauftemperatur (55°C / Arbeitszahl von 3,3) verschlechtern sich die Werte zwar auf 198 $g_{CO2Äqu.}$/kWh, liegen aber immer noch 22% unterhalb derer einer Erdgas-Brennwertheizung (254 $g_{CO2Äqu.}$/kWh). Die Verhältnisse kehren sich jedoch um, wenn bei der Produktion des Stroms für die Wärmepumpe nicht von dem tatsächlichen Strom-Mix in Deutschland (hier Stützjahr 2005), sondern von einer Produktion ausschließlich in Steinkohlekraftwerken ausgegangen wird: In diesem Fall liegen die Emissionen 14% (für zukünftige Kohlekraftwerke des Jahres 2020 mit 46,1% Nutzungsgrad) bis 30% (für Kohlekraftwerke des Jahres 2000 mit 39,0% Nutzungsgrad) *oberhalb* der Erdgas-Brennwerttechnik[49].

49 Diese Sichtweise ist durchaus begründbar, wenn man für den Strominput das Prinzip der Grenzstromerzeugung anwendet. Daher ist davon auszugehen, dass zusätzliche strombasierte Anwendungen im Wärmesektor auf Basis von Mittellast-Steinkohlekraftwerken realisiert werden müssten. Dies hätte - wie dargestellt - eine entsprechend schlechtere Emissionsbilanz zur Folge.

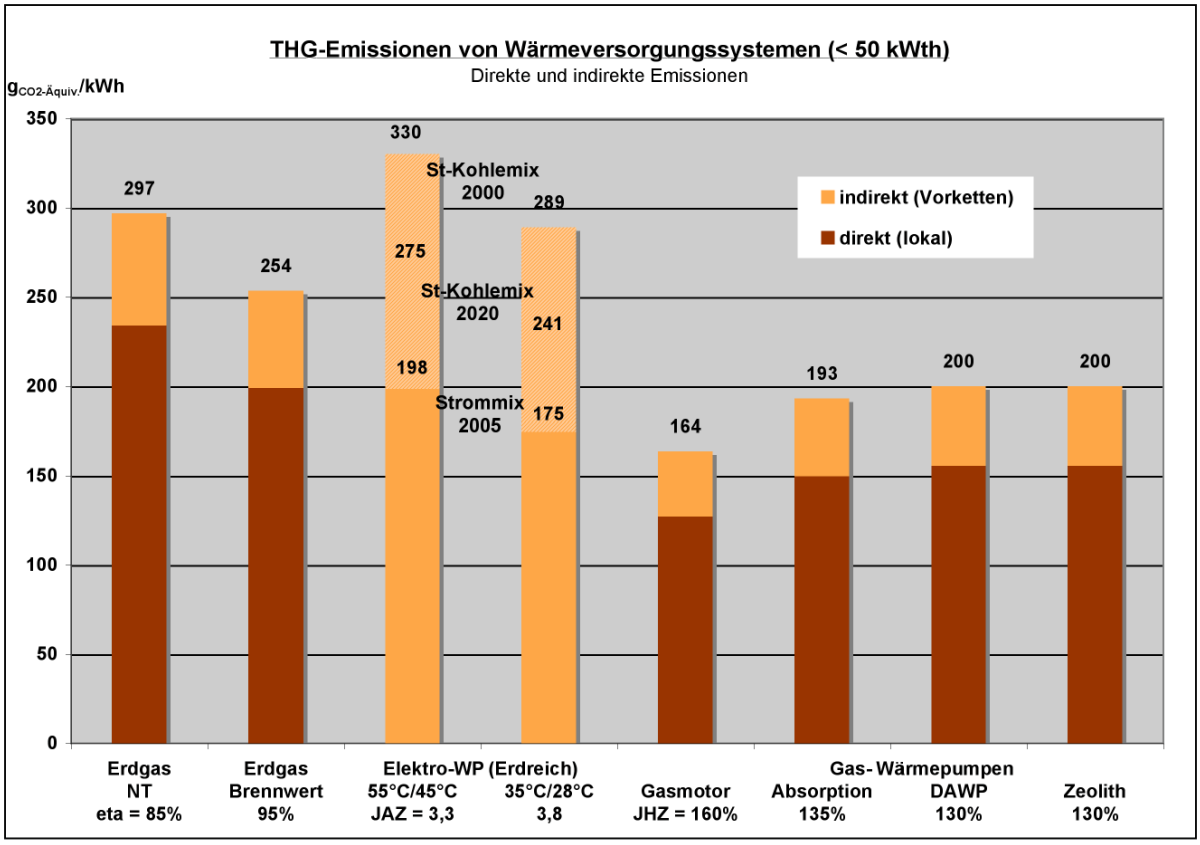


Abbildung 6.10: Bandbreite der Treibhausgasemissionen von Elektro- und Gas-Wärmepumpen im Vergleich zu Erdgaskesseln (eta: Jahresnutzungsgrad / JAZ: Jahresarbeitszahl / JHZ: Jahresheizzahl) (Eigene Berechnungen mit GEMIS 4.2, Gas-Wärmepumpen: Welp 2008, GEMIS 4.4)

Zukünftig ist eine Steigerung der Kraftwerkswirkungsgrade und eine weiter abnehmende CO_2-Intensität bei der Stromerzeugung zu erwarten. Dieser Umstand würde perspektivisch sowohl die Primärenergie- (vgl. Abbildung 6.9) als auch die THG-Emissionsbilanz (vgl. Abbildung 6.10) der Elektro-Wärmepumpe begünstigen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass ausreichende zusätzliche klimaverträgliche Stromerzeugungspotenziale vorhanden sind und gleichzeitig dauerhaft hohe Arbeitszahlen im Praxisbetrieb realisiert werden können[50].

Die Gas-WP liegt etwa im Bereich von 164 $g_{CO2-Äqu.}$/kWh (Motor-WP, angenommener Nutzungsgrad 160 %) bis 200 $g_{CO2-Äqu.}$/kWh (DAWP und Zeolith, Nutzungsgrad 130 %). Gas-WP sind Elektro-WP dann deutlich überlegen, wenn der Ansatz der Grenzstromerzeugung aus Steinkohlekraftwerken verfolgt wird.

Neben Treibhausgasen sind noch weitere schädigende energiebedingte Emissionen zu berücksichtigen. Als Beispiel seien hier die versauernden Luftschadstoffe (insbesondere SO_2,

[50] Dass Letzteres nicht unbedingt gewährleistet ist, zeigt ein Feldtest der Lokalen Agenda 21 - Gruppe Umwelt/Energie Lahr, bei dem die Praxisdaten von 33 Betreibern mit Luft-, Erdreich- und Grundwasser-Heiz-Wärmepumpen und 4 Betreibern mit Warmwasser-Wärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern ausgewertet wurden: Die untersuchten Erdreich-Wärmepumpen mit Fußbodenheizung erreichen im Mittel eine Jahresarbeitszahl von JAZ = 3,4, gefolgt von Grundwasser-Wärmepumpen mit einer JAZ = 3,2. Die Luft-Wärmepumpen aus dem Praxistest weisen jedoch im Mittel nur JAZ = 2,8 (Fußbodenheizung) bzw. JAZ = 2,2 (Radiator-Heizkörper) auf. Noch ungünstiger sind die Werte der ebenfalls mit Luft betriebenen Klein-Warmwasser-Wärmepumpen mit einer mittleren Arbeitszahl von nur JAZ = 2,0 (Umwelt/Energie Lahr 2008).

NOx und HCl) genannt, die in einer Ökobilanz im SO_2-Äquivalentwert zusammengefasst werden. Die direkten und indirekten SO_2-Äquivalente der Gas-WP liegen etwa 50 % unterhalb von denen der Elektro-WP (eigene Berechnungen mit GEMIS 4.2 / Welp 2008). Im Gegensatz zur Elektro-WP fällt bei Gas-WP außerdem in der Vorkette kein radioaktiver Müll an.

In der folgenden Tabelle werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien gegenüber den Referenzsystemen dargestellt.

Tabelle 6.11: Vor- und Nachteile der Gas-WP gegenüber der Referenzsysteme Brennwertkessel und Elektro-Wämepumpe (eigene Darstellung)

	Vorteile	Nachteile
Gas-WP ggü. Brennwert-kessel	• Hohe Heizzahlen (135-150%) → deutliche Effizienzgewinne → Primärenergieeinsparungen von 17-40% • CO_2-Einsparung von 20-35% vgl. Abbildung 6.10 • Perspektive: technischer Fortschritt → weitere Effizienzsteigerungen möglich während Gas-Brennwerttechnik bereits nahezu Optimum erreicht hat • Möglichkeiten zur Kühlung + kombinierten Wärme- und Kälteerzeugung gegeben	• höhere Investitionskosten + Planungsaufwand • größerer Platzbedarf • höhere Schadstoff- + Lärmemissionen (nur bei Gasmotor-WP) • Bei Sonde/Kollektor = Gartenfläche, bei Solar-Luftkollektor = Dachfläche, bei Luft-WP = Außen-Aufstellfläche erforderlich • Bei Luftkollektor → Geräuschentwicklung
Gas-WP ggü. Elektro-WP	• Je nach Ausführung geringerer Primärenergieeinsatz • Niedrigere CO_2-Emissionen unabhängig vom Kraftwerksmix; Aktuell etwa gleiches Niveau zwischen Gas-WP und E-WP (bei Erdreich mit 35°C/28°C), Bei Grenzstromerzeugungs-Ansatz mit Steinkohlekraftwerken deutlich geringere Emissionen als E-WP • Wärmequelle Erdreich: bis zu 40% kleinere Wärmetauscher-Flächen (Sonde/Kollektoren) erforderlich → Investitionskostenersparnis + Erweiterung auf Gebäude mit begrenzter Gartenfläche möglich • Wärmequelle Luft: geringerer Leistungs- und Wirkungsabfall bei niedrigen Außentemperaturen, kürzere Anlaufzeiten, keine Abtauphasen	• lokale Schadstoffemissionen (jedoch gering) • Gasanschluss erforderlich • Geringere Marktverfügbarkeit bzw. wenig Langzeiterfahrung • Ggf. erhöhter Platzbedarf • (Derzeit noch) höhere Investitionskosten für das WP-Gerät

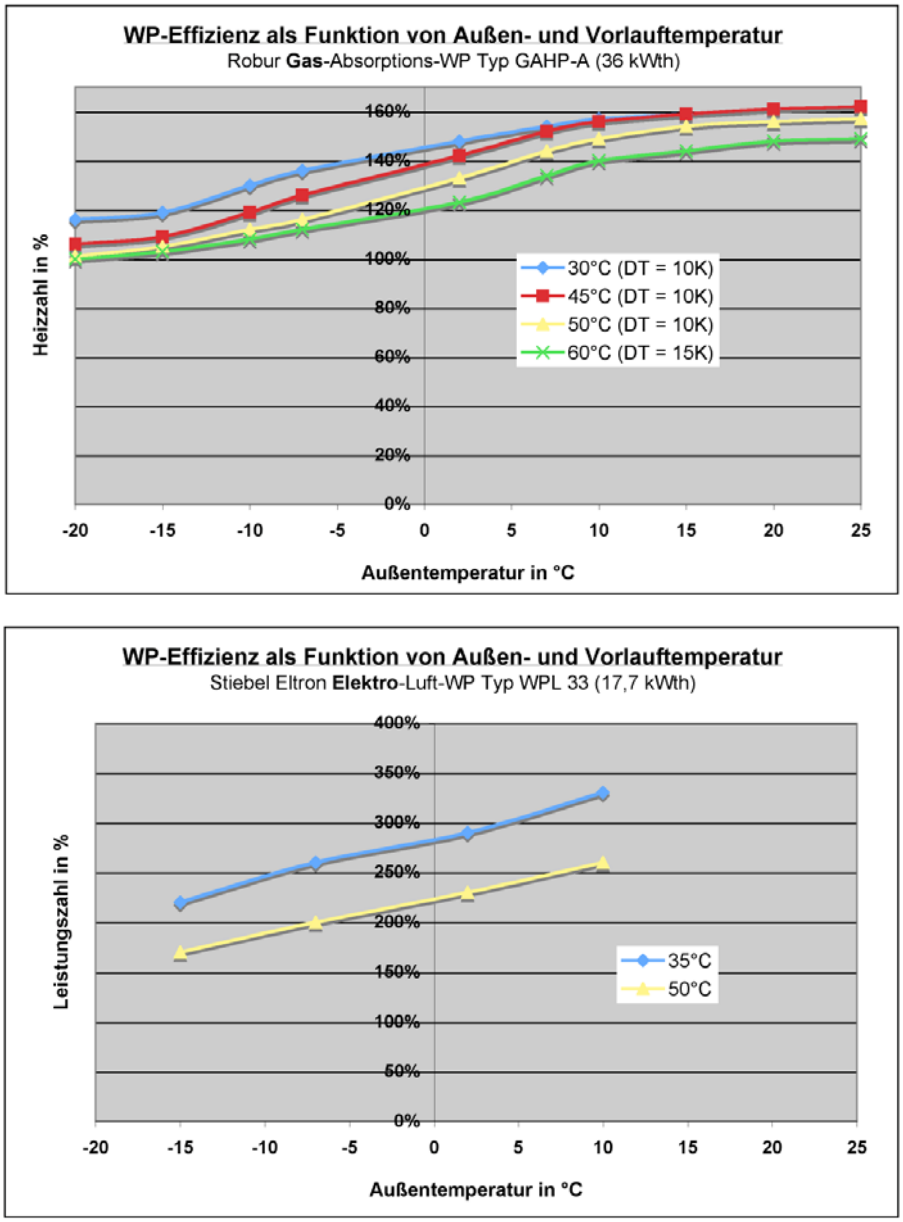


Abbildung 6.11: Effizienzvergleich zwischen Elektro- und Gas-WP als Funktion von Außen- und Vorlauftemperatur, Daten aus (Stiebel 2007) und (Robur 2006)

Aspekte der Systemintegration

Erdgas-WP sind - ebenso wie Elektro-WP - in der Lage, Umgebungswärme (d.h. einen bestimmten Regenerativanteil) in ein Heizungssystem einzuspeisen. Dabei wirken sich Niedertemperatur-Heizsysteme (d.h. Flächenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen) günstig auf die Effizienz der Anlage aus (hohe Arbeits- bzw. Heizzahl). Voraussetzung für den Einsatz von Niedertemperatur-Heizsystemen ist i.d.R. ein guter Wärmedämmstandard des Gebäudes. Insofern eignen sich Wärmepumpen besonders im **Neubau** sowie im energetisch anspruchsvoll saniertem Bestand. Da Gas-WP durch ihren Brenner bzw. Motor zusätzlich zur Umgebungswärme eine Wärmequelle auf höherem Niveau zur Verfügung steht, eignet sich die Gas-WP jedoch auch - mit Einschränkungen - für den Gebäudebestand mit schlechteren Dämmstandards. Da im **Altbau** nicht immer eine Nachrüstmöglichkeit für Erdkollektor-

systeme realisierbar ist, kommt hier die Nutzung einer Gasmotor-WP oder einer Sorptions-WP mit Solar-Luftkollektor in Betracht, die tendenziell energetisch günstiger zu bewerten sind als elektrisch betriebene Luft-WP.

Für extrem gut gedämmte Gebäude, insbesondere **Passivhäuser**, ist die Gas-WP jedoch insbesondere aus zwei Gründen der Elektro-WP unterlegen: Derzeit gibt es noch keine Gas-WP-Anlagen für den Kleinstleistungsbereich (Heizleistungsbedarf für Passivhäuser: max. 10 W/m^2) und für derart geringe Leistungen ist ohnehin ein Gasanschluss des Gebäudes i.d.R. ökonomisch nicht mehr vertretbar. Für Gebäude nach EnEV-Standard (Neubau oder Sanierung) deuten sich neue, innovative Hybridsystem-Lösungen an, die derzeit mit Elektro-WP realisiert werden, ggf. zu einem späteren Zeitpunkt auch mit kleinen Gas-WP vorstellbar wären (s. Infobox zu SOLAERA).

WP sind auch als **Klimageräte** auslegbar. Da aufgrund der Klimaerwärmung zukünftig auch in Deutschland ein wachsender Klimatisierungsbedarf zu erwarten ist, ist dies ein zusätzliches Argument für den Einsatz von WP. Unter dem Gesichtspunkt der integralen Planung sollte jedoch zunächst immer versucht werden, den Klimatisierungsbedarf durch verschiedene Maßnahmen (Dämmung, Verschattung, Verringerung der internen Kühllasten, Nachtkühlung etc.) so gering wie möglich zu halten. Erst wenn diese Effizienz-Maßnahmen erschöpft sind, sollte eine aktive Kühlung in Betracht gezogen werden. Diese kann bei Vorhandensein einer WP mit Erdsonde bzw. Erdkollektor besonders energiesparend über eine freie Kühlung[51] realisiert werden.

Was die zukünftige Integration in das Energiesystem betrifft, lassen sich folgende Aussagen treffen: Der **ökologische** Vorteil der Erdgas-WP gegenüber der Elektro-WP schwindet mit zunehmend CO_2-freier werdendem Strom. Auf der anderen Seite verbessert wiederum ein zukünftig verstärkter Einsatz von Bio- oder Holzgas die Ökobilanz der Erdgas-WP. Für die **ökonomische** Betrachtung gilt, dass unabhängig davon, dass für den kleinen Leistungsbereich derzeit nur Gas-WP-Prototypen (von Buderus und Vaillant) zur Verfügung stehen und somit noch keine belastbaren Aussagen über spezifische Investitionskosten vorliegen, die zukünftige Energiepreisentwicklung von Strom und Gas entscheidend dafür ist, ob bei den Wärmegestehungskosten die WP auf Basis von Strom oder auf Basis von Gas günstiger abschneiden wird.

Schlussfolgerungen

Gas-Wärmepumpen sind aus ökologischer Sicht bereits heute der Gasbrennwerttechnik überlegen. Im Gegensatz zur Brennwerttechnik weisen Gas-WP noch **Optimierungspotenziale** auf, die einen weiteren Ausbau des ökologischen Vorsprungs erwarten lassen. Der ökologische Vergleich zur Elektro-WP wird in hohem Maße von den Annahmen zur Erzeugung des WP-Stromes bestimmt: Im für die Elektro-WP günstigen Fall liegen Gas- und Elektro-WP etwa auf gleichem Niveau, im ungünstigen Fall hat die Erdgas-WP erhebliche ökologische Vorteile gegenüber der Elektro-WP zu bieten.

[51] Bei der „Freien Kühlung“ (auch „natural cooling“) wird das kühle Erdreich oder Grundwasser genutzt, um die Raumwärme im Sommer abzuleiten. Dabei bleibt die Wärmepumpe bis auf die Regelung und Umwälzpumpen ausgeschaltet, so dass sich der Energieeinsatz auf den Hilfsstrombedarf für die Kollektor- und Heizkreispumpen beschränkt. Die Fa. Viessmann bietet beispielsweise eine vormontierte „natural cooling“-Box mit integriertem Mischer (zur Verhinderung der Taupunktunterschreitung) an. (www.viessmann.de/de/products/Heat_pumps/NC-Box.html)

Für Erdgas-WP optimale Einsatzgebiete sind Bestandsgebäude mit Erdgasanschluss aufgrund des höheren Energiebedarfs bzw. der höheren Vorlauftemperaturen. Vorrangig kommt es dann zu einer Verdrängung von Gas-Brennwertkesseln. Der Einsatz von Erdgas-WP in Gebäuden im Passivhaus-Standard ist voraussichtlich nicht möglich. Als sinnvoll kann sich jedoch eine Clusterbildung mit Nahwärmenetz bei Passivhaussiedlungen erweisen. Hier bietet das Konzept der „Kalten Nahwärme“ einen vielversprechenden Ansatz, bei dem Niedertemperaturwärme verlustarm transportiert werden kann. Gas-Wärmepumpen größerer Leistung könnten dann - in Kopfstationen installiert - jeweils mehrere Passivhäuser gemeinsam mit Wärme versorgen (siehe Kapitel 6.4.2).

Grundsätzlich können WP davon profitieren, dass ihr Einsatzbereich auch auf eine **Kühlfunktion** im Sommer erweiterbar ist. Dabei sollte auf eine aktive Kühlung durch die Anlage soweit möglich verzichtet werden und stattdessen die energiesparende Variante der freien Kühlung (natural cooling) genutzt werden (nur möglich mit Erdreich als Wärmequelle).

Feldtests von (Elektro-)WP-Anlagen haben gezeigt, dass in der Praxis die Effizienz der Anlage oft erheblich von den von Herstellern, Verbänden und teilweise auch der Politik beworbenen Werten abweicht. Diesem Problem sollte durch entsprechende Qualitätssicherung, d.h. fachgerechte Planung und Installation auf der einen Seite und konsequentes Energiemonitoring (u.a. durch Einbau von Wärmemengenzählern) auf der anderen Seite begegnet werden. Deshalb ist es bei der Markteinführung von Gaswärmepumpen umso wichtiger, dass bereits von Anfang an notwendige Vorkehrungen für die Nutzungsgrad-Messungen etc. getroffen werden und somit rasch Auswertungen möglich sind.

Gaswärmepumpen können mittlerweile über das Marktanreizprogramm gefördert werden. Die Voraussetzung ist u.A., dass eine Jahresarbeitszahl von mindestens 1,2 nachgewiesen werden kann. Die erste Evaluation des Marktanreizprogramms wird zeigen, ob und wie häufig diese Förderung in Anspruch genommen wird, oder ob es spezifische zusätzliche Anreize benötigt, um diese effiziente Technologie am Markt durchzusetzen. Wie sehr die Technologie gefördert wird, sollte allerdings von den Ergebnissen der Praxistests abhängig gemacht werden.

Infobox Systemintegration Solarwärme/Latentwärmespeicher:

Einen innovativen Ansatz verfolgt die **Fa. Consolar** mit ihrem **SOLAERA** genannten Konzept: SOLAERA ist eine Kombination aus elektrischer Wärmepumpe, hybridem Solarkollektor (Luft- und Flüssigkeits-Kollektor) und Eisspeicher. Diese Anlage kombiniert die Vorteile einer Luft-WP (keine Investitionskosten für Erdkollektoren, keine Erdarbeiten, Schornstein, Gasanschluss, Tank oder Lagerbehälter) mit den Vorteilen einer Solaranlage (hohe Primärenergieeinsparung). Das Interessante an diesem Konzept ist, dass bei der Anlage im Gegensatz zu reinen Solarkollektoren auch ein Nacht- bzw. Schlechtwetterbetrieb möglich ist und über den Eisspeicher (Latentwärmespeicher) ein kompakter Wärmespeicher mit hoher Kapazität und geringen Verlusten zur Verfügung steht. Dadurch ist - für Gebäude nach EnEV-Standard (max. 10 MWh Jahresverbrauch) - eine 100 %-Versorgung mit diesem System möglich. Lt. eigenen Aussagen können im Vergleich zu einer konventionellen Öl- bzw. Gasheizung bis zu 60 % CO_2 eingespart werden und Jahresarbeitszahlen von 5 bis 7 erzielt werden.

Weitere Infos unter: www.consolar.de/solaera.html

6.3.2 Biomasse-Mikro-KWK

Systeme der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung sind Blockheizkraftwerke zur Versorgung einzelner Objekte mit einer elektrischen Leistung von typischerweise unter 15 kW_{el} bzw. 25 kW_{el}. Sie versorgen definitionsgemäß keine Nah- oder Fernwärmenetze mit Wärme, sondern stattdessen Gaststätten, Hotels, Gewerbebetriebe, Mehrfamilienhäuser, etc. In Entwicklung sind auch kleinere Mikro-KWK-Aggregate, die sich für den Einsatz in kleineren Objekten, beispielsweise Einfamilienhäusern, eignen (Pehnt et al. 2005).

Verschiedene Technologien stehen bereits für dieses Marktsegment zur Verfügung bzw. werden entwickelt (Tabelle 6.12). Während motorische BHKWs bereits marktreif sind und in hohen Stückzahlen verkauft werden, stehen Stirling-Motoren und Dampfexpansionsmaschinen an der Schwelle zur Marktreife. Brennstoffzellen werden ebenfalls von verschiedenen Firmen entwickelt.

Tabelle 6.12: Mikro-KWK-Technologien nach (Pehnt et al. 2005)

Technologie	Elektrischer Leistungsbereich	Elektr. Nutzungsgrad (%)	Gesamt-Nutzungsgrad (%)	Schadstoff-Emissionen	Brennstoff-Flexibilität	Marktverfügbarkeit
Ottomotor	Ab 1 kW	20-35 [c]	> 85	Abhängig von Katalysator/Motortechnik, Alterung und Wartung	Mittel	Kommerziell verfügbar
Stirling-Motor	0,8 kW bis 10 kW	10-24 [a]	> 85	Sehr niedrig bis mittel [b]	Hoch	An der Schwelle der Markteinführung
Mikro-Gasturbine	Ab 26 kW	16-30 [c]	80-85	Geringer als Motor	Mittel	Kommerziell verfügbar
Brennstoffzelle	Ab 1 kW	28-35 (Hausheizungen) 40-50 (größere BHKW)	80-85	Null (H_2) bzw. sehr gering (Kohlenwasserstoffe)	Mittel	Feldtests, kommerziell frühestens 2012 verfügbar
Dampfexpansionsmaschine	Mehrere kW	10-15	> 85	k. A.	Hoch	An der Schwelle der Markteinführung

a) Je nach Stirling-Konzept b) je nach Brenner-Typ c) Je größer das BHKW, desto höher der Nutzungsgrad

Mikro-KWK-Anlagen können grundsätzlich mit unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden. Bei Betrieb mit Heizöl oder Erdgas werden Treibhausgasminderungen durch den hohen Gesamtnutzungsgrad der Stromerzeugung erzielt. Es werden aber auch Modelle entwickelt, die auf den Einsatz von Biogas, Holzpellets oder andere erneuerbarere Brennstoffe adaptiert sind. Diese sind allerdings noch in einem frühen Marktstadium. Verschiedene Hersteller haben Markteinführungen für 2007 angekündigt, diese dann aber aus verschiedenen technischen und ökonomischen Gründen nicht realisiert (z. B. Sunmachine; OTAG; Hoval).

Abbildung 6.12: Mikro-KWK-Technologien auf Basis erneuerbarer Brennstoffe (Pellet-Stirlingmotoren)

Biomasse-KWK verbrennt CO_2-neutral, da lediglich diejenige Menge CO_2 bei der Verbrennung freigesetzt wird, die beim Wachstum der Pflanze gebunden wurde. Aufgrund der begrenzten Anbauflächen, die u.a. in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion stehen können, ist jedoch dringend geboten, die begrenzte Ressource Biomasse möglichst effizient einzusetzen. Ökobilanzen zeigen, dass unter den drei energetischen Biomasse-Nutzungsoptionen „Wärme“, „Strom“ und „Treibstoff“ die Verstromung von Biomasse i.d.R. die mit Abstand höchste Klimaschutzwirkung aufweist. Der Klimaschutzeffekt wird wesentlich verstärkt, wenn die bei der Stromgewinnung anfallende Abwärme energetisch verwertet (Kraft-Wärme-Kopplung) wird.

Mikro-KWK-Systeme mit biogenen Brennstoffen werden nach dem EEG standardisiert gefördert. Gerade für biogene Kleinsysteme unter 15 kW gibt es nur wenige Systeme im Pilotstadium. Es erscheint daher verfrüht, bereits jetzt eine zusätzliche EEG-Vergütung vorzusehen, da nur zwei deutsche Firmen eine Serienproduktion planen und außerdem die erforderlichen Vergütungssätze außerordentlich hoch sind[52]. Andererseits ist die Entwicklung von Holz- oder Biogas-befeuerten Klein-BHKW sehr unterstützenswert.

2008 wurde auf Initiative des BMU ein Förderprogramm für Mini-KWK-Anlagen ins Leben gerufen. Gefördert werden Anlagen bis zu 50 kW elektrische Leistung mit einem einmaligen Investitionszuschuss beim Kauf. Das Impulsprogramm ist brennstoffneutral und fördert nur wärmegeführte Mini-KWK-Anlagen. Dennoch, speziell für Mini-KWK-Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien, die sich zur Zeit noch in einem Vorstadium zur Serienproduktion befinden und deshalb noch nicht genüngend Produktionskapazitäten haben, um eine große Nachfrage bedienen zu können, ist ein Abgleich der Förderprogramme EEG, KWK-G und Mini-KWK sinnvoll.

6.3.3 Besonders effiziente Heizkreis- und Kollektorkreispumpen

In einem Heizungs- bzw. Kollektorssystem werden notwendige Pumpen vom Endverbraucher in der Regel nicht bewusst als Bestandteil der Heizung / der Solaranlage wahrgenommen. Zudem wird in den Angeboten des Installateurs im Wettbewerb um das günstigste Gesamtsystem noch zu oft auf preiswerte, ineffiziente Pumpen zurückgegriffen. Umwälz- und Kollektorkreispumpen sind in der Gesamtenergiebilanz eines Heiz- bzw. Kollektorkreises

[52] Notwendig wäre nach einer überschlägigen Rechnung für eine Vergütung zwischen 28 und 40 Ct/kWh$_{el}$.

jedoch ein wichtiger Bestandteil mit hohem Einsparpotenzial und geringen Amortisationszeiten. Trotzdem bestehen verschiedene Hemmnisse, die einen breiten Einsatz dieser hocheffizienten Pumpen verhindern.

Heizkreispumpen

In deutschen Haushalten laufen ca. 13,65 Millionen Heizungs- und 6,1 Millionen Warmwasserzirkulationspumpen, welche bisher technisch bedingt nur 10 – 15 % der ihnen zugeführten Leistung (60-90 W bei einer Heizungs-, und 40-60 W bei einer Zirkulationspumpe) in Pumpleistung umsetzen konnten (Wohlauf et al. 2005). Zudem sind diese im Mittel deutlich überdimensioniert (Angstzuschläge) und laufen häufig mit voller Leistung, selbst wenn der Heizbetrieb abgesenkt bzw. unterbrochen ist. Durch solche ungeregelten Pumpen können, bei einem jährlichen Verbrauch von rd. 500 – 800 kWh, Stromkosten in Höhe von 100 – 150 € (3 Personen Haushalt) entstehen, welche sich bei einer vorgesehenen Laufzeit von 20 Jahren entsprechend summieren (test 2007).

Seit einigen Jahren bieten Pumpenhersteller (z.B. Wilo, Grundfos und Biral) jedoch auch besonders effiziente geregelte Umwälzpumpen mit Permanentmagnet-Technologie an. Diese fördern mit nur 30 % der sonst üblichen Leistungsaufnahme die gleiche Menge Wasser. Zudem regeln sie bei Bedarf ihre Leistungsaufnahme auf bis zu rd. 6 Watt (Wilo Stratos ECO) herunter, wodurch sie im Jahr 80 % weniger Energie (also nur noch 60 –150 kWh/a) verbrauchen und die Stromkosten in einem 3 Personen Haushalt auf 11 – 29 €/a sinken (test 2007). Die Mehrkosten, im Vergleich zu einer bisher handelsüblichen ungeregelten Standardpumpe, belaufen sich auf rd. 200 €, amortisieren sich jedoch innerhalb weniger Jahre. Zusätzlich zu diesen Mehrkosten ist ein sorgfältiger hydraulischer Abgleich notwendig, um die volle Funktionsfähigkeit des Systems zu gewährleisten.

Selbst der Austausch neuerer geregelter Pumpen ist ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Deutschlandweit lassen sich so 3 bis 4 TWh_{el} im Jahr einsparen. Zusätzlich kann durch die verbesserte Regelbarkeit des Heizsystems und einen durchgeführten hydraulischen Abgleich der Wärmebedarf auf 85-90 % des ursprünglichen Wertes reduziert werden.

Kollektorkreispumpe

Ähnlich wie bei den Heizkreispumpen sind Kollektorkreispumpen in der Regel ebenfalls überdimensioniert. Dies ist besonders dann der Fall, wenn reguläre Umwälzpumpen eingesetzt werden, welche für Volumenströme von 1 bis 4 m³/h ausgelegt sind, Solaranlagen jedoch i.d.R nur 0,1 bis 1 m³/h benötigen (Baur 2007). Kollektorkreispumpen sind temperaturgesteuert und haben im Mittel eine sehr kurze Laufzeit von 2 bis 3,5 Minuten. Auch Laufzeiten im Sekundenbereich sind üblich. Hohe Anlaufverluste bei älteren Pumpentypen machen sich hier besonders stark bemerkbar. Bis zu 15 % der durch die Sonnenkollektoren ermöglichten Primärenergieeinsparungen werden von regulären Solarkreispumpen verbraucht. Bei der Verwendung von Hocheffizienzpumpen kann dieser Verbrauch auf 2 – 4 % gesenkt werden (Baur 2007)[53]. Bei einer hohen Jahreslaufzeit von 2500 h ergibt sich im günstigsten Fall ein Einsparungspotential von 165 kWh_{el} pro Anlage. In 2006 wurden 137.500 Solarkollektoranlagen von der Bafa gefördert. Allein durch die Verwendung hocheff-

[53] Berechnung: Bei einer Solarthermieanlage mit einer Größe von 20 m², 30 l/m²h Durchfluss, 5 mWs Förderhöhe und energiebewusster Planung ergibt sich eine max. Pumpleistung von ca. 40 W (2W/m²), welche sich bei 4 mWs auf 24 W (1,2 W/m²) verringern lässt. Bei einem Ertrag von 500kWh/m²*a des Kollektors, einem Strombedarf der Pumpe von 5 kWh/m²a (2500 h/a * 2 W/m²) und bei einer Verstromungseffizienz von 0,35 ergibt dies in etwa 3 % des Primärenergieverbrauchs.

fizienter Solarkreispumpen nur in diesen, 2006 geförderten Anlagen könnten jährlich 23 GWh eingespart werden.[54]

An dieser Stelle wird auf das Kapitel 6.5.4 Marktanreizprogramm (MAP) verwiesen. Das große Energieeinsparpotenzial durch effiziente Umwälz- und Solarkreispumpen wurde im MAP berücksichtigt, indem Förderboni für den Einsatz dieser effizienten Pumpen entwickelt und implementiert wurde. Diese Förderung soll auch dazu dienen, dass sich diese Pumpen am Markt durchsetzen und etablieren können. Gegebenenfalls ist zukünftig auch Anpassungen der Anforderungen an Pumpen im Rahmen der EnEV durchzuführen.

6.4 Effiziente Gebäude mit erneuerbaren Energien versorgen

6.4.1 Technologien zur Versorgung von effizienten Gebäuden mit erneuerbaren Energien

Bei Neubau- und umfassenden Sanierungsprojekten hat die Dämmung des Gebäudes einen wesentlichen Einfluss auf die Planungen der Energieversorgungsanlagen und Verteilsysteme sowie auf (effiziente) Einsatzmöglichkeiten von erneuerbaren Energien. Dämmmaßnahmen nach Passivhaus- oder KfW-40-Standard reduzieren den Energieverbrauch in einer Weise, die den Einsatz von manchen erneuerbaren Energiequellen erschwert, da z.B. im EFH-Bereich keine geeigneten Kesselgrößen am Markt verfügbar oder da Anschlussleitungen für Erdgas oder Nahwärme nicht mehr wirtschaftlich sinnvoll sind. Auf der anderen Seite kann der relative Beitrag beispielsweise von Solaranlagen an der gesamten Wärmebereitstellung erheblich gesteigert werden.

Das Energiebalance-Projekt geht daher der Frage nach, welche **Technologien** der erneuerbaren Wärmeversorgung in effizienten Gebäuden technisch und energetisch sinnvoll eingesetzt werden können (Kapitel 6.4.1) und unter welchen Rahmenbedingungen **leitungsgebundenen Versorgungsoptionen** für Passivhaussiedlungen sinnvoll sind (Kapitel 6.4.2). Der Fokus liegt hierbei auf Anwendbarkeit, Energieverbrauch, Kosten und Umweltverträglichkeit solcher Systeme.

Der Begriff „**effiziente Gebäude**“ steht in diesem Kontext für Gebäude, deren Heizwärmebedarf besonders gering ist, beispielsweise KfW40- oder Passivhäuser.

Für den Einsatz in Passivhäusern sind die im Folgenden beschriebenen EE-Systeme oder Kombinationen daraus zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung geeignet:

- Pellet-Primäröfen (mit und ohne Solaranlagen)
- Lüftungskompaktaggregate mit elektrischer Wärmepumpe und solarthermischen Anlagen
- Gas-Brennwert-Geräte (Erdgas / Flüssiggas) mit solarthermischen Anlagen
- Nahwärmeversorgungen (idealerweise auf Basis EE oder KWK)

[54] Die o.a. Werte gelten für eine Solarthermie EC-Motor-Pumpe des Fabrikates Wilo, Typ Stratos ECO- ST 15(25)/1-5, Preis ca. 300 €, bzw. entsprechender Pumpentyp der Firma Grundfos. Vergleiche wurde mit einer 90 W Standardumwälzpumpe aufgestellt.

Pellet-Primäröfen

Pellet-Primäröfen sind für die Aufstellung in Wohnräumen konzipiert und wurden zur Beheizung einzelner Räume bzw. von Energiesparhäusern entwickelt. Wurden in der Vergangenheit noch große Mengen Strahlungswärme in den Aufstellraum abgegeben, was zur Überhitzung insbesondere in Energiesparhäusern führte, so können moderne Pelletöfen inzwischen bis zu 95 % der Wärme an eine Wassertasche (Anschluss an ein wasserführendes Heizungsnetz) abgeben. Die Brennleistung der Öfen kann zudem über die Brennstoffzugabe von einer Nennleistung von etwa 10 kW auf bis zu 2-3 kW reduziert werden. Moderne Öfen erreichen feuerungstechnische Wirkungsgrade von über 90 %, welche durch den homogenen Brennstoff Pellets und automatisierten Abbrand auch in der Praxis erreicht werden können. (Hansen 2007).

Abbildung 6.13: ivo.tec® Waterplus Primärofen (Wodtke 2008)

Durch die Modulierbarkeit der Pelletöfen könnte prinzipiell auf den Einsatz eines Pufferspeichers verzichtet werden. (Hansen 2007) Da der Betrieb des Pelletofens im Sommer durch seine Wärmeabstrahlung jedoch unerwünscht ist, ist die Kombination mit einer Solarthermieanlage sinnvoll. Der hierfür ohnehin nötige Pufferspeicher steht damit im Winter auch für das Zwischenspeichern von Wärme für Heizung und Brauchwasser zur Verfügung. Die minimale Betriebsdauer des Ofens sollte aus Gründen der Verbrennungsdynamik eine Stunde nicht unterschreiten[55], wodurch sich bei einer üblichen Nennleistung von 8 kW ein Puffervolumen von 300 – 500 l ergibt (bei einer Solaranlage sollte der Speicherinhalt eher 400-600 l betragen).

Eine vom Passivhaus-Institut durchgeführte Simulation, in welcher die Temperaturverläufe des Aufstellungsraumes bei Teil- und Nennlast verglichen wurden, ergab, dass die Aufheizung des Raumes im Nennlastbetrieb geringer ausfällt als im Teillastbetrieb. Begründet ist dies durch die konstante Wärmeabstrahlung des Ofens, welche unabhängig von der Betriebsart ist und dadurch im längeren Teillastbetrieb entsprechend mehr Wärme an den Raum abgeben wird. Die vielfache Forderung nach geringen Leistungen (<3 kW) der Heizsysteme für Passivhäuser würde somit bei der Pellet-Primärofenvariante mit vorhandenem Speicher keine Vorteile bringen. (Feist et al. 2007)

[55] Im Taktbetrieb haben Biomassekessel einen bis zu 3 – 20 mal höheren CO- und bis zu 26 mal höhere CH-Ausstoß als im kontinuierlichen Betrieb. (Streicher 2004)

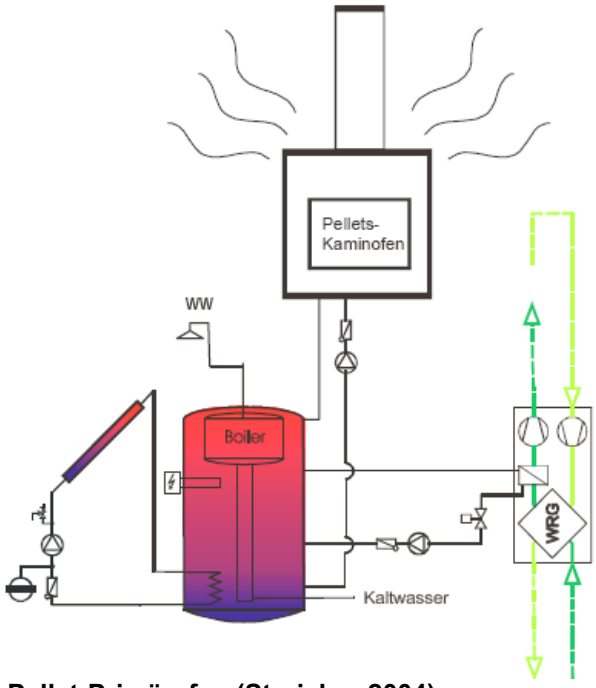


Abbildung 6.14: System Pellet-Primärofen (Streicher 2004)

Sicherheitstechnisch muss ein Pelletofen in einem Passivhaus raumluftunabhängig betrieben werden. Es ist darauf zu achten, dass die Zuluftleitungen mit dem Ofen dicht verbunden sind und dieser entsprechende Absperreinrichtungen für den Nichtbetrieb aufweist, um eine Abkühlung durch strömende Außenluft zu unterbinden.

Die Luftdichtheit eines Pelletofens ist momentan noch mit der DIN 18894 nachzuweisen. Diese Dichtheitsklasse D1, erlaubt Leckageraten von bis zu 2 m³/h unter 10 Pa Prüfdruck. Da in Passivhäusern z.B. bei Ausfall der Zuluftventilatoren leicht ein Unterdruck von 50 Pa entstehen kann, sind gefährliche Kohlenstoffmonoxid- Konzentrationen im Gebäude besonders bei unvollständiger Verbrennung der Pellets nicht auszuschließen. Daher ist, zusätzlich zur Dichteüberprüfung des Ofens und jeglicher Anschlüsse, eine Sicherheitsschaltung zu empfehlen, die bei Fehlbetrieb der Lüftungsanlage einen Pelletofen automatisch stilllegt. Zukünftig sollen Lüftungsanlagen mit einer solchen Differenzdrucküberwachung für den Parallelbetrieb mit Feuerungsstätten mit einem „F“ gekennzeichnet werden. Eine weitere Alternative wäre die Verschärfung der Dichteklassen für Öfen in Passivhäusern[56]. Bei vorhandener Differenzdrucküberwachung, Brennwertnutzung und einer Anpassung der Feuerungsverordnung wäre es außerdem denkbar, die Abgase über den Fortluftkanal der Lüftungsanlage abzuführen[57]. Dies würde nicht nur wesentlich geringere Installationskosten, sondern zusätzlich auch einen energetischen Gewinn (Brennwertnutzung und die Nutzung der Wärme des Abgasstromes im Wärmetauscher der WRG) mit sich bringen. (Hasper 2007)

Die Feinstaubdebatten der letzten Jahre führten zur Verunsicherung der Bevölkerung gegenüber Holzfeuerungsanlagen und waren mitverantwortlich für den starken Absatzrückgang im letzten Jahr. Dabei konnte der Feinstaubanteil bei Holzfeuerungsanlagen innerhalb der

[56] Weitere Informationen zum Thema Sicherheit sind im Protokollband Nr. 36 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser zu finden.

[57] Bei Festbrennstoffen ist generell ein Schornstein vorgeschrieben. Luft- und Abgasrohrsysteme wie bei Gas- oder Ölbrennwertnutzung sind für Festbrennstoffe in Deutschland (noch) nicht zugelassen.

vergangenen 15 Jahre auf ein Zehntel reduziert werden und könnte mit einem Mittel von 20 mg/m³ auch die in der 1. Bundesimmissionsschutz-Verordnung vorgesehene 2. Stufe der Absenkung von Feinstaubemissionen[58] bei Heizkesseln ab 2015 einhalten. Der Deutsche Energie-Pellet-Verband (DEPV) rechnet vor, dass Pelletheizungen momentan mit weniger als 0,05% an der Feinstaubgesamtbelastung in Deutschland beteiligt sind. Selbst ein Verzehnfachen des Anlagenbestandes ist als unkritisch zu betrachten, zumal ein solcher Ausbau i.d.R. auch mit dem Austausch von Altanlagen einhergeht. (Bentele 2007)

Tabelle 6.13: Übersicht marktverfügbarer Pelletöfen[59] (Hansen 2007)

Herstellervergleich:	**Wodtke** ivo.tec® (9 kW)	**Rika** EVO AQUA	**Calimax** Twist 80/20 10 kW	**pro solar Energietechnik GmbH** Futuro PE WW 10	**Leda Werk GmbH & CO KG** Umbra W
Leistung Teillast/Nennlast [kW]	3 / 9	1,8 / 10,2	2,7 / 10,1	2 / 10	0,9 /2,7
Wärmeabgabe Luft/Wasser [%]	5 / 95	20 / 80	20 / 80	20 / 80	75 / 25
Wirkungsgrad Teillast/Volllast [%]	94,5 / 95	91,2 / 94	91,7 / 95,4	94,2 / 95,1	92,4 / 95,5
Vorratsbehälter [l]	ca. 62	36 kg	40	ab ca. 59	ca. 50
max. Brenndauer Voll-/Teillastbetrieb [h]	ca. 17 / ca. 50	15 / 45	ca. 25 / ca. 65	ca. 22 / 110	16 / 53
Besonderheiten				baugl. mit Wodtke PE	
Grundpreis o. MwSt. [€]	6.665	k. A.	5.525	4.964	Ab 4.330

Energetische Bewertung, Brennstoffversorgung und Arbeitsaufwand:

Verbraucht ein gut gedämmtes Haus im Jahr drei bis sechs Tonnen Pellets (Drinkuth et al. 2007), ist es bei einem Passivhaus nur knapp eine Tonne (eigene Berechnungen). Die Pelletversorgung kann entweder mit im Baumarkt erhältlichen 15 – 30 kg Säcken oder mit sogenannten „Big Bags“ erfolgen. Diese fassen einen Schüttgutmeter bzw. 650 – 700 kg Pellets. Eine automatische Beschickung der Pelletöfen aus einem großen Vorratstank mittels Förderschnecke oder Saugsystem ist generell möglich, aufgrund des Aufstellungsortes im Wohnbereich und dem geringen Brennstoffbedarf jedoch nicht zwingend notwendig, wenn der manuelle Beschickungsaufwand von maximal einmal wöchentlich nicht gescheut wird. Im gleichen Abstand sollten evtl. anfallende Reinigungsarbeiten am Brenntopf, Rostreinigungsrechen und Wärmetauscherflächen durchgeführt werden, um einen dauerhaft effizienten Heizungsbetrieb zu gewährleisten. An Feuerstätten für feste Brennstoffe ist entsprechend der Kehr- und Überprüfungspflicht der Länder eine Reinigung 3-4 Mal jährlich notwendig.

[58] Ab 2015 wird nach Inkrafttreten der Novelle der 1. BImSchV die Feinstaubgrenze von Pelletöfen mit Wassertasche auf 20 mg/m³ festgelegt. Bis zu diesen Zeitpunkt gilt ein Grenzwert von 30 mg/m³ (BMU 2007)

[59] Es gibt auch Kessel, welche zusätzlich mit Scheitholz bestückt werden können, um gleichbleibenden Wärmebedarf bei leerem Pelletbehälter aufzufangen. Außerdem wird an der Hochschule Bremen, in Kooperation mit dem Kesselbauer Leda, ein hochgedämmter Pelletofen mit sehr geringer Heizleistung (1-3 kW) und Karussellfeuerung entwickelt. Aus Mangel an Vergleichbarkeit werden diese hier jedoch nicht weiter betrachtet. Ein aktueller ausführlicher Vergleich von Pelletheizungen ist unter http://www.ecotopten.de/prod_holzpellet_prod.php einsehbar.

Unter Umständen kann bei einem gut funktionierendem System dieses Intervall nach Abstimmung mit dem Schornsteinfeger jedoch auf einmal jährlich reduziert werden (Feist et al. 2007). Bei optimaler Verbrennung fallen pro Tonne Pellets ca. 5 kg Asche an, wodurch dessen Entnahme nur 1-2 mal im Jahr notwendig ist und als naturreines Produkt ohne Weiteres zur Gartendüngung verwendet werden kann.

Abbildung 6.15: Möglichkeiten der Pelletversorgung bei geringem Brennstoffbedarf (Melotti 2008)

Stiegen die Pelletpreise im Winter 06/07 aufgrund geringer Kapazitäten auf über 5 Cent/kWh, haben sie sich inzwischen wieder auf ein Niveau von 3,6 - 4,6 Cent/kWh (175 – 225 €/t) stabilisiert. Grund hierfür war ein massiver Ausbau der Produktionskapazitäten, aber auch der Einbruch des Pelletkesselabsatzes in Deutschland.

Wärmepumpenkompaktaggregate (elektr. Abluft-Wämepumpen) mit solarthermischen Anlagen

Wärmepumpenkompaktaggregate nutzen die Synergien, welche sich aus der Kombination von Lüftungs- und Heiztechnik ergeben, und sind speziell an die Wärmeversorgung von Passiv- und Niedrigenergiehäuser angepasst. Sie bestehen aus einem Warmwasserspeicher, einer Wärmerückgewinnungsanlage (WRG), einer Kompressionswärmepumpe und sind zur Deckung des Restwärmebedarfs und für Spitzenlastzeiten i.d.R. mit einer elektrischen Widerstandsheizung ausgestattet. Die optimale Abstimmung aller Komponenten aufeinander sorgt hierbei für einen besonders effizienten Betrieb. So ist beispielsweise der Kompressor der Wärmepumpe im Zuluftstrom angeordnet, wodurch dessen Abwärme auch für die Zuluftkonditionierung genutzt werden kann. Die Wärmepumpe heizt entweder das Nachheizregister im Zuluftstrom der Lüftungsanlage und / oder einen Brauchwasserspeicher. Dabei wird durch die WRG im Winter vorhandene sensible und latente Wärme des Abluftstromes und im Sommer Umgebungswärme nutzbar gemacht. Da je nach Betriebszustand die Temperatur der Abluft auf unter 0 °C absinken kann, ist der Verdampfer mit einer Abtau-Schaltung versehen, um dessen Vereisung zu verhindern. Im Sommer kann der Luft-/Luft-Wärmetauscher mittels manuellen oder automatischen Bypass umgangen werden, um die Zuluft nicht unnötig zu erwärmen. Ein Erdreichwärmetauscher sorgt hier zusätzlich für eine Vorkonditionierung der Zuluft (Winter: Defrost / Sommer: Kühlung) Um durch die sommerliche Warmwassererwärmung mittels Wärmepumpe ein Aufheizen der Wohnräume durch die Zuluft zu vermeiden (warmer Kompressor), kann der Zuluftventilator abgestellt werden. Die Frischluftversorgung findet dann über geöffnete Fenster statt, während die Abluft weiterhin über die Lüftungsanlage abgeleitet wird.

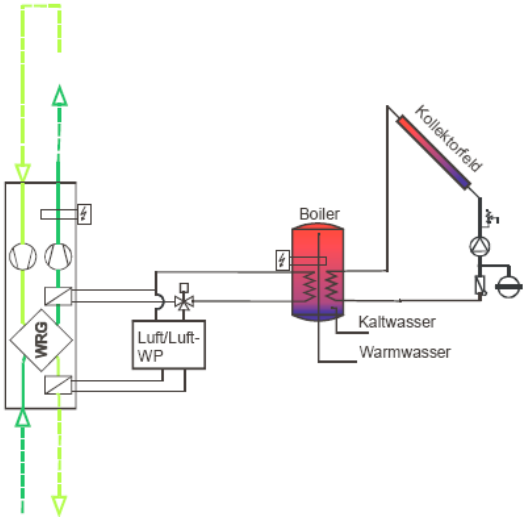


Abbildung 6.16: System Wärmepumpenkompaktaggregat (inkl. Solarkollektor) (Streicher 2004)

Idealerweise sollte eine solarthermische Anlage die Warmwasserbereitung im Sommer unterstützten. Im Vergleich zu feuerungstechnischen Anlagen sind elektrische Wärmepumpensysteme einfach und ohne größeren Aufwand platzsparend zu installieren. Ein Schornstein ist ebenso wie eine Brennstoffbevorratung (Pellet) oder Leitungsverlegung (Erdgas) nicht erforderlich.

Marktverfügbarkeit:

Die Geräte sind je nach Anforderung und Hersteller für Luftvolumenströme zwischen 70 m³/h und 325 m³/h ausgelegt und somit variabel einsetzbar. Die Preise variieren je nach Ausstattung zwischen 6.000 € und 10.500 €. Das in Deutschland meistverbreitete Fortluftkompaktgerät ist das Aerex BW der Firma Maico aus Villingen Schwenningen. Aber auch Viessmann, Stiebel Eltron, Drexel und Weiss, PAUL, Bau Info Center Lüftungstechnik, Tecalor und Nilan bieten Geräte zum Verkauf an.

Energetische Bewertung, Arbeitsaufwand:

Wärmepumpenkompaktgeräte benötigen zur Energieversorgung bisher ausschließlich elektrischen Strom. Erst ab einer durchschnittlichen JAZ von 3 können diese die Umwandlungsverluste der Stromerzeugung ausgleichen (Streicher 2004)). Wärmepumpenkompaktaggregate haben trotz der idealen Einsatzbedingungen in Passivhäusern niedrigere Leistungszahlen als normale Sole/Wasser-Wärmepumpen. Die geringen JAZs der Fortluftwärmepumpen in Kompaktaggregaten kommen in erster Linie durch den niedrigen Wärmegehalt der Fortluft zustande, da diese durch die WRG schon deutlich abgekühlt wurde. Die in (Bühring 2004) dargestellten Messergebnisse von verschiedenen Wärmepumpen-Kompaktgeräten zeigen Leistungszahlen von 2,2 bis 3 im Sommer- und Winterbetrieb.

Untersuchungen des Fraunhofer ISE ergaben jedoch, dass allein die WRG eine JAZ von ca. 8 erreichen kann, womit für das **Gesamtsystem Wärmepumpe plus WRG** JAZs von über 10 möglich sind[60] (Russ et al. 2002).

[60] Andere Quellen geben mit JAZs von bis zu 20 deutlich höhere Werte an, welche u.a. durch effizientere Antriebe erreicht werden (Darup 2007).

Tabelle 6.14: Übersicht marktverfügbarer Wärmepumpenkompaktgeräte (Protokollband Nr. 26, 2004)

Herstellervergleich:	**Viessmann** Vitotres 343*	**Drexel u. Weiss** Aerosmart S*	**Maico** Aerex BW 125/175/225*	**Stiebel Eltron** LWZ 303 SOL
Nenn- Luftvolumenströme [m³/h]	70 – 250	120 – 205	90 – 250	80 - 230
Leistung Wärmepumpe [kW] A2/W35	1,5	0,97	1,4	5,5
Leistung Heizstab [kW]	2/4/6	2	2	4,4
COP Winter Aufheizung Nacherwärmung **COP Sommer** Aufheizung Nacherwärmung	 3,24 2,26 3,70 2,74***	 2,79/3,21** 2,64/3,15** 3,05 2,96	 Heizstab 3,02/3,39** Heizstab 3,42	-
Speichervolumen [l]	250	200	300	200
Anschluss Solaranlage	Ja	Nein	Ja	Ja
Grundpreis inkl. MwSt. [€]	6.100	9.900	9.500	10.400

* getestet von ISE, Teststandmessungen nach EN 255-3 mehrätiger Messzyklus
** Die Abwärme des Verdichters wird im Heizfall an die Zuluft abgegeben, wodurch der höhere Nutzungsgrad entsteht
*** Wert bei ausgeschaltetem Elektroheizstab

Eine 2003 vom Fraunhofer IBP durchgeführte „Messtechnische Validierung des Energiekonzeptes einer Passivhaussiedlung in Stuttgart-Feuerbach“ (Reiß et al. 2003), in der ausschließlich Wärmepumpenkompaktaggregate eingesetzt wurden, bescheinigte, dass diese mit einem – rechnerischen und empirisch bestätigten Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung von ca. 40 kWh/m²a ebenso wenig Energie verbrauchen wie andere gut ausgelegte Heizungssysteme.[61]

In (Russ et al., 2002) wird zudem dargestellt, dass im Vergleich zu verschiedenen Wärmepumpen-Versorgungslösungen die Kompaktaggregate bezüglich des Primärenergiebedarfs am Besten abschneiden. Der durchschnittliche Primärenergiebedarf von Lüftungsgeräten mit Erdreichwärmepumpe liegt trotzt höherer Arbeitszahlen der Wärmepumpe nahezu doppelt so hoch wie bei Kompaktaggregaten. Die Installation von Wärmepumpenkompaktaggregaten mit Fortluftwärmepumpen stellt dabei (im Vergleich zu anderen Wärmepumpensystemen) eine kostengünstige Methode dar. Ein Luft-Erdwärmetauscher ist zwar von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig.

Anhand der Mess- und Evaluierungsergebnisse von verschieden Fabrikaten und Standorten konnte gezeigt werden, dass Kompaktaggregate in Verbindung mit Solaranlagen für die Versorgung von Niedrigst- und Passivhäusern besonders gut geeignet sind.

[61] Gemessen: Heizungsstrang 14 kWh/m²*a, Warmwasserbereitung 12,9 kWh/m²*a, Speicher- und Verteilverluste 4,2 kWh/m²*a, Lüftung 6 kWh/m²*a). Ist es nicht möglich, einen Luft-Erdwärmetauscher zu installieren, erhöht sich der Primärenergiebedarf um ca. 9 kWh/m²*a.

Nahwärmeversorgung

Leitungsgebundene Wärmeversorgungssysteme (Fernwärme / Nahwärme) gelten, sofern sie überwiegend mit Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und/oder erneuerbaren Energien betrieben werden, als umwelt- bzw. klimafreundliche Versorgungsoption. Sie zeichnen sich zudem in weiteren Punkten aus:

- Hohe Versorgungssicherheit
- Preisstabilität durch hohen Anteil kapitalgebundener Kosten (Erzeugung und Netz)
- Hohe Flexibilität bei Brennstoffeinsatz (insbesondere Wechsel hin zu erneuerbaren Energien) und Technologieeinsatz (z.B. Wechsel von ungekoppelter Erzeugung hin zur KWK) und hohe Maßnahmenwirksamkeit (z.B. CO_2-Reduktionsmaßnahmen)
- Geringer Platzbedarf, kein Schornstein und kein bzw. geringer Wartungsbedarf in den angeschlossenen Gebäuden
- Keine lokalen Emissionen.

Einzelne, nah beieinanderliegende Gebäude können über erdverlegte und gedämmte Rohrleitungen eines Nahwärmenetzes von einer zentralen Heizungsstation aus mit Wärme versorgt werden. Mittels einer Übergabestation wird dann die Wärme aus dem Nahwärmekeis für die Raumheizung und Warmwasserbereitung eines Gebäudes übergeben. Grundsätzlich eignet sich jeder Energieträger zur zentralen Wärmeversorgung, der auch in dezentralen Systemen verwendet wird.

Dezentrale Energieerzeuger mit Nahwärmeversorgung haben die Vorteile, dass hocheffiziente KWK-Technologien zum Einsatz kommen können und im Mittel eine gleichmäßigere Wärmenachfrage gegenüber Einzelversorgungslösungen zu weiteren Effizienzsteigerungen führt. Installations-, Anschluss-, Wartungs- und Brennstoffkosten fallen deutlich geringer aus und es kann bei Öl- bzw. Festbrennstoffversorgung auf eine dezentrale Brennstofflagerung und Beschaffung verzichtet werden. Wird ein Nahwärmesystem von einem Energiedienstleister betrieben, reduzieren sich Bedien- und Arbeitsaufwand auf ein Minimum. Entgegen der Befürchtungen von vielen Eigenheimbesitzern weist die Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetze eine größere Betriebssicherheit als eine Einzelversorgung, da die Heizzentralen hier in der Regel mit mehreren Erzeugern redundant ausgestattet sind. (Hildebrand et al. 2007)

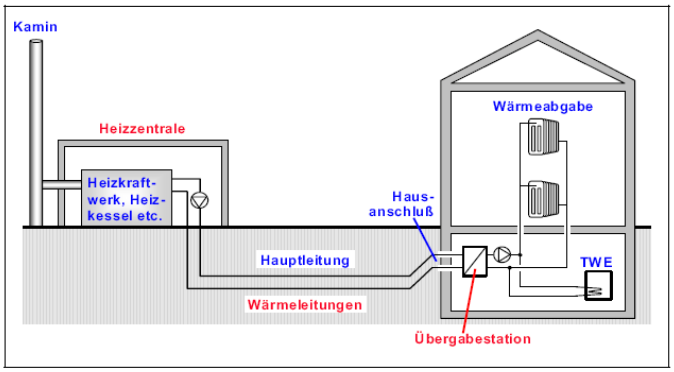


Abbildung 6.17: Wesentliche Teile eines Nahwärmeversorgungssystems (Hildebrand et al. 2007)

Demgegenüber stehen die Mehrkosten, welche für die Verlegung und Installation eines Nahwärmenetzes aufgebracht werden müssen. Pro verlegten Meter ist hierbei mit Kosten

zwischen 200 bis 300 € (Wiese) bzw. 400 – 500 € (Straße) zur rechnen. (von Oesen et al. 2007)

Besonders bei Passivhausobjekten ist zu beachten, dass die Anteile der Leitungs- und Übergabeverluste aufgrund des geringen Wärmebedarfs einen bedeutenden Anteil am Gesamtbedarf haben können und daher nicht mehr zu vernachlässigen sind[62] bzw. die Nahwärmeversorgung gegenüber der dezentralen Versorgung in Frage stellen könnte. Die Verlegung der Rohrleitungen des Nahwärmenetzes innerhalb der thermischen Hülle der Gebäude bzw. eine hohe Bebauungsdichte können hier einen Beitrag zur Erhöhung der Effizienz eines Nahwärmenetzes leisten (siehe Kapitel 6.4.2).

Als großes Hemmnis der Nahwärmeversorgung erwies sich die Bereitschaft der Hausbesitzer, sich an das Netz anschließen zu lassen. Vorbehalte liegen hier, wie oben beschrieben, weniger bei der technischen Planung und Umsetzung als vielmehr bei der Angst vor Abhängigkeiten und einer langfristigen Versorgungs- und Betriebssicherheit. Schwierigkeiten bereiten auch die Gründung von Gemeinschaftseigentum und Betreibergemeinschaften sowie Abrechnungsprobleme. Durch professionelle Contracting- Partner können diese Probleme von vornherein jedoch auf ein Minimum reduziert werden. (Böhnisch H. 2004)

„Kalte Nahwärme“ als neue Infrastrukturlösungen für effiziente Gebäude in Siedlungen

Auch beim zweiten Energiebalance-Workshop *Zukünftige Technologien und Infrastrukturen zur Energieversorgung hocheffizienter Gebäude und Siedlungen* (siehe Workshopbox 1) wurde die Problematik angesprochen, wie in Zukunft Fern- und Nahwärmeausbau erfolgen kann, wenn gleichzeitig Wärmedichten vorerst in Neubaugebieten und sukzessive auch im Bestand abnehmen und dadurch die Erschließung unwirtschaftlich wird. Eine Versorgungsmöglichkeit bietet beispielsweise der Fernwärmerücklauf. Kraftwerksbetreiber können dadurch höhere elektrische Wirkungsgrade im Kraftwerks erreichen, und zusätzliche Wärmeabnahmekunden gewinnen, ohne die Heizleistung an sich zu erhöhen.

Vor allem bei hocheffizienten Gebäuden mit besonders geringem Energiebedarf muss es das Ziel sein, auf der einen Seite durch technische Innovationen und organisatorisch-strukturelle Anpassungen preiswertere Anschlussbedingungen herzustellen. Auf der anderen Seite könnte durch sogenannte **LowEx-Konzepte** (s. Infobox) versucht werden, die Vor- und Rücklauftemperaturen soweit abzusenken, dass die Wärmeverteilverluste eine tolerierbare Größenordnung einnehmen. Für den perspektivisch stark reduzierten Wärmebedarf für Gebäude bieten LowEx-Konzepte folgende Vorteile:

- Einspeisung von Niedertemperatur-Wärme (Solarenergie, Umgebungswärme, geothermische Wärme, KWK-Wärme, Prozess-Abwärme, Abwasserwärme...) möglich
- Reduktion der Wärmeverteilverluste durch niedrigere Vor- und Rücklauftemperaturen
- Höhere elektrische Wirkungsgrade und höhere Stromkennzahl bei der Stromerzeugung aufgrund reduzierter Rücklauftemperaturen (bei Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung aus Dampf- bzw. GuD-Kraftwerken)

[62] Bei Gebieten mit Einfamilienhausbebauung und Nahwärmeversorgung mit dem heute üblichen (schlechten) Dämmstandard kann von < 20 % Wärmeverteilverlusten ausgegangen werden (Böhnisch H. 2004)). Bei Passivhaussiedlungen können diese jedoch leicht 40 % und mehr betragen (von Oesen et al. 2007).

Infobox Niedertemperatursysteme (LowEx-Konzepte)

Aus thermodynamischer Sicht ist es in hohem Maße ineffizient, zu Heizzwecken fossile Brennstoffe bei mehreren hundert bis über tausend Grad Celsius zu verbrennen, um letztendlich eine Raumtemperatur von nur ca. 20°C zu erzielen. Solche Umwandlungsprozesse gehen mit hohen Exergieverlusten einher[63]. Im Sinne der Ressourcenschonung ist es daher sinnvoll, Energieträger mit hohem Exergiegehalt überwiegend nur für hochwertige Anwendungen (Stromerzeugung, Hochtemperaturprozesswärme, Gas-Wärmepumpe) einzusetzen. Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip **Niedertemperaturquellen**, wie sie beispielsweise solar, aus der Umgebung (über Wärmepumpen) oder aus industrieller bzw. KWK-Abwärme gewonnen werden können.

In Abbildung 6.18 ist beispielhaft ein Schaltbild skizziert, wie durch eine **gestufte Bereitstellung von Wärme auf zwei Temperaturniveaus** (Heizwärme auf niedrigem und WW auf höherem Niveau) Niedertemperaturquellen in ein Nah- bzw. Fernwärmesystem eingebunden und gleichzeitig die Wärmeverteilverluste reduziert werden können. Zu beachten ist hier jedoch, dass zusätzliche Investitionen in eine WW-Wärmepumpe aufgewendet werden müssen und dass bei einer Gesamtenergiebilanz der Stromverbrauch dieser Wärmepumpe (inkl. seiner vorgelagerten Primärenergieaufwendungen) berücksichtigt werden müssen.

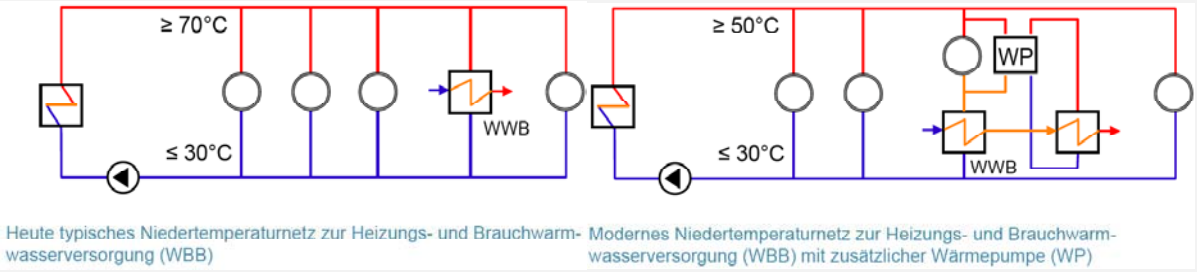


Abbildung 6.18: Beispiel für eine technische Option zur Absenkung der Netz-Vorlauftemperatur (links: heute typisches Niedertemperaturnetz mit 70/30°C / rechts: zukünftige 50/30°C-Variante mit Warmwasser-Nacherwärmung mittels Wärmepumpe) (GEF 2008)

LowEx-Technologien sind Gegenstand des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Verbundvorhaben "LowEx - Heizen und Kühlen mit Niedrig-Exergie" (s. www.lowex.info und www.enob.info/de/forschungsfelder/lowex).

„Low-Ex-Konzepte" ist zunächst als ein Überbegriff für verschiedene technologische Lösungskonzepte zu verstehen. Darunter fällt z.B. die in der Infobox beschriebene gestufte Bereitstellung von Wärme auf zwei Temperaturniveaus oder aber der Anschluss von Niedrigenergiehäusern bzw. -Siedlungen an den Fernwärme-Rücklauf eines konventionellen Fernwärmenetzes mit seinen derzeit noch relativ hohen Vorlauf-Temperaturen (s. roter Bereich in Abbildung 6.19).

„**Kalte Nahwärme**" ist ein weiteres solches Lösungskonzept, welches sich durch Wärmetransport auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (z.B. Vorlauf/Rücklauf 20°C/15°C und weniger) auszeichnet. Dadurch können sowohl die Wärmeverteilverluste (Netzverluste, ins-

[63] Als „Exergie" bezeichnet man in der Thermodynamik denjenigen (von den Umgebungsbedingungen abhängigen) Anteil der Energie, der zur Abgabe von Arbeit in der Lage ist. Der nicht nutzbare Teil der Energie wird als „Anergie" bezeichnet.

besondere im Sommer) als auch die Verlegekosten (durch geringere Dämmstärken bzw. weitgehenden Verzicht auf Leitungsdämmung) erheblich reduziert werden.

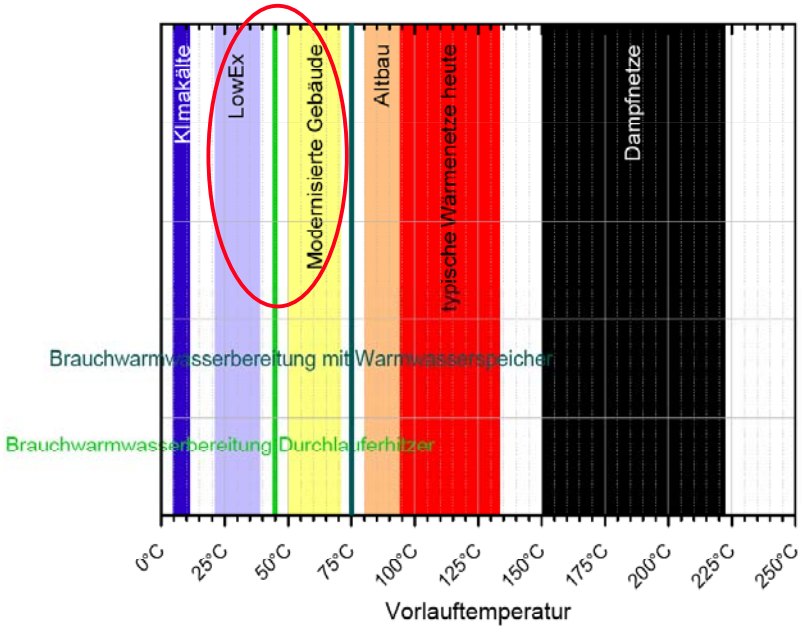


Abbildung 6.19: Vorlauftemperaturen verschiedener Wärmeversorgungssysteme (GEF 2008)

„Kalte Nahwärme“ beschreibt zunächst nur das Prinzip des verlustarmen Wärmetransportes auf niedrigem Temperaturniveau (nahe den Temperaturen im Erdboden). Es ist jedoch noch keine Aussage darüber gemacht, welche Wärmequelle genutzt wird und auf welche Weise das Temperaturniveau beim Nutzer auf das für Gebäudebeheizung und/oder Warmwassererzeugung notwendige höhere Temperaturniveau angehoben werden kann.

Als **Wärmequellen** eignen sich insbesondere **regenerative Niedertemperaturquellen** wie Solarenergie, Umgebungswärme (z.B. Regen-, Fluss-, Grund-, Oberflächen-, Tunnel- oder Sickerwasser), Geothermische Wärme (oberflächennah oder Tiefengeothermie) und **Abfallwärme** wie z.B. KWK-Wärme, (Industrielle) Prozess-Abwärme, Abwärme aus Lüftungsanlagen, Abwärme aus Kälteanlagen oder Abwasserwärme.

Zum Anheben der niedrigen Vorlauftemperaturen auf ein nutzbares Niveau werden i.d.R. **elektrische Wärmepumpen** eingesetzt. Diese können als kleine Einheiten **dezentral** in jedem einzelnen Gebäude **oder** alternativ als größere Einheiten **zentral in Kopfstationen** mit nachgeschaltetem kleinen Nahwärmenetz (auf höherem Temperaturniveau) realisiert werden. Vorteile der zweiten Alternative liegen im geringeren spezifischen Preis (pro Kilowatt elektrisch) und in der höheren Effizienz größerer Wärmepumpen. Abbildung 6.20 zeigt ein solches Kalte-Nahwärme-Beispiel mit einem zentralen Erdsondenfeld als Wärmequelle und Versorgung über elektrische Wärmepumpen in Kopfstationen.

Abbildung 6.20: Kalte Nahwärme am Beispiel eines zentralen Erdsondenfeld und Versorgung über Wärmepumpen in Kopfstationen (Graw 2008)

In der „Solarsiedlung am Ohrberg“ in Hameln wurde ein Konzept mit **Kaskadenschaltung** realisiert, bei der zwei große zentrale Wärmepumpen (je 185 kW_{th}) das Temperaturniveau der Wärmequelle (Weserwasser) von minimal 5 °C auf die Vorlauftemperatur der kalten Nahwärmeschiene von ca. 10 bis 15°C anheben. Die Beheizung der angeschlossenen rund 70 Einfamilienhäuser sowie die Warmwassererzeugung geschieht mit individuell dimensionierten dezentralen Wärmepumpen mit einer Leistung von 8 bis 24 kW_{th}. Laut eigenen Angaben erreichen die Primärwärmepumpen Jahresarbeitszahlen (JAZ) von 12 - 14 und das Gesamtsystem JAZ > 4. Bei Nutzung industrieller Abwärme (ohne Kaskadenschaltung) können noch höhere JAZ im Bereich von 5 bis 7 erzielt werden. (Hoppe 2008)

Neben elektrischen Wärmepumpen können auch **Gas-Wärmepumpen** zum Einsatz kommen (siehe Kapitel 6.3.1). Bisher sind nur größere Aggregate kommerziell verfügbar (z.B. Fa. Robur mit ca. 35 kW_{th}), so dass sich hier das Konzept mit Kopfstationen anbietet. Vorteil der Kopfstationslösung ist ferner, dass nur einmal ein Erdgasanschluss gelegt werden muss.

Für den Betrieb von kalten Nahwärmenetzen bieten sich verschiedene **Einsatzgebiete** bzw. **Kombinationsmöglichkeiten** an: So eignen sich insbesondere energetisch hoch gedämmte Solarsiedlungen für eine Kombination von kalter Nahwärme für Niedertemperatur-Raumheizung und solarthermischer Warmwasserbereitung für Brauchwasser. Vorteil ist hier, dass die WP im reinen Heizbetrieb bis ca. 35 °C (ausreichendes Temperaturniveau für Flächenheizungen in gut gedämmten Gebäuden) sehr gute Arbeitszahlen aufweist und die für Brauchwasser höheren Temperaturen – zumindest im Sommer und teilweise in der Übergangszeit – durch Solarthermie erzeugt werden können. Einige Konzepte arbeiten mit *dezentralen* Warmwasserspeichern zur Abfederung der Wärme-Spitzenlast; dadurch kann eine kleinere und somit preiswertere WP gewählt werden (Vanoli et al. 1998). Ein anderes Konzept setzt auf den Betrieb mit *zentralem* Wärmespeicher (Kies-Wasser-Speicher), welcher ein ganzjährig konstantes Temperaturniveau garantiert (Energiebalance 2008). Wiederum Andere verzichten auf einen zentralen Speicher und nutzen stattdessen das Wärmeverteilnetz selber, welches je nach Auslegung eine Speicherkapazität von ein bis zwei Tagen aufweisen kann. Außerhalb der Heizsaison von April bis Oktober wird kein Primärwärmeeintrag in das kalte Netz benötigt (Hoppe 2008). Ein weiterer Ansatz ist die Kombination mit einem BHKW (Hochtemperatur-Wärmequelle) und einer Ad-/Absorptions-Kältemaschine (Niedertemperatur-Wärmequelle). Hier kann das kalte Nahwärmenetz im Sommer auch zur Kühlung genutzt werden (Siekmann 2008).

(Hoppe 2008) nennt folgende Voraussetzungen, die für die Realisierung kalter Nahwärmenetze gegeben sein sollten:

- Neubausiedlung nach Niedrigenergiestandard
- Niedertemperaturheizung in den Gebäuden (Fußbodenheizung)
- Anschlusszwang der Gebäudeeigentümer an die Kalte Schiene
- Vorhandensein einer geeigneten Wärmequelle (industrielle Abwärme, Wasser, Erdwärmenutzung...)
- Gute Information der zukünftigen Siedlungsbewohner über das geplante Projekt und den Projektstand
- Wärmecontracting (Hauseigentümer kaufen Wärme zu marktüblichen Konditionen).

Für eine hohe Effizienz (hohe System-Jahresarbeitszahl) ist insbesondere bei Wärmepumpenanlagen eine gute Planung und Ausführung des gesamten Wärmeversorgungssystems inkl. Haustechnik unerlässlich.

Kalte-Nahwärme-Konzepte sind derzeit in etwa einem halben Dutzend Pilotprojekten deutschlandweit umgesetzt worden. Weitere Projekte sind in Planung (siehe Anhang Kapitel 11.4). Zusammengefasst weisen Kalte-Nahwärme-Systeme neben den oben beschriebenen Haupt-**Vorteilen**

- sehr geringe Wärmeverteilverluste[64]
- geringere Investitionskosten für Wärmenetz (Rohre, Dämmung und Verlegung)
- Einbindung von Niedertemperatur-Wärmequellen über Nahwärmenetz realisierbar

folgende weitere Vorzüge (ggf. mit Einschränkungen) auf:

- verlustarme Überbrückung relativ großer Distanzen möglich (Giel 2008)
- Rentabilität auch bei geringen Besiedlungsdichten (ländlicher Raum) wegen geringerer Kosten für Isolierung und Verlegung (Zirp 2007)
- keine Grunddienstbarkeiten für Nahwärmerohre notwendig, da durch die geringen Wärmeverluste und Verlegekosten Umwege möglich sind
- EEWärmeG ist erfüllt (bei Einsatz von regenerativen Wärmequellen)
- hohe Flexibilität (Solaranlagen individuell möglich, etappenweiser Netzausbau und Nachverdichtung möglich)
- im Sommer Wärmenetz zur Kühlung nutzbar (abhängig von Art der Wärmequelle)
- Netz kann durch externen Contractor betrieben werden
- Systeme mit Rücklauf in die Oberflächenentwässerung realisierbar (Nanzer 1996)
- durch konstante, relativ hohe Quelltemperaturen ganzjährig gute Arbeitszahlen der dezentralen WP

[64] (Hoppe 2008) gibt z.B. für seine Projekte Temperaturverluste von weniger als 0,6 K an (bei Vorlauftemperaturen von 10 bis 15 °C).

- im Vergleich zu Referenzsystemen (z.B. Brennwertsystem mit solarer Warmwasserbereitung) Primärenergieeinsparung möglich (z.B. prognostizierte minus 20 % in der Siedlung Dornhege) (Energiebalance 2008)
- Anschlussgebühren geringer als Investitionskosten in Einzelanlage (Hoppe 2008)
- sehr gute Eignung für Passivhaus-Siedlungen

Die **Hauptkritik** an dem System Kalte Nahwärme bezieht sich auf die Notwendigkeit, die niedrigen Vorlauftemperaturen mittels Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau anheben zu müssen. Ob sich eine Primärenergie-Einsparung gegenüber Referenzsystemen (z.B. Erdgas- oder Öl-Einzelheizung mit Solarenergienutzung bzw. konventionelle Nahwärmelösung) unter Einbeziehung aller Hilfsenergien (insbesondere Pumpstrom für Wärmequelle und Wärmenetz) und Verluste in den Vorketten (insbesondere zur Erzeugung des Wärmepumpenstroms) tatsächlich nachweisen lässt, ist nicht allgemeingültig beantwortbar, da das Potenzial zur Primärenergie- sowie CO_2-Einsparung in hohem Maße von folgenden Faktoren abhängt:

- Art des alternativen Referenzsystems für die Wärmeerzeugung (Effizienz, Anteil erneuerbarer Energien[65])
- Art des gewählten Referenzsystems für die Erzeugung des Wärmepumpenstroms (mögliche Ansätze: Strom-Mix Deutschland / Grenzstromerzeugung in fossilen Kraftwerken etc.)
- Art, Ergiebigkeit und Temperaturniveau der Niedertemperatur-Wärmequelle (z.B. ohnehin anfallende und sonst ungenutzte Abwärme oder regenerative Energiequellen)
- Effizienz der eingesetzten Wärmepumpen, da hohe Temperaturspreizungen die Effizienz von Wärmepumpen verringern (insbesondere problematisch für Erzeugung von Brauchwarmwasser mit T > 60°C)
- Abstimmung der Systemkomponenten untereinander (Wärmepumpe, hydraulische Einbindung, Systemtemperaturen für Heizung und Warmwasser etc.)

Neben dieser grundsätzlichen Fragestellung werden mehr oder weniger spezielle Kritiken innerhalb bestimmter Kalte-Nahwärme-Projekte geäußert. Beispielsweise wird der Anschlusszwang in Kombination mit dem Wärmepumpeneinbau (Quelle: www.march.de zur Neubausiedlung Neumatten / March) kritisiert. Oder es gab die Kritik, dass Risiken für den Wasserhaushalt im Naturschutzgebiet nicht geklärt wurden (Haus&Energie 2007 zu March / Hugstetten). Oder dass die Wärmepumpe als Baulast ins Grundbuch eingetragen wird, d.h. dass keine andere Heizung wählbar ist und somit die Abhängigkeit vom Energieträger Strom vorgegeben wird (Janzing 2006).

Solange erneuerbare Energietechnologien in der Stromerzeugung noch nicht im Überfluss zur Verfügung stehen, könnte ein massiver Zubau von kalten Nahwärmenetzen (bzw. von elektrischen Wärmepumpen allgemein) Verknappungstendenzen im Strommarkt verschärfen

[65] Z.B. hat die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg berechnet, dass Wärmepumpen am kalten Nahwärmenetz die 3fache Menge an CO_2 im Vergleich zu Holzhackschnitzeln bzw. die 6fache Menge im Vergleich zu Pelletheizungen verursachen (Janzing 2006).

und ggf. verstärkt nicht-nachhaltige Stromerzeugungskapazitäten (insbesondere Kohle- und Atomstrom) (re)aktivieren.

Infobox: Bewertung der CO_2-Emissionen gegenüber Referenzsystemen

Wenn es beispielsweise gelingt, eine Jahresarbeitszahl von 4,0 (inklusive Hilfsstrombedarf für Pumpen) zu erzielen, so können gegenüber einem Referenzsystem Ölheizung (Jahresnutzungsgrad = 90%) ca. 40 % Primärenergie und gegenüber einem Referenzsystem Gasheizung (Jahresnutzungsgrad = 100%) ca. 35 % Primärenergie eingespart werden (vgl. Abbildung 6.21 links).

Wie hoch die korrespondierende CO_2-Einsparung anzusetzen ist, hängt in hohem Maße von der Annahme zur Erzeugung des Wärmepumpenstroms ab. Verfolgt man den Ansatz des Strommixes (hier: 608 g/kWh$_{el}$, s. Abbildung 6.21 rechts), so beträgt das Minderungspotenzial über 50 % (Referenz Ölheizung) bzw. ca. 30 % (Referenz Gasheizung). Bei einem alternativen Ansatz „Grenzstromerzeugung in fossilen Mittellastkraftwerken" verschlechtert sich die Bilanz jedoch dahingehend, dass nur noch ein geringer CO_2-Minderungseffekt nachweisbar ist[66]. Bei JAZ deutlich kleiner als vier, wären dann sogar CO_2-*Mehremissionen* ggü. einem Referenzsystem möglich, so dass ein ökologischer Vorteil - trotz Einspeisung z.B. regenerativer Umgebungswärme – nicht notwendigerweise mehr gegeben wäre.[67]

Primärenergieeinsparung CO_2-Einsparung

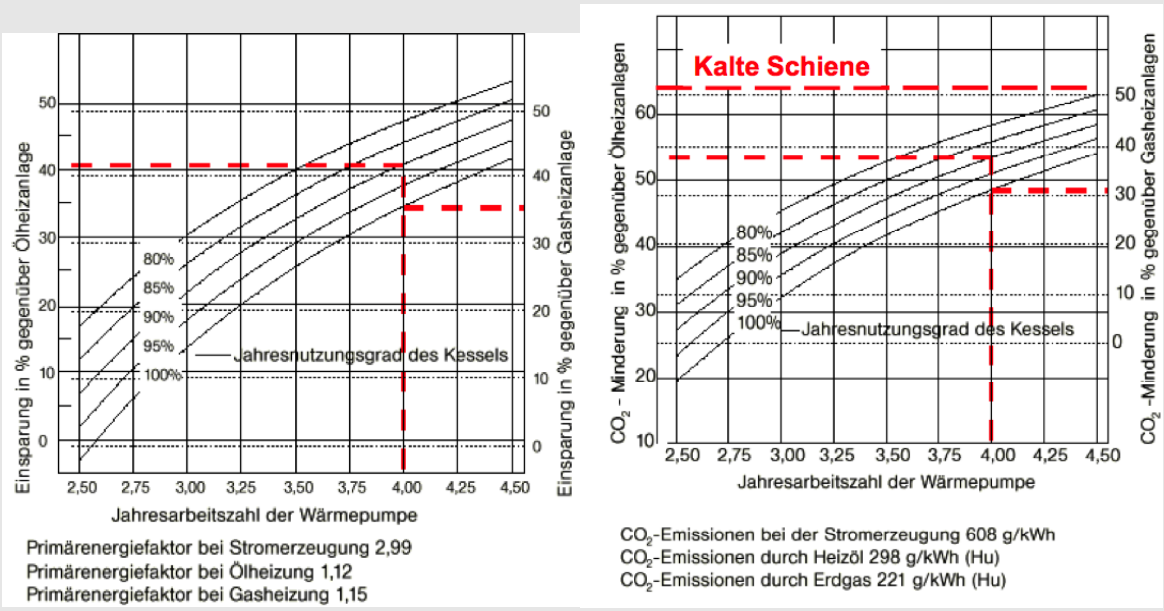


Abbildung 6.21: Primärenergie- und CO_2-Einsparungen einer Wärmepumpenanlage (JAZ = 4 gegenüber Referenzanlagen Jahresnutzungsgrad Ölheizung: 90%, Gasheizung: 100 %) (Hoppe 2008)

[66] Im Sinne einer Ökobilanz müssten jedoch noch weitere relevante Schadstoffe mit bilanziert werden, insbesondere versauernde Luftschadstoffe (SO_2, NO_x und HCl), die im sog. SO_2-Äquivalentwert zusammengefasst werden. Beim „Strommix-Ansatz" liegen die direkten und indirekten SO_2-Äquivalente der Gas-Brennwertheizung etwa 30% unterhalb von denen der Elektro-WP (Quelle: Eigene Berechnungen mit GEMIS 4.2). Im Gegensatz zur Elektro-WP fällt außerdem bei Gasheizungen (und auch bei Ölheizungen) in der Vorkette kein radioaktiver Abfall an.

[67] Die Bandbreite der Treibhausgasemissionen von Elektro- und Gas-Wärmepumpen (im Vergleich zu Erdgaskesseln) ist für verschiedene Kraftwerksszenarien in Abbildung 6.10 wiedergegeben.

„Kalte Nahwärme“ ist ein innovativer Versorgungsansatz, der die Probleme bei der Wärmeversorgung hocheffizienter Gebäude adressiert. Es handelt sich jedoch noch um einen relativ jungen Technologieansatz, bei dem noch Forschungs- und Evaluationsbedarf erforderlich ist. Folgende Empfehlungen können ausgesprochen werden:

- **Ökonomische und ökologische Evaluation** bereits realisierter Pilotprojekte durch unabhängige Institutionen
- **Bei positivem Evaluationsergebnis Förderung der Umsetzung weiterer Demonstrationsprojekte** (z.B. über Marktanreizprogramm) inklusive Entwicklung von einzuhaltende Mindeststandards

Kalte Nahwärme

3E–Consult, Markus Patschke, Bernhard Dornhege, Sonderpreis

Projektbeschreibung:

Mit diesem Konzept sollen Kommunen und Siedlungen die Möglichkeit haben, ihre Gebäude energieeffizient und regenerativ mit Wärme zu versorgen. An ein kaltes Nahwärmenetz angeschlossen hat jedes einzelne Gebäude die Möglichkeit, Wärme auf niedrigem Temperaturniveau zu entnehmen und mittels Wärmepumpen auf das gewünschte Niveau zu bringen. Vorteil gegenüber herkömmlichen Wärmenetzen sind sehr geringe Leitungsverluste, wodurch auf eine aufwändige Wärmeisolierung verzichtet werden kann. Theoretisch ist der Betrieb des Netzes als „passives“ Netz ohne eigenen Pumpenantrieb möglich, wobei individuell ausgelegte Förderpumpen der Wärmepumpenaggregate selbst für die notwendige Zirkulation sorgen können. Als Speicher dienen zentrale Erdsondenfelder oder Einrichtungen zur Regenwasserrückhaltung (Kiesspeicher), die durch kostengünstige Maßnahmen thermisch zu aktivieren sind. Um diese Speicher zu regenerieren, sind für dieses Konzept Abwasser-, Regenwasser und mittels Solarabsorber erwärmtes Solewasser vorgeschlagen worden. Das dadurch relativ konstante Temperaturniveau (im Mittel 6-7 °C) ermöglicht ganzjährig hohe Jahresarbeitszahlen der dezentralen Wärmepumpenaggregate. Im Vergleich zu einem Brennwertsystem mit solarer Warmwasserbereitung kann der Primärenergieverbrauch so um ca. 20 % reduziert werden. Die Nutzung des Netzes soll nach einmaliger Umlage nahezu kostenfrei sein. 2008 soll der Konzeptentwurf in Nordkirchen umgesetzt und erprobt werden.

Wort der Jury

„Mit energetisch zunehmend anspruchsvolleren Gebäudestandards und innovativer Gebäudetechnik brauchen wir auch neue Lösung für eine Wärmeinfrastruktur. Das Projekt „Kalte Nahwärme“ weist hier innovative Wege: die zentrale Bereitstellung von solarer Wärme und Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau und die Verteilung dieser „kalten Nahwärme“ an dezentrale Wärmepumpen mit sehr geringen Verlusten gleichzeitig zu günstigen Preisen könnte ein zukünftiger Weg sein, auch hochgedämmte Siedlungen effizient zu versorgen.“

Projektdaten*	
Nahwärmenetz	• 600 m Rohrleitung (60 m³/h) • 600 m Einzelanschlussleitungen (2 m³/h) • 500 m Wärmetauscherrohre
Entzugsleistung	• ~ 120 kW
Gesamtwärmeentzug (JAZ 4,3)	• ~ 217.000 kWh/a
Kies-Wasser-Speicher (1200 m³, ΔT ~ 7K und lat. Q)	• Wärmegehalt ~ 40.000 kWh • ausreichend für 14 Tage bei höchster Heizlast
Speicherregenerat. Regenwasser Abwasser (ΔT~1 K)	Nutzbare Wärme • ~ 29.000 kWh/a • ~ 245.000 kWh/a
Baukosten Nahwärmenetz	• ~ 140.000 €

* Die in der Tabelle aufgezeigten Werte beziehen sich auf die geplante, 30 EFH große, Neubausiedlung in Dornhege Nordkirchen.

Die Gewinner:
3E- Consult Markus Patschke,
Bernhard Dornhege
Weischerstraße 5, 59394 Nordkirchen
Tel.: +49/2596-9379778
E-Mail: markus.patschke@3E-consult.de

Abbildung 6.22: Portrait des Sonderpreisträgers 3E-Consult mit dem Projekt Kalte Nahwärme im Rahmen des Wettbewerb Energiebalance – Gut verzahnt geplant! (Energiebalance 2008)

6.4.2 Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene

Bei Neubau- und umfassenden Sanierungsprojekten hat die Dämmung des Gebäudes einen wesentlichen Einfluss auf die Planungen der Energieversorgungsanlagen und Verteilsysteme sowie auf (effiziente) Einsatzmöglichkeiten von EE. Dämmmaßnahmen nach Passivhaus- oder KfW-40-Standard reduzieren den Energieverbrauch in einer Weise, die den Einsatz von manchen erneuerbaren Energiequellen – vor allem Biomasse – erschwert, da z.B. im Einfamilienhaus-Bereich keine adäquaten Kesselgrößen am Markt verfügbar sind oder da beispielsweise Anschlussleitungen für Erdgas oder Nahwärme nicht mehr wirtschaftlich darstellbar sind. In diesem Kapitel wird daher (aufbauend auf Kapitel 6.4.1) für eine Neubausiedlung im Passivhausstandard der Frage nachgegangen, welche **Technologien** der erneuerbaren und effizienten Wärmeversorgung technisch, ökonomisch und ökologisch sinnvoll eingesetzt werden können und welche **Infrastrukturen** dafür aufgebaut werden müssen.

Mit Infrastrukturen sind in diesem Falle leitungsgebundene Energieversorgungssysteme gemeint, die sich von konventioneller Strom- und Gasversorgung unterscheiden: dies ist im Wesentlichen die Versorgung von Gebäuden mit Nahwärme. Wärmequelle für das Nahwärmenetz kann dabei eine Fernwärmeversorgung mit zentraler Übergabestation sein oder aber auch eine eigene, nur der Siedlung zugehörige Wärmequelle, sowie Varianten der Einzelenergieversorgung.

Durch den Vergleich und die Bewertung von neun verschiedenen Versorgungsvarianten[68] sollen folgende Leitfragen analysiert werden:

- Wie können hocheffiziente Gebäude und Siedlungen zukünftig ökologisch-ökonomisch sinnvoll versorgt werden?
- Sind bestehende Fernwärmenetze überhaupt zukunftsfähig? Oder anders gefragt:
- Wie kann die FW-Struktur auf den zukünftig verminderten Energie- und Temperaturniveau-Bedarf angepasst werden, um sie zukunftsfähig zu machen?
- Welche technischen, infrastrukturellen und organisatorische Lösungskonzepte müssen entwickelt und angewandt werden, damit FW-Versorgung in Konkurrenz zur Einzel- und Nahwärmeversorgung ökonomisch und ökologisch noch darstellbar ist?
- Wo liegen die technischen und energiepolitischen Stellschrauben im Wechselspiel zwischen Effizienz und Erneuerbaren?

Dazu werden jeweils die Wärmenetzverluste, die Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für verschiedene Preissteigerungs-Szenarien sowie die CO_2-Äquivalent-Emissionen ermittelt.

Die Begriffe Fern- und Nahwärme sind nicht eindeutig definiert[69], deshalb werden eigene Begriffsdefinitionen eingeführt:

Einzelversorgung bedeutet die Versorgung einer einzelnen Wohneinheit (Reihenhaus) mit Wärme unabhängig von den benachbarten Einheiten.

[68] Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Graw aus Osnabrück durchgeführt.

[69] So definiert beispielsweise der BGH den Begriff „Fernwärme“ aus formaljuristischer Sicht folgendermaßen: "Wird aus einer nicht im Eigentum des Gebäudeeigentümers stehenden Heizungsanlage von einem Dritten nach unternehmenswirtschaftlichen Gesichtspunkten eigenständig Wärme produziert und an andere geliefert, so handelt es sich um Fernwärme. Auf die Nähe der Anlage zu dem versorgenden Gebäude oder das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes kommt es nicht an."

Objektversorgung bedeutet in dieser Untersuchung die Versorgung eines Gebäudekomplexes, z. B. einer kompakten Reihenhausgruppe oder zweier solcher Gruppen, aus einer gemeinsamen Wärmequelle. Im Gegensatz zur Einzelversorgung gibt es dann nur eine zentrale Versorgungsquelle (Kopfstation mit Heizkessel bzw. Wärmepumpe).

Nahwärmeversorgung bedeutet die Versorgung einer ganzen Siedlung mit Wärme aus einer gemeinsamen Wärmequelle.

Fernwärmeversorgung bedeutet, dass für die Versorgung einer Siedlung die Wärmequelle sich auch in größerer Entfernung befinden kann.

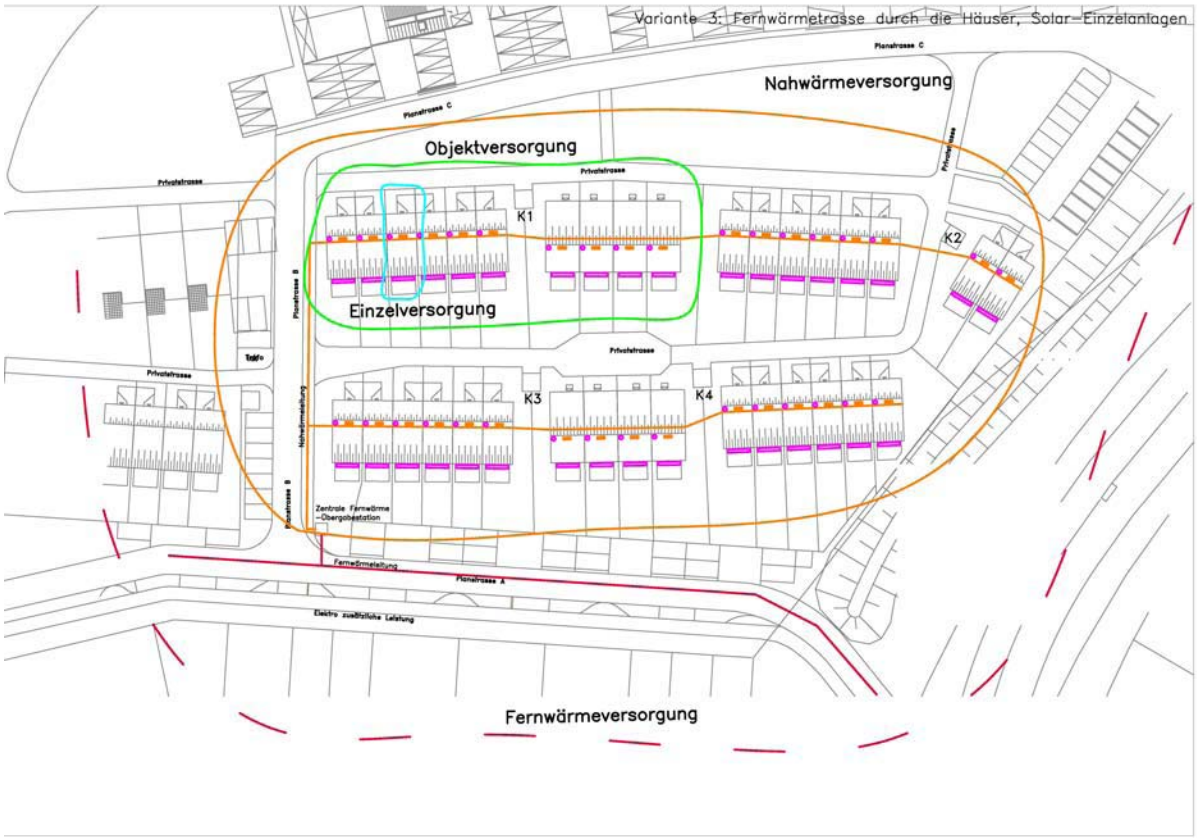


Abbildung 6.23: Bilanzkreise bzw. Abgrenzungen zwischen den Versorgungsvarianten auf der Bauplanskizze (Quelle: Graw)

Beschreibung des Versorgungsgebiets

Untersucht wurden 34 Wohneinheiten (WE) als Passiv-Reihenhäuser mit je 120 m² Wohnfläche für 3 Personen. Jedes Reihenhaus wurde sowohl mit als auch ohne thermische Solaranlage für die Warmwasserbereitung ausgestattet (Varianten 0, 1 und 4 nur ohne Solaranlagen). Die Nutzenergie für die Bereitstellung von Heizung und Warmwasser beträgt pro Wohneinheit ohne eine zusätzliche Solaranlage 32 kWh/m²a, wobei diese sich zu 15 kWh/m²a auf die Heizung und zu 17 kWh/m²a auf die Warmwasserbereitstellung aufteilt. Die Solaranlage mit einer Nettokollektorfläche von 4,8 m² führt zu einer Einsparung an Nutzenergie von 10 kWh/m²a. Dies entspricht einem Deckungsanteil von 60% bezogen auf die Warmwasserbereitung von 17 kWh/m²a. Die spezifische Heizlast beträgt 9,5 W/m² (1,14 kW pro WE).

Bei der qualitativen Beurteilung soll auch der bei Nutzern häufig ausgeprägte Wunsch, sich vollständig oder teilweise selbst mit Energie zu versorgen (Energieautarkie z.B. mittels Solarenergie und/oder Holz) berücksichtigt werden. Der Untersuchung von Fernwärme und Nahwärme versorgten Systemen werden zwei Varianten der Einzelenergieversorgung (Stromdirektheizung und Wärmepumpen-Kompaktaggregat) gegenübergestellt.

Alle Versorgungsvarianten erfüllen schon aufgrund des Passivhaus-Standards das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG).

Variantenbeschreibung

Fernwärme

Variante 0 Fernwärmeversorgung **klassisch** (Stichleitungen)

Variante 1 Fernwärmetrasse **durch die Häuser** (Infrastrukturkanal)

Variante 2 Fernwärme-**Kopfstationen** ohne und mit Solaranlagen

Variante 3 **Zentrale Fernwärme-Übergabestation** und Nahwärmetrasse **durch die Häuser** (Infrastrukturkanal) ohne und mit Solaranlagen

Nahwärme

Variante 4 Dezentrales Nahwärmenetz durch die Häuser mit BHKW

Variante 5 Holzpelletkessel in Kopfstationen ohne und mit Solaranlagen

Variante 6 Kalte Nahwärme aus Sondenfeld und Wärmepumpen in Kopfstationen ohne und mit Solaranlagen

Einzelversorgung

Variante 7 Stromdirektheizung ohne und mit Solaranlagen

Variante 8 Wärmepumpen-Kompaktaggregat ohne und mit Solaranlagen

Der Infrastrukturkanal

Ein Infrastrukturkanal (Abbildung 6.24) ist eine bauliche Anlage, die alle notwendigen Leitungen der Ver- und Entsorgung (Gas, Trinkwasser, Strom, Telekommunikation, Fernwärme, usw.) außer der Abwasserleitung in sich bündelt. Der Leitungsgang wird in die Dämmhülle des Gebäudes integriert.

Da die Leitungen durch den Kanal geschützt und daher auch keinen statischen und dynamischen Belastungen durch z.B. Setzungen des Erdreiches ausgesetzt sind, ist die Verwendung leichterer Rohrmaterialien möglich. Die bauliche Querschnittsdimensionierung des Leitungsganges richtet sich in erster Linie nach der Art und der Anzahl der unterschiedlichen Leitungen. Diese können nachträglich ohne großen Aufwand erneuert oder ergänzt werden.

Der Infrastrukturkanal bietet eine kostengünstige und flexible Verlegung von Nahwärmeleitungen inkl. aller Versorgungsleitungen auch bei nichtunterkellerten Gebäuden. Gleichzeitig werden die Wärmeverteilverluste im Vergleich zu der klassischen Verlegetechnik über Stichleitungen um bis zu 90% reduziert.

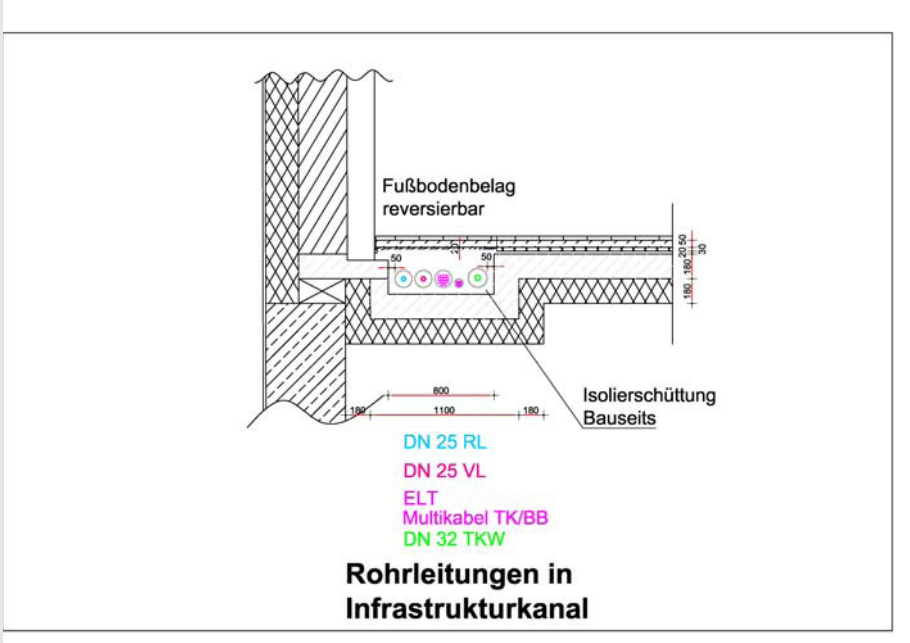


Abbildung 6.24: Infrastrukturkanal (Quelle: Graw)

V 0 - Fernwärmeversorgung klassisch

In Abbildung 6.25 ist ein klassisches Fernwärmeversorgungssystem (Vorlauf- / Rücklauftemperaturen 90°C/70°C) dargestellt, bei dem jede Wohneinheit einzeln an den Fernwärmestrang angeschlossen ist. Diese Variante ist die übliche, aber bei weitem nicht die kostengünstigste. Sie hat den Vorteil einer eindeutigen rechtlichen Zuordnung der Anschlüsse und der Verbrauchskosten zu den einzelnen Verbrauchern. Es gibt zudem keine Grunddienstbarkeit für Fernwärmerohre.

Abbildung 6.25: Variante 0: klassische Fernwärmeversorgung / Anschluss über Stichleitungen (Quelle: Graw)

V 1 - Fernwärmetrasse durch die Häuser

Abbildung 6.26 zeigt ein Fernwärmeversorgungssystem (Temp. 90°/70°) mit einer Fernwärmeleitung durch die Häuser, ausgeführt als Infrastrukturkanal (siehe Infobox). Diese Art der Verlegung weist gegenüber der Variante 0 geringere Wärmeverluste auf und ist mit niedrigeren Investitionskosten verbunden. Der Nachteil liegt in einem höherem Planungsaufwand. Zudem ist die Erschließung von Baugebieten weniger flexibel.

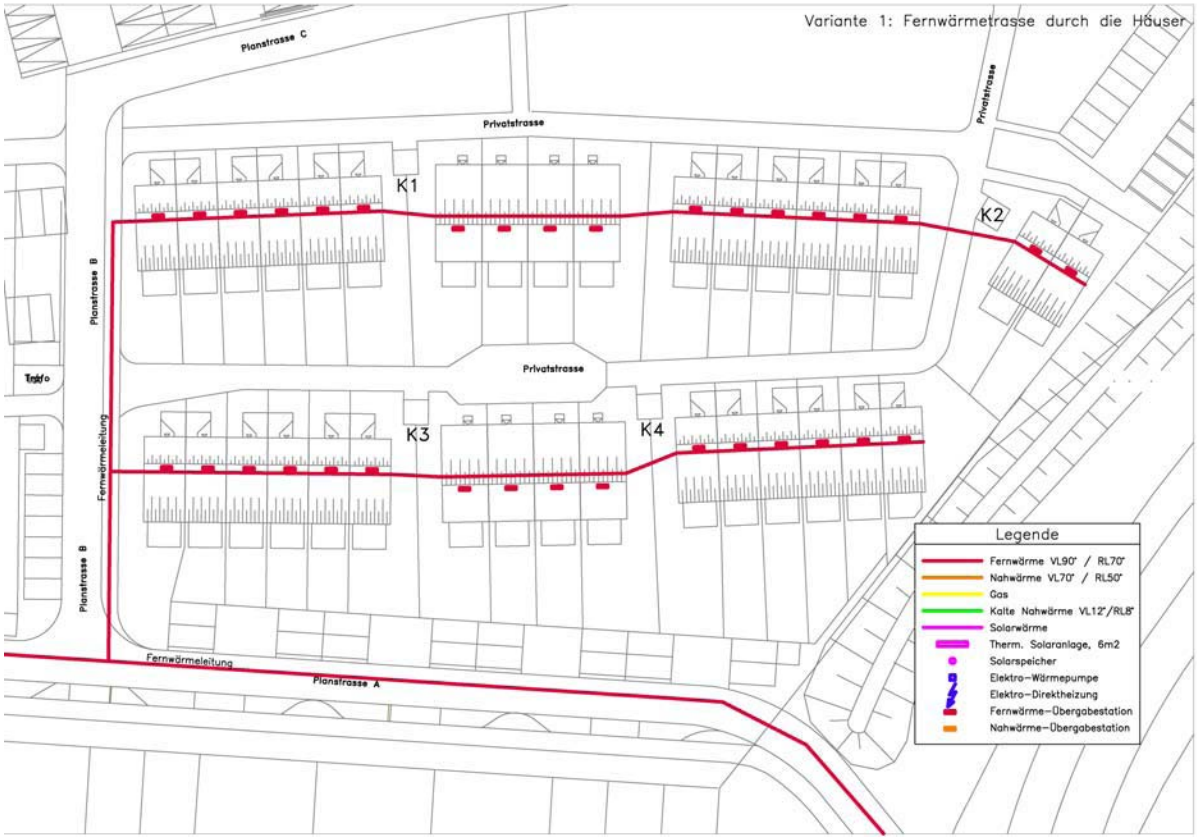


Abbildung 6.26: Variante 1: Fernwärmetrasse durch die Häuser (Quelle: Graw)

V 2 – Fernwärme-Kopfstation mit Solaranlage

Über Kopfstationen, die direkt an eine Fernwärmeleitung angeschlossen sind, werden zwei Reihenhausgruppen aus einer gemeinsamen Wärmequelle versorgt (Abbildung 6.27). In den Kopfstationen sind zentrale Solarpufferspeicher für die Warmwasserbereitstellung aufgestellt, an die einzelne thermische Solaranlagen angeschlossen werden. Die Vorteile liegen in der flexiblen Erschließung von Hauszeilen und der Auslagerung der Solarspeicher in die Kopfstation. Die Wärmeversorgung über die Kopfstationen (Temp. 70°C/50°C) inkl. Solaranlage kann von einem externen Betreiber errichtet und betrieben werden. Nachteilig sind der hohe Planungsaufwand und die hohen Wärmeverluste.

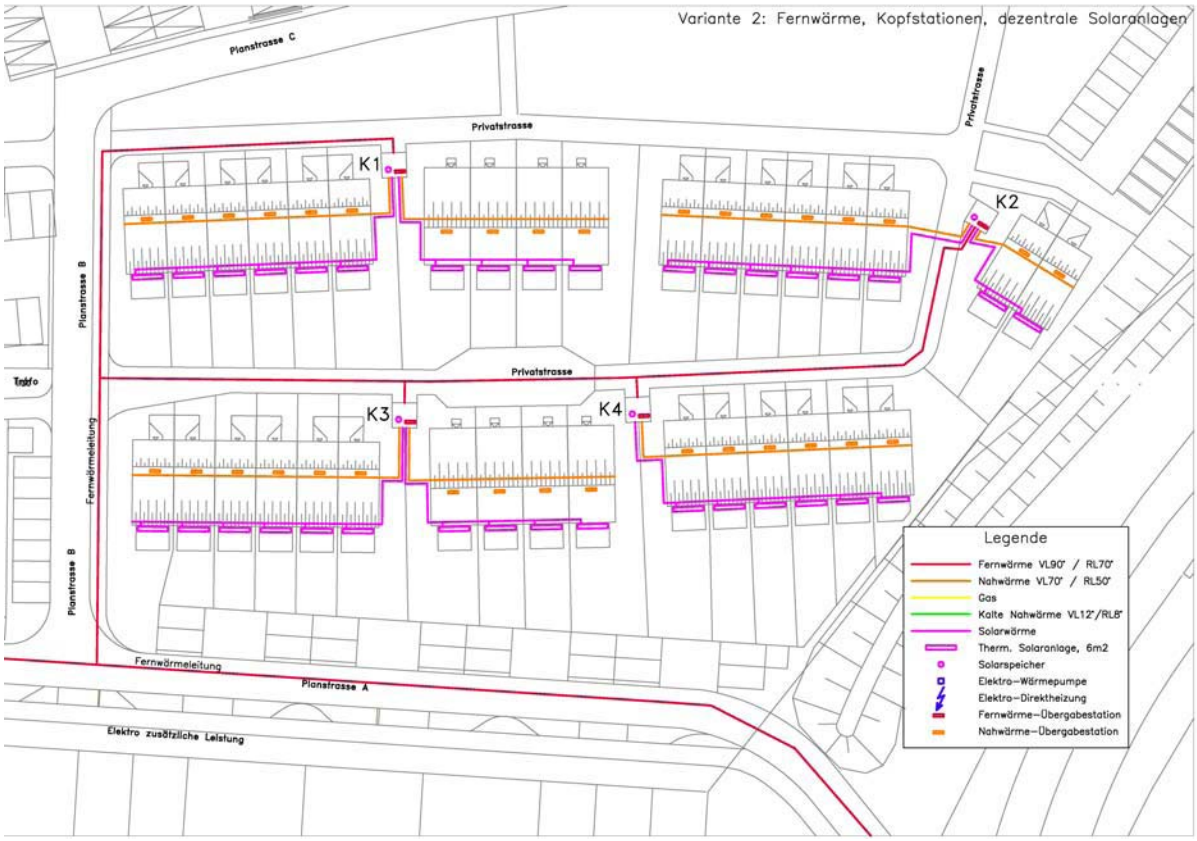


Abbildung 6.27: Variante 2: Fernwärme an Objektversorgung in Kopfstationen (Quelle: Graw)

V 3 – Zentrale Fernwärme-Übergabestation und Nahwärmetrasse durch die Häuser

Bei dieser Variante wird die Nahwärmetrasse, die die Häuser versorgt, als Infrastrukturkanal durch eben diese Häuser im Untergeschoss hindurch geschleift (Abbildung 6.28). Der wirtschaftliche Vorteil dieser Lösung ist der, dass eine außen liegende Fernwärmetrasse (Variante 2) entfällt und somit erhebliche Kosten eingespart und Verteilverluste verringert werden. Im Vergleich zu einer Fernwärmeleitung durch die Häuser mit einer Temperatur von 90°/70°C (Variante 1) liegt die Temperatur der Nahwärmeleitung nur bei 70°/50°C.

Abbildung 6.28: Variante 3: Zentrale Fernwärme-Übergabestation und Nahwärmetrasse durch die Häuser (Quelle: Graw)

V 4 – BHKW mit dezentralem Nahwärmenetz durch die Häuser

Eine Wärmeübergabestation mit Gas-BHKW und Gas-Spitzenlastkessel (Abbildung 6.29) versorgt die Passivhaussiedlung über ein dezentrales Nahwärmenetz. Dadurch, dass die Nahwärmeleitungen innerhalb der Häuser verlegt werden, treten nur geringe Wärmeverluste auf. Der Nachteil dieser Verlegung ist eine unflexible Erschließung. Für die Einzelhausversorgung ist die Variante mit BHKW nicht geeignet, zudem können keine thermischen Solaranlagen installiert werden, da die Grundlast im Wärmebereich durch das BHKW auch im Sommer abgedeckt werden muss, um die Anlagen wirtschaftlich zu betreiben. Ein Vorteil der zentralen Wärmeerzeugung ist es, dass ein einfacher Wechsel des Energieträgers möglich ist. Der über das BHKW erzeugte Strom kann, sofern ein eigenes elektrisches Netz vorhanden ist, innerhalb der Siedlung selbst genutzt werden und erhöht dadurch die Wirtschaftlichkeit. Der substituierte Strom ist zurzeit (Stand: Dezember 2008) ca. 40% teurer als der Vergütungssatz für eingespeisten Strom nach dem KWK-Gesetz. Eine Einspeisung in das öffentliche Netz ist derzeit nicht wirtschaftlich.

Abbildung 6.29: Variante 4: Nahwärmenetz durch die Häuser mit zentralem BHKW (Quelle: Graw)

V 5 – Holzpelletkessel in Kopfstationen

Die Variante 5 – Holzpelletkessel in den Kopfstationen (Abbildung 6.30) lässt eine flexible Erschließung von Reihenhauszeilen zu und ermöglicht die Installation von zentralen Solaranlagen.

Ein Vorteil ist, dass die Solarspeicher in den Kopfstationen aufgestellt werden können. Die Kopfstationen und die Solaranlagen können von einem externen Betreiber errichtet und betrieben werden. Diese Variante ist mit einem hohen Planungsaufwand verbunden und für die Einzelhauserschließung nur bedingt geeignet.

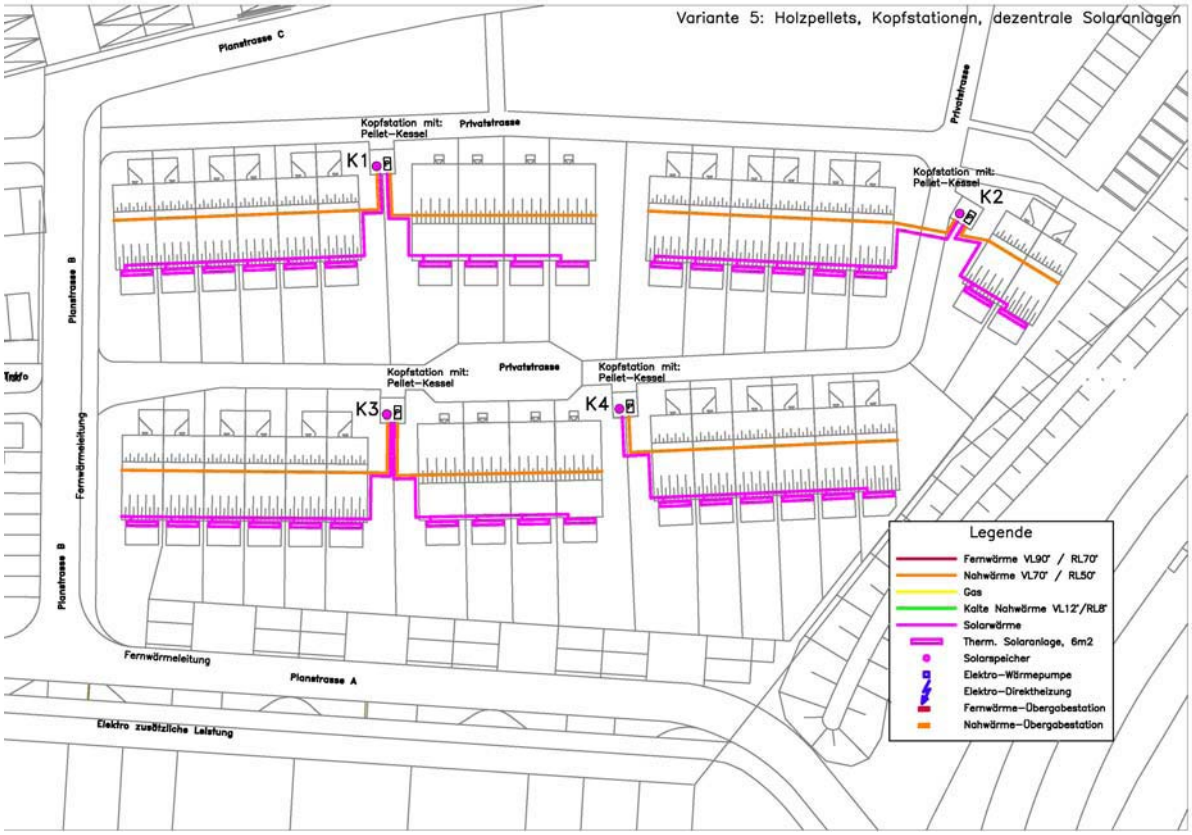


Abbildung 6.30: Variante 5: Objektversorgung mit Holzpelletkessel in Kopfstationen (Quelle: Graw)

V 6 – Kalte Nahwärme aus Sondenfeld und WP in Kopfstationen

Abbildung 6.31 zeigt die Wärmeversorgung von Reihenhauszeilen aus Kopfstationen mittels Wärmepumpen. Ein Erdsondenfeld mit 6 Bohrungen[70] von je 150 m liefert dabei die „Kalte Nahwärme“ mit einer konstanten Temperatur von 12,5°C. Der große Vorteil des Kaltwärmenetzes ist, dass aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus (hier: Vor-/Rücklauftemperatur 12°C/8°C) nahezu keine Verteilverluste entstehen und kostengünstig (eine Einzelbohrung je Wärmepumpe ist nicht erforderlich) Sole/Wasser-Wärmepumpen in Kopfstationen oder in einzelnen Häusern errichtet werden können. Die Investitionskosten für das zusätzliche Wärmenetz sind gering.

Der Anschluss an die kalte Nahwärme ermöglicht eine hohe Flexibilität bei der Versorgung der Passivhausreihen. Wie Untervariante 6a in Abbildung 6.32 verdeutlicht, können die Wohneinheiten sowohl über Kopfstationen, als auch alternativ direkt über Einzelhausanschlüsse und Wärmekompaktaggregaten in den Häusern versorgt werden. Solaranlagen können individuell errichtet werden. Es gibt keine Grunddienstbarkeit für Fernwärmerohre. Nachteil dieser Variante ist, dass die Wärmepumpen in den Kopfstationen i.d.R. mit Strom betrieben werden müssen[71]. Die ökologische Güte des Gesamtsystems hängt daher nicht nur von seiner Effizienz (hohe Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe), sondern in hohem Maße auch von den ökologischen Belastungen in der Vorkette der Stromerzeugung ab (siehe Kapitel 6.4.1). Allgemein kann festgehalten werden, dass bei Wärmepumpensystemen zum Erreichen einer guten Anlagenaufwandszahl eine gute Planung und Ausführung der Haustechnik unerlässlich ist.

Abbildung 6.31: Variante 6: Kalte Nahwärme aus Sondenfeld mit zentralen WP in Kopfstation (Quelle: Graw)

[70] Diese Bohrungen lassen sich trotz ab 100 m Teufe erforderlicher bergrechtlicher Genehmigung kostengünstiger erstellen als eine größere Anzahl von Bohrungen mit einer Bohrtiefe von < 100 m.

[71] Alternativ ist auch der Einsatz von Erdgas-Wärmepumpen möglich (s. Kapitel 6.3.1).

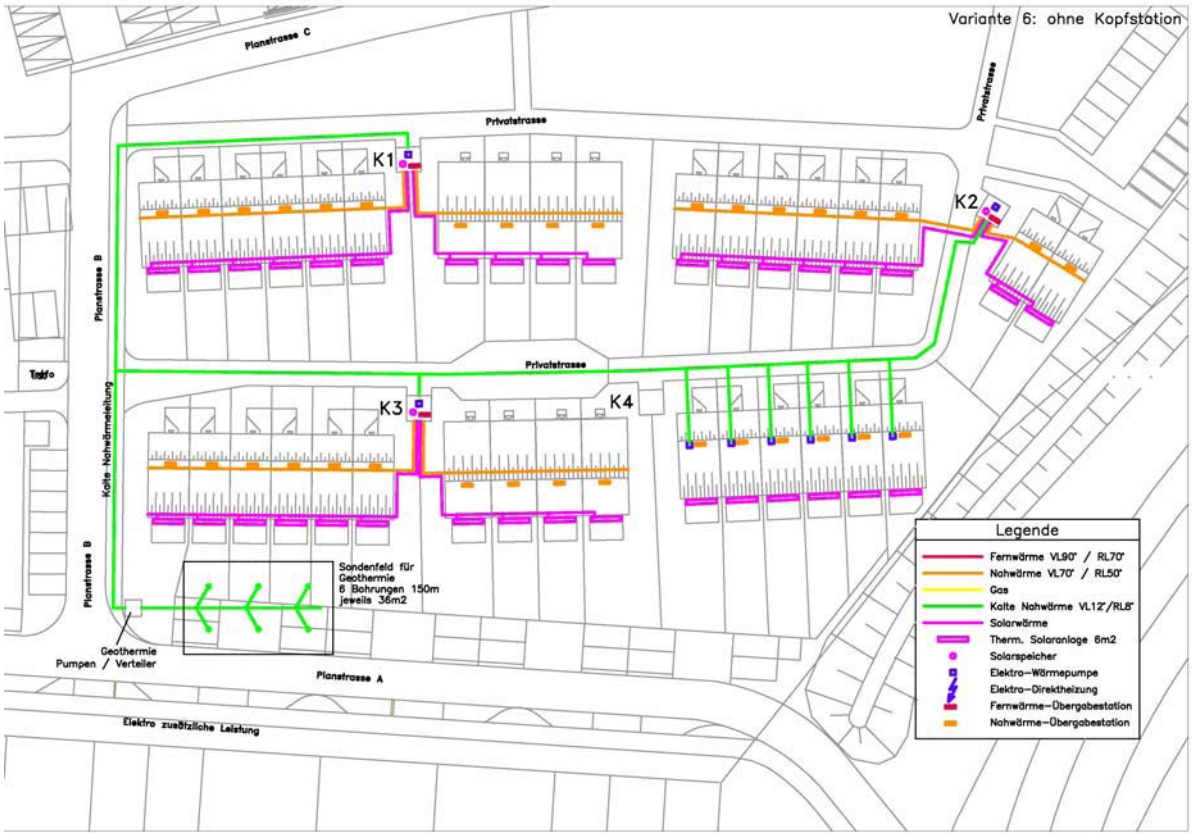


Abbildung 6.32: Untervariante 6a: Kalte Nahwärme aus Sondenfeld mit zentralen WP in Kopfstationen bzw. alternativer Einzelhauserschließung über dezentrale WP-Kompakt-aggregate (Quelle: Graw)

V 7 – Stromdirektheizung

Die Einzelenergieversorgung mit Stromdirektheizung (Abbildung 6.33) erlaubt eine hohe Flexibilität in der Erschließung. Solaranlagen können individuell errichtet werden. Die Investitionskosten für die Direktheizung sind sehr gering, außerdem entfallen die Kosten für ein Wärmenetz. Kurze Versorgungswege minimieren die Wärmeverluste. Der Nachteil der Stromdirektheizung liegt in den deutlich höheren CO_2-Emissionen im Vergleich zu allen anderen Varianten und insbesondere zum Kaltwärmenetz mit Wärmepumpe oder der Versorgung über Holzpelletkessel. Bei flächendeckender Verbreitung wäre zudem zusätzliche Kraftwerksleistung nötig

Abbildung 6.33: Variante 7: Einzelenergieversorgung Stromdirektheizung (Quelle: Graw)

V 8 – Wärmepumpen-Kompaktaggregat

Eine weitere Variante zur Einzelhausversorgung zeigt Abbildung 6.34. In jedem Passivreihenhaus übernimmt eine Wärmepumpe die komplette Haustechnik: Heizen, Lüften mit Wärmerückgewinnung und Brauchwassererwärmung. Die frische Außenluft wird zur Frostfreihaltung durch einen Erdwärmetauscher vorgewärmt. Die Wärmepumpe dient zur Nacherwärmung der Zuluft zusätzlich zur Wärmerückgewinnung im Wärmetauscher und zur Warmwasserbereitung.

Die Warmwasserbereitung kann von einer Solaranlage unterstützt werden. Vergleichbar mit der Einzelhausversorgung mittels einer Stromdirektheizung erlaubt auch die Wärmeversorgung über ein Wärmepumpenkompaktaggregat eine flexible Erschließung. Die Investitionskosten sind im Vergleich zur Stromdirektheizung und zu allen andere Varianten jedoch deutlich höher.

Abbildung 6.34: Variante 8: Einzelenergieversorgung mit Wärmepumpenkompaktaggregat (Quelle: Graw)

Zusammenfassung der Eingabedaten

In der folgenden zentralen Tabelle 6.15 sind die Grundlagen der Berechnung wie z.B. Energiebedarfswerte und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die einzelnen untersuchten Versorgungsvarianten dokumentiert. Bei dem betrachteten Quartier handelt es sich um eine Passivhaussiedlung mit 34 Wohneinheiten mit je 120 m² Wohnfläche.

Die **Bilanzgrenze** wird ab Stich Hauptfernwärmeleitung bzw. ab Übergabestation gezogen. In den Investitionskosten sind die Kosten für die heiztechnische Anlage und die Planungskosten enthalten. Eine **Förderung** für die unterschiedlichen Energieversorgungssysteme ist in allen Berechnungen **nicht berücksichtigt** worden.

Tabelle 6.15: Zusammenstellung der Energiebedarfswerte, der technischen Rahmenbedingungen der sowie der Kostendaten für die acht untersuchten Versorgungsvarianten

		Fernwärme				Nahwärme			Einzelversorgung	
		klassisch (Stich-leitung) ohne Solar	durch Häuser ohne Solar	Kopf-stationen	durch Häuser / zentrale FW-NW-Übergabe	BHKW-Nahwärme ohne Solar	Holzpellet-Kopf-stationen	Sondenfeld + Elektro-WP in Kopfstationen (Kalte NW)	Stromdirekt	WP-Kompakt
		Var 0	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5	Var 6	Var 7	Var 8
Energiebedarfsberechnung										
Heizwärmebedarf (15 kWh/m²a)	kWh/a	61.100	61.100	61.100	61.100	61.100	61.100	61.100	61.100	61.100
Trinkwasser-Wärmebedarf (17 kWh/m²a)	kWh/a	69.400	69.400	69.400	69.400	69.400	69.400	69.400	69.400	69.400
Verluste Heizsystem	kWh/a	9.800	9.800	20.400	20.400	26.600	51.700	0	1.300	0
Verluste Nahwärmenetze	kWh/a	42.400	13.050	27.600	4.000	4.000	1.700	1.700	0	0
Wärme-Endenergiebedarf (ohne Solar)	**kWh/a**	**182.700**	**153.350**	**178.500**	**154.900**	**161.100**	**183.900**	**132.200**	**131.800**	**130.500**
Erträge Solaranlage	kWh/a	-	-	-40.800	-40.800	-	-40.800	-40.800	-40.800	-40.800
Eingesparte Verluste durch Solaranlage	kWh/a	-	-	-12.200	-12.200	-	-25.800	0	-400	0
Wärme-Endenergiebedarf (mit Solar)	**kWh/a**	**182.700**	**153.350**	**125.500**	**101.900**	**161.100**	**117.300**	**91.400**	**90.600**	**89.700**
Stromerzeugung	kWh_{el}/a	-	-	-	-	30.300	-	-	-	-
Daten zu den Wärmenetzen										
vorgelagerte Fernwärmenetzverluste (Annahme Verlust 20 kWh/m² Wohnfläche)	kWh/a	81.600	81.600	81.600	81.600					
Verluste ab Bilanzgrenze Nahwärmenetze	kWh/a	42.400	13.050	27.600	4.000	4.000	1.700	1.700	0	0
Netztemperatur ab Bilanzgrenze (Netz 1)	°C	90/70°	90/70°	90/70°	70/50°	70/50°	70/50°	12/8°	-	-
Netztemperatur ab Bilanzgrenze (Netz 2)	°C	-	-	70/50°	-	-	-	50(35)/25°	-	-
Leitungslänge außerhalb der Häuser ges.	m	407	109	236	99	99	0	0	-	-
Durchmesser Wärmeleitung	DN	40/25	40/25	40/32/25/20	32/25/20/12	32/25	-		-	-
Infrastrukturkanal			JA		JA					
Wärmeverluste	W/m	13,3	14,1	13,5	4,6	4,9				
(bis Übergabe Haus bzw. Kopfstation)	kW	5,4	1,51	3,2	0,46	0,49				
Technische Daten Anlagentechnik										
elektrischer Jahresnutzungsgrad	%					24,6				
thermischer Jahresnutzungsgrad (mit/ohne Solar)	%	93	93	97 / 93	97 / 93	86	86 / 77	-	99 / 99	-
Jahresarbeitszahlen (mit/ohne Solar)	-	-	-	-	-	-	-	4,0 / 3,5	-	2,9 / 2,9
RAHMENDATEN FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG										
Nutzungsdauern										
Anlagentechnik	a			20		15/20	20	20	20	20
Leitungssysteme	a	40	40	40	40	40	40	40		
Übergabestation	a	20	20	20	20	20				
Sonstiges (Erdsondenfeld)	a							50		
Kapitalzins	%	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Investitionskosten										
Nah-/FW-Leitungskosten und Verteilung im Haus	€	358.000	234.136	182.944	106.624	108.624	11.424	71.664		
Kopfstationen	€			48.000			48.000			
Anlagentechnik						37.000	80.000	102.000	91.800	306.000
Speicher in Kopfstation / Pelletlager	€			26.000			38.000			
Solaranlagen inkl. Speicher im Haus				122.400	156.400		122.400	122.400	156.400	122.400
Zentrale	€				30.000	30.000				
Planungskosten	€	53.700	35.120	56.902	43.954	26.344	44.974	44.410	37.230	64.260
Summe Investitionskosten (netto)	€	411.700	269.256	436.246	336.978	201.968	344.798	340.474	285.430	492.660
ohne Solar										
Investitionskosten (brutto) inkl. 19% MwSt	**€**	**489.923**	**320.415**	**316.047**	**186.970**	**240.341**	**242.805**	**199.341**	**125.628**	**418.761**
Spez. Investitionskosten (pro WE)	€/WE	14.410	9.424	9.295	5.499	7.069	7.141	5.863	3.695	12.317
Spez. Investitionskosten (pro m²)	$€/m^2_{WF}$	120	79	77	46	59	60	49	31	103
mit Solar										
Investitionskosten (brutto) inkl. 19% MwSt	**€**			**519.133**	**401.004**		**410.310**	**405.164**	**339.662**	**586.265**
Spez. Investitionskosten (pro WE)	€/WE			15.269	11.794		12.068	11.917	9.990	17.243
Mehrkosten Solar (pro WE)	€/WE			5.973	6.295		4.927	6.054	6.295	4.927
Spez. Investitionskosten (pro m²)	$€/m^2_{WF}$			127	98		101	99	83	144
Jahreskosten										
Kapitalgebundene Kosten	€/a	29.574	19.695	34.786	28.949	16.718	30.908	29.915	27.255	47.044
Verbrauchsgebundene Kosten	€/a	13.520	11.348	9.287	7.537	7.719	4.924	4.592	18.295	5.591
Betriebsgebundene Kosten	€/a	2.682	1.572	4.742	5.243	1.879	4.758	6.823	5.537	11.725
Instandhaltungskosten	€/a	2.682	1.835	3.067	3.102	3.521	3.083	1.841	3.676	4.606
Gesamtjahreskosten (brutto)	**€/a**	**48.458**	**34.450**	**51.882**	**44.831**	**29.837**	**43.673**	**43.171**	**54.763**	**68.966**
Spez. Gesamtjahreskosten (pro WE)	€/WEa	1.425	1.013	1.526	1.319	878	1.285	1.270	1.611	2.028
Spez. Gesamtjahreskosten (pro m²)	$€/m^2_{WF}$a	12	8	13	11	7	11	11	13	17

In Tabelle 6.16 sind ferner die zugrunde gelegten Energiepreise und deren Preissteigerungen für verschiedene Kostenszenarien zusammengefasst.

Tabelle 6.16: Zusammenstellung der verwendeten Energie-Basispreise (2007) und Endpreise (2027) für verschiedene Preisszenarien

	Jährl. Preissteigerung	Faktor 20 Jahre	Strom [€/kWh]	Erdgas [€/kWh]	Pellet [€/kWh]	Fernwärme [€/kWh]
Basispreise 2007	**0,0%**	1,0	0,201	0,065	0,042	0,074
Endpreise nach 20 Jahren	**3,5%**	2,0	0,40	0,13	0,08	0,15
	7,5%	4,2	0,85	0,28	0,18	0,31
	10%	6,7	1,35	0,44	0,28	0,50
	15%	16,4	3,29	1,06	0,69	1,21

Angegebene Preise sind brutto

Preisbeginn: 2007 (Mittelwert über das Jahr)

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung erläutert. Als drei wichtige Schwerpunkte werden jeweils die **Verluste** (im Fern- und Nahwärmenetz), die **Kosten** (Investitionskosten und Jahresgesamtkosten) sowie die **THG-Emissionen** der acht untersuchten Varianten vergleichend dargestellt.

a) Verluste im Fern- und Nahwärmenetz

Die Berechnungen zeigen, dass aufgrund der niedrigen Wärmeabnahmedichte die Versorgung der Siedlung mit leitungsgebundener Wärme bezogen auf den Gesamtenergiebedarf[72] mit außerordentlich hohen relativen Verlusten einhergeht. Wie in Abbildung 6.35 (Versorgungsvergleich *ohne* Solarenergie) dargestellt, sind bei einer klassischen Fernwärmeversorgung (Var. 0) die Netzverluste mit 47 % annähernd so groß wie der eigentliche gebäudeinterne Endenergiebedarf[73]. Dabei tragen die Verluste im FW-Netz zu etwa zwei Dritteln und die Verluste im NW-Netz zu etwa einem Drittel bei. Für die FW-Verluste aus der vorgelagerten Kette bis Bilanzgrenze wurde mit 20 kWh/m^2_{WF}a ein spezifischer Wert aus der Praxis verwendet (Quelle: PB Graw, basierend auf Angaben der Stadtwerke Georgsmarienhütte und Stadtwerke Bochum). Diese Werte wurden für alle vier FW-Varianten als konstant angenommen. Die NW-Verluste wurden hingegen über Rohrnetzdimensionierungen - angepasst für jede Variante - einzeln berechnet. Es sei darauf hingewiesen, dass unter die NW-Verluste hier sowohl (im *engeren* Sinne) die Verluste in den NW-Varianten 4, 5 und 6 subsummiert sind als auch (im *weiteren* Sinne) die nachgelagerten Verluste im FW-Netz in den FW-Var. 0, 1, 2 und 3. Letztere sind dem Bilanzierungsbereich *innerhalb des Versorgungsgebietes der Siedlung* (ab Hauptstich der FW-Versorgung) zuzurechnen.

Wie Abbildung 6.35 zeigt, lassen sich diese siedlungsimmanenten Verluste durch geeignete Siedlungs- und Wärmenetzplanung sehr stark vermindern: Durch Verlegung der **Fernwärme**-Trassen durch die Häuser in Infrastrukturkanälen innerhalb der gedämmten Gebäudehülle lassen sich die NW-Verluste trotz gleichbleibend hohem Temperaturniveau (Vorlauf-

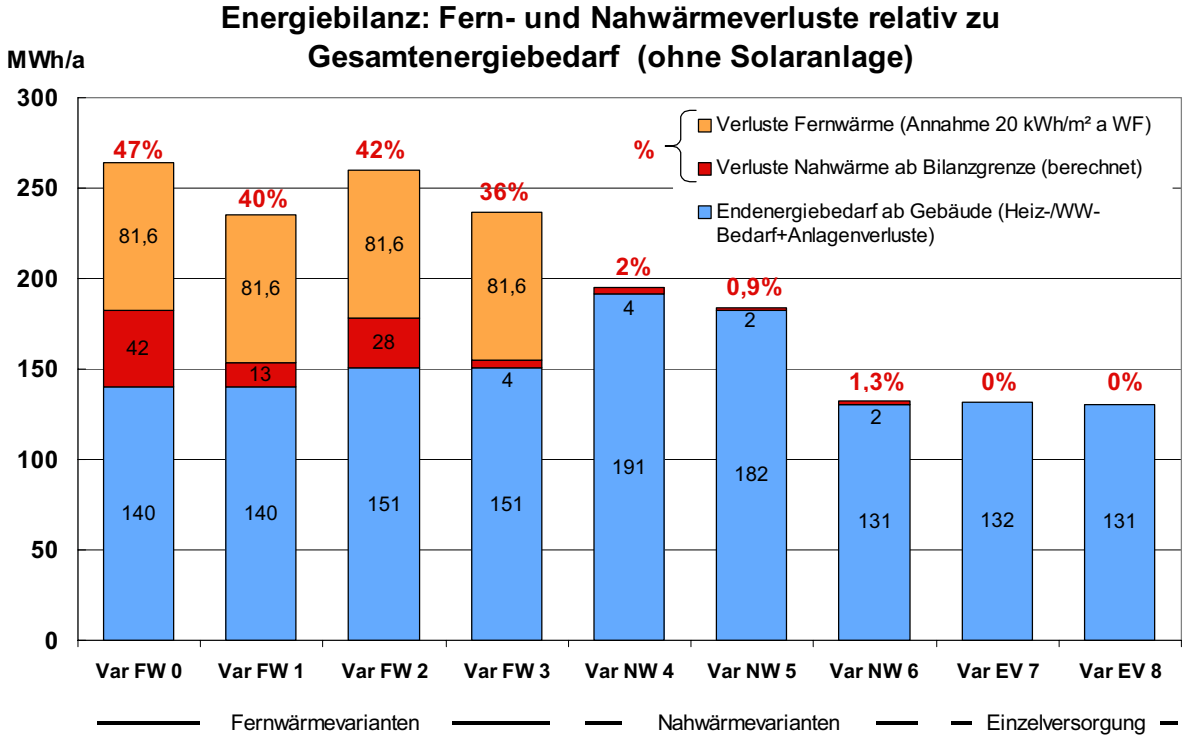
[72] *Gesamtenergiebedarf* = Endenergiebedarf ab Gebäude zuzüglich Verteilungsverluste in Nah- und Fernwärmenetzen

[73] Der *Endenergiebedarf* ist hier definiert als die Summe aus dem Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser inklusive der anlagentechnischen Verluste (durch Stillstandszeiten etc.).

/Rücklauf 90/70°C) um fast 70 % von 42.400 kWh/a auf 13.050 kWh/a reduzieren (Var. 1). Durch Anschluss der Gebäude über Kopfstationen anstelle von einzelnen FW-Stichleitungen können die Verluste um immerhin 35 % auf 27.600 kWh/a gesenkt werden (Var. 2). Am wirkungsvollsten ist jedoch die Infrastrukturkanal-Lösung aus Var. 1 kombiniert mit einer zentralen FW-/NW-Übergabestation (Var. 3). Durch die dann mögliche Absenkung der Vor- und Rücklauftemperaturen innerhalb des Siedlungsgebietes von 90/70°C auf 70/50°C wird eine Gesamtersparnis von über 90 % erreicht. Die NW-Verluste betragen somit in Var. 3 nur noch 4.000 kWh/a. Inklusive der vorgelagerten FW-Verluste liegen jedoch die gesamten Netz-Verteilverluste (bezogen auf den Endenergiebedarf ab Gebäude) mit **36 %** (Var. 3) **bis 47 %** (Var. 0) bei allen betrachteten FW-Varianten relativ gesehen sehr hoch.

Von den NW-Netz-Parametern ist die **Nahwärme**-Variante 4 (zentrales BHKW) identisch mit Var. 3. Dementsprechend sind hier auch mit 4.000 kWh/a die gleichen NW-Verluste wie in Var. 3 zu erwarten. Bei den NW-Varianten mit Versorgung über Kopfstationen (Var. 5 und 6) reduzieren sich die Verluste weiter auf 1.700 kWh/a: Das Einsparungspotenzial bei den siedlungsimmanenten Verteilverlusten ggü. dem Referenzfall (Var. 0) beträgt somit beachtliche 96 %. Die gesamten Netzverteilverluste betragen in den NW-Varianten nur noch **0,9 %** (Var. 5) **bis 2,0 %** (Var. 4) und liegen somit in einer vernachlässigbaren Größenordnung.

Bei den **Einzelhausversorgungsvarianten** mit Stromdirektheizung und Wärmepumpenkompaktaggregat treten aufgrund nicht vorhandener Wärmeleitungen außerhalb der Gebäudehülle gar keine Wärmeverluste (**0 %**) auf.

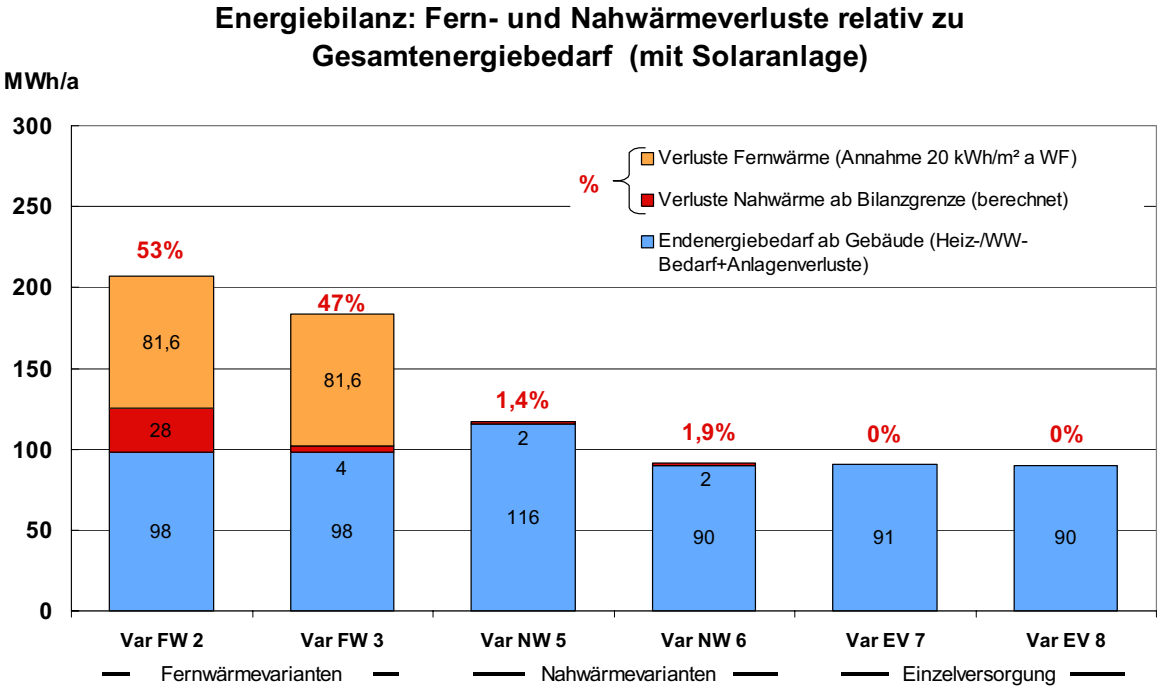


Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.35: Energiebilanz der Fern- und Nahwärmeverluste absolut und relativ zum Gesamtenergiebedarf (*ohne* Solaranlage)

Der Vergleich der ausgewählten Varianten *mit* Solaranlage in Abbildung 6.36 zeigt, dass sich die Fern- und Nahwärmeverluste der Varianten untereinander lediglich quantitativ verändern. Die Rangfolge der prozentualen Wärmeverluste bleibt erhalten. So reduziert sich zum Beispiel die benötigte Endenergie für die Variante der klassischen Fernwärmeversorgung um ein Drittel von 140.300 kWh/a ohne Solaranlage auf 93.700 kWh/a mit Solaranlage. Trotz gleichbleibender absoluter Netzverluste steigt dadurch der prozentuale Wärmeverteilverlust für die Variante mit Solaranlage von 47% auf 57% an. Selbst im für die FW-Versorgungsvarianten günstigsten Fall (Var. 3) liegen die relativen Verluste immer noch bei 47 %. Bei den Nahwärmelösungen sind die Verteilverluste wieder unterhalb von 2 % und somit vernachlässigbar.

Die gesamten Einsparungen durch den Einsatz der thermischen Solaranlage ergeben sich aus den direkten Solarerträgen (40.800 kWh/a für alle betrachteten Varianten) sowie zusätzlich aus eingesparten Anlagenverlusten. Letztere ergeben sich daraus, dass im Sommer das konventionelle Heizsystem über längere Zeiten vollständig abgeschaltet werden kann und somit insbesondere die hohen Stillstands- bzw. Bereitschaftsverluste im Teillastbereich vermieden werden können. Durch den Einsatz der Solaranlage können bei den FW-Systemen somit weitere 12.200 kWh/a und bei der Holzpelletheizung (aufgrund ihres generell schlechteren Anlagenwirkungsgrades) sogar 25.800 kWh/a eingespart werden (vgl. Abbildung 6.36). **Der Einsatz einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung ist also bei der Holzheizungsvariante besonders lohnenswert.** Die Varianten 0, 1 und 4 mit einer Solaranlage zu kombinieren, ist hingegen nicht sinnvoll: Bei den beiden FW-Varianten sprechen die hohen Netztemperaturen (90/70°C) gegen die Einbindung von Niedertemperatur-Solarwärme und bei der BHKW-Variante würde die Solaranlage die Betriebsstunden des BHKWs reduzieren und somit die Anlage unrentabel machen. Aus diesem Grunde wurden diese drei Varianten nur ohne Solareinbindung betrachtet.



Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.36: Energiebilanz der Fern- und Nahwärmeverluste absolut und relativ zum Gesamtenergiebedarf (*mit* Solaranlage)

In den folgenden Abschnitten werden die Versorgungsvarianten in wirtschaftlicher Hinsicht miteinander verglichen. Dazu werden zunächst die reinen Investitionskosten und in weiteren Schritten die Jahresverbrauchskosten (für verschiedene Preisszenarien) sowie die Gesamtjahreskosten analysiert.

b) Kostenvergleich der Varianten

Der reine Investitionskostenvergleich ist vor allem für Bauherren interessant, da Entscheidungen für Ausstattungen häufig nach dem Kapitalbedarf und den eigenen Investitionsgrenzen gefällt werden.

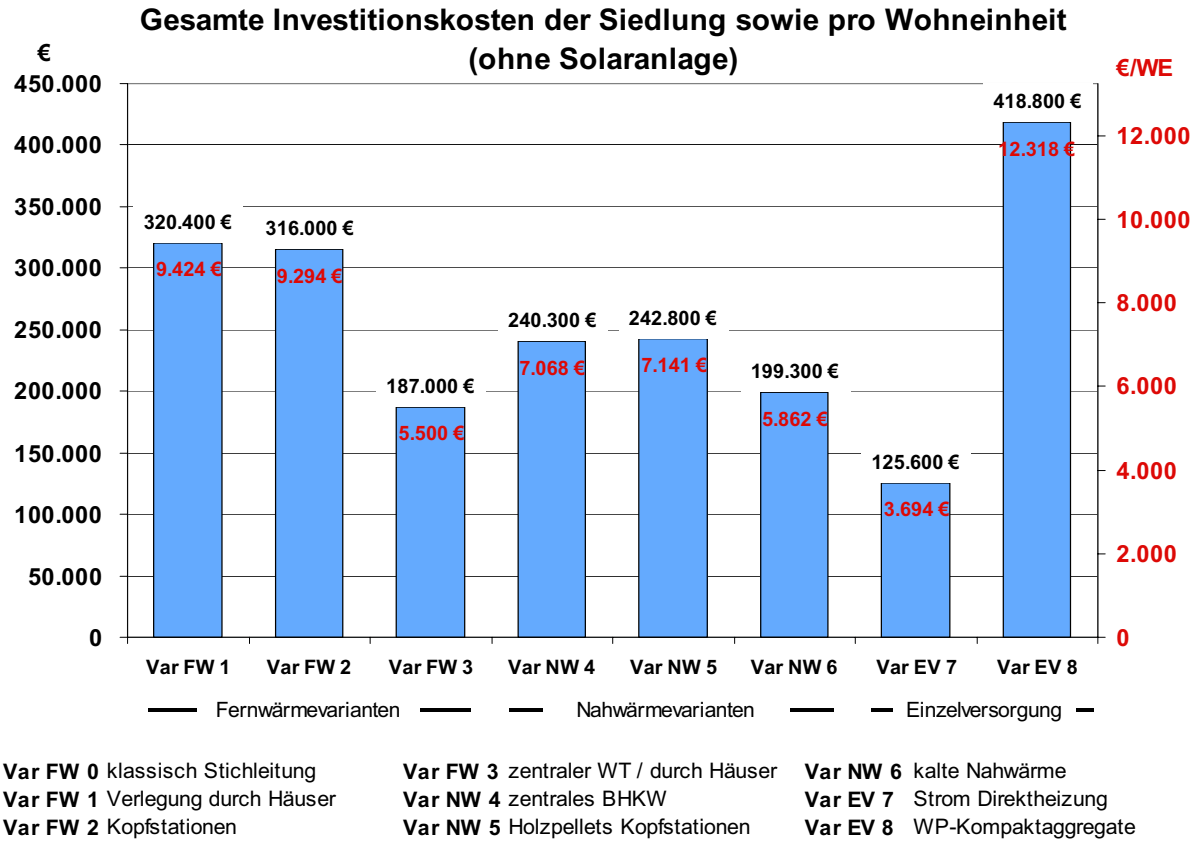
Investitionskosten ohne Solaranlage

Wie Abbildung 6.37 zeigt, weist die Var. 8 als Einzelenergieversorgung mit je einem Wärmepumpen-Kompaktaggregat und Erdreichwärmetauscher die deutlich höchsten Investitionskosten von ca. 12.300 €/WE brutto auf. Die Variante mit den geringsten Investitionskosten - die Stromdirektheizung (Var. 7) - ist mit 3.700 €/WE um den Faktor 3,3 günstiger.

Die Investitionskosten für die **Fernwärme**-Varianten Fernwärmetrasse außen durch die Häuser (Var. 1: ca. 9.400 €/WE) und Fernwärmeanschluss an Kopfstation mit Verteilung im Haus (Var. 2: ca. 9.300 €/WE) sind annähernd gleich. Für die Variante Fernwärme an Übergabe Nahwärme durch die Häuser (Var. 3) fallen die Investitionskosten mit ca. 5.500 €/WE um über 40 % geringer aus. Die klassische Fernwärmevariante aufgrund der dargestellten ho-

hen Wärmeverluste wurde in den folgenden Kostenbetrachtungen und Vergleichen nicht mehr berücksichtigt.

Für die **Nahwärme**-Variante mit BHKW und Spitzenlastkessel (Var. 4) liegen die Investitionskosten bei knapp 7.100 €/WE. Die Investitionskosten für eine zentrale Holzpelletanlage mit Kopfstation (Var. 5) liegen auf gleichem Niveau. Die Kalte Nahwärme mit einem zentralen Sondenfeld und einer Wärmepumpe in einer Kopfstation (Var. 6) ist mit ca. 5.900 €/WE die kostengünstigste Variante unter den untersuchten Nahwärmevarianten.

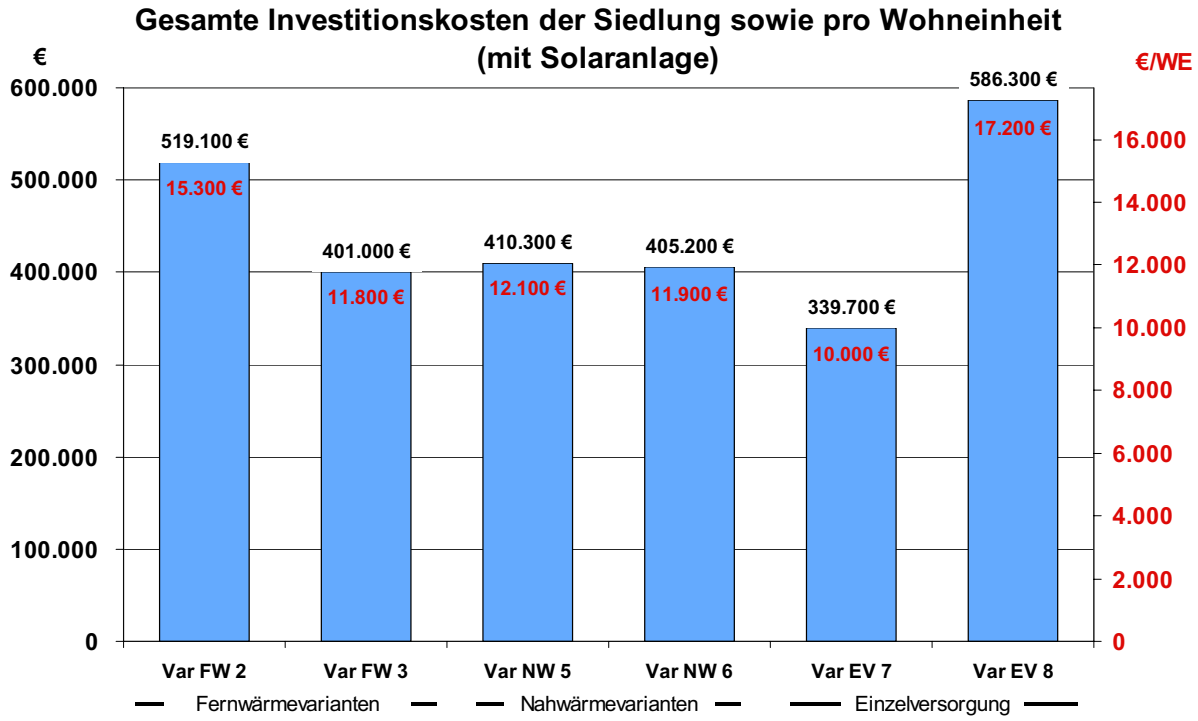


Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.37: Investitionskosten der verschiedenen Varianten (ohne Solaranlage) der gesamten Siedlung wie auch pro Wohneinheit (Sekundärachse)

Investitionskosten mit Solaranlage

Die Mehrinvestitionen für Solaranlagen mit zentralem Speicher in den Kopfstationen betragen zwischen 4.900 €/WE (Var. 2) und 6.100 €/WE (Abbildung 6.38). (Var. 5 und 6). In den Varianten ohne Kopfstation fallen Mehrkosten für Einzelsolaranlagen in Höhe von 4.900 €/WE (Var. 8) bzw. 6.300 €/WE (Var. 3 und 7) an. Die zum Teil vorhandenen Speicher wurden berücksichtigt.



Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.38: Investitionskosten der Varianten mit Solaranlage der gesamten Siedlung wie auch pro Wohneinheit (Sekundärachse)

Monatliche Verbrauchskosten ohne und mit Solaranlage

In Zeiten hoher Energiepreise sind die spezifischen monatlichen Verbrauchskosten ein wichtiger Indikator beispielsweise für die Vermietbarkeit von Wohnobjekten. Tabelle 6.17 und 6.18 zeigen die monatlichen Energieverbrauchskosten pro Quadratmeter Wohnfläche ohne und mit Solaranlage. Sie wurden unter der Annahme ermittelt, dass alle Energieträger (Erdgas, Strom, Holz und Fernwärme) den gleichen Energiepreissteigerungen unterliegen, und sind über einen Zeitraum von 20 Jahren gemittelt. Dabei sind die monatlichen Verbrauchskosten ohne Preissteigerung und ohne Solaranlagen der Varianten 4, 5, 6 u. 8 mit ca. 0,16 €/m² mtl. in etwa gleich. Ähnlich verhält es sich mit den Varianten 0 und 2 bei einem anfänglichen Betrag von ca. 0,27 €/m² und den Varianten 1 und 3 bei 0,23 €/m².

Alle Verbrauchskosten steigen bei einer jährlichen Preissteigerung von 15 % in etwa um den fünffachen Betrag gegenüber dem Ausgangswert. Aus dem Rahmen fällt die Variante mit Stromdirektheizung (Var.7), die schon ohne Preissteigerung bei mtl. 0,54 €/m² liegt. Dies ist mehr als der dreifache Wert der erstgenannten Varianten.

Die Varianten 0, 1 und 4 wurden nicht mit Solaranlagen untersucht. Bei allen anderen Varianten verhalten sich die Verbrauchskosten ohne Preissteigerung bis hin zu einer Steigerung von 15% qualitativ identisch wie die Varianten ohne Solaranlagen.

Tabelle 6.17: Monatliche Energieverbrauchskosten pro Quadratmeter Wohnfläche (*ohne* Solaranlage) gemittelt über 20 Jahre

Verbrauchskosten *ohne* Solaranlage in €/m² mtl.									
Jährliche Preissteigerung	Var. 0	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8
0%	0,28	0,23	0,27	0,23	0,16	0,16	0,16	0,54	0,17
3,5%	0,39	0,33	0,38	0,33	0,22	0,22	0,22	0,77	0,23
7,5%	0,60	0,50	0,58	0,51	0,34	0,34	0,34	1,17	0,36
15%	1,41	1,19	1,38	1,20	0,81	0,81	0,79	2,77	0,85

Tabelle 6.18: Monatliche Energieverbrauchskosten pro Quadratmeter Wohnfläche (*mit* Solaranlage) gemittelt über 20 Jahre

Verbrauchskosten *mit* Solaranlage in €/m² mtl.						
Jährliche Preissteigerung	Var. 2	Var.3	Var.5	Var.6	Var.7	Var.8
0%	0,19	0,15	0,10	0,09	0,37	0,11
3,5%	0,27	0,22	0,14	0,13	0,53	0,16
7,5%	0,41	0,33	0,22	0,20	0,81	0,25
15%	0,97	0,79	0,52	0,48	1,91	0,58

Die Bandbreite der monatlichen Energieverbrauchskosten ohne Solaranlage liegt zwischen 0,16 €/m^2 (Var. 4, 5, 6 ohne Preissteigerung) und 2,77 €/m^2 (Var. 7 mit 15% Preissteigerung) bzw. mit Solaranlage zwischen 0,09 €/m^2 (Var. 6) und 1,91 €/m^2 (Var. 7). Für eine 120m^2-Wohnung müssten dementsprechend **monatliche Abschlagszahlungen** für Heizkosten von 10,80 € bis im Extremfall 332,40 € geleistet werden. Selbst in einem eher konservativen Energiepreisszenario von nur 3,5% jährlicher Steigerungsrate wären bei der Stromdirektheizung ohne Solaranlage (0,77 €/m^2) im Mittel über 90 € monatlicher Energiekosten für Heizung und Warmwasser aufzubringen. Im Vergleich dazu betrug der Durchschnittwert im Bestand im Jahr 2006 ca. 0,85 €/m^2 oder entsprechend 102 € mtl. für eine 120m^2-Wohnung[74]. Daraus lässt sich zweierlei ablesen: Zum einen existieren bereits heute „robuste“ Versorgungslösungen, die sich durch extrem niedrige monatliche Energieverbrauchskosten auszeichnen und die auch bei angenommenen extremen Energiepreissteigerungen noch bezahlbare Warmmieten garantieren. Zum anderen wird klar, dass die Stromdirektheizung selbst im Passivhaus ein sehr preissensitives Versorgungssystem darstellt, welches schon bald ein Verbrauchskostenniveau erreicht haben wird, das mit dem heutigen (schlechten) Standard im Bestand vergleichbar ist.

Gesamtjahreskosten ohne Solaranlage

Im Folgenden werden die verschiedenen Varianten ohne Solaranlage in ihrer Wirtschaftlichkeit bei verschiedenen Energiepreis-Steigerungsraten miteinander verglichen. Dabei wird angenommen, dass die verschiedenen Energieträger (Fernwärme, Strom, Gas und Holz) bei unterschiedlichen Ausgangspreisen der gleichen zukünftigen Preissteigerung unterliegen.

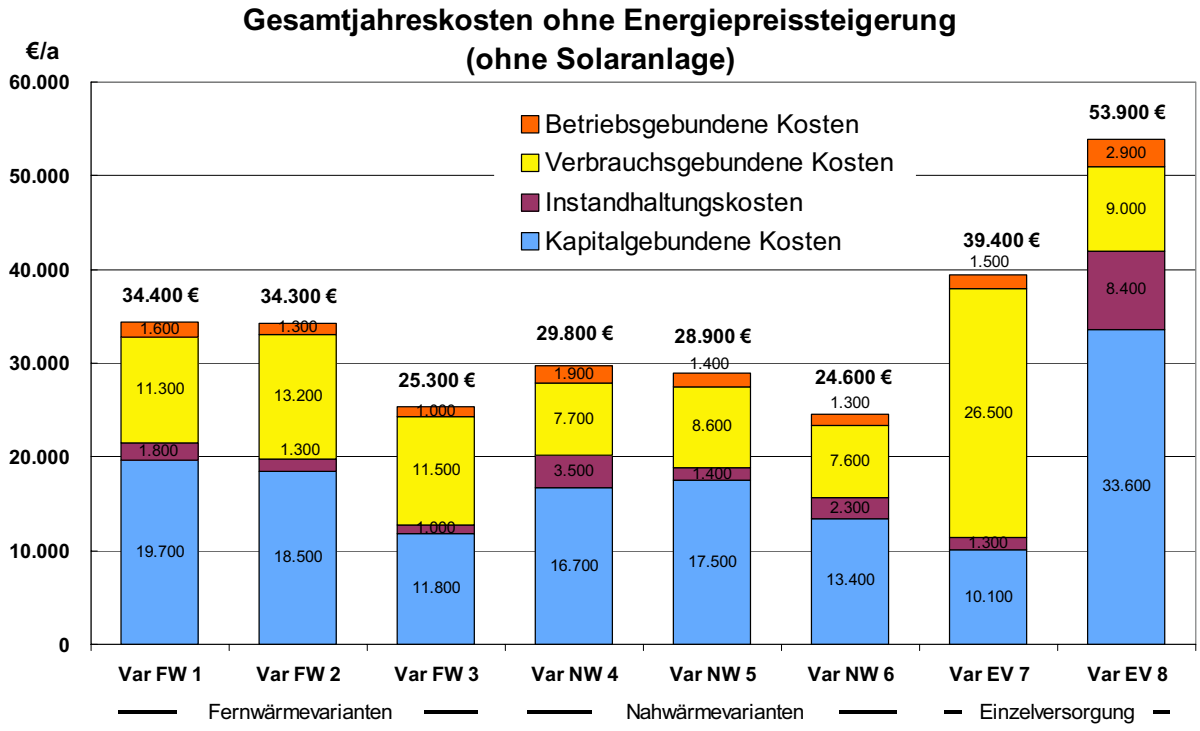
Bei der Betrachtung der Gesamtjahreskosten ohne Solaranlagen und ohne Preissteigerung (Abbildung 6.38) weist die Einzelhausversorgungsvariante mit Wärmepumpen-Kompaktaggregat die mit Abstand höchsten Kosten auf. Dies liegt an den hohen kapitalge-

[74] Quelle: Deutscher Mieterbund e.V. 2007 mit Datenerhebung aus 2006 (www.mieterbund.de/download). Zu beachten ist, dass zwischenzeitlich die Energiekosten von 2006 bis 2008 um ca. 30% angestiegen sind.

bundenen Kosten. Die zweite Variante der Einzelhausversorgung mit Stromdirektheizung hat im Variantenvergleich zwar die geringsten Investitions- und damit auch kapitalgebundenen Kosten, doch wird dieser Vorteil durch die hohen verbrauchsgebundenen Kosten relativiert, so dass sie nach der Variante mit Wärmepumpenkompaktaggregat die Variante mit den höchsten Gesamtjahreskosten darstellt.

Die Säulen der Varianten Fernwärmetrasse durch die Häuser (Var. 1) und Fernwärme an Kopfstation (Var. 2) liegen etwa auf gleichem Kostenniveau. Dies trifft auch auf die kostengünstigsten Varianten Fernwärme an Übergabe Nahwärme (Var. 3) und Kalte Nahwärme (Var. 6) zu. Die Varianten Holzpelletkessel in Kopfstation (Var. 5) weist mit ca. 9 % und die Variante zentrales BHKW (Var. 4) mit ca. 12% leicht höhere Gesamtkosten auf als die günstigste Variante.

Die in Abbildung 6.38 dargestellten Jahreskosten beziehen sich auf die gesamte Passivhaus-Siedlung mit 34 Wohneinheiten. Umgerechnet auf eine Wohneinheit ergibt sich somit eine Spannbreite der Gesamt-Jahresenergiekosten von 723 €/WE (Kalte Nahwärme) bis 1.560 €/WE (Wärmepumpen-Kompaktaggregat). Bezogen auf die Wohnfläche (120 m^2/WE) bedeutet dies Kosten von rd. 6,00 €/m^2a bis maximal 13,00 €/m^2a.



Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.38: Gesamtjahreskosten der Varianten ohne Energiekostensteigerung (ohne Solaranlage)

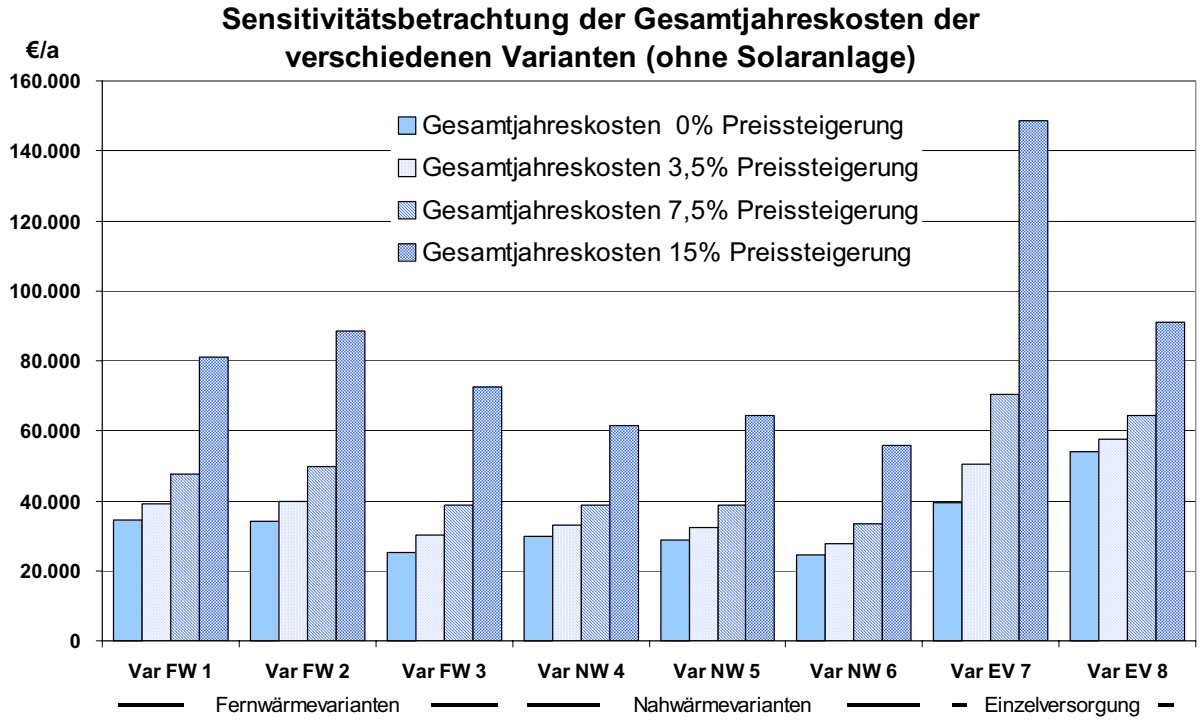
Bei der Sensitivitätsanalyse (Abbildung 6.39) stellt sich heraus, dass ab einer Preissteigerungsrate von 7,5% die Stromdirektheizung (Var. 7) aufgrund der sehr hohen Energieverbrauchskosten die höchsten Gesamtjahreskosten erreicht. Sie weist nun mehr als die doppelten Gesamtjahreskosten auf als die kostengünstigste Variante Kalte Nahwärme. Bei

einer angenommenen jährlichen Preissteigerung von 15 % ist die Stromdirektheizung nicht mehr zu vertretbaren Kosten zu betreiben.

Insgesamt erweisen sich alle Nahwärmevarianten bei der Sensitivitätsanalyse als die kostengünstigsten, wobei die Var. 6, Kalte Nahwärme, sich bei allen Preissteigerungsszenarien als die Kostengünstigste darstellt. Die Varianten 1 und 2 sind bei 0 % Preisanstieg um etwa 28 % teurer als die günstigste Variante 6 (kalte Nahwärme). Durch den etwas höheren Verbrauchskostenanteil der Variante 2 steigen die Gesamtjahreskosten mit zunehmender Energiepreissteigerung jedoch deutlicher an als bei Variante 1.

Die Var. 3, 4 und 5 (zentraler FW-Wärmetauscher an Nahwärme, zentrales BHKW und Holzpelletkessel in Kopfstation) bleiben weiterhin relativ günstig, wobei die Var. 3 in den Gesamtjahreskosten stärker ansteigt als die beiden anderen Varianten 4 und 5.

Die Variante Wärmepumpen-Kompaktaggregat befindet sich bei 15 % Preissteigerung auf vergleichbarem Niveau wie die Varianten Fernwärmeanschluss an Kopfstation (Var. 2) und Fernwärmetrasse durch die Häuser. Die Variante 6 (Kalte Nahwärme) bleibt auch bei dieser extremen Preissteigerung von 15 % p.a. die kostengünstigste.



Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.39: Sensitivitätsanalyse der Gesamtjahreskosten der Varianten unter Annahme von Preissteigerungsraten von 3,5 %, 7,5 % und 15 % (ohne Solar)

Für die Bauherren sind vorrangig die Kosten pro Wohneinheit bzw. pro Quadratmeter Wohnfläche interessant. Deshalb werden in Tabelle 6.19 genau diese Daten gegenübergestellt. Es werden die Spannbreiten – Variante mit geringsten und höchsten Jahresgesamtkosten – für die unterschiedlichen Preissteigerungsraten angegeben.

Tabelle 6.19: Spannbreiten der jährlichen Gesamtenergiekosten pro Wohneinheit und pro Quadratmeter Wohnfläche für die unterschiedlichen Preissteigerungsszenarien (ohne Solaranlage)

Preis-steigerungsraten		Preis pro Wohn-einheit	Preis pro Quad-ratmeter	Variante
0 %	von	723 €/WE	6,00 €/m²a	Kalte Nahwärme
	bis	1.560 €/WE	13,00 €/m²a	Wärmepumpen-Kompaktaggregat
3,5 %	von	816 €/WE	6,80 €/m²a	Kalte Nahwärme
	bis	1.659 €/WE	13,82 €/m²a	Wärmepumpen-Kompaktaggregat
7,5 %	von	983 €/WE	8,20 €/m²a	Kalte Nahwärme
	bis	2.066 €/WE	17,22 €/m²a	Stromdirektheizung
15 %	von	1.644 €/WE	13,70 €/m^{2}a	Kalte Nahwärme
	bis	4.370 €/WE	36,42 €/m^{2}a	Stromdirektheizung

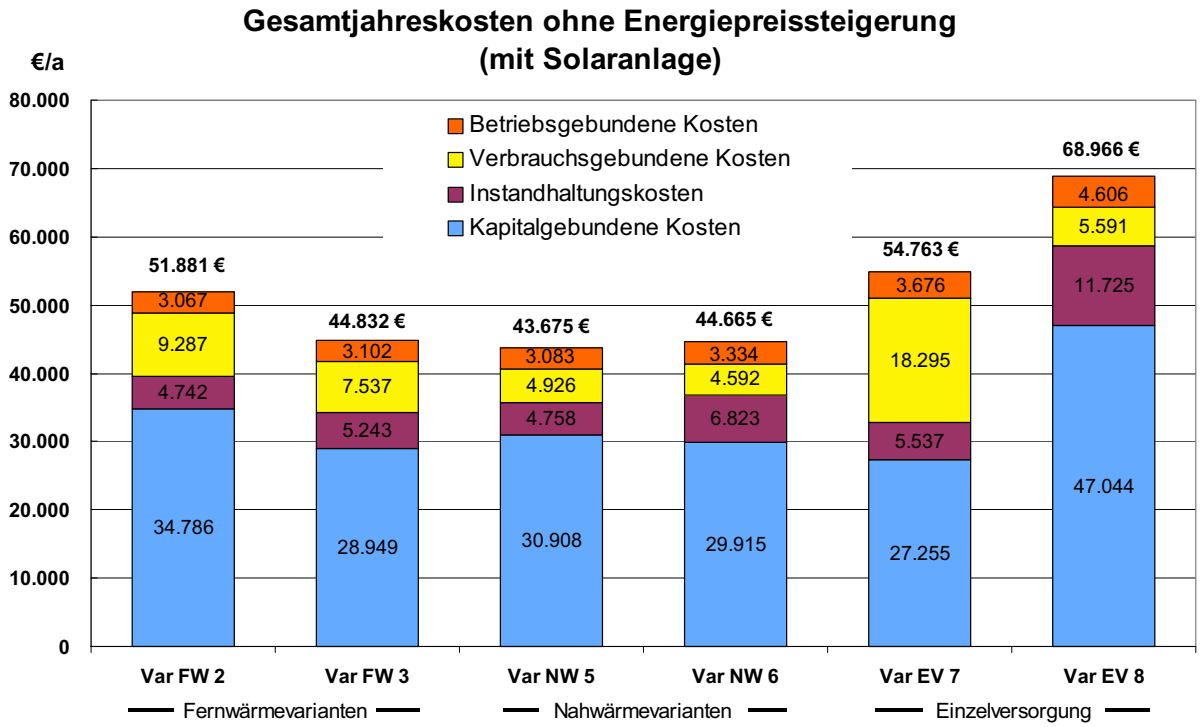
Gesamtjahreskosten mit Solaranlagen

Im Folgenden werden die betrachteten Varianten um eine Solaranlage erweitert: Die Var. 2 bis 6 erhalten eine zentrale und die Var. 7 und 8 eine individuelle Anlage für jedes Haus. Die Var. 0, 1 und 4 werden dabei nicht mehr betrachtet, da sich bei Ihnen die Kombination mit Solaranlage schon im Vorfeld der Untersuchung als energetisch oder wirtschaftlich nicht sinnvoll erwiesen hat.

Bei der Betrachtung der Gesamtjahreskosten mit Solaranlagen ohne Energiepreissteigerung (Abbildung 6.40) zeigen die Individualvarianten 7 und 8 nach wie vor die höchsten Gesamtjahreskosten, dicht gefolgt von Var. 2 (Fernwärmeanschluss an Nahwärme). Bei den günstigsten Var. 3, 5 und 6 wird die Holzpelletheizung (Var. 5) im Vergleich zu den beiden anderen nun mehr gleichwertig.

Bei einer Energiekostensteigerung von 3,5 % p.a. mit Solaranlage steigen die Gesamtjahreskosten der Variante mit Stromdirektheizung aufgrund des höheren Anteils an verbrauchsgebundenen Kosten am stärksten (um ca. 12 %), die Variante mit Wärmepumpen-Kompaktaggregat am wenigsten (um ca. 2 %) und bei allen anderen Varianten steigen die Gesamtkosten gegenüber dem Szenario ohne Energiepreissteigerung um 4 % bis 7 % (Abbildung 6.41). Die Variante mit Holzpelletkessel in Kopfstation bleibt die kostengünstigste und die Variante mit Wärmepumpenkompaktaggregat die Variante mit den höchsten Gesamtjahreskosten.

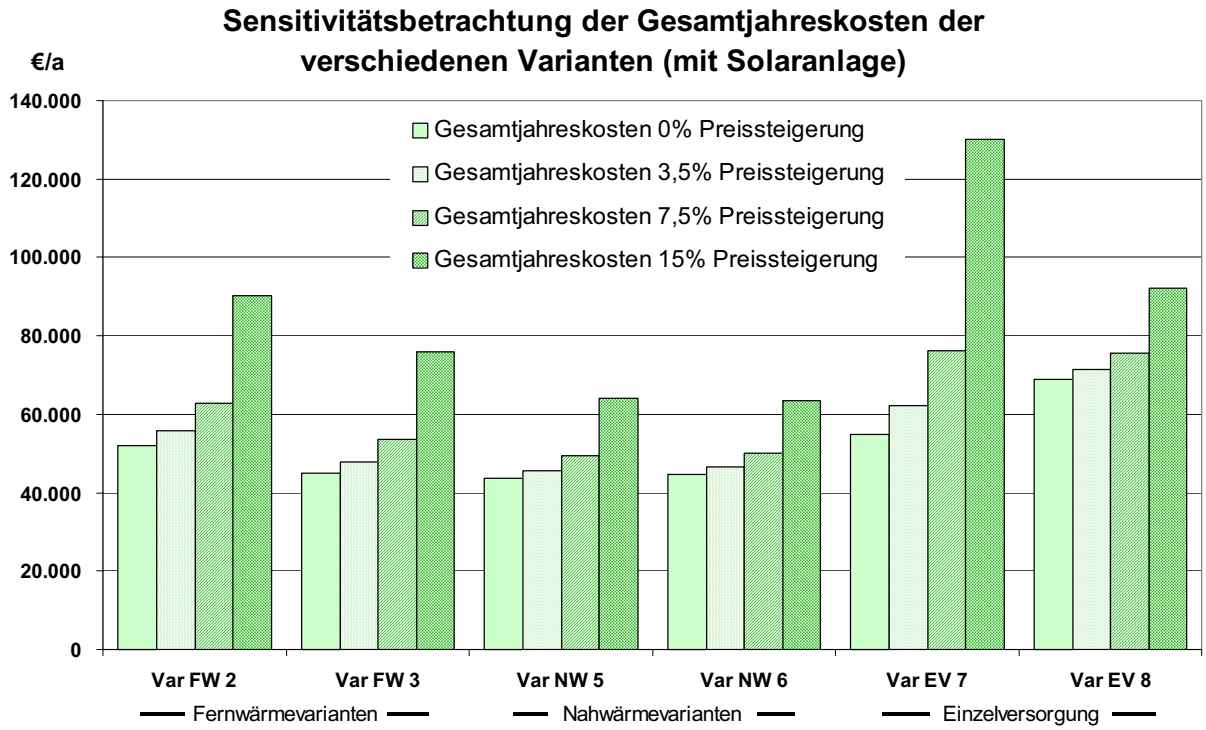
Bei einer jährlichen Preissteigerung von 7,5 % liegt die Stromdirektheizung (Gesamtkostenanstieg um weitere ca. 18 %) nun mit dem Wärmepumpenkompaktaggregat (Gesamtkostenanstieg um weitere ca. 5 %) gleich auf. Die Varianten 5 (Holzpelletkessel in Kopfstation) und 6 (Kalte Nahwärme) sind nach wie vor die günstigsten. Sie sind zu den beiden erstgenannten Varianten um ca. 34 % günstiger.



Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.40: Gesamtjahreskosten ohne Energiepreissteigerung (mit Solaranlage)

Eine weitere deutliche Verschiebung zu Ungunsten der Variante mit Stromdirektheizung ergibt sich bei einer Energiekostensteigerung um 15 % p.a. Diese Variante ist auch mit Solaranlage unter wirtschaftlichen Aspekten disqualifiziert. Am günstigsten sind bei dieser hohen Preissteigerungsrate die Varianten 6 (Kalte Nahwärme) und 5 (Holzpelletkessel in Kopfstation). Die Variante 3 (Fernwärmeanschluss an Nahwärme) ist mit ca. 16 % höheren Gesamtjahreskosten noch eine relativ günstige Alternative, während die Varianten 2 und 8 mit etwa 30 % höheren Gesamtjahreskosten im Vergleich zu den kostengünstigsten Varianten schon deutlich abfallen.



Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.41: Sensitivitätsanalyse der Gesamtjahreskosten der Varianten unter Annahme von Preissteigerungsraten von 3,5%, 7,5% und 15% (mit Solar)

c) Jährliche Treibhausgas-Emissionen (CO_2-Äquivalente)

Tabelle 6.21 gibt die spezifischen CO_2-Äquivalentwerte pro Kilowattstunde nach GEMIS[75] für die betrachteten Energieträger bzw. Prozesse wieder. Dabei werden die wichtigsten Treibhausgase CO_2, N_2O und CH_4 in Form des CO_2-Äquivalents[76] angegeben. Bei Fernwärme wurde mit einem mittleren Wert (FW-Mix Deutschland) gerechnet. Um die Bandbreite der vorgelagerten FW-Emissionen aufzuzeigen, wurden außerdem als Extremwerte eine FW-Bereitstellung aus reinen Erdgas-Anlagen (GuD-Heizkraftwerk) sowie aus reinen Kohle-Anlagen (Kohle-Heizkraftwerk) betrachtet.

[75] GEMIS = Abk. für „Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme“, ein vom Öko-Institut entwickeltes Lebenszyklusanalyse-Modell

[76] Beim CO_2-Äquivalent wird die Treibhausgaswirksamkeit (engl. GWP für Global Warming Potential) von Kohlendioxid (CO_2) gleich eins gesetzt; CH_4 ist 23-fach und N_2O 296-fach wirksam.

Tabelle 6.21: Spezifische THG-Emissionen (CO_2-Äquivalente inkl. Vorkette) nach GEMIS 4.5

Energieträger / Prozess	CO_2-Äquivalente [kg/TJ]	[g/kWh]	Prozesstitel nach GEMIS 4.5
Erdgas (Kessel / BHKW)	70.092	252,3	Gas-Heizung-DE-2005 (Endenergie)
Strommix (für KWK-Gutschrift)	182.459	656,9	Strom-bonus-el-mix-DE 2005
Netz-Fernwärme (Mix)	60.500	217,8	Netz\Fernwärme-DE-2005-el-mix
(Gas-GuD-HKW)	-8.058	-29,0	Netz\Fernwärme-DE-2000-Gas-GuD-HKW/el-mix
(Kohle-HKW)	111.446	401,2	Netz\Fernwärme-DE-2000-Kohle-HKW/el-mix
Holzpelletkessel (10 kW)	9.531	34,3	Holz-Pellet-Holzwirtsch.-Heizung-10 kW-2005

Info-Box zur Problematik der Bilanzverfahren zur Bewertung von gekoppelten Energieprozessen:

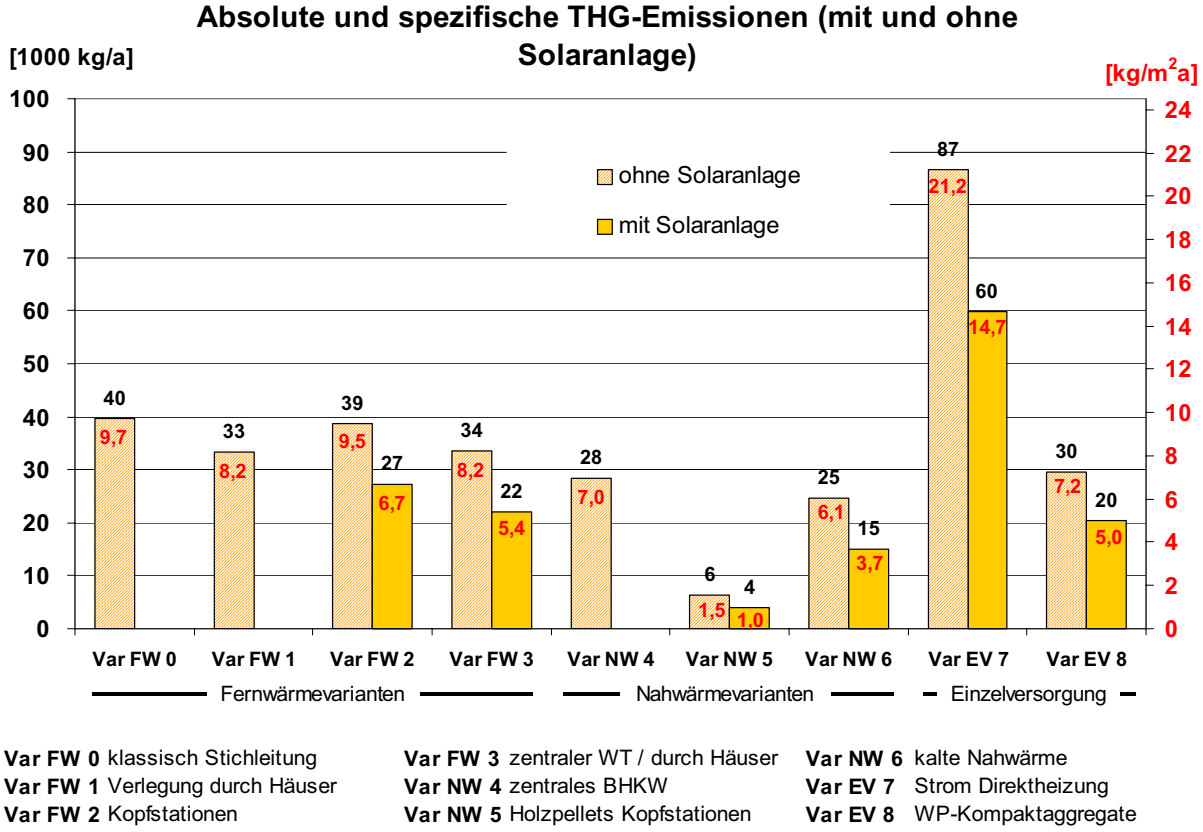
Zu beachten ist, dass es bei der GuD-Fernwärme aufgrund von Gutschriften für den besonders hohen Stromanteil bilanziell in der Summe zu negativen CO_2-Äquivalentwerten kommt. Der Umgang mit solchen negativen Netto-Emissionsgutschriften ist nicht unproblematisch: So darf insbesondere nicht daraus geschlossen werden, dass ein Mehrverbrauch an Wärme (z.B. durch ineffiziente Wärmeverteilsysteme und/oder durch schlecht gedämmte Gebäude) positive Effekte auf die Emissionsbilanz hätte! Es sei auch darauf hingewiesen, dass es andere als das hier angewendete Gutschriften-Bilanzverfahren nach GEMIS gibt, die z.T. zu einer erheblich abweichenden Beurteilung der Klimaschutzwirksamkeit von Fernwärmesystemen kommt. So werden in (Fritsche 2008) verschiedene Bilanzierungsverfahren (Gutschriftenmethode sowie die beiden Allokationsmethoden „Wirkungsgradmethode“ und „Finnische Methode“) diskutiert und auf die Problematik der Verteilung der Emissionen auf die beiden Koppelprodukte „Strom“ und „Wärme“ hingewiesen. Nach der Wirkungsgrad-Allokationsmethoden werden dort spezifische THG-Werte von 239 g/kWh_{th} (513,6 g/kWh_{el}) für ein Steinkohle-HKW mit Entnahme-Kondensationsturbine und 150,8 g/kWh_{th} (324,1 g/kWh_{el}) für ein Erdgas-GuD-HKW genannt[77].

Die mit Abstand geringsten CO_2-Emissionen ohne bzw. mit Solaranlage treten bei der Var. 5 (Holzpelletkesselanlage) auf (Abbildung 6.42). Da der regenerative Brennstoff Holz CO_2-neutral verbrennt, sind hier im Wesentlichen nur die THG-Emissionen aus den Vorketten (Holzpelletproduktion und -Transport) relevant. Die höchsten CO_2-Emissionen ohne oder mit Solaranlage weist die Var. 7 (Stromdirektheizung) auf. Diese verursacht ca. die 14-fache Menge an Treibhausgasen im Vergleich zur Pelletanlage. Die Fernwärmevarianten 0 bis 3 (im FW-Mix mit einem KWK-Anteil > 50%) befinden sich im Mittelfeld. Etwas günstiger schneiden die Var. 4 (zentrales BHKW) und die Var. 8 (Wärmepumpenkompaktaggregat) ab, welche etwa gleich viel CO_2-Äquivalente erzeugen. Die Kalte-Nahwärme-Var. 6 emittiert noch etwas weniger THG und liegt somit nach der Holzpelletvariante an zweitbester Stelle.

Der Einbau von Solaranlagen reduziert die CO_2-Emissionen um rund ein Drittel (min. 30 % in Var. 2 und max. 39% in Var. 6). In absoluten Beträgen ist die Solarintegration bei den wenig klimafreundlichen Varianten am wirkungsvollsten: So spart die Solaranlage bei der Stromdirektheizung 26.800 kg CO_2-Äquivalente ein, während es bei der Holzvariante nur 2.285 kg CO_2-Äquivalente sind. Dass die Solarintegration dennoch gerade auch bei der Holzpelletan-

[77] Tab. 19 und 20 in (Fritsche 2008) mit den Referenzsystemen Gas-Heizwerk und Strom-Mix

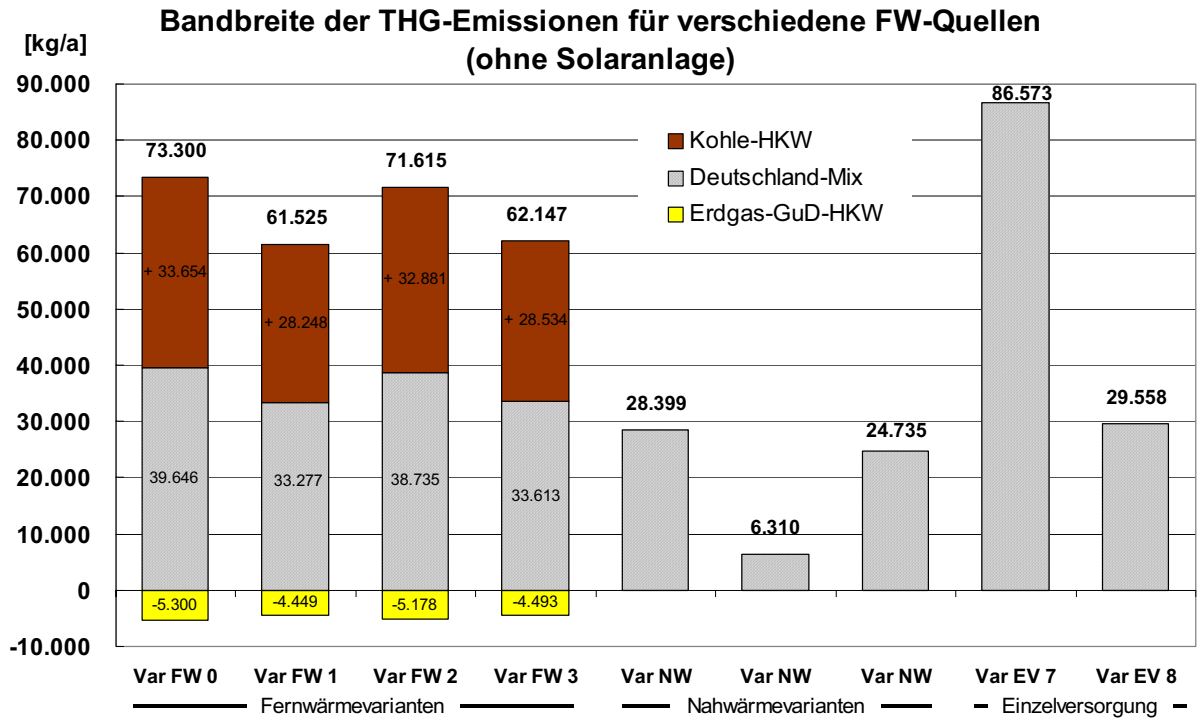
lage aus ökologischen Gründen sehr sinnvoll ist, konnte bereits weiter oben bei der Diskussion der (durch sie eingesparten) Energieverluste gezeigt werden. Eine Solaranlage kann also dazu beitragen, hohe Stillstandsverluste im Sommer zu vermeiden und erhebliche Mengen der begrenzten Biomasse-Ressource Holz einzusparen.



Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.42: Absolute und wohnflächenbezogene jährliche Treibhausgas-Emissionen (CO_2-Äquivalente nach GEMIS 4.5) der gesamten Siedlung (ohne und mit Solaranlage)

Wie schwierig die FW-Varianten hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit zu beurteilen sind, zeigt Abbildung 6.43 (s.a. die Info-Box zur Problematik der Bilanzverfahren oben). Legt man die Klimawirksamkeit des FW-Mixes Deutschlands nach GEMIS zugrunde, so bewegen sich die FW-Varianten (hier ohne Solaranlage betrachtet) - wie oben bereits gezeigt - im Mittelfeld. Wird die FW jedoch ausschließlich aus Kohle-Heizkraftwerken bereitgestellt, so verdoppeln sich die Emissionen nahezu und erreichen annähernd das (schlechte) Niveau der Stromdirektheizung. Unter der Annahme, dass die FW ein Abfallprodukt eines GuD-Heizkraftwerkes ist, werden bilanziell sogar negative Emissionen erzielt, so dass die FW-Varianten klimapolitisch sogar besser zu bewerten wären als die Holzpelletvariante. Diese Überlegungen zeigen, dass bei der Fernwärme eine pauschale Bewertung der Klimawirksamkeit verschiedener Versorgungssysteme nicht losgelöst vom jeweiligen Anwendungsfall vorgenommen werden kann. Hinzu kommt die in der Infobox geschilderte Bewertungsproblematik von Emissionsfaktoren von Fernwärmesystemen.



Var FW 0 klassisch Stichleitung
Var FW 1 Verlegung durch Häuser
Var FW 2 Kopfstationen
Var FW 3 zentraler WT / durch Häuser
Var NW 4 zentrales BHKW
Var NW 5 Holzpellets Kopfstationen
Var NW 6 kalte Nahwärme
Var EV 7 Strom Direktheizung
Var EV 8 WP-Kompaktaggregate

Abbildung 6.43: Bandbreite der absoluten jährlichen Treibhausgas-Emissionen (CO_2-Äquivalente nach GEMIS 4.5) für verschiedene Fernwärme-Erzeugungsstrukturen (ohne Solaranlage)

d) Empfehlungen und Ableitungen aus den Ergebnissen

Aus den unterschiedlichen Analysen zu Verlusten, Kosten und THG-Emissionen lassen sich Empfehlungen für Varianten ableiten. Im Folgenden sind in knapper Form (Tabelle 6.22) die empfehlenswerten und weniger empfehlenswerten Versorgungssvarianten mit Begründung dargestellt.

Die Modellrechnungen ergaben folgende relevante und belastbare Ergebnisse für die infrastrukturelle Versorgung von Passivhäusern: **Fernwärme-Netze** sind aufgrund der hohen anteiligen Verluste zur tatsächlich abgenommenen Endenergie in konventioneller Bauweise (mit Stichleitungen) nicht und in innovativer Bauweise (mit Infrastrukturkanal, Kopfstationen oder zentraler Fernwärme-Übergabestation) nur bedingt energetisch und klimapolitisch empfehlenswert. Trotz der bei den innovativen Varianten nach VDI 2067 nachgewiesenen Wirtschaftlichkeit ist aufgrund der relativ hohen kapitalgebundenen Kosten der Anschluss hocheffizienter Gebäude bzw. Siedlungen aus Sicht der Energieversorger häufig nicht interessant bzw. wird sogar in der Praxis z.T. verweigert. Ein Grund dafür liegt in dem Umstand, dass die Kosten in Neubaugebieten oft nicht direkt an die potentiellen Abnehmer weitergegeben werden können. Neubaugebiete entwickeln sich erst nach und nach. Aus dieser Planungsunsicherheit kann sich ein hohes Risiko für den Anschluss an ein bestehendes oder neu zu errichtendes Fernwärmenetz ergeben.

Tabelle 6.22: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Fernwärme-, Nahwärme- und Einzelversorgungsvarianten

Nr.	Bezeichnung	Netz-verluste	Klima-schutz	Wirt-schaft-lichkeit	Empfehlung
	Fernwärme (KWK-Anteil > 50%)				
0	Fernwärmeversorgung konventionell (Stichleitungen)	- -	+/- [1)]	-	Nicht empfeh-lenswert
1	Fernwärmetrasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- [1)]	+	Bedingt emp-fehlenswert
2	Fernwärmeübergabe an Kopfstationen (Blockversorgung)	- -	+/- [1)]	+	Bedingt emp-fehlenswert
3	Zentrale Fernwärme-Übergabestation und Nahwärme-trasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- [1)]	+ +	(Bedingt) emp-fehlenswert
	Nahwärme				
4	Dezentrales Nahwärmenetz durch die Häuser mit BHKW (KWK-Anteil > 50%)	+	+	+ +	Empfehlenswert
5	Holzpelletkessel in Kopfstationen	+	+ +	+ +	Sehr empfeh-lenswert
6	Kalte Nahwärme aus Sondenfeld und Wärmepumpen in Kopfstationen	+	+/o [2)]	+ +	Empfehlenswert
	Einzelversorgung				
7	Stromdirektheizung	+ +	- -	o	Nicht empfeh-lenswert
8	Wärmepumpen-Kompaktaggregat	+ +	+/o [2)]	-	Bedingt emp-fehlenswert

[1)] Abhängig von Art des Heizkraftwerkes (Brennstoff, Effizienz) und Qualität, Temperaturniveau und Ausdehung des FW-Netzes (Leitungsverluste)
[2)] Abhängig von den Annahmen zur Art der Stromerzeugung für die elektrische Wärmepumpe (Kraftwerksmix, Grenzkraftwerk...)

Allerdings könnte die Einbindung des Vorlaufs einer Passivhaussiedlung in einen konventionellen FW-Rücklauf auch für Energieversorger eine interessante Option darstellen. Die Klimaschutzwirkung der FW-Versorgung ist nicht allgemeingültig nachweisbar, sondern muss im Einzelfall beurteilt werden.

Nahwärme-Netze stellen im Vergleich zur Fernwärme eine in allen drei Hauptkriterien interessante Option dar. Hier ist auch die Integration von EE oder ein höherer KWK-Anteil möglich. Die FW-Verluste entfallen und die Verluste im Nahwärmenetz können durch verschiedene Maßnahmen, insbesondere durch Verlegung innerhalb der Gebäude, auf ein Minimum reduziert werden. Zu wesentlichen Kosteneinsparungen kann ein vorgefertigter Infrastrukturkanal, der bereits beim Bau berücksichtigt wird, führen. Bei kleineren Netzen besteht auch zusätzlich die Möglichkeit, auf Übergabestationen zu verzichten und Gebäudeheizungen direkt zu versorgen. Kopfstationen gespeist durch Holzpelletkessel und in Kombination mit solarthermischen Anlagen schneiden sowohl bezogen auf die CO_2-Emissionen als auch auf die Wirtschaftlichkeit besonders positiv ab. Die Verteilverluste sind vernachlässigbar gering und durch die zusammengefasste Versorgung von mehreren Einzelgebäuden (Objektversorgung) können auch Kessel mit üblichen Größen zum Einsatz kommen. Einer der Hauptvorteile der Nahwärmesysteme liegt in der Modularität der dezentralen Energieerzeuger. So können diese bei Veränderungen im Energiesektor relativ problemlos punktuell ausgetauscht werden. Diese Flexibilität sowie die Möglichkeit zur Nutzung regionaler erneuerbarer Ressourcen wie Biogas, Holz, Solarenergie etc. (Energieerzeugung vor Ort) können

zu einer höheren Planungssicherheit, einer größeren Unabhängigkeit (Preispolitik) und höherer Versorgungssicherheit beitragen.

Problematisch bei einer Versorgungsvariante mit Kopfstationen ist allerdings die Frage des **Eigentums** und des Betriebs: Die unterschiedlichen Gebäudeeigentümer müssen sich privatrechtlich darauf verständigen, dass sie gemeinsam eine Energieerzeugungsanlage betreiben und abrechnen. Einen Ausweg aus solchen Zuständigkeitsproblematiken könnte das Anlagencontracting bieten. Neben der Holzpelletvariante schneiden auch das Nahwärme-BHKW sowie die kalte Nahwärme (s. weiter unten) in den wesentlichen Untersuchungspunkten gut ab.

Die zentralen Versorgungslösungen wurden mit den **Einzelversorgungsoptionen** Stromdirektheizung sowie Wärmepumpen-Kompaktaggregate verglichen. Bei ihnen sind die Netzverluste gleich Null. Die Stromdirektheizung besticht zwar durch die geringsten Investitionskosten, hat aber gleichzeitig die höchsten Verbrauchskosten und die höchsten Klimabelastungen aufzuweisen. Wegen der schlechten Umweltbilanz und weil diese Variante besonders sensitiv gegenüber zukünftigen Strompreissteigerungen ist, wird für die Stromdirektheizung keine Empfehlung ausgesprochen. Das Wärmepumpen-Kompaktaggregat ist etwa um den Faktor drei effizienter als die Direktstromheizung. Dementsprechend fällt die Klima- und Verbrauchskostenbilanz besser aus. Aufgrund derzeit noch hoher Investitionskosten ist die Wirtschaftlichkeit jedoch nicht zufriedenstellend. Dennoch entscheiden sich Bauherren von Passivhäusern auch für diese relativ teure Versorgungsoption, u.a. weil vielfach der Wunsch nach einem eigenen Versorgungssystem vorhanden ist. Insbesondere unter der Annahme zukünftig sinkender Preise für diese noch relativ junge Technologie stellen die Kompaktaggregate eine interessante Lösung zur Einzelversorgung von Passivhäusern dar.

Für alle Varianten (außer Var. 1 und 4) wurde zusätzlich die Integration von **solarthermischen Anlagen** zur Warmwasserbereitung geprüft. Diese Analyse ergibt, dass klimapolitisch die Einbettung von Solarenergie sehr sinnvoll ist (Verminderung der CO_2-Emissionen um bis zu 30%). Ohne Förderung ist jedoch die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme bei derzeitigen Energiepreisen nicht gegeben.

Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip **Niedertemperaturquellen** mit niedrigem Exergiegehalt**.** Zur zukünftigen Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien kommt diesen sogenannten „**Low-Ex-Konzepten**“ wachsende Bedeutung zu. Darunter fällt z.B. eine gestufte Bereitstellung von Wärme auf zwei Temperaturniveaus (Heizwasser / Trinkwarmwasser) oder aber der **Anschluss** von Niedrigenergiehäusern bzw. -Siedlungen **an den Fernwärme-Rücklauf** eines konventionellen Fernwärmenetzes mit seinen derzeit noch relativ hohen Vorlauf-Temperaturen. Auch „**kalte Nahwärme**“ ist ein solches Lösungskonzept, welches sich durch Wärmetransport auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (z.B. Vorlauf/Rücklauf 20°C/15°C und weniger) auszeichnet. Dadurch können sowohl die Wärmeverteilverluste (Netzverluste, insbesondere im Sommer) als auch die Verlegekosten (durch geringere Dämmstärken bzw. weitgehenden Verzicht auf Leitungsdämmung) erheblich reduziert werden. Als Wärmequellen eignen sich insbesondere regenerative Niedertemperaturquellen wie Solarenergie, Umgebungswärme (z.B. Regenwasser, Flusswasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, Tunnelwasser, Sickerwasser), geothermische Wärme und „Abfallwärme“ aus lokalen Quellen wie z.B. Industrieanlagen. Zum Anheben der niedrigen Vorlauftemperaturen auf ein nutzbares Niveau können elektrische oder Gas-**Wärmepumpen** eingesetzt werden.

Aus den Untersuchungsergebnissen können folgende Forderungen bzw. Aufgabenstellungen abgeleitet werden:

- Der Ausbau dezentraler **Nahwärme-Strukturen** mit hohem KWK- und / oder Regenerativanteilen auf kommunaler Ebene ist besonders wichtig und kann entscheidend zum Klimaschutz beitragen.
- Unabhängige **Evaluierung bestehender kalter Nahwärmesysteme** und Ermittlung von zentralen Anforderungen für die Entwicklung eines Fördertatbestands.
- **Förderung von WP-Kompaktaggregaten**, da diese unter bestimmten Voraussetzungen ökologisch sinnvoll sind, jedoch aktuell noch hohe Investitionskosten mit sich bringen. Eine Förderung von WP-Kompaktaggregaten sollte somit auch das Ziel berücksichtigen, dass die Produktions- und im weiteren die Investitionskosten gesenkt werden können.
- Da thermische Solaranlagen auf jeden Fall einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten und dieser bei effizienten Gebäuden nochmals größer ist, sollte in Erwägung gezogen werden, die Fördersätze für Solaranlagen im Passivhausbereich (bis 6 m² Kollektorfläche) deutlich zu erhöhen. Mit zunehmender Größe der Solaranlagen werden die spezifischen Kosten geringer. Dementsprechend könnten auch die spezifischen Fördersätze mit einer Degression hinterlegt werden.

Zudem bestehen vielfältige Optionen zur **Verbesserung bestehender Wärmenetze** bei zukünftig vermindertem Energiebedarf. In vielen Städten in Deutschland gibt es noch Fernwärmesysteme mit Dampfnetzen. Eine Umstellung dieser Dampfnetze zu Heißwassernetzen würde insbesondere dazu führen, dass Verteilverluste reduziert und somit die Effizienz des Wärmeversorgungssystems erhöht werden kann. Reduzierte Temperaturen machen es auch möglich, dass vermehrt erneuerbare Energien in Netzsysteme eingespeist werden. Klimapolitisches Ziel sollte sein, die Fernwärmenetze nur noch als Heißwassernetze zu betreiben und durch dezentrale Nahwärmenetze mit niedrigen Temperaturen zu erweitern. Da eine Umstellung von Dampf- auf Heißwassernetze in einigen Städten bereits der Fall ist oder war, sollten konkrete Informationen dieser Best-Practice-Projekte den Stadtwerken mit Dampfnetzen zur Verfügung gestellt werden. Zudem sind folgende Maßnahmen möglich:

- Förderung für die **Umstellung von Dampf- auf Heißwassernetze**: Insgesamt sollte dementsprechend die Dampferzeugung, wo es notwendig ist (z.B. für Wäschereien), dezentralisiert werden. Dazu sollte ein Anreiz beispielsweise in Form eines Zuschusses in der Höhe von 20 €/kW Anschlussleistung gewährt werden, um diese Dezentralisierung der Dampferzeugung zu forcieren. Wird zudem in Folge der Dezentralisierung die Dampferzeugung auf regenerativen Energien umgestellt, sollten zusätzliche Fördermittel zur Verfügung gestellt werden.
- Vorlauf eines neuen Nahwärmegebietes an den Rücklauf des Fernwärmenetzes anschließen mit dem Ziel, die Netztemperatur im Nahwärmenetz um ca. 20° zu reduzieren. Dazu sind weitere F & E-Maßnahmen zu den Themen hydraulische Einbindungsmöglichkeiten, Vergütungssysteme, Bewertung der Synergieeffekte etc. notwendig.
- Um den Ausbau der KWK zu wirtschaftlichen Bedingungen zu ermöglichen, müssen flexible, für kleinere Rohrdimensionen geeignete kostengünstige Verteilungssystem entwickelt werden:
    - Vorrüstung von Übergabestationen in Häusern für einfaches Durchschleifen (zukunftsoffenes Bauen)

- Berücksichtigung eines vorgefertigten Infrastrukturkanals mit Nahwärmeverteilleitung zum Einbau unter der Sohlplatte zur Reduzierung der Erschließungskosten
- Reduzierung der Exergieverluste bei Nahwärmesystemen durch direkte Nutzung des Heißwassers ohne Wärmetauscher;

Insgesamt ist es Ziel, die Wärmeverluste und Kosten für den Neubau von Verteilnetzen kurzfristig um den Faktor 5 zu senken. Grundsätzliche Voraussetzung für den Einsatz innovativer FW-Anschlusssysteme, die ökologisch und ökonomisch zukunftsfähig sind ist die weitsichtige Siedlungs- bzw. Quartiers-Planung.

- Perspektivisch könnte es dann zu einer weiteren Absenkung der Vor- und Rücklauftemperaturen durch LowEx-Konzepte kommen.

Positiv hervorzuheben ist, dass im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetz zusätzliche Freiräume für den Anschluss- und Benutzungszwang ermöglicht werden. Durch die in § 16 definierte Ermächtigung von Gemeinden und Gemeindeverbänden, den Anschluss- und Benutzungszwang auch aus Klima- und Ressourcenschutzgründen begründen zu können, können in Zukunft nachhaltige dezentrale Nahwärmesysteme sicherer umgesetzt werden. Allerdings muss der Klimanutzen von Fern- oder Nahwärme differenziert betrachtet werden und ein positives Image von ökologisch sinnvoller Fern- und Nahwärme vermittelt werden.

Vorgeschlagen wird auch, dass die Versorger eine Förderung pro laufendem Meter für die Erweiterung der Wärmenetze unter Einsatz einer verbesserten **Dämmklasse** erhalten. Praxis ist heute, dass aus Kostengründen zumeist die Dämmklasse I (Serie I) verwandt wird. Welche Effizienzgewinne potenziell erreicht werden können, indem bessere Dämmklassen (z.B. III) verwendet werden, wird derzeit im Rahmen einer Studie der AGFW. (Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK) ermittelt. Derzeit gibt es im KWK-G eine Förderung für Fernwärmerohre von 1 € pro mm Nennweite * laufenden Meter. Diese Förderung bezieht sich aber lediglich auf den Durchmesser (DN) und nicht auf die Dämmstärke. Deshalb sollte bei der Berechnung des Laufmeter-Fördersatzes auch Dämmstärke zukünftig berücksichtigt werden. Die Wirtschaftlichkeit von Fernwärmeleitungen mit höheren Dämmklassen ist abhängig von den Primärenergiekosten sowie zukünftigen Energiepreisteigerungen. Demnach kann sich die Erhöhung der Dämmklasse über die Nutzungsdauer auszahlen. Einige Kommunen wählen schon heute auch aus ökologischen Gründen höhere Dämmklassen. Gerade in kälteren Regionen (z.B. Alpen) sind diese auch wirtschaftlich zu betreiben.

Tabelle 6.23: Energiebalance-Vorschläge zur Optimierung der EE-Versorgung von effizienten Gebäuden (Passivhäusern)

Energiebalance-Vorschlag			
Thema	**Vorschlag**	**Bemerkung**	**Umgesetzt?**
Technologien zur Versorgung von Passivhäusern (Einzelversorgung)			
Passivhausversorgung	Angleich der Förderung von Pelletöfen beim Einsatz in Passivhäusern auf die Förderhöhe von automatisch beschickten Pelletkesseln.	Voraussetzung sollte jedoch sein, dass gleichzeitig eine Solaranlage zum Einsatz kommt, die ebenfalls gefördert werden kann.	X
	Zuschussförderung von Wärmepumpenkompaktaggregaten beim Einsatz in Passivhäusern	Unter bestimmten Voraussetzungen sind WP-Kompaktaggregate ökologisch sinnvolle Versorgungsoptionen für Passivhäuser, jedoch weisen diese noch sehr hohe Investitionskosten auf.	✓ Rahmen der KfW-Förderung
Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene			
Evaluierung von bestehenden „kalte Nahwärme“-Projekten	Im Rahmen eines Forschungsprojektes sollen national und international realisierte kalte Nahwärme-Projekte unabhängig und einheitlich evaluiert werden.	Aus den Evaluationsergebnissen können Rahmenbedingungen für den Einsatz dieser Systeme definiert und Anforderungen für eine Förderung generiert werden.	X
Höhere Fördersätze für solarthermische Anlagen bei Passivhäusern	Verstärkte Förderung von Solarthermischen Anlagen bei hocheffizienten Gebäuden (Verstärkung des Effizienzbonus)		X
Dezentralisierung der Dampferzeugung	Entwicklung von geeigneten Anreizen für Dampfabnehmer zur Dezentralisierung der Dampferzeugung; zusätzliche Förderung, wenn Dampf mit EE-Anlagen erzeugt wird.	Bestehende Dampfnetze sollten sukzessive zu Heißwassernetzen umgebaut werden. Bereits durchgeführte Projekte sollten besser in Fachkreisen (Stadtwerke) bekannt gemacht werden.	X
F&E Rücklaufnutzung	Förderung von F&E-Maßnahmen zu zukunftsfähigen Fernwärmesystemen am Beispiel der Rücklaufnutzung	Nahwärmesysteme schließen ihren Vorlauf an den Rücklauf von Fernwärmeleitungen an. Vorteile: Geringere Termperaturen für Neubaugebiete, geringere Verluste, höhere Kraftwerkswirkungsgrade, zusätzliches Wärmeabsatzprodukt für Stadtwerke	X
Kostenreduzierung bei Nahwärmeversorgung	Weitsichtige Planung, frühzeitige Berücksichtigung von Infrastrukturkanälen, Durchschleifmöglichkeiten etc.	Reduzierung von Investitionskosten und Exergieverlusten durch inhouse-Verlegung in vorbereiteten Infrastrukturkanal sowie durch Verzicht auf Übergabestationen und Wärmetauscher.	X
Förderung von höheren Dämmstärken bei Wärmeleitungen	Im Rahmen vom KWK-G wird mit 1€ pro mm Nennweite und Laufmeter der Ausbau von Fern- und Nahwärmenetzen gefördert. Die verwendete Dämmstärke sollte in der Förderung berücksichtigt werden.	Reduzierung von Versorgungsverlusten.	X

Workshopbox 1:

Workshop „Zukünftige Technologien und Infrastrukturen zur Energieversorgung hocheffizienter Gebäude und Siedlungen – Synergien, gegenläufige Effekte, Hemmnisse und notwendige Veränderungen“

Am 29. Oktober 2008 fand im Wuppertal Institut ein vom Wuppertal Institut und IFEUvorbereiteter und durchgeführter ganztägiger Experten-Workshop zum genannten Thema statt. 23 Experten aus dem kommunalen bzw. energietechnischen und energiepolitischen Umfeld sind der Einladung gefolgt, darunter Vertreter von wissenschaftlichen Instituten und Hochschulen, Kommunen, Energieversorgern und Planungsbüros sowie aus der Industrie (s. Teilnehmerliste im Anhang 11.7). Ziel war ein kritisch-konstruktiver inhaltlicher Austausch sowie qualitative und quantitative Antworten und Ergebnisse zu nachfolgenden Leitfragen zu finden: Wie können Gebäude mit besonders geringen Energiebedarfswerten zukünftig ökonomisch und ökologisch sinnvoll versorgt werden? Machen leitungsgebundene Versorgungsoptionen bei diesen Gebäudetypen noch Sinn?

Neben verschiedenen Impulsreferaten (siehe Tagesordnung im Anhang 11.7) wurden als zentraler Schwerpunkt des Workshops die (zu diesem Zeitpunkt noch vorläufigen) Ergebnisse der Untersuchungen zur Quartiersversorgung hocheffizienter Siedlungen vorgestellt. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden zur Diskussion gestellt und anschließend ein Stimmungsbild der anwesenden Experten dazu eingeholt.

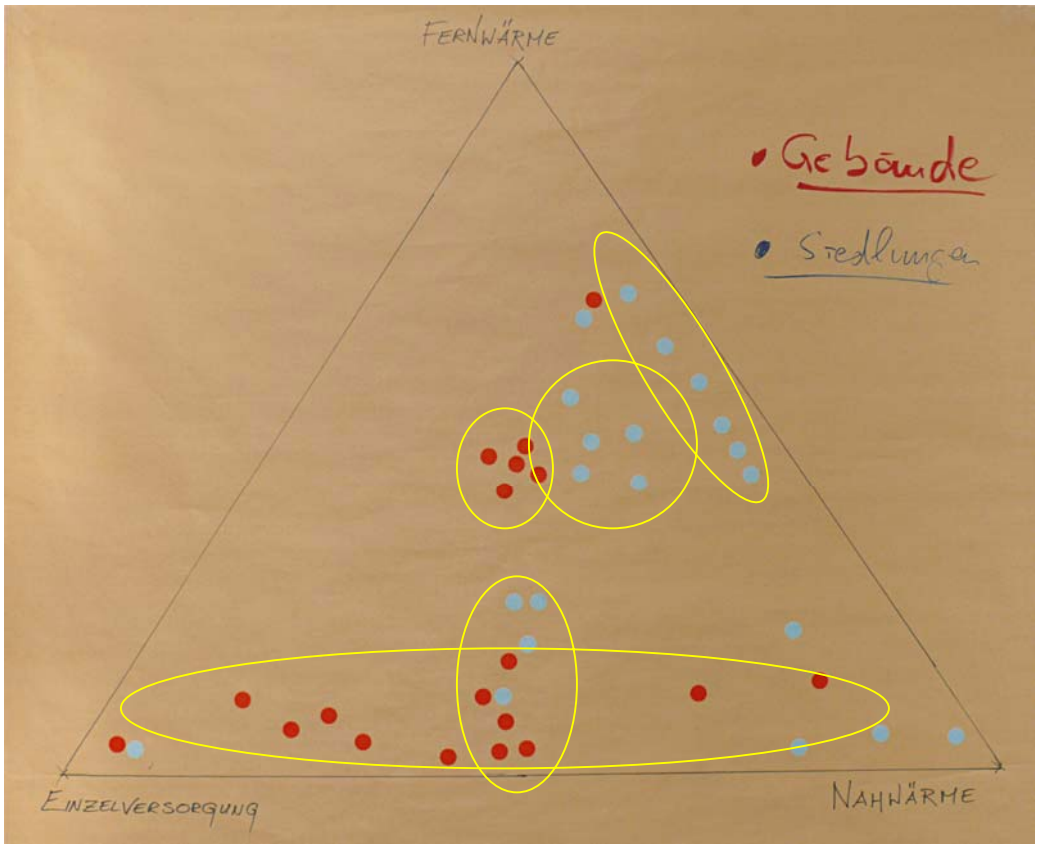
Demnach wird den Untersuchungs-Ergebnissen von Graw größtenteils, aber zum Teil auch mit Abstrichen gefolgt. Davon sind die Varianten 1 sowie 3 - 6 betroffen. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass eine generelle Für- oder Widersprache zu den vorgestellten sieben Versorgungslösungen für alle Anwesenden nur schwer bzw. bedingt möglich war. Zu häufig spielen die Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle, die im Variantenspiel nicht immer eindeutig vorgegeben waren (beispielsweise eingesetzter Energieträger im Kraftwerk, (einheitliche) Bilanzgrenzen). Eindeutige Aussagen gab es zu der „schlechtesten“ Variante, der Direktstromversorgung sowie zu den beiden besonders „guten“ Varianten der Biomasse- sowie der Wärmepumpenversorgung. Den größten Diskussionsbedarf gab es bei den auf KWK-Fernwärme und BHKW-Nahwärme basierenden Versorgungsvarianten. Hier stellte sich immer wieder die Konkurrenzfrage zwischen KWK und Solarintegration wie auch die Frage nach zentralen Systemen mit gegebenenfalls höheren Wirkungsgraden im Vergleich zu dezentralen Systemen mit höherem Flexibilitätsgrad. Ein klares Fazit ist jedoch, dass mit neuen Lösungen wie beispielsweise der Verdichtung durch Rücklaufnutzung auch die Fernwärme für besonders gut gedämmte Gebäude interessant werden könnte.

Offen blieb dagegen an dieser Stelle, wie man mit politischen Instrumenten diese vielen verschiedenen Möglichkeiten der Energieversorgung (vorerst konzentriert auf den Neubau) in die richtige Richtung lenken kann. Ein Großteil der Anwesenden war sich jedoch darüber einig, dass - unabhängig von der Art der Wärmeversorgung - das Zugpferd für eine nachhaltige Energieversorgung von Gebäuden bzw. Siedlungen das Passivhaus ist, welches sich insgesamt im Neubau zum Standard durchsetzen sollte. Einigkeit herrschte auch über die Feststellung, dass zur Bewertung der FW-Varianten eine differenzierte Betrachtung der Angebotsseite (Art des Wärmenetzes, des Kraftwerks und des Brennstoffs) erforderlich ist.

Am Ende des Workshops wurde noch ein Stimmungsbild auf Metaplanbogen mittels Punktevergabe durchgeführt. Die Teilnehmer sollten dort ihre Punkte befestigen, wo ihrer Meinung nach in Zukunft (ab 2030) der technologische Schwerpunkt für eine nachhaltige Versorgung

von hocheffizienten Gebäuden (rot) und Siedlungen (blau) liegen wird. Aus dem Ergebnis lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Der technologische Schwerpunkt wird mehrheitlich bei keiner der drei Optionen allein gesehen, wobei die Fernwärme explizit ausgeschlossen wurde; stattdessen werden bestimmte Kombinationen aus den drei Optionen im Vordergrund gesehen.
- Dazu gehören bei Gebäuden ein ausgewogener Optionen-Mix sowie unterschiedlich gewichtete Kombinationen von Nahwärme und Einzelversorgung, während die Kombination aus Nah- und Fernwärme nur eine geringe und die von Einzelversorgung und Fernwärme keine Rolle spielen.
- Dazu gehören bei Siedlungen Kombinationen aus Fern- und Nahwärme, eine Kombination aus allen drei Optionen, aber mit Schwerpunkt auf der Wärmenetzseite sowie etwas weniger ausgeprägt Kombinationen aus Einzelversorgung und Nahwärme, wobei letztere etwas mehr betont wird. Kombinationen aus Einzel- und Fernwärmeversorgung spielen auch hierbei keine Rolle.
- Die Fernwärme wird am wenigsten von allen drei Optionen als zukünftiger Schwerpunkt angesehen.



Abschließendes Bewertungsbild der Teilnehmer hinsichtlich der künftigen technologischen Schwerpunkte für die Versorgung von hocheffizienten Siedlungen bzw. Gebäuden

Als weiteres Resümee zu diesem Stimmungsbild kann festgehalten werden, dass sich die Workshopteilnehmer in ihren Argumentationslinien grob zwischen folgenden zwei Positionen bzw. Szenarien verorteten:

- *nachfrageorientiert*, d.h. im Sinne eines Szenarios, welches zukünftig sehr hohe energetische Effizienzstandards sowohl bei Altbau als auch Neubau (PH-Niveau) postuliert.

Hier wird zukünftig eine Versorgung mit Fernwärme insbesondere aufgrund der relativ hohen Anschlusskosten und Energieverluste als sehr schwierig eingestuft, sofern nicht innovative Lösungen gefunden werden, die diese Hemmnisse beseitigen helfen.

- *angebotsorientiert*, d.h. im Sinne eines Szenarios, welches die (zentrale) KWK für klimapolitisch gut befindet und daher die Wärmesenken (im mit FW versorgten Bestand) erhalten möchte.

Die Teilnehmerliste wie auch die Tagesordnung finden Sie im Anhang.

6.5 Verzahnung auf Instrumentenebene

6.5.1 Einführung

Wie bereits im Technologiekapitel dargestellt, gilt es die Verzahnung im Gebäudebereich in zwei Richtungen voranzutreiben:

1. Erneuerbare Energien müssen effizienter genutzt werden.
2. Energieeffiziente bzw. energiesparende Gebäude sollten zunehmend mit erneuerbaren Energien versorgt werden.

Bereits hier wird klar, dass sich diese beiden Ziele auch gegenseitig beeinflussen. Beispielsweise sind Solaranlagen, die in Niedrigenergie- oder Passivhäusern eingebaut werden, aufgrund der geringen Temperaturanforderungen automatisch effizienter. Zudem können Verluste im Verteilsystem reduziert werden, da Niedertemperaturheizungen ermöglicht werden. In einigen Punkten bestehen jedoch noch Widersprüche, wie beispielsweise in der Schwierigkeit der Umsetzung von effizienten Nahwärmesystemen mit erneuerbaren Energiequellen zur Versorgung von Passivhäusern. Hier besteht ein hoher Bedarf an Forschung und Entwicklung von zukünftigen Energiesystemen, die jedoch auch für die konventionellen Energieträger von Bedeutung ist.

Während der Laufzeit des Projekts Energiebalance gab es sowohl die Anforderung, die verschiedenen politischen Instrumente (Förderungen und gesetzliche Anforderungen) in ihren Grundfesten in Bezug auf Verzahnung zu überprüfen. Zentrale Frage war dabei, ob Synergieeffekte ungenutzt bleiben (z.B. durch fehlende Effizienzanforderungen im MAP) oder ob möglicherweise Verzahnungen vorhanden sind, die negative Effekte erzeugen. Zudem hat das Projektteam laufend Richtlinien- und Gesetzesnovellierungen (insbesondere EEWärmeG, EEG und das Marktanreizprogramm) begleitet und Verzahnungsanforderungen definiert.

Bei der Weiterentwicklung von Instrumenten im Gebäudesektor ist das Energiebalance-Team auch noch weiter gegangen und hat gemeinsam mit verschiedenen Akteuren im Rahmen des Workshops „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich – Gebäudevision 2020“ im Januar 2008 den Blick in fernere Zukunft gewagt. Mit der Frage „Wie sieht das Gebäude 2020 aus?“ haben die Teilnehmer Zukunftsszenarien entworfen. Ergänzend wurden perspektivische Änderungen der Anforderungen beispielsweise in der EnEV, aber auch in anderen relevanten Instrumenten (wie z.B. die Heizkostenverordnung) diskutiert (siehe Workshopbox 2).

Zur Vorbereitung dieses Workshops wurden vorab Interviews mit relevanten Akteuren (Architekten, Planer, Ingenieure, Wohnungsbaugesellschaften, private Bauherren) geführt. Bereits in diesen Gesprächen wurde deutlich herausgestellt, dass es sich beim Gebäudebereich um ein extrem komplexes Vorgabenkonstrukt handelt, das von einer Vielzahl verschiedener Akteure mit gänzlich unterschiedlichen Standpunkten bedient werden muss. In Abbildung 6.44 soll diese komplexe Struktur zumindest für den energetischen Teilbereich grafisch dargestellt werden, wobei hier bereits ganze Teilbereiche nicht berücksichtigt werden (wie z.B. Heizkostenverordnung, Energieberatung Vor-Ort, etc.).

Diese Abbildung erläutert, in wie fern der Status Quo der Gesetze und Verordnungen für den Bau oder die Sanierung von Wohngebäuden zusammenhängen und wo die Verzahnungen zwischen EE und EF erfolgen.

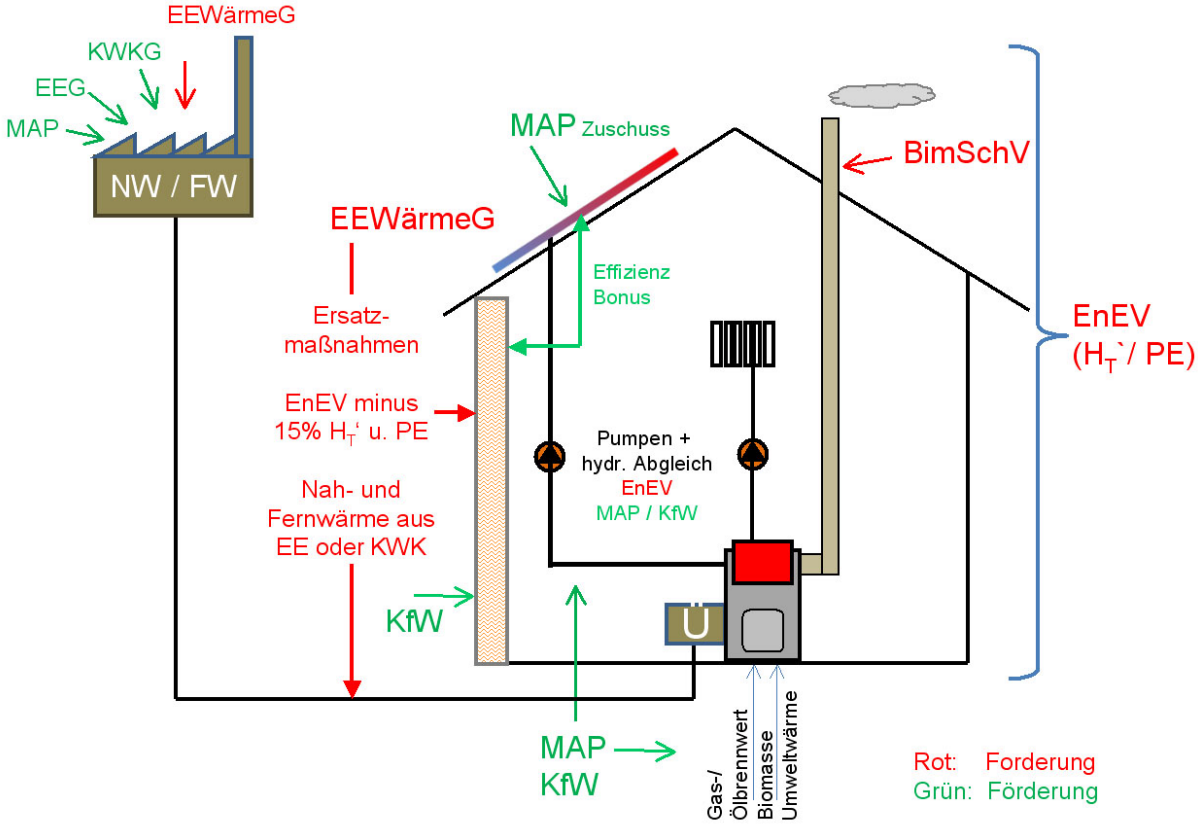


Abbildung 6.44: Grafische Darstellung der gesetzlichen Anforderungen und der Fördermechanismen bezogen auf die Gebäudehülle und die Heizenergieversorgung. Die Anforderungen des EEWärmeG bestehen nur bei Neubauten (eigene Darstellung)

Im folgenden werden verschiedene gebäudespezifische Instrumente analysiert. Bei der Auswahl der Instrumente wurde einerseits auf aktuelle Veränderungen und Novellierungen eingegangen (z.B. EnEV-Novelle 2009). Außerdem wurde in der Auswahl versucht, sowohl Fördermechanismen in der Beratung und Umsetzung als auch gesetzliche Anforderungen im Baubereich (EnEV und EEWärmeG) zu berücksichtigen.

6.5.2 Energieberatung

Die Energieberatung bietet der Verzahnung von Erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz (EF) eine besondere Chance. Werden diese beiden Aspekte durch den Energieberater differenziert betrachtet, könnte zusätzliche Potenziale zur CO_2-Emissionsreduktion ausgeschöpft werden. Das große Interesse für den Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden führt viele Interessenten zu einer Energieberatung. Diese Chance kann verstärkt für eine gezielte Beratung hinsichtlich Effizienzmaßnahmen genutzt werden. Das schwierige Effizienz-Marketing kann hier vom EE-Marketing profitieren.

Welchen Einfluss eine Energieberatung auf die Umsetzung von Maßnahmen hat, soll im folgenden Kapitel zusammengefasst erläutert werden. Am Beispiel der vom Bundeswirtschaftsministeriums geförderten Vor-Ort-Energieberatung werden die positiven Effekte der Beratung sowie die Anknüpfungspunkte für die Energiebalance herausgearbeitet.

Ergebnisse der Evaluation – Fokus Energiebalance[78]

Die Vor-Ort-Energieberatung hat – wie die Evaluationsergebnisse (Duscha et al., 2008) zeigen – einen sehr positiven Einfluss auf die Art und Qualität der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen. Anhand der folgenden Daten wird deutlich, dass die Energieberatung eines der wichtigsten Instrumente ist, um einen besseren Gebäudestandard auch bei Sanierungsmaßnahmen etablieren zu können.

Antragszahlen

(Schlussfolgerung 1) Seit Start des Förderprogramms BAFA-Vor-Ort-Energieberatung im Jahr 1998 wurden bis Ende 2008 rund 112.000 Förderanträge für Beratungen gestellt. Die Vor-Ort-Energieberatung hat sich somit zu einem wichtigen Instrument in der Verbesserung des Wohngebäudebestands entwickelt.

Von 1998 bis Mitte 2006 stiegen die Antragszahlen für die Vor-Ort-Energieberatung kontinuierlich an. Allein in der ersten Jahreshälfte 2006 gingen mehr als 19.000 Anträge beim BAFA ein, vermutlich bedingt durch einen zeitweilig sehr günstigen Zinssatz von um die 1% im CO_2-Gebäudesanierungsprogramm der KfW. Möglicherweise kam es durch die anstehende Mehrwertsteuererhöhung in 2007 zusätzlich zu Vorzieheffekten bei Sanierungsmaßnahmen und vorausgehenden Energieberatungen. Im Jahr 2007 wurden rd. 30% weniger Anträge gestellt als 2006. (Duscha et al., 2008)

[78] Der gesamte Bericht zur Evaluation der Vor-Ort-Energieberatung steht auf der Homepage des BAFA zum Download zur Verfügung. Einige für Energiebalance wichtige Ergebnisse werden hier zusammengefasst.

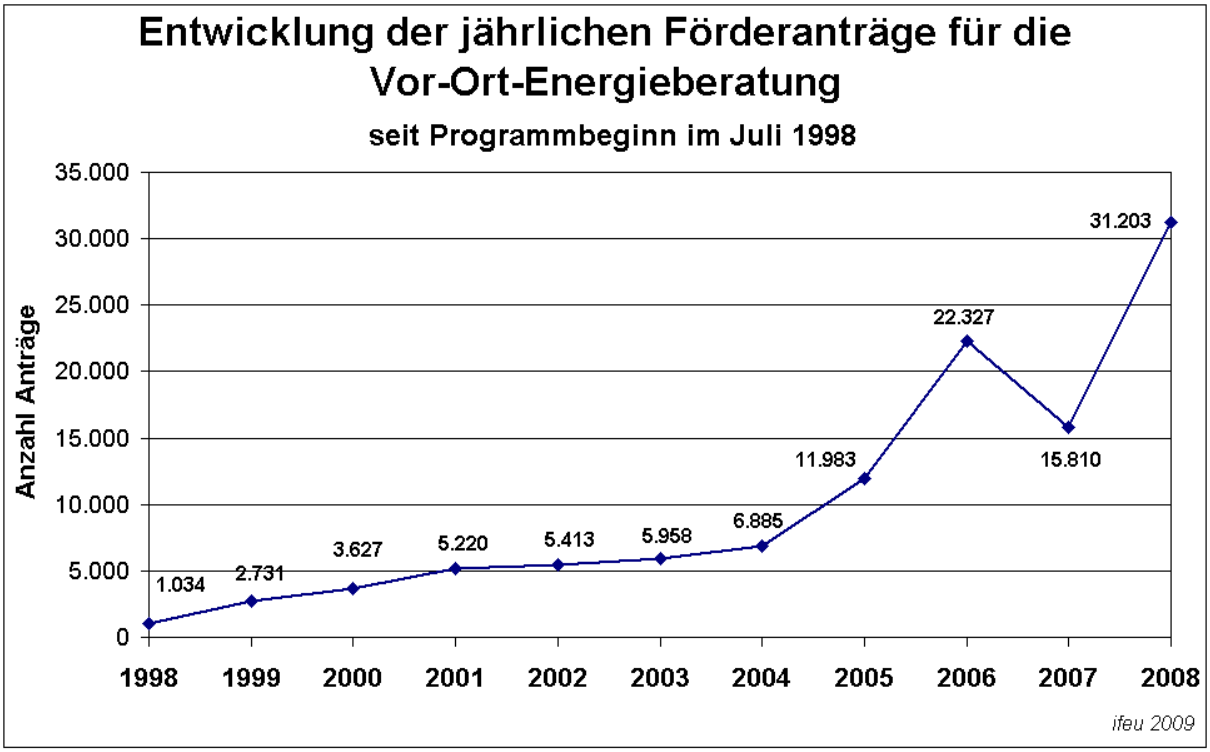


Abbildung 6.45: Entwicklung der jährlichen Förderanträge für die Vor-Ort-Energieberatung (ifeu 2009)[79]

Das heißt, dass seit Start des BAFA-Programms bis 2008 rund 112.000 Beratungen in Deutschland stattgefunden haben. Die Vor-Ort-Energieberatung entwickelte sich somit zu einem wichtigen Instrument. Der Fokus in der Evaluation wurde auf die Jahre 2005 und 2007 gelenkt, da es 2006 zu einer Richtlinienveränderungen kam (Reduzierung der Fördersätze) und somit die getroffenen Veränderungen bewertet werden konnten.

Dennoch muss angemerkt werden, dass weder die Energieberatung noch die Berufsbezeichnung Energieberater ein geschützter Begriff ist. Die Vor-Ort-Energieberatung deckt somit wahrscheinlich nur einen Teil des Beratungsmarktes ab.

In Anspruchnahme der Vor-Ort-Energieberatung

(Schlussfolgerung 2) Die Befragung der Beratenden hat ergeben, dass die Vor-Ort-Beratung vor allem dann in Anspruch genommen wird, wenn bereits konkret Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Somit ist das Potenzial der Beratungsleistung und der damit verbundenen Qualität besonders hoch.

Rund 90 % der Beratungsempfänger nannten als wichtigsten Grund für die Inanspruchnahme der Vor-Ort-Energieberatung konkrete (Sanierungs-)vorhaben wie z.B. Wärmedämmmaßnahmen. Ein weiterer Grund für die Beratung bei mehr als 60% der Beratungsempfänger der Wunsch zur langfristigen Reduzierung der Heiz- bzw. Energiekosten. Für rund die Hälfte der Beratenen wurde eine (anstehende) Heizungssanierung bzw. -umstellung als Begründung angeführt.

[79] Anträge nach Erfassungsdatum

Die Baujahre der Gebäude, um die es in der Vor-Ort-Energieberatung ging, verteilen sich über alle Altersklassen, sie werden jedoch von der Baualtersklasse 1949 bis 1968 dominiert. Die meisten Gebäude wurden vor der Energieberatung mit Heizöl oder Erdgas beheizt. In 7 % (2005) bzw. 5 % (2007) der Fälle wurden die Gebäude mit Strom beheizt. Holz, Fernwärme und Kohle spielten dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

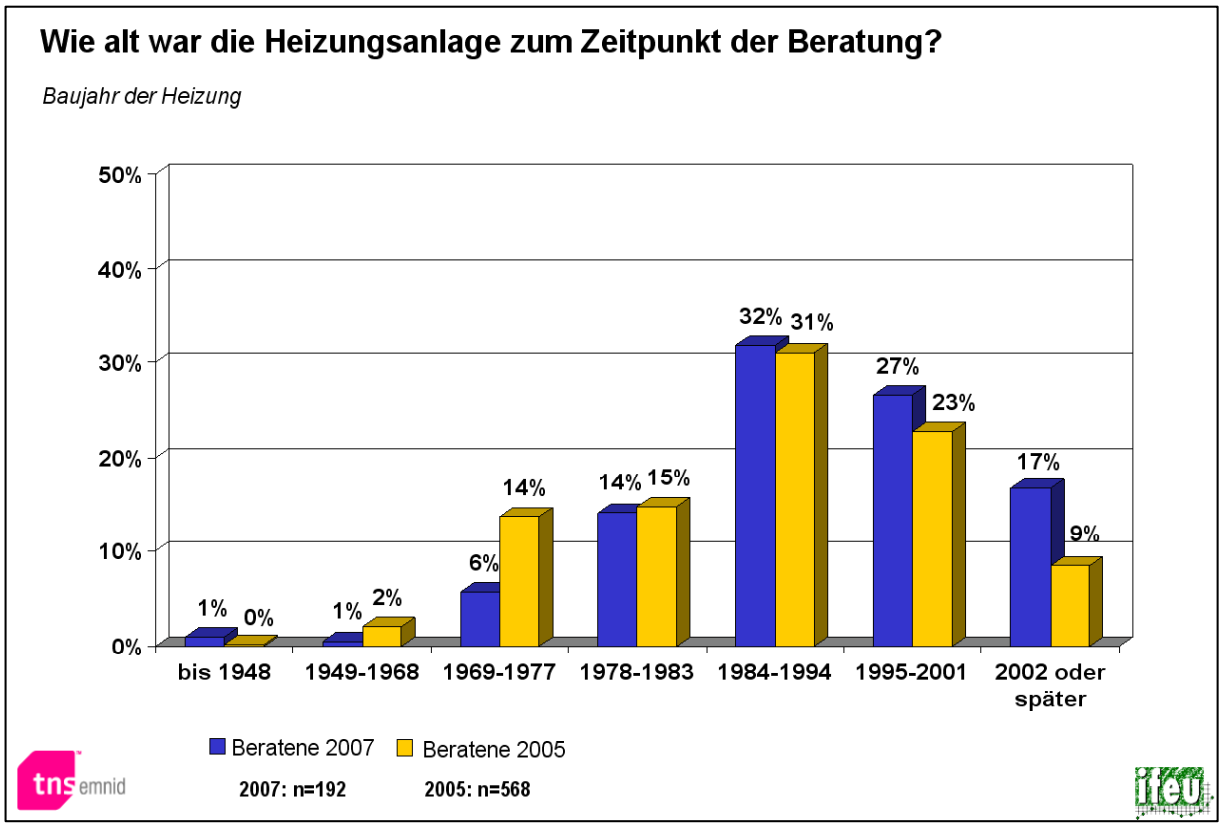


Abbildung 6.46: Alter der Heizungsanlage (Duscha et al., 2008)

Auffallend ist das teilweise hohe Alter der Heizungsanlagen in den Gebäuden, zu denen beraten wurde. Rund ein Drittel der Heizungsanlagen (2005: 36%, 2007: 32%) waren zum Zeitpunkt der Beratung 20 Jahre und älter, 16% bzw. 7% waren bereits vor 1978 errichtet worden (d.h. mehr als 27 bzw. 29 Jahre alt) und unterlagen damit der Austauschpflicht der Heizungsanlagen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) (siehe Abbildung 6.46).

Auswirkungen der Vor-Ort-Energieberatung

(Schlussfolgerung 3) Anhand der Befragung der Beratenen wurde festgestellt, dass die Vor-Ort-Energieberatung einen entscheidenden Einfluss darauf hat, welche Maßnahmen zusätzlich umgesetzt werden. Das heißt, die Beratung hat ein hohes Potenzial, qualitativ hochwertige Maßnahmenplanungen zu forcieren.

In wie fern innerhalb der Vor-Ort-Energieberatung zusätzliche Maßnahmen angestoßen wurden, zeigt folgendes Ergebnis: Im Bereich der Außenwanddämmung hatte knapp die Hälfte der Befragten (48%), die diese Maßnahmen umgesetzt haben, vor der Beratung keine Außenwanddämmung geplant. Bei der Dachdämmung gab rund ein Drittel (32%) der Befragten an, die Maßnahmen vorher noch nicht geplant zu haben, bei der Dämmung der obersten Geschossdecke gaben dies mehr als die Hälfte der Beratenen (55%) an. Besonders große Anstoßeffekte konnten im Bereich der Kellerdeckendämmung erzielt werden. Hier gaben

74% der Befragten an, dass sie vor der Beratung keine Dämmung der Kellerdecke geplant hatten.

Beispiel Außenwanddämmung

(Schlussfolgerung 4) Die Evaluation hat ergeben, dass zudem die Vor-Ort-Energieberatung einen entscheidenden Einfluss darauf hat, in welcher Qualität (z.B. Dämmstoffstärke) die Maßnahme umgesetzt wird. Somit können Energieberater besonders dazu beitragen, dass qualitativ hochwertige Standards in der Sanierung von Wohngebäuden umgesetzt werden.

Trotz der großen Einflussnahme der Energieberatung werden mehr als die Hälfte der Dämmmaßnahmen der Außenwand mit bis zu 12 cm umgesetzt, da so bereits die EnEV-Anforderungen eingehalten werden können. Das wirtschaftlich umsetzbare Potenzial in der Dämmstoffstärke für die AW-Dämmung liegt inzwischen zwischen 16 und 20 cm.

Bei der Außenwanddämmung gaben die Beratungsempfänger 2005 an, dass die Vor-Ort-Energieberatung in 40% der Fälle den entscheidenden Impuls für die Auswahl der Dämmstärke gab, für weitere 29% war sie hier eine wichtige Hilfestellung. Ähnliche Ergebnisse gibt es bei den weiteren Dämmmaßnahmen.

Die durchschnittlich geplante Dämmstärke der Außenwand lag vor der Beratung bei 9,7 cm, nach der Beratung erhöhte sie sich um fast 2 cm auf durchschnittlich 11,6 cm. Zudem stieg die Zahl der Außenwanddämmungen mit mehr als 12 cm gegenüber den ursprünglichen Planungen deutlich an (siehe Abbildung 6.47).

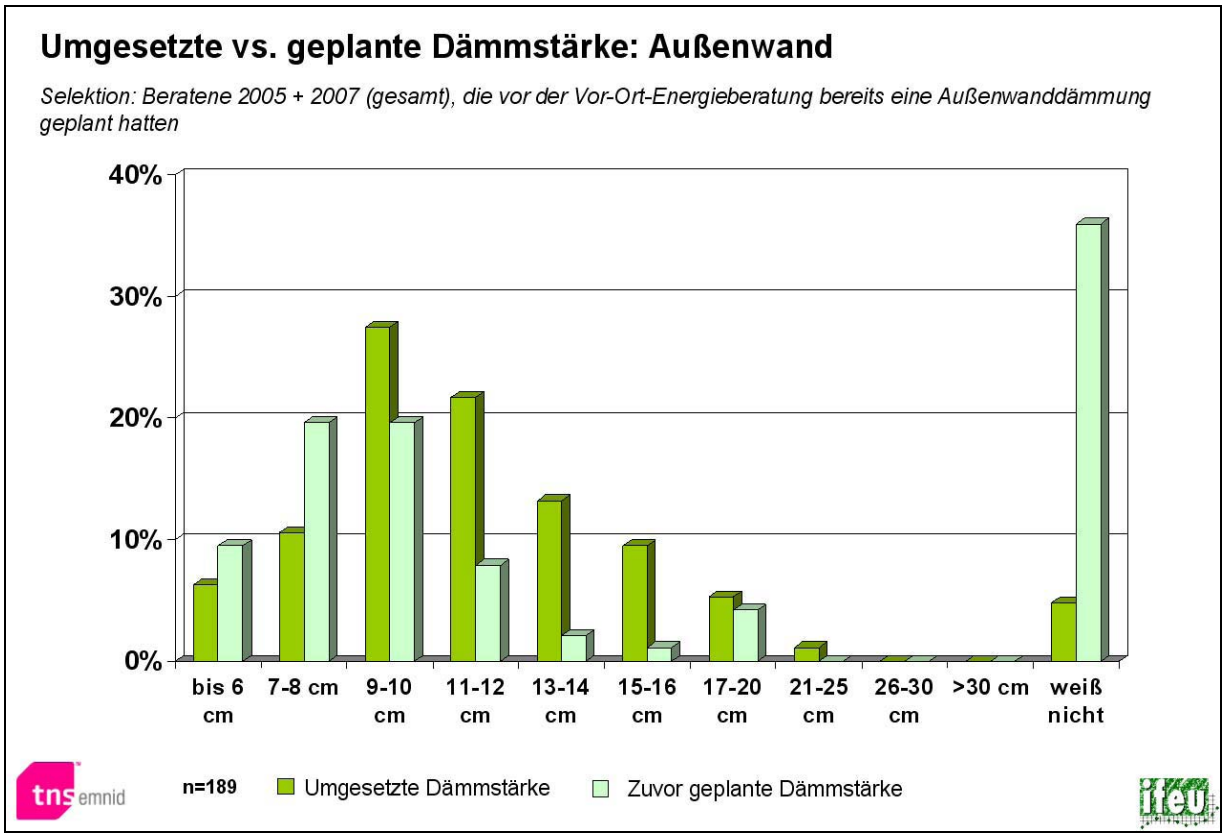


Abbildung 6.47: Dämmstärke der Außenwand – umgesetzt und zuvor geplant (Duscha et al. 2008)

Nutzung von Solarthermie

(Schlussfolgerung 5) Im Rahmen der Vor-Ort-Energieberatung muss die Installation von Anlagen zur Nutzung von EE geprüft werden. Durch diese Beratung werden auch vermehrt EE-Anlagen realisiert. Das Evaluationsergebnis zeigt, dass Energieberater Entscheidungen bezüglich Umsetzung und Ausführungsgröße von EE-Anlagen beeinflussen.

27% der Beratungsempfänger 2005 haben nach der Vor-Ort-Energieberatung eine thermische Solaranlage installiert. Bei den Beratungsempfängern 2007 haben bereits im Jahr 2008 19% eine solarthermische Anlage installiert, weitere 18% planen dies fest. Jeweils die Hälfte der Solaranlagen arbeitet ohne bzw. mit Heizungsunterstützung. 40% der Beratungsempfänger 2005, die eine solarthermische Anlage installiert haben, hatten dies vor der Beratung nicht geplant.

Von den Beratungsempfängern 2005, die eine Solaranlage mit zusätzlicher Heizungsunterstützung installiert haben, gab die Hälfte der Befragten an, dass die Vor-Ort-Energieberatung der entscheidende Impuls (18%) oder eine wichtige Hilfestellung (32%) für die Entscheidung zu einer größeren Solaranlage zur zusätzlichen Heizungsunterstützung war. Für weitere 30% der Befragten war sie eine ergänzende Hilfestellung, nur für 20% hatte sie keinen Einfluss.

Forcierung der Energiebalance in der Energieberatung

Die verstärkte Berücksichtigung der Energiebalance kann dazu führen, dass bereits in der Beratung wie auch in der Umsetzung langfristig sinnvolle Maßnahmen aus Gründen der

Wirtschaftlichkeit forciert werden. So könnten mit geringen Mehrkosten höhere Einsparpotenziale erreicht werden. Doch welche Elemente sollten in eine Energieberatung integriert werden, um den Energiebalance-Ansatz, also die Verzahnung von EE und EF zur Nutzung positiver Synergieeffekte, zu verstärken? Welche Aspekte der Energiebalance werden bereits jetzt in den Beratungen berücksichtigt?

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden 25 Energieberatungsberichte ausgewertet und nach folgenden Gesichtspunkten bewertet:

- Wie wird zu Effizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien beraten?
- Werden auch Vorschläge über die EnEV hinaus gemacht?
- Gibt es einen Trend zu bestimmten EE-Technologien?
- Wie wird die Umsetzung von Maßnahmen in zeitlicher Reihenfolge empfohlen?
- Wird eher auf Wohnraum modernisieren oder auf das CO2-Gebäudesanierungsprogramm verwiesen?
- Sind Anmerkungen zu unterschiedlichen Investitionszeiträumen (Dämmung 40 Jahre / Anlagentechnik 20 Jahre) enthalten und werden diese auch in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtig?
- Wird auf das Marktanreizprogramm hingewiesen?

Durch die geringe Anzahl von Berichten sind die Ergebnisse der Berichtsbegutachtung statistisch nur begrenzt repräsentativ. Aus diesem Grund werden hier nur einige Beobachtungen dargestellt. Trotzdem konnten einige Ideen entwickelt werden, wodurch der Energiebalance-Ansatz in der Beratung besser berücksichtigt werden könnte. Diese Ideen betreffen sowohl Darstellungsformen in Berichten und Inhalte von konkreten Beratungen, aber auch Vorschläge für die Erweiterung von Aus- und Weiterbildungsangeboten.

Erweiterung der Energieberatung um Passivhauselemente

Durch die regelmäßigen Verschärfungen der EnEV-Anforderungen werden energetische Standards anspruchsvoller. Aber auch die EnEV nutzt zur Zeit nicht den gesamten wirtschaftlich sinnvollen Sanierungsrahmen aus, weshalb aus Energiebalance-Sicht eine Beratung bezüglich des Einsatzes von Passivhauskomponenten unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte in der Gebäudesanierung sinnvoll wäre. Diese Beratung muss qualitativ besonders sorgfältig durchgeführt werden – sowohl was die technischen Anforderungen Vor-Ort (also bei PH-Komponenten z.B. Wandaufbauten) als auch die wirtschaftliche Bewertung betrifft (z.B. durch die Bewertung der eingesparten Kosten über die Nutzungsdauer der Maßnahme). Deshalb ist die Integration notwendiger Grundlagen in die Aus- und Weiterbildung von Beratern notwendig. Berater könnten Gebäudebesitzer dahingehend sensibilisieren, dass durch maßgebliche Verbesserung der Gebäudehüllendämmung auch höhere Effizienzen bei solarthermischen Anlagen oder Wärmepumpen erreicht werden können. Bei den Empfehlungen sollte darauf geachtet werden, dass durch vorgezogene Maßnahmen keine weiteren verzögert oder gar verhindert werden.

Damit sich Energieberater verstärkt mit dem Thema Passivhäuser oder Niedrigenergiehäuser beschäftigen und ihre Beratung dahingehend erweitern sind Planungssicherheiten notwendig. Durch konkrete Zielsetzungen und Roadmaps im Rahmen der EnEV könnten diese Sicherheiten geschaffen werden.

Begründung

Über die Energieberatung könnte ein zentrales Ziel verstärkt in den Mittelpunkt gerückt werden: durch den möglichst wirtschaftlichen Einsatz von Kapital langfristig und nachhaltig CO_2-Emissionen zu senken. Diese Anforderung beinhaltet implizit den Energiebalance-Ansatz. Vorab wird der Endenergiebedarf weitgehend reduziert, um diesen danach zu einem möglichst hohen Anteil aus EE decken zu können.

Obwohl die Mehrkosten für höhere Dämmstärken in vielen Fällen nur marginal und wirtschaftlich sind, werden in den ausgewerteten Berichten häufig Wärmedämmdicken und U-Werte für Fenster nach gesetzlichem Standard vorgeschlagen. Es wurden maximal Maßnahmen zur Sanierung auf EnEV-Neubauniveau vorgeschlagen, wodurch der gesetzliche Standard bereits deutlich übererfüllt wird.

In diesem Zusammenhang gibt es auch unterschiedliche Verweise auf bestehende Förderprogramme der KfW. In sieben Berichten wird konkret die Inanspruchnahme des CO2-Gebäudesanierungsprogramms (Anforderung: EnEV-Neubauniveau) empfohlen. In weiteren sieben Berichten wird auf das KfW-Programm allgemein verwiesen. Positiv anzumerken ist, dass in nur einem Fall auf das Programm Wohnraum modernisieren hingewiesen wurde.

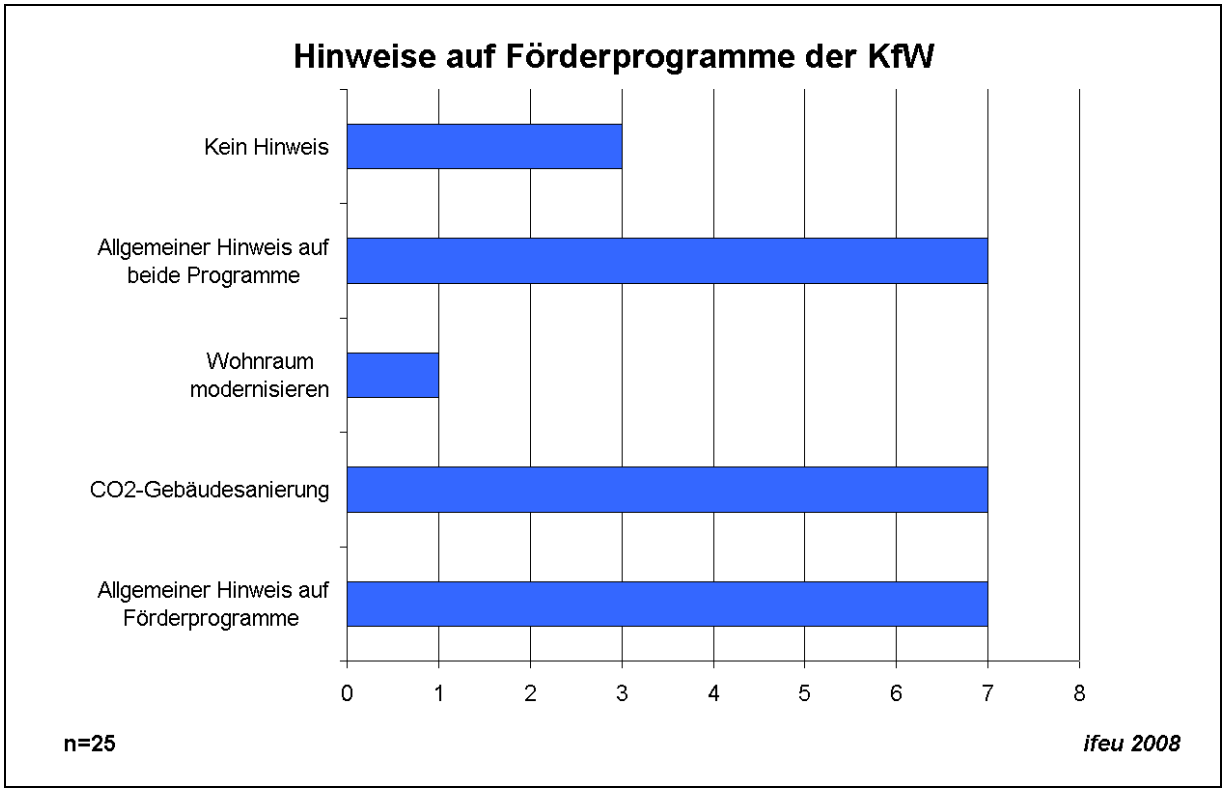


Abbildung 6.48: Häufigkeit der Verweise auf spezielle oder allgemeine KfW-Förderprogramme (eigene Darstellung)

Kontinuierliche Weiterentwicklung des Know-How der Energieberater im Bereich erneuerbare Energien

Bei der technischen Einsatzprüfung zu erneuerbaren Energieanlagen sollten die Berater detaillierte Angaben zu Auslegungsgrößen, notwendigen Rahmenbedingungen und techni-

schen Grundlagen machen. So sollte jede Beratung zu einer Solaranlage die Information zur notwendigen Kollektorfläche, zur Dachausrichtung oder zur hydraulischen Einbindung (nur TWW oder Heizungsunterstützung) beinhalten. Wird zu Wärmepumpen beraten, sollte das Funktionsprinzip und die betrachtete Wärmequelle angegeben werden. Es ist notwendig, dass der COP[80] der Wärmepumpe erklärt und kommuniziert wird. Bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sollte klar auf Investitionskosten, Fördermöglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen eingegangen werden.

Erneuerbare Energieanlagen versorgen jedoch immer Gebäude, deren Zustand die Effizienz der Anlagen mehr oder weniger beeinflusst. Beispielsweise werden Nutzungsgrade einer Wärmepumpe schlechter, wenn diese in un- oder schlecht sanierten Gebäuden mit hohen Heiztemperaturen eingesetzt werden. Wichtig ist, dass der Berater die Zusammenhänge zwischen Gebäude, Heizung und EE-Anlage erläutert und bei seiner Maßnahmenempfehlung auf eine sinnvollen Reihenfolge eingeht. Dabei sollten auch Kosten-Nutzen-Verhältnisse in Bezug auf die Nutzungsdauern, Effizienzsteigerung bei EE-Anlagen sowie notwendige Anlagengröße nach Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Der langfristige Umweltnutzen jeder vorgeschlagenen Maßnahme sollte bewertet werden.

Um all diese Bereiche abdecken zu können, müssen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen laufend den aktuellen technischen Entwicklungen angepasst werden. Zudem könnten Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, die Kernelemente der Beratung zu erneuerbaren Energien darstellen.

Begründung

In der Mehrzahl der bewerteten Berichte wird der Einsatz von Solaranlagen untersucht, in einigen Berichten zu Pelletheizungen (siehe Abbildung 6.49). Am häufigsten werden die Gebäudebesitzer somit zu Solaranlagen beraten, die laut Evaluationsergebnisse dann auch häufig (27% der Beratungsempfänger) realisiert wird. Das ist sehr positiv zu bewerten.

[80] Coefficient of Performance (Verhältnis aus Wärmeleistung zur eingesetzter Leistung)

In der Beschreibung des Einsatzes von erneuerbaren Energiesystemen gibt es jedoch qualitative Unterschiede sowohl in der technischen Beschreibung als auch in der wirtschaftlichen Bewertung. Im Zusammenhang mit der Untersuchung des Einsatzes von EE wurden in den meisten Berichten konkrete oder allgemeine Hinweise auf die Fördermöglichkeiten von EE-Anlagen über das Marktanreizprogramm abgegeben. In den geprüften Berichten werden jedoch nur selten Empfehlungen zur Integration von EE (meistens einer Solaranlage) abgegeben.

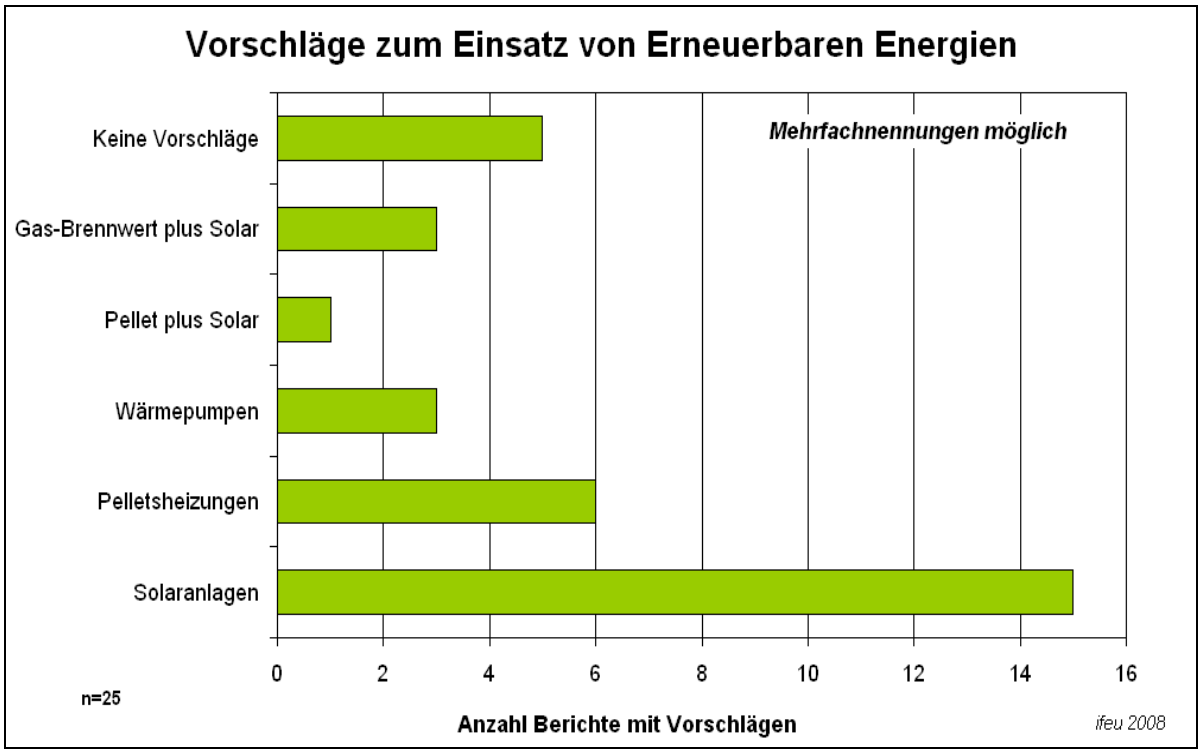


Abbildung 6.49: Häufigkeit der Bewertung von erneuerbaren Energiesystemen in den Beratungsberichten (zum Teil wurden mehrere Systeme vorgeschlagen) (eigene Darstellung)

Darstellung einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmenabfolge inkl. Wirkungsanalyse auf einer Zeitachse in den Beratungsberichten

Maßnahmenvorschläge sollten konkret mit Zeitachsen und Prioritäten versehen werden, damit der Beratungsempfänger einen konkreten Sanierungsplan aufgezeigt bekommt. Dieser zeigt anhand einer Zeitachse über die folgenden mindestens 40 Jahre auf, welche Maßnahmen zu welchem Zeitpunkt voraussichtlich sowieso anstehen (Sanierungszeitfenster) und wie diese optimal mit weiteren vorgeschlagenen energetischen Maßnahmen zu verbinden sind. In diesen Zeitachsen sollte nicht nur der Startpunkt einer Maßnahme eingetragen werden, sondern auch die Dauer der Nachwirkung, also jener Zeit, wo man von der getätigten Investition nachhaltig profitiert. In einer Tabelle könnten die jährlichen Kosten bzw. nach Ablauf der Amortisationszeit die jährlichen „Gutschriften“ dargestellt werden. Dadurch könnten positive Energiebalance-Effekte deutlich dargestellt werden.

Es handelt sich dabei um eine komplexe aber aus Energiebalance-Sicht wertvolle Informationsquelle. Vorab müssten verschiedene Darstellungsformen entwickelt und deren Anwendbarkeit und Akzeptanz getestet werden. Werden die Informationen der Grafik als besonders

hilfreich bewertet, könnten Hilfsmittel zur Erstellung dieser Grafik entwickelt werden. Im Rahmen der Aus- und Weiterbildung wird die langfristig vorausschauende Beratung thematisiert.

Begründung

Aus den bewerteten Beratungsberichten wird deutlich, dass gering-investive Maßnahmen, die meist sofort umgesetzt werden könnten ohne zukünftig geplante Aktivitäten negativ zu beeinflussen, nicht immer berücksichtigt werden. Und es gibt kaum Informationen darüber, in welcher zeitlichen Reihenfolge die vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt werden sollten oder wann weitere Maßnahmen in Zukunft zu erwarten sind.

Wird keine neue Heizungsanlage im Zuge der Maßnahmenempfehlung behandelt, werden nur in seltenen Fällen Maßnahmenempfehlungen zu der bestehenden Heizungsanlage gemacht. Immerhin erwähnen neun Berichtersteller einen notwendigen hydraulischen Abgleich oder eine Verbesserung des Warmwasserspeichers bei bestehenden Anlagen.

Aus der Sicht der Energiebalance erscheint es allerdings als wesentlich, dass die geplanten Maßnahmen in zeitlicher Abfolge zueinander angeordnet werden. Nur so können zusätzliche Synergieeffekte zwischen den Maßnahmen erkannt und umgesetzt werden.

Hilfestellungen zu Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Verstärkt Hilfestellungen bzgl. der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind notwendig, um die Energieberater in der Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnung und in der Darstellung der Ergebnisse zu unterstützen. Dies gilt einerseits für die verwendete Berechnungsmethodik, andererseits für die Annahmen zu den wirtschaftlichen Rahmendaten (z.B. Vorgabe von Wertebereichen für Zinssätze). Im Sinne der Energiebalance könnte der Vergleich von Kosten pro eingesparte Kilowattstunde als Wirtschaftlichkeitsvergleich (über die reale Lebensdauer der Maßnahme kumuliert) beispielhaft dargestellt werden. Die Einbeziehung der realistischen Lebens- und Nutzungsdauern der verschiedenen gebäuderelevanten Bereiche in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist hier wichtig.

Außerdem sollten „Ohnehinkosten“ ausgewiesen werden. Eine klare Gegenüberstellung der Gesamtkosten zu den Ohnehinkosten ermöglicht einerseits die Bewertung des zusätzlichen Nutzens von zusätzlichen Investitionen, andererseits sollte dem Beratenden Informationen zu Gesamtkosten der Sanierungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden. Das Thema Fördermittel wird in den geprüften Berichten sehr unterschiedlich behandelt. Wesentlich ist jedoch, dass auf praktisch mögliche Fördermittel hingewiesen wird.

Begründung

Durch die Gestaltungsfreiheit der Energieberater bei der Annahme von Rahmenbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung an den verschiedenen Stellschrauben (Preissteigerungsrate, Zinssätze, Nutzungsdauer der jeweiligen Maßnahme) können sehr verschiedene Ergebnisse generiert werden.

Abbildung 6.50 zeigt sehr deutlich, dass in den meisten bewerteten Beratungsberichten im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung kein Unterschied zwischen Maßnahmen an der Dämmung (in der Regel über 40 Jahre Nutzungsdauer) oder Anlagentechnik (in der Regel rd. 20 Jahre) gemacht wird. Dem Gebäudebesitzer wird somit in den Beratungsberichten nicht vermittelt, wie sich die unterschiedlichen Maßnahmen langfristig im Sinne einer Lebenszyklusanalyse auf Kosten und Energieverbrauch auswirken.

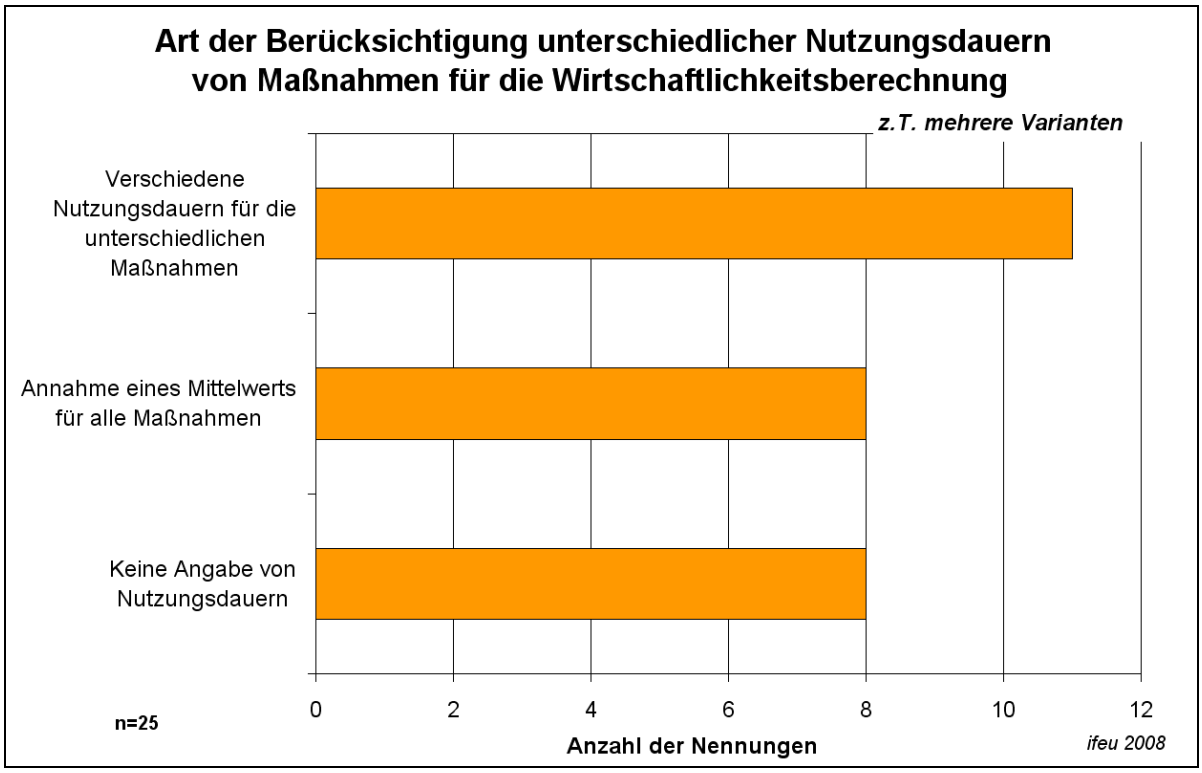


Abbildung 6.50: Darstellung der Annahmen zu Nutzungsdauern bzw. Lebensdauern von Maßnahmen im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung (inkl. Mehrfachnennungen) (eigene Darstellung)

Zwar wird in allen Berichten auf finanzielle Fördermöglichkeiten für die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen hingewiesen, allerdings wird nur selten ein konkreter Bezug zwischen den Hinweisen zu Fördermitteln und den vorgeschlagenen Maßnahmen hergestellt.

Veröffentlichung von Musterberichten, Berechnungsschemas sowie Darstellungsvorschläge für die Zeitachsen und die Bewertung der Wirtschaftlichkeit, konkreten Rahmendaten sowie Informationen zum Stand der Technik mit dem Energiebalance-Blick

Aufgrund der Ergebnisse aus den Berichtsbewertungen zu konkreten Einzelpunkten wie z.B. der Wirtschaftlichkeitsberechnung erscheint es als sinnvoll, zu einem Musterbericht weitere Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen (z.B. Beispiele für optimale Zusammenfassungen). Diese Hilfsmittel könnten bereits bei der Aus- und Weiterbildung zum Einsatz kommen und über Internet-Homepages oder bereits etablierten Informationsportalen aktualisiert verfügbar sein. Beispielsweise könnte die Darstellung verschiedener Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung (wie z.B. die Ermittlung der Kosten für die eingesparte kWh) mit Vor- und Nachteilen dargestellt werden. Ergänzend hierzu könnten Wertebereiche für Preissteigerungen, Zinssätze und Nutzungsdauern bzw. Hinweise auf verlässliche Quellen gegeben werden.

Wie bereits erwähnt entsprechen die gesetzlich notwendigen Anforderungen (z.B. der EnEV) nicht unbedingt dem wirtschaftlich möglichen Wärmeschutz. Eine differenzierte Betrachtung des „Stands der Technik“ wäre hilfreich, um beispielsweise auch bessere Standards umsetzen zu können. Ähnlich wie in den Merkblättern der KfW könnten für die wichtigsten Maßnahmen die technischen Rahmenbedingungen mit unterschiedlichen Qualitätsstandards dargestellt werden. Durch eine kompakte Klassifizierung der Dämmstärken, Fenster-U-Werte

und Kesselwirkungsgrade sowie die Darstellung der wirtschaftlichen Vorteile dieser Maßnahmen werden konkrete Hinweise auf den Stand der Technik und somit auch zu Passivhauskomponenten gegeben. Dieses Hilfsmittel sollte laufend angepasst werden, wenn sich beispielsweise das wirtschaftliche Optimum bei Dämmstärken verschiebt oder die Anforderungen laut EnEV verschärft werden.

Auch zu den unterschiedlichen EE-Technologien können Planungshilfsmittel erstellt und zur Verfügung gestellt werden. Im Sinne der Energiebalance sollte z.B. bei Wärmepumpen konkret auf die Vorzüge der Technologie in gut sanierten Gebäuden eingegangen werden, jedoch auch auf die Effizienzverluste, wenn die Rahmenbedingungen nicht optimal ausgestaltet sind.

Durch die Summe dieser Anforderungen erhöht sich natürlich auch ungemein der Anspruch auf die Qualität der Energieberatung. Eine regelmäßige Weiterbildung der Energieberater scheint aus diesem Grund und auch aufgrund der raschen Entwicklungen in der Technik bzw. von Anforderungen (z.B. EnEV) oder von Förderbedingungen (CO_2-Gebäudesanierungsprogramm) unabdingbar.

Wie bereits bei den konkreten Vorschlägen dargestellt, kommt der **Aus- und Weiterbildung** bei der Integration von Energiebalance-Aspekten eine wichtige Bedeutung zu. Es wäre notwendig, das Angebot von Aus- und Weiterbildungen insgesamt sowie deren Inhalte zu sondieren und darauf aufbauend mit Anbietern, mit Vertretern der Energieberater und weiteren Akteuren Rahmenbedingungen für Energiebalance-Aspekte zu integrieren.

Tabelle 6.24: Vorschläge des Projektes zur Weiterentwicklung der Energieberatung

Energiebalance-Vorschlag		
Beschreibung	**Vorschlag**	**Umgesetzt?**
Erweiterung der Energieberatung um Passivhauselemente	• Gewährung von Planungssicherheiten für Investitionen in Weiterbildung (z.B. durch Ziele / Roadmap in der EnEV, siehe Kapitel EnEV) • Verstärkung der Aus- und Weiterbildung zu technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen	(✔)
Kontinuierliche Weiterentwicklung des Know-How der Energieberater im Bereich erneuerbare Energien	• Integration von aktuellen Entwicklungen (Stand der Technik, Ergebnisse aus Technik-Evaluationen) in Aus- und Weiterbildung der Energieberater • Entwicklung von Hilfsmitteln und Hintergrundinformationen	(✔)
Darstellung einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmenabfolge inkl. Wirkungsanalyse auf einer Zeitachse in den Beratungsberichten	• Entwicklung der Darstellungsmöglichkeiten • Test bezüglich Anwendbarkeit und Akzeptanz sowie des Mehrwerts der Darstellungsform • Entwicklung von Hilfsmitteln und Hintergrundinfos • Eingliederung der positiven Aspekte der langfristigen Maßnahmendarstellung in die Aus- und Weiterbildung	(✔)
Hilfestellungen zu Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	• Entwicklung von Hilfsmitteln für Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Vor- und Nachteile von Methoden, Ohnehin- und Mehrkosten, Annahmen für Zinssätze, Nutzungsdauern, Preissteigerungsraten etc.)	X
Veröffentlichung von Musterberichten, Berechnungsschemas sowie Darstellungsvorschläge für die Zeitachsen und die Bewertung der Wirtschaftlichkeit, konkreten Rahmendaten sowie Informationen zum Stand der Technik mit dem Energiebalance-Blick	• Veröffentlichung aller Hilfsmittel in zentralen, bereits etablierten Informationsportalen • Integration der wichtigen Aspekte in Aus- und Weiterbildung	X
Viele dieser Hinweise zielen auf die Aus- und Weiterbildung von Energieberatern sowie auf Information und Kommunikation ab. Deshalb ist es notwendig, alle beteiligten Akteure bei der Umsetzung solcher Maßnahmen einzubeziehen.		

6.5.3 Energieeinsparverordnung (EnEV)[81] und Erneuerbares Wärmegesetz (EEWärmeG)

In Deutschland ist die europäische Gebäuderichtlinie in der sog. **Energieeinsparverordnung (EnEV)** aufgegangen, die sowohl technische Anforderungen an Gebäude stellt als auch die Rahmenbedingungen für die Erstellung und Vorlage der Gebäudeenergieausweise regelt. Ziel der EnEV ist es, den Energiebedarf für die Heizung, Trinkwassererwärmung sowie für Kühlen, Lüften, etc. zu reduzieren bzw. zu begrenzen. In der EnEV werden folgende Kenngrößen je nach Bereich (Wohngebäude oder Nichtwohngebäude, Neubauten oder Bestandssanierungen) auf unterschiedlichen Niveaus festgelegt:

- Der **Jahresprimärenergiebedarf (q_P)** beschreibt den bezüglich des fossil-nuklearen Ressourcenbedarfs bewerteten Energiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung etc. Neben der Qualität der Gebäudehülle geht in diesen Faktor der Nutzungsgrad und die Brennstoffart ein: Erneuerbare Energieträger führen zu einem sehr geringen Jahresprimärenergiebedarf.
- Der **Transmissionswärmeverlust (H_T')** beschreibt den mittleren U-Wert aller Bauteile eines Gebäudes, also die Qualität der Dämmung der Gebäudehülle.
- Werden nur bestimmte Teile eines Gebäudes saniert, müssen Anforderungen an die **U-Werte** einzelner Bauteile eingehalten werden.

Die **EnEV** beinhaltet bereits durch die Grenzwerte zu den spezifischen Transmissionswärmeverlusten und durch die Primärenergieanforderung indirekt eine Verzahnung von EE und EF. Während die Anforderungen an Transmissionswärmeverluste nur die Qualität der Gebäudehülle betreffen, kann die Anforderung an die maximale Primärenergie sowohl durch eine gute Dämmung als auch durch primärenergieschonende, beispielsweise erneuerbare Energien eingehalten werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, in den Fällen, in denen die Primärenergieanforderung begrenzend wirkt, schlechter zu dämmen, wenn erneuerbare Energieträger eingesetzt werden.

---

[81] Dieses Kapitel beruht auf dem Referentenentwurf der EnEV 2009, Stand Januar 2009. Kurz vor Redaktionsschluss zu diesem Endbericht wurde die Energieeinsparverordnung 2009 vom Bundeskabinett verabschiedet und beschlossen. Eine wesentliche Forderung, dass bei Generalsanierungen ein Gebäudehüllen-basierter Grenzwert wieder eingeführt werden sollte, wurde in der Überarbeitung der Novelle berücksichtigt. Die ausgeführten Anmerkungen zu den Überschneidungen und Verzahnungen mit dem EEWärmeG bleiben jedoch weiterhin bestehen, da es hier keine Änderungen bezüglich der Neubauanforderungen mehr gab. Zusätzlich bleibt kritisch zu bemerken, dass durch die Einführung des Referenzgebäudeverfahrens wie auch durch die Anwendung der DIN 18599 für die Gebäudebilanzierung die Komplexität der Verordnung wesentlich zugenommen hat. Der Praxisbezug geht somit ein Stück weit verloren.

Aufgrund des EEWärmeG, welches seit Janurar 2009 gilt, musste § 5 der EnEV überarbeitet werden. § 5 ermöglicht nun, dass Strom aus erneuerbaren Energien, der im Gebäude erzeugt und verbraucht wird, vom Endenergiebedarf abgezogen werden kann. Diese Regelung war im Novellenentwurf nicht enthalten, weshalb die Konsequenzen dieser Regelung in der Bewertung der EnEV-Novelle nicht berücksichtigt wurden. Aus Energiebalance-Sicht ist dieser Paragraph aus zwei Gründen sehr problematisch: 1. Der Endenergiebedarf kann durch den EE-Strom-Anteil reduziert werden, obwohl sich die EnEV im Wohngebäude weiterhin im Wesentlichen auf Heizenergie konzentriert. Somit wird es möglich, dass Endenergie für Heizung und Strom miteinander verrechnet werden kann. Dies kann sogar so weit führen, dass ein Teil der Dämmmaßnahmen im Neubaubereich z.B. durch den Einsatz einer PV-Anlage umgangen werden kann. Der Mehrverbrauch an Heizenergie wird also durch EE-Strom substituiert, weshalb aus Energiebalance-Sicht (wie bereits erwähnt bezüglich der Solaranlage im Referenzgebäude) der Energieeinspargedanke teilweise verloren geht. 2. Da der Strom aus erneuerbaren Energien direkt vom Endenergiebedarf abgezogen werden kann, wird dieser bezüglich Emissionen oder Primärenergie mit Null bewertet.Langfristig sinnvolle Einsparziele werden durch die neue EnEV nicht forciert.

Betrachtet man Sanierungsprojekte, wird diese indirekte Verzahnung teilweise zu einer bedingten Anforderung, da die gegebenen Primärenergiegrenzwerte zum Teil nicht durch alleinige Maßnahmen in der Gebäudedämmung eingehalten werden können und somit der Einsatz von EE notwendig wird.

Diese Verzahnung von EE und EF in der EnEV hat auf der einen Seite den Vorteil, dass ein großes Maß an Planungsflexibilität erhalten bleibt. Auf der anderen Seite bleibt u. U. durch die Möglichkeit, PE-Anforderungen nicht durch die Dämmmaßnahmen, sondern durch die Wahl des Energieträgers einzuhalten, ein großes Potenzial in der Effizienzsteigerung und Energieeinsparung für einen langen Zeitraum ungenutzt. Es kommt möglicherweise zu Prioritätenverschiebungen aufgrund einer bestehenden **Investitionskonkurrenz**.

Das heißt, dass die vorhandene Verzahnung in der bestehenden EnEV auch negative Auswirkungen haben kann, zumindest wenn optimale Strategien und notwendige Zielrichtungen zur Erreichung der Klimaschutzziele betrachtet werden. Wie sehr die Spielräume zur Maßnahmenverschiebung in der EnEV 2009 zu tragen kommen, soll in diesem Kapitel geklärt werden.

Neben der EnEV gibt es seit dem 1.1.2009 ein weiteres gebäudebezogenes Instrument, das Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG). Dieses verlangt, dass in Neubauten – sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude – ein vorgegebener Teil des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt wird. Dabei können verschieden Formen der EE allein oder in Kombination genutzt werden.

Für die verschiedenen Wärmequellen sind unterschiedliche Anteile zur Wärmeenergiedeckung vorgeschrieben. Außerdem gibt es zusätzlich technische Anforderungen an Anlagen: Solarkollektoren müssen beispielsweise über ein bestimmtes Gütesiegel verfügen, Wärmepumpen bestimmte Jahresarbeitszeiten erfüllen, Bioöle in Kesseln mit der besten verfügbaren Technik verbrannt werden.

Abbildung 6.51: Wärmequellen aus erneuerbaren Energien, geforderter Mindestanteil am Wärmebedarf des Gebäudes und weitere Anforderungen (Quelle: BMU)

Wärmequelle	Mindestanteil	Sonstige Anforderungen
Solare Strahlungsenergie	15%	Europ. Siegel, solar Keymark
Geothermie	50%	Effizienzanforderungen
Umweltwärme	50%	Effizienzanforderungen
Feste Biomasse	50%	Effizienzanforderungen
Gasförmige Biomasse	30%	Effizienzanforderungen[1]
Flüssige Biomasse	50%	Moderner Heizkessel, Nachhaltigkeitskriterien

Sollen oder können keine EE-Anlagen genutzt werden, können andere klimaschonende Maßnahmen (sog. Ersatzmaßnahmen) ergriffen werden wie z.B. bessere Gebäudedämmung, Nutzung von Wärme aus Abwärmequellen und, unter bestimmten Rahmenbedingungen mit EE-Einsatz, aus Nah- und Fernwärme oder Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Wie sich diese Verzahnungen in beide Richtungen auf den Gebäudesektor auswirken könnten, wird im folgenden diskutiert. Es wird bereits offenbar, dass es durch die beiden Instru-

mente eine mehrfache Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz gibt: Die EnEV berücksichtigt in ihrem Primärenergiegrenzwert eine Solaranlage, während das EEWärmeG nicht nur Effizienzanforderungen an die EE-Anlagen stellt, sondern auch erlaubt, dass anstelle einer erneuerbaren Energieanlage verstärkt gedämmt wird.

Das Energiebalance-Projekt hat versucht, anhand von **Gebäudeberechnungen** für fünf Beispielgebäude dieses komplizierte Geflecht zu überprüfen. Für diese wurden jeweils die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf q_p und der Transmissionswärmeverlust $H_T`$ errechnet, die sich für einen Neubau bzw. ein saniertes Bestandsgebäude nach der geltenden EnEV und nach dem Entwurf der EnEV 2009 ergeben.

Wie man bereits aus diesen ersten Einführungen ersehen kann, sind mittlerweile die gesetzlichen Verzahnungen höchst komplex. Deshalb wird am Ende des Kapitels ein Ausblick konstruiert, wie eine sinnvolle Verzahnung aus wissenschaftlicher Sicht aussehen könnte, mit dem Ziel, eine wesentliche Vereinfachung der gesetzlichen Anforderungen zu erreichen.

Exkurs: Verhältnis zwischen EE- und EF- Maßnahmen im Rahmen der Ersatzpflicht im EEWärmeG

In der Phase der Entwicklung des EEWärmeG haben das IFEU (Paar et al., 2007) wie auch verschiedene andere wissenschaftliche Institute (Nast et al., 2006) das BMU bezüglich der Wirkungsmechanismen und Ausgestaltungsfragen beraten. Dabei war konkret die Frage zu beantworten, wie sich die geplanten Ersatzmaßnahmen (verbesserte Gebäudedämmung) zur Nutzungspflicht bezogen auf Primärenergieeinsparung und Kosten verhalten.

Folgende Rahmenbedingungen sind bei diesem Vergleich grundsätzlich zu berücksichtigen: Dämmmaßnahmen sind, wie bereits in vielen Studien des IWU, des Passivhaus-Instituts oder des IFEU festgestellt, besonders wirtschaftlich, insbesondere dann, wenn eine Mehrkostenbetrachtung durchgeführt wird. Das liegt an den geringen Mehrkosten für verbesserte Dämmung und an den langen Nutzungsdauern von 30 bis 40 Jahren. EE-Anlagen hingegen weisen geringere Nutzungsdauern (in der Regel 20 Jahre) auf, sind in der Regel unwirtschaftlicher und erhalten deshalb finanzielle Unterstützung, beispielsweise über das Marktanreizprogramm.

Charakterisierend für den Baubereich ist jedoch, dass Investitionsentscheidungen oft nicht anhand langfristig wirtschaftlicher Faktoren getroffen werden, sondern sich an der aktuellen Kapitalsituation des Investors orientieren. Deshalb sollte zwischen Nutzungspflicht und Ersatzmaßnahmen auch eine Vergleichbarkeit bezüglich der Investitionshöhen herrschen.

In der folgenden Tabelle werden deshalb sowohl Primärenergieeinsparungen als auch die Investitionsmehrkosten der verschiedenen Maßnahmen gegenübergestellt.

Tabelle 6.25: Gegenüberstellung der Mehrinvestitionen sowie der Primärenergieeinsparungen der verschiedenen Erfüllungsmöglichkeiten des EEWärmeG für ein Einfamilienhaus (Paar et al. 2007)

	Investitionen gesamt	Mehr-investitionen ggü. Standard	Primärener-gieeinsparung Erdgas	Jährliche Mehrkosten	Kosten pro eingesparte kWh Primär-energie
	€	€	kWh/a	€/a	ct/kWh
Solar 15%	7.000	7.000 (ggü. Gaskessel)	4.100	458	8,4
Wärmepumpe 100%	13.000	9.000 (ggü. Gaskessel)	7.500	547	10,51
Verbesserung der Dämmung EnEV minus 15%	5.500	6.300 (ggü. EnEV-Dämmung)	6.200	93	1,49

Annahmen: 180 m² Nutzfläche / 40 Jahre Nutzungsdauer für Wärmeschutz, 25 Jahre für Anlagen-technik / Gaspreis 5,6 ct/kWh / Wärmepumpen-Strompreis 16 ct/kWh / Zinssatz 6% /

Die investiven Mehrkosten für eine bessere Dämmung beim Neubau sind demnach am geringsten, weshalb es eigentlich größtes Interesse des Bauherren sein müsste, einen besseren Dämmstandard beim Neubau umzusetzen. Dabei handelt es sich allerdings nicht um das primäre Ziel des EEWärmeG sondern der EnEV. Im Rahmen einer Evaluation könnte die tatsächliche Wirkung des Gesetzes in der Praxis ermittelt werden. Erst dann können konkrete Aussagen darüber getroffen werden, ob das EEWärmeG den verstärkten Ausbau von EE-Anlagen tatsächlich fördert.

Ziele der EnEV 2009

Auf der Grundlage der Meseberger Beschlüsse hat die Bundesregierung im Juni 2008 das zweite Paket an Gesetzen und Verordnungen beschlossen, in dem auch der Beschluss zur stufenweisen Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV) für 2009 und voraussichtlich für 2012 integriert war. Das große Potenzial zur Energieeinsparung, welches im Gebäudebereich liegt, soll durch die Verbesserung der Energieeffizienz genutzt werden. Ziel ist es, „die Neuerrichtung von Gebäude mit möglichst sparsamer Energiebilanz zu erreichen und im Gebäudebestand die vorhandenen Möglichkeiten zur Energieeinsparung zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen zu mobilisieren“ (Begründung zur EnEV 2009).

Weiterhin wird in der Begründung vom April 2008 eine 30%ige Verschärfung der Anforderungen zur Primärenergie angekündigt, die etwa in gleichen Teilen durch die Gebäudehülle und die Anlagentechnik erbracht wird. Bei der Anlagentechnik setzt man auf die Kombination aus Effizienzsteigerung (Brennwertkessel) und den Einsatz von erneuerbaren Energien (thermische Solaranlage zur Brauchwassererwärmung). Eine Verschärfung im gleichen Ausmaß wird in der Begründung bereits für die nächsten Novelle (voraussichtlich 2012) angekündigt, was als sehr positiv zu bewerten ist, da es dadurch eine gewissen Planungssicherheit für die Akteure im Baubereich gibt.

Diese Verschärfung ist nicht nur aus Klimaschutzgründen, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll. Betrachtet man Veränderungen in der Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen in den letzten Jahren, zeigt sich, dass aufgrund einer quasi Verdopplung der Energiepreise durch verbesserte Gebäudedämmung deutlich höhere Energiekosteneinsparungen zu erzielen sind als zuvor. Für den Entwurf der EnEV 2002 wurde noch ein mittlerer zukünftiger Energiepreis von 2,6 Cent/kWh angenommen. Rechnet man aber mit dem Energiepreis des Enquete-Szenarios von 6,5 Cent/kWh, hat dies erhebliche Auswirkungen auf optimale Dämmstärken und die jährlichen Gewinne z.B. durch ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) (Abbildung 6.52).

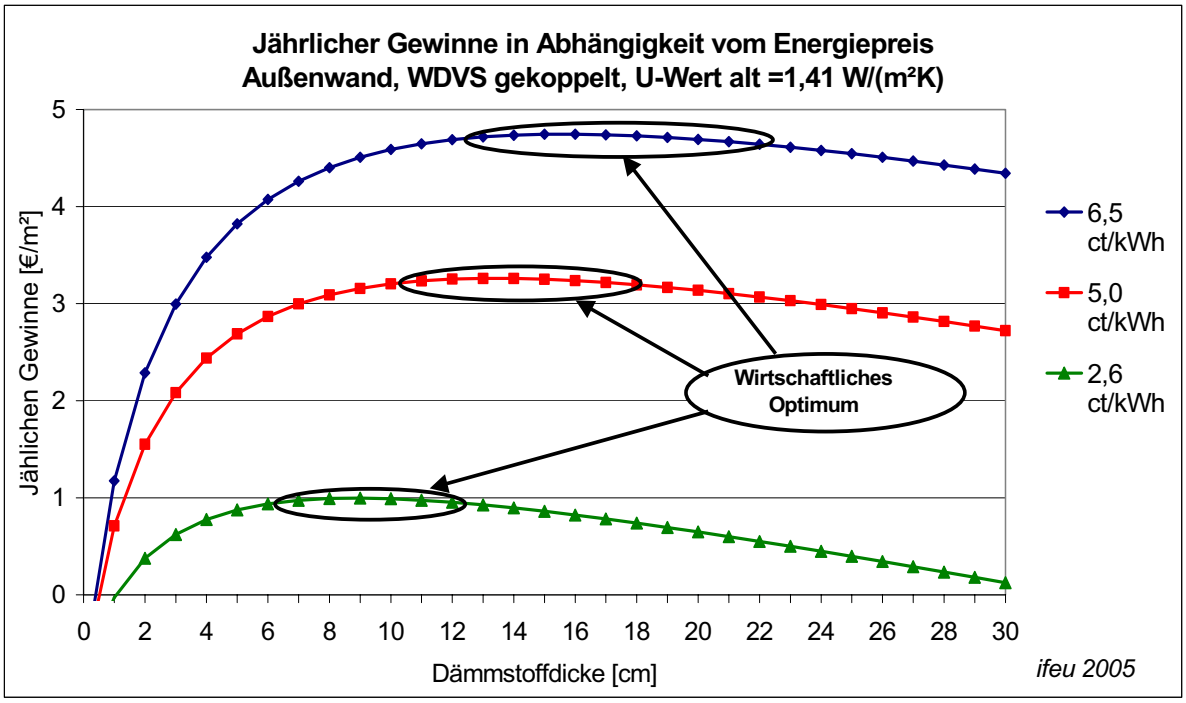


Abbildung 6.52: Wirtschaftlichkeit eines Wärmedämmverbundsystems bei verschiedenen Dämmstoffdicken und unterschiedlichen mittleren Energiepreisen über die nächsten 25 Jahre; λ = 0,04 W/(mK); U-Wert des alten Bauteils: 1,41 W/(m² K) (Hertle et al., 2006)

Bei Gebäuden mit sehr schlechter Bausubstanz ist unter diesen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit eines Wärmedämmverbundsystems bereits bei einer Vollkostenbetrachtung gegeben: das WDVS lässt sich komplett über die eingesparten Energiekosten finanzieren.

Bei den meisten älteren Gebäuden des unsanierten Wohnungsbestandes bis 1983 (Ausgangs-U-Wert der Außenwand über 0,8 W/(m² K) rechnet sich das WDVS bei einem Mehrkostenansatz gegenüber einer Standardsanierung in Form von der Ausbesserung des Putzes.

Das IFEU hat daher schon 2006 in einer Studie im Auftrag des BBR die Verschärfung der U-Werte in zwei Schritten vorgeschlagen, um der Veränderung des wirtschaftlichen Optimums der Bauteildämmung Rechnung zu tragen (Hertle et al., 2006). Für die Novellierung der EnEV bedeutet das unter anderem, dass gerade im Bereich einer verbesserten Gebäudehülle die hohen wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale genutzt werden sollten. Die charakteristischen Kennwerte der Gebäudehülle, Bauteil-U-Werte und spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient HT' sollen deshalb im Folgenden für den Vorschlag der EnEV 2009 besonders kritisch untersucht werden.

Zentrale Veränderungen in der EnEV 2009 für Wohngebäude

Bezüglich der Anforderungen und Berechnungsmethodiken gibt es im Novellierungsentwurf vom Juni 2008 einige Änderungen, die in Tabelle 6.26 mit den zur Zeit geltenden Anforderungen verglichen werden.

Zentrales Ziel der Novellierung ist einerseits die Verschärfung der Anforderungen. Andererseits werden weitere Nachrüstpflichten festgelegt, wie beispielsweise die Ausdehnung der Anforderung zur Dämmung der obersten Geschossdecken auf alle Wohn- und Nichtwohngebäude, die jährlich mind. vier Monate 19 °C Innentemperatur aufweisen. Zudem gibt es konkrete Regelungen zur Außerbetriebnahme von Nachtspeicheröfen.

Tabelle 6.26: Vergleich der Änderungen der EnEV 2007 und 2009 (lt. Novellierungsentwurf Juni 2008)

	EnEV 2007	EnEV 2009 (Stand Juni 2008)
Berechnungsmethodik Wohngebäude		
1	Bilanzierung des zu prüfenden Gebäudes (v.a. Jahresprimärenergiebedarf QP und spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient HT`) nach **DIN V 4108-6** und **DIN 4701-10.**	„Referenzgebäudeverfahren“: Bilanzierung des zu prüfenden Gebäudes und eines geometrisch analogen **Referenzgebäudes** mit vorgegebener Ausstattung und Vergleich. Berechnung wahlweise nach **DIN V 18599 oder** nach **DIN V 4108-6** und **DIN 4701-10.** ***Im Referenzgebäude ist eine solarthermische Anlage zur Brauchwarmwasserbereitung integriert***
Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude (NEUBAU)		
2	**Tabellarisch** vorgegebene, vom A/V-Verhältnis abhängige Grenzwerte für **Jahresprimärenergiebedarf Q_P** und **spezifischen Wärmedurchgangskoeffizient HT’** dürfen nicht überschritten werden.	Der **Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes Q_P** sowie ein **tabellarisch** vorgegebener, vom Gebäudetyp abhängiger Grenzwert für den **spezifischen Wärmedurchgangskoeffizient HT’** dürfen nicht überschritten werden.
Anforderungen an Änderungen, Erweiterungen oder Ausbau von Wohngebäuden (BESTAND)		
3	Änderungen sind so auszuführen, dass die tabellarisch vorgegebenen, vom A/V-Verhältnis abhängigen Grenzwerte für **Primärenergie Q_P** und **spezifischen Wärmedurchgangskoeffizient HT’** für Neubauten um **nicht mehr als 40 %** überschritten werden. ***Alternativ*** gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn für die veränderten Bauteile die in einer **Tabelle festgelegten U-Werte** eingehalten werden („Bauteilverfahren“). **Bagatellgrenze**: keine Anforderungen, wenn weniger als 20% eines Bauteils einer Himmelsrichtung von der Veränderung betroffen sind.	Änderungen sind so auszuführen, dass der Wert für **Primärenergie Q_P** des **Referenzgebäudes** um **nicht mehr als 40 %** überschritten wird. ***Die Nebenanforderung zur Einhaltung von HT’ entfällt!***[82] ***Alternativ*** gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn für die veränderten Bauteile die in einer **Tabelle festgelegten U-Werte** eingehalten werden („Bauteilverfahren“). **Bagatellgrenze**: keine Anforderungen, wenn weniger als 10% eines Bauteils (ohne Berücksichtigung der Himmelsrichtung) von der Veränderung betroffen sind.

[82] Nach Redaktionsschluss wurde bekannt, dass die Nebenanforderung bestehen bleibt.

Weitere Änderungen, die jedoch hier nicht weiter geprüft und bewertet werden, bestehen im Vollzug der EnEV durch private Nachweise und Ausweitungen der Aufgaben der Schornsteinfeger.

Durch die insgesamt sehr umfangreichen Umstrukturierungen der gesetzlichen Anforderungen besonders in Hinblick auf Berechnungsvorgänge und Grenzwerte ist ein einfacher Vergleich zur Bewertung der effektiven Verschärfung der Primärenergieanforderungen bzw. der Anforderungen an die Gebäudehülle zwischen bestehender und geplanter EnEV nicht ohne umfassende Berechnungen möglich.

Die folgende Gegenüberstellung der U-Werte für die verschiedenen Bauteile in Tabelle 6.27 zeigt auf, dass in der Novelle zur EnEV 2009 die Anforderungen für das „Bauteilverfahren" sehr stark angehoben wurden und somit dem wirtschaftlichen Optimum angepasst wurden. Ihre Erhöhung liegt zwischen 24 und 31 %. Auch die U-Werte für das im Wohnbereich neu eingeführte Referenzgebäude sind an diese Werte angelehnt. In wie Fern diese Verschärfung jedoch auch in der Umsetzung Gewicht findet, kann erst durch die Berechnungen bewertet werden.

Tabelle 6.27: Gegenüberstellung der maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten im Referenzgebäude sowie im Bauteilverfahren für Bestandsgebäude nach EnEV 2007 / 2009 (Stand Juni 2008) und im Vergleich zu den Vorschlägen des IFEU (Hertle et al., 2006)

	Vorschlag IFEU für **EnEV 2008**	Vorschlag IFEU für **EnEV 2010**	**EnEV 2007 Bestand** (Bauteilanforderung)	**EnEV 2009 Bestand** (Bauteilanforderung)	**EnEV 2009 Neubau** (Referenzgebäude)
Bauteil	**U-Wert [W/(m²K)]**	**U-Wert [W/(m²K)]**	**U-Wert [W/(m² K)]**	**U-Wert [W/(m² K)]**	**U-Wert [W/(m²K)]**
Wand/ Decke gegen außen	0,30	0,25	0,35	0,24	0,28
			Verschärfung 2009 um ca. 31%		
Dach(schräge) Decke	0,25	0,20	0,3	0,24	0,2
Flachdach	0,25	0,20	0,25	0,2	0,2
			Verschärfung 2009 um ca. 20%		
Wand/Decke gegen unbeheizt/Erdreich	0,50	0,45	0,5	0,3	0,35
Fenster(-tür), Dachflächenfenster	1,6	1,5	1,7	1,3 1,4	1,3 1,4
			Verschärfung 2009 um ca. 24%		
Vorhangfassade	k.A.	k.A.	1,9	1,4	1,4
			Verschärfung 2009 um ca. 30%		

Mit kommerzieller Software zur EnEV 2007 (Berechnung nach „altem" Verfahren nach DIN 4701) wurden verschiedene Wohngebäudetypen (vgl. Deutsche Gebäudetypologie, IWU 2003, EFH, MFH, DHH, RH und GMH, Baualtersklasse D) mit unterschiedlichen A/V-

Verhältnissen und Fensterflächen berechnet. Für diese Gebäudegrundtypen wurden sowohl Bestands- als auch Neubauanforderungen untersucht, indem unterschiedliche Ausstattungsvarianten berechnet und miteinander verglichen wurden. Unter Anderem wurde zur Bewertung der EnEV 2009 auch eine Variante „Referenzgebäude“ mit den im Novellenentwurf gegebenen Basisdaten (U-Werte und technische Ausstattung) erstellt. Die Zielvorgaben waren Grundlage für den Vergleich weiterer neuer Anforderungen (z.B. dem EEWärmeG bzw. Einfluss der im Referenzgebäudeverfahren integrierten solarthermischen Anlage). Zudem war es Ziel zu prüfen, wie sich die Verschärfung der EnEV 2009 auf die einzeln möglichen Maßnahmen verteilt und welcher Spielraum sich dadurch ergibt.

Tabelle 6.28: Übersicht über die fünf Wohngebäudetypen:

	EFH	MFH	RH	DHH	GMH
Fläche [m²]	113	877	148	141	1.726
A/V-Verhältnis	1,0	0,48	0,57	0,71	0,36
Fensterflächenanteil [%]	8 %	15 %	51 %	37 %	24 %
Baujahr bei Bestandsbetrachtung	1950	1950	1950	1950	1950

Vergleich der Neubauanforderungen an Wohngebäude

Zunächst soll bewertet werden, wie sehr die unterschiedlichen Anforderungen in der EnEV laut Novellierungsentwurf verschärft werden sollen. Wie bereits erwähnt, wurden jedoch auch einige spezifische Bezugsgrößen in den Anforderungen verändert, sodass direkte Vergleiche nicht möglich sind. War in der EnEV 2007 noch ein A/V-abhängiger Grenzwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_T`$ (-◆-) vorgegeben, so sind für 2009 konstante, Gebäudetyp abhängige Höchstwerte tabellarisch festgelegt (◆). Je nach Gebäudetyp kann somit die konkrete Verschärfung der Gebäudehüllenanforderung gemessen werden. Da vorgesehen ist, auch bei Wohngebäuden das Referenzgebäudeverfahren einzuführen, wurden in Abbildung 6.53 auch die $H_T`$-Werte des jeweiligen Referenzgebäudes (●) eingetragen, um auch Aussagen darüber treffen zu können, wie ambitioniert das Referenzgebäudeverfahren festgelegt wurde und welche Spielräume offen bleiben.

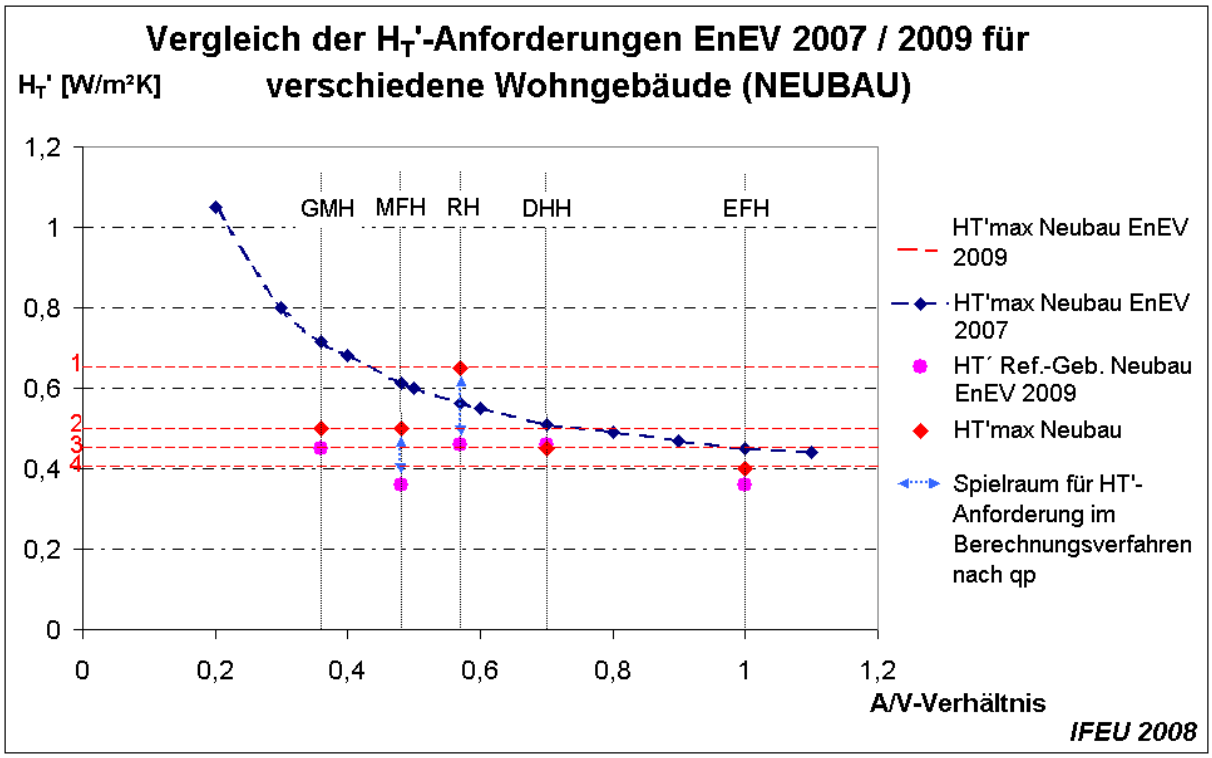


Abbildung 6.53: Vergleich der H_T'-Anforderungen der EnEV 2007 **(-◆-)** in Abhängigkeit zum A/V-Verhältnis mit der neuen Anforderung (EnEV 2009) in Abhängigkeit des Gebäudetyps **(◆** bzw. Linien 1: alle anderen Gebäude, 2: freistehende Wohngebäude A_N>350m^2, 3: freistehende Wohngebäude A_N<=350m^2. 4: einseitig angebaute Wohngebäude); Vergleich der aktuellen und zukünftigen Anforderungen mit berechneten H_T'-Werten der Referenzgebäude zur Ermittlung des Gestaltungsspielraums über primärenergieschonende Energieträger.

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass die H_T´-Anforderungen für typische Wohngebäude wie Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte, Mehrfamilienhaus, und großes Mehrfamilienhaus durch die Grenzwerte der EnEV 2009 gegenüber 2007 in der Regel verschärft werden. Allein die H_T`-Anforderung an die Kategorie „alle anderen Wohngebäude“ liegt für Gebäude ab einem A/V-Verhältnis von etwas mehr als 0,4 – und somit auch für das Reihenhausbeispiel über dem Grenzwert von 2007.

Für das Beispiel des Reihenmittelhauses zeigt sich, dass H_T` des Referenzgebäudes mit 0,46 W/m²K fast 30 % besser ist als der vorgeschlagene Grenzwert 2009. Dieser große Spielraum zwischen Referenzwert und zulässigem Höchstwert (bei den Beispielen MFH und RH) steht dem Ziel, strengere Anforderungen für gut gedämmte Gebäudehüllen zu formulieren, entgegen.

Da H_T` des Referenzgebäudes in Abhängigkeit von den Fensterflächen des zu prüfenden Gebäudes stark variiert, könnte mit einer Absenkung des Wertes für „alle anderen Wohngebäude“ ein übermäßig hoher Fensterflächenanteil verhindert werden. Durch die neuen fixierten Grenzwerte ergibt sich im Mittel für die vorliegenden Beispielgebäude (inkl. Reihenhaus mit effektiver Abschwächung des Grenzwerts) eine durchschnittliche Verschärfung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts von nur 11 %. Würden die H_T`-Grenzwerte des Referenzgebäudes gelten, läge eine Verschärfung um durchschnittlich 25 % vor.

(Schlussfolgerung 1) Je nach Gebäudeart wird durch die neuen H_T`-Grenzwerte in der EnEV 2009 eine Verschärfung von 11 % beim EFH bis zu 30 % beim großen Mehrfamilienhaus (GMH) erreicht. Gewichtet man diese Verschärfung in etwa auf die tatsächliche Wohnungsneubausituation in Deutschland 2007 (Statistisches Bundesamt 2008), kommt es aufgrund der überwiegenden Anzahl von EFH-Neubauten zu einer durchschnittlichen Verschärfung der H_T'-Anforderungen um rd. 12 %.

2007 wird der maximale Primärenergiebedarf über das A/V-Verhältnis ermittelt. Für 2009 ist geplant, diesen Grenzwert über das Referenzgebäudeverfahren zu berechnen. Bei den vorliegenden Beispielgebäuden kommt es beim Vergleich der Primärenergie-Grenzwerte 2007 zu 2009 zu der angekündigten 30%igen Erhöhung der Anforderungen. Diese sollte sich laut Begründung zur EnEV-Novelle zu 50% aus Gebäudehüllen- und zu 50% aus Anlagenverbesserung ergeben.

Da im Referenzgebäude sowohl eine Solaranlage wie auch effizientere Heizungstechnik und eine bessere Gebäudehülle berücksichtigt wird, sollte anhand von weiteren Beispielberechnungen überschlägig festgestellt werden, ob die angekündigte Aufteilung der Verschärfung eingehalten wird. Aufgrund der geplante Umstellung auf das Referenzgebäudeverfahren in der EnEV 2009 können Aussagen zu dieser Aufteilung jedoch nur näherungsweise getroffen werden.

Dazu wurde vorerst der Anteil der Solaranlage an der Verschärfung ermittelt, indem für die fünf Beispielgebäude Primärenergiebedarfswerte jeweils für das Referenzgebäude nach EnEV wie auch das Referenzgebäude nach EnEV ohne Solaranlage berechnet wurden. Über die fünf Beispielgebäude gemittelt liegt der Anteil der Verschärfung über die Solaranlage bereits bei rund 45% der gesamten Primärenergieeinsparungen zwischen 2007 und 2009.

Zudem sollte der Verschärfungs-Anteil durch die verbesserten H_T`-Anforderungen berechnet werden. Diese Anforderungen orientieren sich jedoch nicht an den guten U-Werten des Referenzgebäudes, sondern am tatsächlichen Grenzwert bezüglich $H_T$`. Da dieser Grenzwert, wie bereits dargestellt, um nur 11% gegenüber 2007 reduziert wurde, fällt auch die damit verbundene Primärenergieeinsparung geringer aus. Über die fünf Beispielgebäude gemittelt entfallen lediglich 20% der gesamten Primärenergieeinsparung zwischen 2007 und 2009 auf die Verschärfung der Dämmanforderungen über H_T'.

(Schlussfolgerung 2) Im Einsatz von solarthermischen Anlagen sowie in den Effizienzsteigerungsmaßnahmen der Anlagentechnik liegen rund drei Viertel der Verschärfung begründet. Damit werden gerade Dämmmaßnahmen, die sich unter heutigen Energiepreisen als besonders wirtschaftlich darstellen, nicht ausreichend berücksichtigt.

- **Zusammenhang zwischen den Neubau-Anforderungen der EnEV 2009 und des EEWärmeG für Wohngebäude**

Einerseits wollen wir uns hier dem komplizierten Verzahnungsgeflecht zwischen EnEV und möglichen Ersatzmaßnahmen im Rahmen des EEWärmeG und dessen potenziellen Auswirkungen widmen. Andererseits interessiert uns die tatsächlich erreichbare, eigenständige Wirkung des EEWärmeG gegenüber der EnEV. Dabei muss auch geprüft werden, welche Kompensationsmöglichkeiten die EnEV lässt, um beispielsweise beim Einsatz von erneuerbaren Energien die Dämmqualität zu reduzieren.

In Abbildung 6.54 wurden für fünf Beispielgebäude verschiedene Ausstattungsvarianten berechnet. In diesem Diagramm wurden H_T`-Werte aus den Primärenergieanforderungen des

Referenzgebäudes abgeleitet. Legt man beispielsweise einen Ölkessel ohne erneuerbare Energien zu Grunde, muss bereits ein relativ scharfer H_T`-Wert eingehalten werden, weil im Referenzgebäude ja eine Solaranlage angenommen wird, die hier durch bessere Dämmung bzw. Gebäudedichtheit kompensiert werden muss (♦). Tatsächlich zulässig ist dies aber nur, wenn auch die Forderungen des EEWärmeG eingehalten werden. Wenn wir annehmen, dass die Beispielgebäude nicht über einen Wärmenetzanschluss o.ä. verfügen, müssen diese außerdem die Anforderungen der EnEV um 15 % unterschreiten – und zwar bezüglich des Primärenergiekennwertes und H_T`. Daraus ergeben sich nochmals strengere $H_T$`-Anforderungen (H_T`-Werte zwischen 0,2 und 0,3 W/m^{2}K), die zum Teil nur mit Passivhauskomponenten erfüllt werden können (o). In diesen Fällen gibt es allerdings auch die Möglichkeit, den verschärften Primärenergiekennwert (EnEV 2009 minus 15 %) durch z.B. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zu kompensieren.

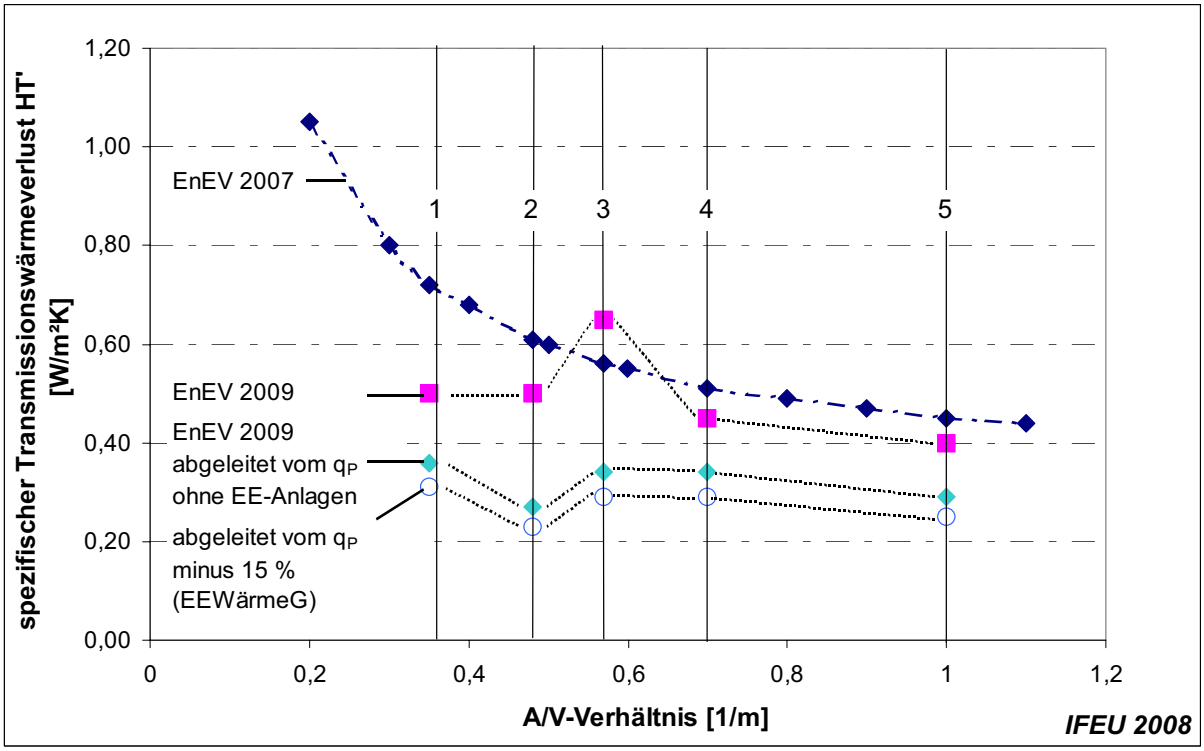


Abbildung 6.54: Maximaler Transmissionswärmeverlust HT' für die fünf Beispielgebäude (a) nach geltender EnEV (--♦--), (b) nach EnEV-Entwurf 2009 (■), (c) die erreicht werden *müssten*, um die Primärenergieanforderungen nach Referenzgebäudeverfahren ohne Einsatz von erneuerbaren Energien zu erreichen (♦), (d) sowie um die Primärenergieanforderungen minus 15% (Vorschrift nach EEWärmeG) einhalten zu können (o). 1: großes Mehrfamilienhaus, 2. Mehrfamilienhaus 3: Reihenhaus 4: Doppelhaushälfte 5: Einfamilienhaus.

Anders wirken die Regelungen in der EnEV beispielsweise beim Einsatz von Biomasse. Durch den geringen Primärenergiefaktor von Biomasse können die Grenzwerte für den Neubau in jedem Fall eingehalten werden. Dann wird der tatsächlich festgelegte H_T`-Grenzwert (■) wirksam. Wie bereits oben dargestellt, kam es bei den $H_T$`-Anforderungen allerdings nur zu einer durchschnittlichen Verschärfung von 11%. Abbildung 6.55 zeigt daher, wie deutlich der Endenergiebedarf ansteigen kann, wenn primärenergieschonende Energieträger eingesetzt werden und somit alle EnEV-Anforderungen eingehalten werden können.

Eine ähnliche Problematik bezüglich der Kompensationsmöglichkeiten im Rahmen der EnEV besteht für Fernwärme. Die vorgegebene Berechnungsmethodik zur primärenergetischen Bewertung von Fernwärme ermöglicht Faktoren von 0,0, was kritisch zu sehen ist.

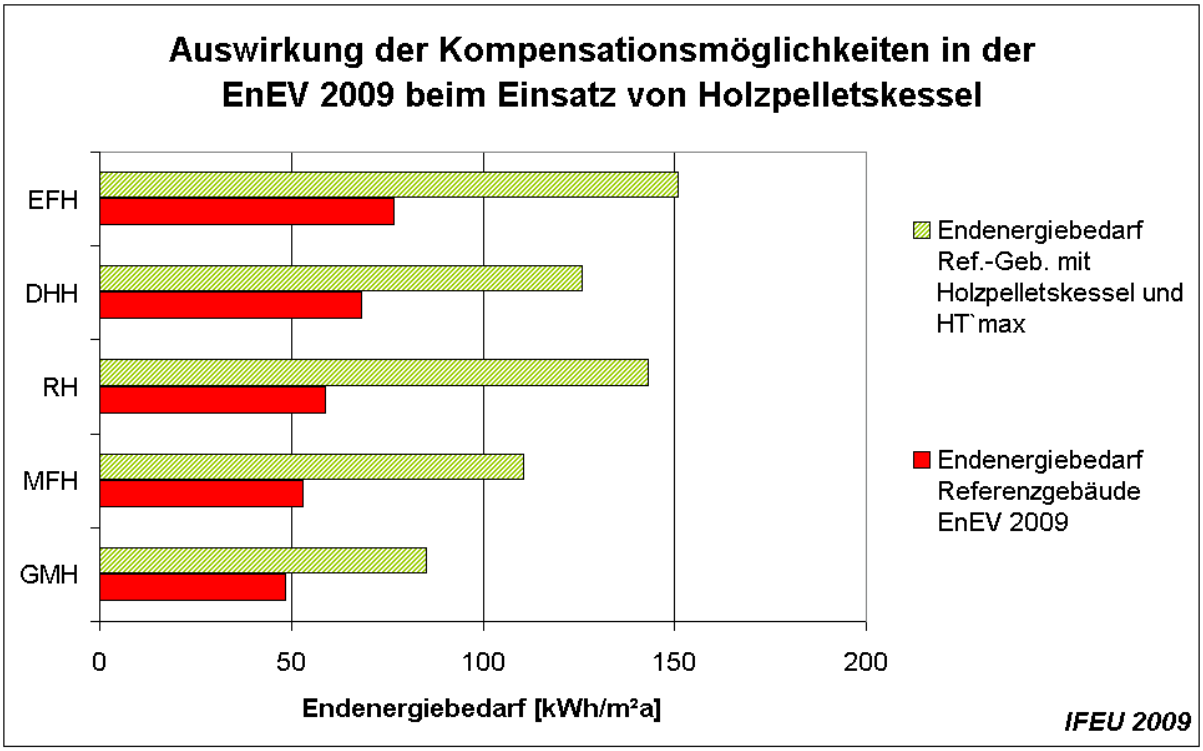


Abbildung 6.55: Darstellung des Verhältnisses zwischen dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV 2009 und dem selben Gebäude mit einem Holzpelletskessel mit den H_T`-Grenzwerten nach EnEV. Der Primärenergiegrenzwert wird eingehalten.

(Schlussfolgerung 3) Die Verschärfung der EnEV in Bezug auf den Primärenergiebedarf kann also durch den Einsatz von erneuerbaren Energien – die nach dem EEWärmeG gefordert werden – weitgehend umgangen werden. Dies kann durchaus problematisch sein, da Heizungen eine deutlich geringere Lebensdauer haben als die Gebäudehülle. Deren Qualität legt den Endenergiebedarf auf Jahrzehnte fest.

Aufbauend auf dieser Schlussfolgerung stellt sich die Frage, ob durch die Nutzungspflicht im Rahmen des EEWärmeG eigenständige CO_2-Emissionsreduktionen erreicht werden können. Die Berechnung aus den fünf Beispielgebäuden haben ergeben, dass durch die im Referenzgebäudeverfahren berücksichtigte Solaranlage die im EEWärmeG geforderten 15 % Solarenergieanteil bereits erreicht werden, die Anforderungen also erfüllt wäre.

Tabelle 6.28: Gegenüberstellung des Wärmebedarfs des berechneten Referenzgebäudes (Endenergiebedarf aus Heizung und Warmwasser) gegenüber der Energieerträge der Solaranlage (berechnet nach DIN 4701-10)

Referenzgebäude	Endenergie-bedarf [kWh/a]	Energieertrag Solaranlage [kWh/a]	Anteil [%]
EFH	8.622	1.686	20%
DHH	9.626	1.977	21%
RH	8.776	1.995	23%
MFH	46.574	7.448	16%
GMH	83.515	12.468	15%

Dadurch entsteht zwar die Nutzungspflicht im Rahmen des EEWärmeG, die dadurch erreichten Primärenergieeinsparungen können bei der Solaranlage jedoch zur Gänze in der EnEV „verrechnet“ werden. Die eigentlich positiv zu bewertende Solarpflicht – Nutzung eines nicht endlichen Energieträgers – erreicht somit keine eigenständige Wirkung im Gefüge der neuen Rechtsvorschriften.

(Zusammenfassende Schlussfolgerung zu Neubauanforderungen) Wie auch als Ziel definiert, kommt es durch die Einführung des Referenzgebäudeverfahrens und durch die Integration der solarthermischen Trinkwassererwärmung zu einer Verschärfung der Primärenergieanforderung in der EnEV 2009 um durchschnittlich 30 %. Gleichzeitig wird trotz der hohen und begrüßenswerten Ansprüche bei den neuen Bauteilanforderungen und Referenz-U-Werten die tatsächliche Verschärfung des H_T'-Grenzwertes abgeschwächt (durchschnittliche Verschärfung um „nur“ 11 %). Die Verschärfung der Energieeinsparverordnung kann somit weitgehend durch den Einsatz von erneuerbaren Energien umgangen werden, der durch das EEWärmeG bei Neubauten obligatorisch ist.

Das führt dazu, dass es durch die gleichzeitige Verschärfung der EnEV sowie der Einführung des EEWärmeG nicht notwendigerweise zu einer zusätzlichen CO_2-Einsparung kommt, da der Einsatz von EE teilweise durch eine Verschlechterung der Bauhüllenqualität kompensiert und zur Gänze dem Primärenergiegrenzwert der EnEV angerechnet werden kann.

Können in Neubauten keine erneuerbaren Energien eingesetzt werden, sind die Ansprüche an die Bauteile und technische Ausstattung entsprechend höher – indirekt wird somit, und das bewerten die Autoren als positiv, ein Passivhausstandard vorausgesetzt.

Vergleich der Sanierungs-Anforderungen an Wohngebäude

Noch offenbarer werden die Möglichkeiten der gegenseitigen Aufrechnung im Fall der Sanierung von Bestandsgebäuden. Im Bereich der Wohngebäude im Bestand gibt es für den Fall der Sanierung im Rahmen der EnEV 2009 weiterhin die Möglichkeit, zwischen zwei Verfahren zu wählen:

a) man erfüllt die Bauteilanforderungen (z. B. maximaler U-Wert von Wänden, Fenstern etc,), wenn mehr als 10 % der gesamten Bauteilfläche von Veränderungen betroffen sind, oder

b) man erfüllt die Primärenergieanforderungen für den Neubau (Q_P Referenzgebäude) mit einem Aufschlag von 40 %.

Die Nebenanforderung zur Einhaltung eines H_T`-Grenzwertes ist in der EnEV 2009 entfallen. Wie sich diese gesetzliche Veränderung auf den Gebäudebestand möglicherweise auswirkt, wird anhand der folgenden Grafiken aufgezeigt.

In der bestehenden EnEV (2007) gilt, dass Bauteilanforderungen erfüllt werden müssen, wenn mindestens 20% einer Bauteilfläche gleicher Orientierung saniert wird. Durch die neu geplante Anforderung wird somit der auslösende Tatbestand für das Bauteilverfahren abgeschwächt.

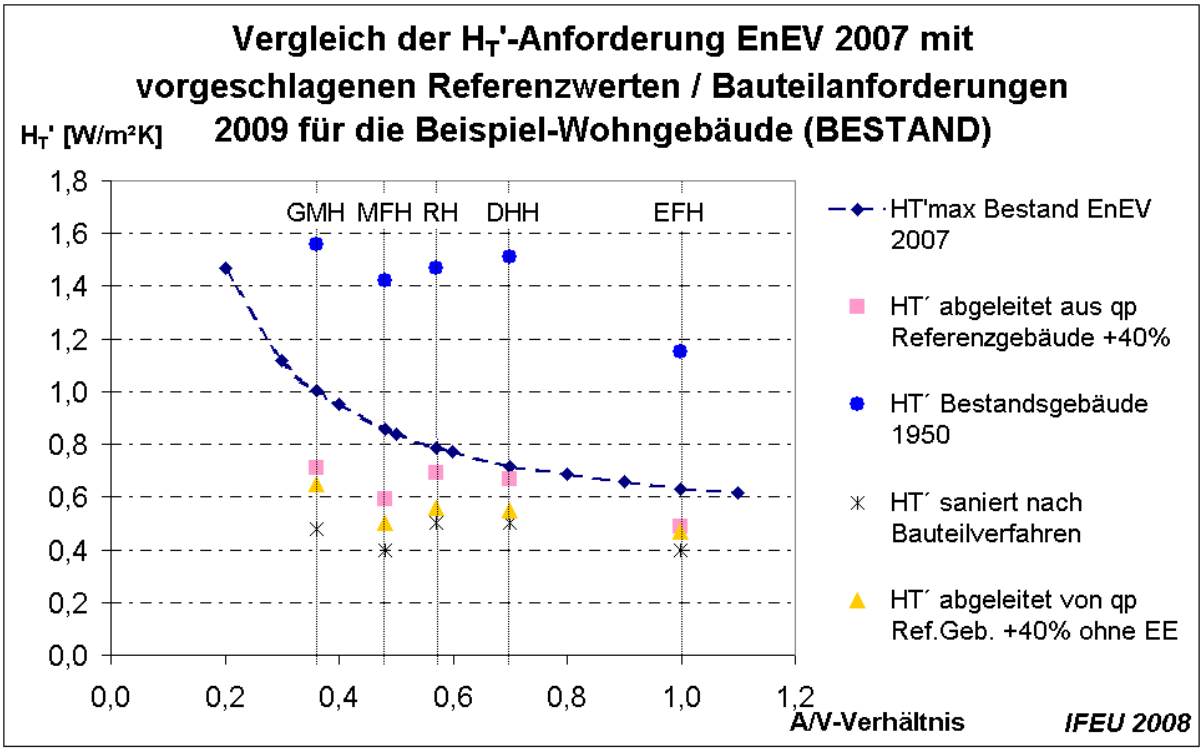


Abbildung 6.56: Vergleich der (1) H_T'-Anforderung für Bestandsgebäude der EnEV 2007 mit den sich nach EnEV 2009-Entwurf ergebenden Werten: (2) H_T' der Beispielgebäude im unsanierten Zustand (●), (3) H_T´ nach Sanierung *aller* Bauteile gemäß Bauteilverfahren (✳), (4) ein H_T´ abgeleitet vom Primärenergie-Grenzwert Bestand) (■), (5) sowie die H_T'-Anforderungen, die erreicht werden müssen, um diese PE-Anforderung ohne den Einsatz von EE einhalten zu können (▲)

Abbildung 6.56 zeigt, dass es sowohl über das Referenzgebäudeverfahren als auch über das Bauteilverfahren zu einer wesentlichen Verschärfung der H_T'-Anforderung im Bestand gekommen wäre. Da, wie bereits im Neubau-Kapitel ausführlich beschrieben, der Großteil der Verschärfung des Primärenergiebedarfs durch die effizientere Anlagentechnik bzw. die integrierte thermische Solaranlage ins Referenzgebäude erreicht wird, muss die Gebäudehülle dementsprechend verbessert werden, wenn keine erneuerbaren Energien in die Versorgung integriert werden (Unterschied zwischen (■) und (▲)).

Um eine Orientierung für eine mögliche H_T'-Vorgabe in der Bestandssanierung in der EnEV 2009 zu geben, wurden in der Grafik H_T´-Werte dargestellt, die sich aus den gegebenen Primärenergiegrenzwerten des Referenzgebäudes ableiten lassen. Diese in der EnEV 2009 nicht mehr eingeforderten Werte würden gegenüber den Anforderungen der EnEV 2007 eine

Verbessung der Gebäudehülle um durchschnittlich 20% bei des berechneten Beispielgebäuden erzwingen.

Werden allerdings, wie für 2009 geplant, nur noch Primärenergieanforderungen wirksam, so entsteht folgendes Bild:

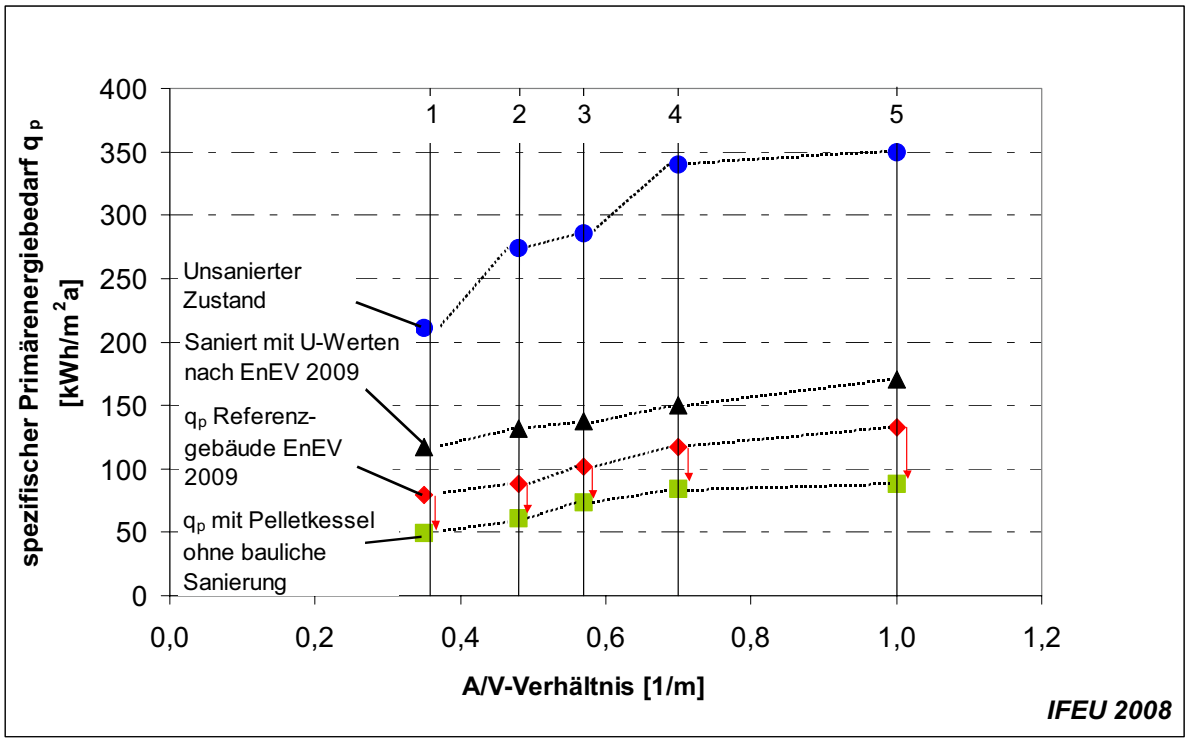


Abbildung 6.57: Spezifische Primärenergiebedarfswerte für die berechneten Typengebäude (1) im unsanierten Zustand (●), (2) nach Sanierung *aller* Bauteile gemäß Bauteilverfahren EnEV 2009 (▲) ohne an der Anlagentechnik etwas zu verändern, (3) Höchstwert für Bestandssanierung nach Referenzgebäudeverfahren (♦) und (4) Primärenergiebedarf, der erreicht werden kann, wenn ausschließlich ein Holzpelletskessel installiert wird, ohne Verbesserung der Gebäudehülle (■)

Abbildung 6.57 stellt den Primärenergiebedarf der fünf Beispielgebäude im unsanierten Zustand dar (●) sowie in verschiedenen Sanierungsvarianten. Wenn man das Gebäude so dämmt, dass man alle Bauteilanforderungen einhält, erreicht man die mit (▲) gekennzeichneten Werte. Konkret erreicht werden muss jedoch jener spezifischer Primärenergiebedarf, der mit (♦) gekennzeichnet ist. Dieser entspricht 140% des Neubauwertes der EnEV 2009.

Setzt man hingegen beispielsweise Biomasse ein, wird es nach dem EnEV-2009-Entwurf möglich, mit dem Wegfall der Nebenanforderung für die Gebäudehüllenqualität, die Primärenergiebedarfsgrenzwerte einzuhalten, ohne dass eine weitere Gebäudedämmung erforderlich ist (■). **Dadurch wird diese Grafik zur entscheidenden Grafik, um gegen eine Verzahnung zu plädieren – durch die alleinige Primärenergieanforderung werden keinerlei Einsparanforderungen fixiert.**

Zusätzlich wird deutlich, dass allein durch die Sanierung der Bauteile mit den hohen Bauteil-U-Wert-Anforderungen der PE-Grenzwert nicht erreicht werden kann. Werden diese sanierten Gebäude mit neuen, angepassten Erdgas-Niedertemperaturkesseln versorgt, werden nach den Berechnungen die Primärenergiegrenzwerte auch ohne EE-Einsatz knapp unterschritten.

(Schlussfolgerung 5) Diese Regelung kann also, bei entsprechender Auslegung, dazu führen, dass, um Investitionskosten zu senken, Dämmmaßnahmen gar nicht oder überwiegend in schlechterer Qualität durchgeführt werden. Damit würden diese schlechten Dämmstandards den Gebäudeenergiebedarf für die nächsten 30 bis 40 Jahre festschreiben, während es doch das erklärte Ziel der EnEV 2009 ist, die Ansprüche an die Gebäudehülle den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen anzupassen und die Grenzwerte zu verschärfen.

Zentrale Veränderungen in der EnEV 2009 für Nichtwohngebäude (NWG)

Zunächst erscheinen die Veränderungen in der EnEV für Nichtwohngebäude geringfügiger als für Wohngebäude. Dies liegt vor allem daran, dass die erst 2007 eingeführte Berechnungsmethodik nach DIN V 18599 unverändert bleibt, obwohl vielfach Vereinfachungen dieser in der Praxis schwer handhabbaren Norm gefordert wurden. Die Beseitigung von Fehlern in diesem komplexen Regelwerk sowie die Umsetzung in Anwender freundliche und fehlerfrei laufende Software bleibt damit weiterhin vorrangige Aufgabe.

Entsprechend der Zielsetzung, mehr Energie einzusparen, wird im Entwurf der EnEV 2009 die Hauptanforderung an den Primärenergiebedarf auch für Nichtwohngebäude verschärft. Ähnlich wie bei den Wohngebäuden kam es bei der Überarbeitung der EnEV zu einer wesentlichen Veränderung bezüglich der Nebenanforderung an die Gebäudehülle, die in der folgenden Tabelle auch aufgezeigt werden soll.

Ähnlich wie bei den Wohngebäuden ergeben sich somit zentrale Veränderungen in den Ausstattungen des Referenzgebäudes (Integration einer Solaranlage bei zentraler Trinkwarmwassererwärmung) wie auch bei den Sanierungsanforderungen bei Bestandsgebäuden, wo die Nebenanforderungen an die Gebäudehülle weggefallen ist. In Tabelle 6.29 werden die Veränderungen bezogen auf die Gebäudehüllenanforderung gegenübergestellt. In der EnEV 2007 wird für drei – nach Innenraumtemperaturen und Fensterflächenanteil unterschiedene – Kategorien von Nichtwohngebäuden ein A/V-abhängiger Höchstwert H_T für die gesamte Gebäudehülle errechnet. In der EnEV 2009 dagegen wird für Gruppen von Außenbauteilen (transparent, opak, u.a.) ein Höchstwert des darüber gemittelten Wärmedurchgangskoeffizienten $\hat{U}$ festgelegt. Der Fensterflächenanteil fließt somit in den gemittelten U-Wert ein.

Tabelle 6.28: Gegenüberstellung der zentralen Anforderungen der derzeit geltenden EnEV 2007 zur EnEV 2009 nach der Fassung vom Juni 2008

	EnEV 2007	EnEV 2009
Berechnungsmethodik Nichtwohngebäude		
1	Referenzgebäudeverfahren nach DIN V 18599 mit folgenden Bedingungen (Auszüge): • H_T`-Vorgaben nach dem A/V-Verhältnis • Erdgas-Niedertemperaturkessel • Bei Zentraler WW-Bereitung gemeinsame Wärmeerzeugung über Heizung • Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgeräten und manueller Kontrolle	**Im Referenzgebäude** wurden einige **Änderungen** vorgenommen, **z.B.:** • Vorgabe von **konkrete U-Werte** für einzelne Bauteile • **Öl-Brennwertkessel** • Bei zentraler WW-Bereitung **thermische Solaranlage** • Zonierte Beleuchtung mit **EVG und Präsenzmeldern** • Sowie weiteren effizienzsteigernden Maßnahmen bei Sonnenschutz, Raumluft-technik etc.
Anforderungen an zu errichtende Nichtwohngebäude		
2	Der berechnete **Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes** sowie **tabellarisch angegebene** (in Abhängigkeit der Innentemperaturen und des Fensterflächenanteils) **Grenzwerte für HT**' müssen eingehalten werden.	Der berechnete **Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes** sowie **tabellarisch angegebene** (in Abhängigkeit der Innentemperaturen) **Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $\hat{U}_{quer}$** der wärmeübertragenden Umfassungsflächen gemittelt über opake und transparente Bauteile müssen eingehalten werden.
Anforderungen an Änderungen, Erweiterungen oder Ausbau von Nichtwohngebäuden		
3	Der berechnete **Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes sowie der HT'-Grenzwert** laut o.g. Tabelle darf um **nicht mehr als 40%** überschritten werden. ***Alternativ*** Bei Änderung **einzelner Bauteile** gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die in einer **Tabelle festgelegten U-Werte** der von einer Veränderung betroffenen **Bauteile** eingehalten werden.	Der berechnete **Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes** darf um **nicht mehr als 40%** überschritten werden. ***Die Nebenanforderung zur Einhaltung von HT' entfällt.*** ***Alternativ*** Bei Änderung **einzelner Bauteile** gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die in einer **Tabelle festgelegten U-Werte** der von einer Veränderung betroffenen **Bauteile** eingehalten werden.

Tabelle 6.29: Gegenüberstellung der Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes HT´ bzw. der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsflächen bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile (U_{quer} von Nichtwohngebäuden)

EnEV 2007 Neubau NWG		EnEV 2009 Neubau NWG		
	HT'max Neubau W/(m²K)			Ûmax Neubau W/(m²K)
Gebäude(teile) mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall >= 19C und Fensterflächen-anteil f <= 30%	0,30 W/m²K + 0,15 W/m³K / (A/V)	**Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall >= 19 °C**	Opake Außenbauteile	0,35
Gebäude(teile) mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall >= 19C und Fensterflächen-anteil f > 30%	0,35 W/m²K + 0,24 W/m³K / (A/V)		Transparente Außenbauteile	1,9
			Vorhangfassade	1,9
			Glasdächer Lichtbänder/-kuppeln	3,1

Ob und in welchem Ausmaß hierdurch eine Verschärfung der Anforderungen an die Gebäudehülle vorliegt, kann aufgrund dieser veränderten Betrachtungsweise nicht unmittelbar beurteilt werden. Aus Zeitgründen konnten die Aspekte

- Bewertung der Anforderungsverschärfung unter den dargestellten Veränderungen
- Bewertung der zusätzlichen CO_2-Einsparungen des EEWärmeG
- Darstellung der Auswirkungen des Wegfalls der Nebenanforderung bei Bestandssanierungen

nicht näher geprüft werden. Anhand der geplanten Änderungen in der EnEV 2009 für Nichtwohngebäude und der gewonnenen Erfahrungen aus den Berechnungen der Wohngebäudebeispiele lässt sich jedoch folgende zusammenfassende Schlussfolgerungen auch für den Nichtwohngebäudebereich ableiten.

(Schlussfolgerung 6) Bei den NWG scheint es durch die Umstellungen in der Systematik bei der Bewertung der Gebäudehüllenqualität von H_T` auf U_{quer} zu unterschiedlich hohen Verschärfungen zwischen den möglichen Gebäudekategorien zu kommen. Bei kompakten Gebäuden mit einem Fensterflächenanteil von mehr als 30% kommt es zu wesentlich höheren Verschärfung als kompakten Gebäuden mit geringem Fensterflächenanteil.

Trotz Integration einer solarthermischen Anlage bei zentraler Warmwasserbereitung analog zu den Wohngebäuden scheint die Verschärfung der Primärenergieanforderung bei NWG geringer auszufallen. In wie weit die im Referenzgebäude berücksichtigten Solaranlagen bereits den Anforderungen des EEWärmeG entsprechen, wurde nicht weiter untersucht.

Zentrale Schlussfolgerung auch bei den Nichtwohngebäuden ist, dass auch hier durch den Wegfall der Nebenanforderung an die Gebäudehüllenqualität in Zukunft maßgeblich an

Dämmung und Wärmeschutzmaßnahmen zu Gunsten erneuerbarer Energien gespart werden könnte. Unter den gleichen Gesichtspunkten wie bei Wohngebäuden ist diese Entwicklung auch hier extrem kritisch zu bewerten. Deshalb schlägt das Energiebalance-Team die Wiedereinführung einer Nebenanforderung vor.

Vorschläge für die Weiterentwicklung der EnEV 2012

Basierend auf den Energiebalance-Analysen werden in diesem Kapitel Vorschläge zur Fortentwicklung der EnEV erarbeitet. Hierfür wurde die Entwurfsfassung der EnEV 2009 vom Juni 2008 als Basis herangezogen. Wird die Frage der Weiterentwicklung der EnEV erörtert, muss gleichzeitig die Frage nach der Weiterentwicklung des EEWärmeG gestellt werden. Gibt es Möglichkeiten, eine Einsatzpflicht für Erneuerbare Energien in die EnEV zu integrieren? Oder sollten die beiden eng miteinander verfochtenen Instrumente weiterhin getrennt weiterentwickelt werden?

Der Frage der Integration der Nutzungspflicht in die EnEV haben sich verschiedene wissenschaftliche Institute bereits bei der Entwicklung des erneuerbaren Wärmegesetztes gestellt, und sind (wie in Nast et al 2006) zum Ergebnis gekommen, dass eine solche Integration vor allem politisch schwer durchzusetzen wäre. Eine Integration der Nutzungspflicht würde dazu führen, dass Bauherren neuer Gebäude zwei konkrete Anforderungen erfüllen müssten:

a) verbesserten Mindestdämmstandards der Gebäudehülle

b) Mindesteinsatzpflicht für EE-Wärmeerzeuger

Die politische Durchsetzbarkeit einer solchen Integration der Nutzungspflicht würde maßgeblich von der noch möglichen Flexibilisierung der Pflichten (Verschiebungsmöglichkeiten von Maßnahmen) abhängig sein. Allerdings ist die Aufnahme einer Nutzungspflicht für EE-Wärmeerzeuger in die EnEV nach dem derzeit geltenden Rechtsrahmen gar nicht möglich (Bürger et al. 2006). Aus diesen Gründen ist die getrennte Weiterentwicklung und klare Abgrenzung auch in den nächsten Jahren in Betracht zu ziehen.

Eine Weiterentwicklung der Gesetze und Verordnungen sollte daher nach Meinung der Autoren folgende verschiedenen Prinzipien aufgreifen:

1. **Entflechtung** der Gesetze und Verordnungen sowie Konkretisierung der jeweiligen Zielsetzungen
2. die **Vereinfachung** der Bilanzierungsverfahren und Anforderungen in der EnEV
3. **Verschärfung** der Anforderungen an die Gebäudehülle sowohl beim Neubau als auch beim Bestand
4. **Anpassung** der Primärenergiefaktoren für endliche erneuerbare Energieträger wie auch Anpassung der Berechnungsvorschriften für Fernwärme

Ad 1: Entflechtung

Das Beispiel EnEV / EEWärmeG zeigt, dass eine zu starke Verzahnung von EE und EF auch Nachteile haben kann: zum einen besteht die Möglichkeit der Aufrechnung von EE gegen Effizienz- bzw. Einsparmaßnahmen, zum anderen wird das gesetzliche Gefüge sehr kompliziert.

Inhaltliche Überschneidungen sollten bereits in der Zielsetzung der Instrumente verhindert werden. Vorrangiges Ziel der EnEV sollte es sein, den Endenergiebedarf insgesamt zu beschränken, während das EEWärmeG regeln soll, wie dieser Energiebedarf gedeckt wird.

Anforderungsverschärfungen an den EE-Einsatz können dann im EEWärmeG weiterentwickelt werden, ohne ständige Nachbesserungen an der Referenzgebäudeausstattung vornehmen zu müssen.

Diese Entflechtung der Ziele und Anforderungen könnte durch die Definition maximaler Heiz- und Endenergiebedarfswerte anstelle des H_T`-Grenzwertes in der EnEV unterstützt werden. Somit wird der Fokus einerseits auf Wärmeschutz-, andererseits auf effizienzsteigernde Maßnahmen in der Anlagentechnik gelegt. Die Referenzgebäude-Anforderungen der EnEV sollten sich auf Gebäudehülle, Lüftungsverluste (bisher nur primärenergetisch berücksichtigt) und Anlageneffizienz beziehen, weshalb **die Integration von Solaranlagen im Referenzgebäude wieder zurückgenommen werden sollte**. Nur im Rahmen des EEWärmeG werden dann Vorgaben bezüglich der Art der Energiebedarfsdeckung formuliert.

Durch diese Trennung in Hülle, Anlage und Energieträger würde eine klare Regelung geschaffen und ausgeschlossen, dass sich Bauherren und Sanierer durch den EE-Einsatz von der Pflicht zur nachhaltigen Dämmung freikaufen können. Zudem könnten dadurch beide Instrumente eigene Klimaschutzwirkungen entfalten. Allerdings müssen auch bei einer Entflechtung gewisse Flexibilisierungsmöglichkeiten zwischen Gebäudehülle, Anlageneffizienz und erneuerbaren Energieträgern berücksichtigt werden, um die Regelungen politisch durchsetzbar zu machen.

Die erforderliche Flexibilität im EEWärmeG für den Fall, dass keine erneuerbaren Energien eingesetzt werden können, könnte durch die Etablierung einer Ersatz*zahlung* anstelle einer **Ersatz*maßnahme*** gewährleistet werden. Von der EE-Wärmepflicht sollten nur extrem gut gedämmte Gebäude deutlich unter EnEV-15 % (Passivhausstandard) ausgenommen sein.

Bleiben jedoch beide Instrumente wie derzeit vorgesehen nebeneinander stehen, könnten durch deren Verzahnungen durchaus nachteilige Entwicklungen folgen. Sowohl die EnEV als auch das EEWärmeG würden ggf. nicht ihr volle Klimaschutzwirkung erzielen können. Es ist schwierig vorherzusagen, wie die Instrumente letztendlich wirken. Rein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten könnte sich das EEWärmeG zu einem Effizienzgesetz im Gebäudebereich entwickeln, da eine verbesserte Dämmung als Ersatzmaßnahme in der Regel günstiger ist als der Einsatz erneuerbarer Energieträger. Dieses EE-Instrument könnte eine interessante Dynamik entwickeln, welche die EnEV aufgrund der Flexibilisierungsmöglichkeiten (Aufrechenbarkeit von Dämmung gegen erneuerbare Energien) bisher nicht erreichen konnte. Wird jedoch beim Neubau von Gebäuden nicht nur nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschieden, werden wichtige Effizienzpotenziale über Jahre hinweg nicht ausgeschöpft, da durch den obligatorischen Einsatz von erneuerbaren Energien am Wärmeschutz gespart werden kann.

Zur konsequenten Verfolgung des Grundsatzes der Entflechtung und der nachhaltigen Senkung des Energiebedarfs, um diesen vermehrt aus erneuerbaren Energien decken zu können, ist die Nutzungspflicht bei Neubauten in Verbindung mit der geplanten EnEV ggf. nicht das ideale Instrument. Die Nutzungspflicht kann nur dann zusätzliche Klimaschutzwirkung entfalten, wenn in der EnEV klare und scharfe Vorgaben bezüglich der Dämmstandards gegeben werden. Eine überdurchschnittliche Förderung von erneuerbaren Energien bei besonders gut gedämmten Gebäuden könnte eine positive Wirkung erzielen. Es werden jene Bauherren mit einer EE-Anlage (z.B. Solaranlage oder Pellets-Primärofen) belohnt, die bereits mehr Geld in einen besseren Wärmeschutz investiert haben.

Aus ähnlichen Gründen könnte die Einführung einer Nutzungspflicht über EEWärmeG bei Bestandsgebäuden problematisch sein. Die Vielfalt der Gebäudetypen und deren Alter, aber

auch die unterschiedlichen Besitzstrukturen und rechtlichen Rahmenbedingungen müssen differenziert berücksichtigt werden. Aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes wäre es sinnvoll, dass Gebäude- oder Bauteilsanierungen mit besten Standards umgesetzt werden, bevor der Einsatz von EE-Anlagen gefordert wird. Deshalb erscheint es als essentiell, dass bei Bestandsgebäuden unterschieden wird. Eine zusätzliche Lenkungsfunktion wird durch das Förderinstrument Marktanreizprogramm integriert, indem die Förderbeträge deutlich an den Gebäudestandard angepasst werden. Für ältere Gebäude oder für Gebäude mit hohen Heizenergiebedarfswerten gilt der Vorrang von Sanierungsmaßnahmen. Werden diese in einem besonders guten Standard umgesetzt, wird der Bauherr (wie im Neubau) mit einer EE-Anlage belohnt. [83]

Exkurs EnEV-Österreich

Ein Beispiel für die Trennung könnte das österreichische Pendant zur EnEV sein, in der absolute Heizwärmebedarf-Grenzwerte für alle Wohn- und Nichtwohngebäude sowohl im Neubau als auch Bestand angegeben werden. Positiv ist zu bewerten, dass dort sowohl aktuelle Grenzwerte wie auch Werte der nächsten Verschärfungsstufe angegeben werden. Aus dem Heizwärmebedarf plus Energiebedarf zur Warmwasserbereitung lässt sich unter Einbeziehung von festgelegten Effizienzfaktoren für Heizungstechnik und Standortfaktoren (Heizgradtage) der maximale Endenergiebedarf bilanzieren. Die österreichische EnEV enthält einen weiteren, aus Autorensicht sehr positiv zu bewertenden Aspekt: Anforderungen an Bauteile (konkrete U-Werte) müssen ungeachtet der Grenzwerte zum Heizwärme- und Endenergiebedarf sowohl bei Neubauten als auch bei Bestandssanierungen eingehalten werden.

Im Rahmen von sonstigen Anforderungen werden z.B. Anforderungen an Wärmebrücken und Luftdichtheiten definiert. Bei Neubauten gilt, dass bei Wohngebäuden ab 3 Wohneinheiten eine zentrale Wärmebereitstellungsanlage zu errichten ist. Außerdem ist der Einsatz von elektrischen Widerstandsheizungen bei Neubauten verboten. Vorgeschrieben wird außerdem, dass bei Neubauten mit mehr als 1000 m² Grundfläche alternative Systeme (EE-Anlagen, KWK-Anlagen, Wärmepumpen, Nah- und Fernwärme, etc.) eingesetzt werden müssen, sofern dies technisch, ökologisch und wirtschaftlich zweckmäßig ist.

Ad 2: Vereinfachung

Vor allem im Wohngebäudebereich, wo vom Eigentümer bis hin zum ausführenden Betrieb für Bau oder Sanierung unterschiedlichste Akteure am Werk sind, sind aus der Sicht der Autoren wesentliche Vereinfachung notwendig und auch möglich. Diese Vereinfachung betrifft einerseits die grundsätzlichen Anforderungen (Grenzwerte) als auch das vorgeschriebene Bilanzierungsverfahren. Die geplante Einführung des Referenzgebäudeverfahrens sowie das festgelegte Ziel, die sehr komplexe DIN 18599 auch für den Wohngebäudebereich zur Anwendung zu bringen, widerspricht einer solchen Vereinfachung.

Die Einführung der DIN 18599 für die Wohngebäude würde die Berechnungen bei der Bilanzierung von Gebäuden weniger transparent und nachvollziehbar machen. Die Bilanzierung von Gebäuden wird durch die Softwareanwendung zunehmend zu einer Black-Box, womit Plausibilitätsprüfungen immer schwieriger werden. Zusätzlich ist die Anwendung der DIN 18599 auch im Nichtwohngebäudebereich noch nicht ausreichend getestet und es gibt kaum Aussagen dazu, ob sich durch das komplexe Berechnungsgefüge genauere und realitätsna-

[83] In diese Richtung weist auch der Effizienz-Bonus des MAP, siehe folgendes Kapitel.

here Ergebnisse ergeben. Deshalb plädiert das Energiebalance-Team für die Beibehaltung des derzeit in der EnEV 2007 bestehenden Bilanzierungssystems.

Am kritischsten wird jedoch gesehen, dass in Zukunft immer vorab Berechnungen notwendig sein werden, um Aussagen über geltende Grenzwerte machen zu können. Zudem bietet das Referenzgebäudeverfahren weniger Anreize zu einer energieeffizienten, kompakten Bauweise als bisher in der EnEV 2007.

Ad 3: Verschärfung

Grundsätzlich ist die Verschärfung der EnEV positiv zu bewerten. Entgegen der Emfpehlungen aus dem Expertenworkshop (siehe Kasten) der grundlegenden Verschärfung der H_T`-Grenzwerte bei gleichbleibenden Primärenergieanforderungen, wie auch der Ankündigung der Bundesregierung, dass die EnEV zu gleichen Teilen durch Gebäudehülle und Anlagentechnik plus Solaranlage verschärft wird, fällt die tatsächliche Verschärfung der $H_T$`-Anforderungen schwächer aus als wirtschaftlich für sinnvoll erarchtet wird. Die politische Durchsetzbarkeit von Verschärfungen hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Flexibilität im ausreichenden Maße erhalten bleibt.

Vor allem beim Neubau besteht aus ökologischen und ökonomischen Aspekten die Möglichkeit, dass ab 2009 schrittweise die Anforderungen an H_T` so angehoben werden, dass bis 2015 – also bei der dritten Verschärfungsstufe – der Passivhausstandard gefordert wird. Aus diesem Grund sollten für den Neubau die $H_T$`-Werte des Referenzgebäudes der EnEV 2009 als Grenzwerte herangezogen werden. Dadurch würde sich über die berechneten Beispielwohngebäude eine 25%ige Verschärfung der H_T'-Werte gegenüber 2007 ergeben.

Betreffend der Sanierungsvorschriften in der EnEV 2009 für Bestandsgebäude müssen zwingend Veränderungen im Novellierungsentwurf vorgenommen werden. Während die Bauteilanforderungen bei einzelnen Bauteilsanierungen bereits sehr ambitioniert und auf den aktuellen Stand der Technik angepasst wurden, verzichtet die EnEV bei Generalsanierungen gänzlich auf einen Gebäudehüllen-basierten Grenzwert. Die derzeit geplante Festlegung lediglich eines Primärenergiegrenzwertes (das 1,4-fache des Primärenergiegrenzwertes bei Neubauten) könnte somit dazu führen, dass Dämmmaßnahmen nicht oder in schlechterer Qualität durchgeführt werden. Dadurch werden Gebäudestandards und somit auch Energiebedarfswerte für einen Zeitraum von mindestens 40 Jahren festgelegt. Deshalb plädieren die Autoren dafür, dass im Novellierungsentwurf 2009 ein Grenzwert für H_T`aufgenommen wird. Es kann dazu – analog zur Primärenergie bzw. zur aktuellen EnEV – das 1,4-fache des $H_T$`-Grenzwertes für den Neubau angenommen werden.

Weitere Verschärfungspotenziale im Rahmen der EnEV bestehen im § 14 zu den Verteileinrichtungen und Warmwasseranlagen. Beispielsweise sollte in diesen Paragraphen eine Anforderung bezüglich eines hydraulischen Abgleichs für Neubauten und bei bestimmten Reparatur- bzw. Austauscharbeiten bei Bestandsheizungen integriert werden. Zudem könnten die Effizienzanforderungen an die Heizungs- und Zirkulationspumpen angehoben werden, indem hocheffiziente EC-Motorpumpen und Regelungen bei allen Umwälzpumpen, unabhängig der Wärmeleistung, gefordert werden.

Die Autoren plädieren dafür, dass frühzeitig zukünftige Entwicklungen aufgezeigt werden. Deshalb ist die Integration einer konkreten Zielsetzung, Passivhausstandard im Neubau ab 2015 (ein Votum aus dem Expertenworkshop zur Verzahnung im Gebäudebereich) in Gesetze und Verordnungen umzusetzen, notwendig.

Ad 4: Anpassung

In Bezug auf einige Energieträger, zum Beispiel Biomasse, Bioöle oder Fernwärme, ist die derzeitige primärenergetische Bewertung als kritisch zu betrachten. Gleiches gilt für Wärmepumpensysteme, bei denen anhand theoretischer Jahresarbeitszahlen entscheidend auf den End- und Primärenergiebedarf eingewirkt werden kann. Um die Kompensationsmöglichkeit von Effizienzmaßnahmen durch erneuerbare Energieträger gerade bei Biomasse, die ja auch einen begrenzt verfügbaren Rohstoff darstellt, zu begrenzen, ist die **Abänderung des Primärenergiefaktors der Biomasse** notwendig. Insgesamt sollte bei der Festlegung von Primärenergiefaktoren stärker zwischen endlich und unendlich verfügbaren Energieträgern unterschieden werden.

Sowohl ein Primärenergiefaktor von 1 (Biomasse wird im wesentlichen wie ein fossiler Rohstoff behandelt) ist problematisch, da dann beispielsweise Pellet-Heizungen schlecht abschneiden würden, weil sie technisch bedingt einen geringeren Wirkungsgrad haben als Gasheizungen. Aber auch ein Primärenergiefaktor von 0 oder 0,2 ist nicht zielführend, weil sich umgekehrt Bauherren auf Pelletheizungen konzentrieren würden und im Extremfall sogar ganz auf Dämmmaßnahmen verzichten könnten. Neben der Wiedereinführung des H_T`-Grenzwertes bei den Bestandsanforderungen ist die Einführung eines Biomasse-Budgets (eine Idee, die vom IWU vorgeschlagen wurde) denkbar: bis zur Ausschöpfung dieses Budgets, d.h. eines Zielwertes in Kilowattstunden Endenergie pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr, würde der erneuerbare Primärenergie-Anteil der Biomasse wie bisher nicht auf den Primärenergiebedarf des Gebäudes angerechnet. Für jede Kilowattstunde, um die das Budget überschritten wird, wird dann aber der gesamte Primärenergieinhalt (erneuerbar und nicht erneuerbar) angesetzt. (Diefenbach 2002)

Ein ähnliches Problem besteht bei den Fernwärme-Primärenergiefaktoren. Durch die zur Festlegung der Faktoren angewandte Gutschriftenmethode kann es dazu kommen, dass Faktoren von 0,0 erreicht werden können. Unter den derzeitigen Bedingungen im Novellierungsentwurf der EnEV 2009 würde das auch bedeuten, dass beispielsweise auch bei fernwärmeversorgten Gebäuden keine Qualitätsanforderungen der Hülle eingehalten werden müssten. Hier ist es unbedingt notwendig, dass alternative Allokationsmethoden, beispielsweise die Gesamteffizienzmethode des IWU, die Finnische Methode oder die Exergetische Methode zur Anwendung kommen.

Bei Wärmepumpen, die mit Strom betrieben werden, sollten ebenfalls Vorkehrungen getroffen werden, die eine zu positive Berücksichtigung im End- und Primärenergiebedarf verhindern. Vor allem bei Bestandsgebäuden mit höheren Heizungsvorlauftemperaturen, die die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe nachhaltig beeinflussen, müssen Sicherheiten eingeführt werden.

Abschließend sei jedoch noch erwähnt, dass die dargestellten Lösungsvorschläge bei der primärenergetischen Bewertung nicht notwendig wären, wenn die Anforderungen der EnEV in eine klare Richtung weisen würden: nämlich in Richtung Verschärfung und Reduzierung des Heiz- und Endenergiebedarfs.

Tabelle 6.30: Zusammenfassung der Energiebalance-Vorschläge zur Weiterentwicklung der EnEV und des EEWärmeG

Energiebalance-Vorschlag		
Vorschlag	**Beschreibung**	**Umgesetzt?**
Zielsetzung		
Definition eines sektoralen Endenergie-Einsparziels	Für die Ausgestaltung weiterer Anreizsysteme zur Erhöhung Sanierungsrate u. a. ist die Definition eines sektoralen Einsparziels beispielsweise den mittleren Endenergiebedarf des Gebäudebestands hilfreich.	X
Definition einer Roadmap	Die Autoren plädieren dafür, dass frühzeitig zukünftige Entwicklungen aufgezeigt werden. Deshalb ist die Integration einer konkreten Zielsetzung (Passivhausstandard im Neubau ab 2015 und EnEV 2007 minus 40% für den Bestand) in die EnEV bzw. das EnEG notwendig.	X
Entflechtung		
Konkretisierung der Zielsetzung im Rahmen der EnEV und des EEWärmeG	Inhaltliche Überschneidungen sollten bereits in der Zielsetzung der Instrumente verhindert werden. Vorrangiges Ziel der EnEV sollte es sein, den Endenergiebedarf insgesamt zu beschränken, während das EEWärmeG regeln soll, wie dieser Energiebedarf gedeckt wird.	X
	Dementsprechend sollte die EnEV den Heiz- und Endenergiebedarf eines Gebäudes beschränken, während im Rahmen des EEWärmeG beispielsweise über eine Primärenergieanforderung der Einsatz von erneuerbaren Energien gefordert wird.	X
Rücknahme der Solaranlage aus dem Referenzgebäudeverfahren in der EnEV 2009	Durch die Solaranlage kommt es zu einer überproportional stärken Verschärfung der Primärenergieanforderungen im Vergleich zur Verschärfung der H_T`-Anforderung	X
Vereinfachung		
Vereinfachung der EnEV-Anforderungen im Wohngebäudebereich	Aufgrund der Vielfalt der beteiligten Akteure sollten die Anforderungen (vom H_T` zu einem Heizenergiebedarf) sowie das Bilanzierungsverfahren (keine Din 18599) vereinfacht werden.	X
Verschärfung		
Verschärfung der H_T`-Anforderungen (bzw. des spezifischen maximalen Heizwärmebedarfs)	Damit sowohl die EnEV als auch das EEWärmeG eigene Klimaschutzwirkungen entfalten können, ist zudem eine Verschärfung des H_T`-Grenzwerts beim Neubau notwendig. Als Orientierung könnte der Grenzwert des Referenzgebäudes dienen.	X
Wiedereinführung eines H_T`-Grenzwerts bei Bestandsgebäuden	Es ist dringend erforderlich, dass bei Bestandsgebäuden ein Grenzwert für H_T` wieder eingeführt wird. Ansonsten besteht die Möglichkeit, dass Dämmmaßnahmen nicht oder in schlechter Qualität durchgeführt werden können.	X[84]
Verschärfung bei Anlagentechnik	Im § 14 der EnEV bestehen weitergehende Verschärfungsmöglichkeiten (z.B. Anhebung der energetischer Anforderungen für Umwälzpumpen / Integration von konkreten Anforderungen für den hydraulischen Abgleich).	X
Anpassung		
Weiterentwicklung von Rahmenbedingungen für Primärenergiefaktoren	Unter den aktuellen und geplanten EnEV-Bedingungen erscheint es als notwendig, dass beispielsweise ein Biomassebudget eingeführt wird. Zudem muss die Berechnungsmethodik für Fernwärme-PE-Faktoren überarbeitet werden.	X

[84] Nach Redaktionsschluss wurde ein Grenzwert für den Bestand eingeführt.

Workshopbox 2

Workshop „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich – Gebäudevision 2020“ → Ein Blick in die weitere Zukunft

Abbildung 6.58: Workshop-Teilnehmer Kassel am 15.1.2008

Im Rahmen eines Workshops im Januar 2008 wurde mit Architekten, Ingenieuren, Vertretern der Wohnungswirtschaft, Kreditanstalten und Ministerien der Blick in die weitere Zukunft im Gebäudebereich gewagt. Rund 30 Teilnehmer haben einen Tag lang über die unterschiedlichen Verzahnungsaspekte diskutiert, die sich auf technischer und organisatorischer Ebene, aber auch bei den Akteuren selbst ergeben. Einige der in diesem Workshop erarbeiteten Vorschläge sind bereits in die Vorschläge für die Weiterentwicklung der EnEV und des EE-WärmeG eingegangen, beispielsweise der Wunsch nach einer **deutlichen Verschärfung des H_T`-Grenzwertes** bei gleichbleibender oder nur geringfügig verschärfter Primärenergieanforderung.

Gefordert wurde auch eine **regelmäßige Verschärfung der EnEV-Anforderungen**, entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklungen, die jedoch bereits jetzt durch Zielsetzungen in der Zukunft (**2015 Passivhausstandard für Neubau und EnEV 2007 minus 40 % für den Bestand**) vorausschauend fixiert werden sollte.

Als weiterer Punkt wurde die **Berechnungsmethodik** der EnEV sowie der DIN 18599 und des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) diskutiert. Insgesamt wurde für diesen Bereich ein deutliches Signal zur Vereinfachung und Vereinheitlichung der Berechnungsvorschriften gegeben. Wird beispielsweise PHPP angewandt und danach ein Energiebedarfsausweis für das Gebäude ausgestellt, ergeben sich gravierende Unterschiede im spezifischen Endenergiebedarf. In der Praxis sind diese Unterschiede besonders kontraproduktiv. Eine Übertragung der Berechnungsvorschrift DIN 18599 auf die Wohngebäude erschien den Teilnehmern als unpraktikabel und nicht vollzugsfähig. Als Alternative für den Wohnungsbau wurde die Anregung eingebracht, analog zur PHPP-Berechnung H_T` als Kenngröße gegen einen spezifischen Heiz- und Endenergiebedarf zu ersetzen und somit in der **EnEV Primärenergie-, Heizenergie- und Endenergiebedarfsanforderungen** zu stellen.

Im Rahmen der stufenweisen Anpassung der EnEV könnte auch eine **Nachrüstpflicht** zum Austausch von **einfachverglasten Fenstern** aufgenommen werden. Da es sich hier um eine Maßnahmen mit relativ hohen Investitionskosten handelt, müsste gleichzeitig dafür eine spezielle Zuschuss- und Kreditförderung im Rahmen einer Einzelmaßnahme bei der KfW aufgelegt werden.

Während Kesselanlagen in regelmäßigen Abständen durch den Schornsteinfeger geprüft werden und Protokolle zur Betriebsbescheinigung ausgefertigt werden, wird die **Heizungsverteilstruktur** nicht in regelmäßigen Abständen überprüft, obwohl auch hier bei veralterten

Systemen hohe Einsparpotenziale bestehen. Sinnvoll wäre es, Methoden zu entwickeln und in Gesetzen festzulegen, die eine regelmäßige Prüfung der Heizungskurven-Einstellungen, der Pumpeneffizienz und der hydraulischen Funktionalität ermöglichen. Diese unabhängige Kontrolle kann somit feststellen, ob es wesentliche Veränderungen in den Heizkreisläufen gibt, ob Aggregate ausgetauscht wurden und ob bei Veränderungen die optimalen Betriebsbedingungen wieder hergestellt wurden.

Flankierende Maßnahmen:

- Stärkung der Planungssicherheit für die Akteure im Baubereich wie auch Hersteller von Baustoffen durch konkrete Festlegung einer „Road Map“ für energetische Anforderungen im Neubau und bei Bestandssanierungen.
- Ausweitung der Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Architekten, Bauingenieure, Haustechniker, Planer und Handwerker im Bereich energiesparendes Bauen und Sanieren.
- Entwicklung von gezielten Maßnahmen zur Markteinführung von Passivhauskomponenten.
- Entwicklung von effizienteren Technologien zur Warmwasserbereitung sowie von Alternativen zur Bekämpfung von Legionellen.
- Förderung oder Forderung von Qualitätssicherungsmaßnahmen bei Bauprojekten.
- Novellierung der Heizkostenverordnung und Ermöglichung von Warmmietenmodellen, wodurch bei besonders gut gedämmten Gebäuden die Abrechnung wesentlich vereinfacht werden kann.
- Weiterentwicklung der HOAI in Teilbereichen (z.B. in den Teilen II, IX und X), da durch die gestiegenen Anforderungen diese nicht mehr den Anforderungen entspricht. Folgende Änderungen sollten Berücksichtigung finden: höhere Beratungsaufwand, höherer Aufwand für Nachweisverfahren nach EnEV, Einführung einer Leistungsphase 10, Nachbetreuung, Betriebsoptimierung und Nutzerschulung.
- Weiterentwicklung der VDI 2067 bezüglich langfristiger Wirtschaftlichkeitsbewertungen sowie alternativer Berechnungsmethoden (z.B. Bewertung von Einsparkosten, etc.).
- Anpassung der KfW-Förderung auf die erhöhten EnEV-Anforderungen
- Entwicklung spezieller Förderprogramme für hocheffiziente Sanierungsmaßnahmen im sozialen Mietwohnungsbau.
- Unterstützung von Modellvorhaben „EnEV minus 50% bei städtebaulichen Quartieren“.
- Einführung eines verpflichtenden Energieportfolio-Managements für Wohnungsbaugesellschaften, oder eines Energieverbrauchs- oder CO2-Emissions-Benchmarks (angelehnt an das System des durchschnittlichen Flottenverbrauchs). Minderungsziele sollten aufbauend auf diesem Benchmark vereinbart werden.

Teilnehmerliste und Tagesordnung befinden sich im Anhang 11.6.

6.5.4 Marktanreizprogramm MAP

Ziel des Marktanreizprogramms ist es, in Anbetracht begrenzter Verfügbarkeit fossiler Energieressourcen und des Umwelt- und Klimaschutzes den Deckungsanteil der erneuerbaren Energien speziell im Bereich der Wärmeversorgung im Energiemarkt zu erhöhen (MAP 2007).

Wirkmechanismus ist die gezielte Förderung von Technologien der erneuerbaren Energien durch Investitionsanreize, um so eine nötige Verbesserung der Wirtschaftlichkeit zu erzielen und Vermarktungsmöglichkeiten gegenüber etablierten Technologien in Zukunft zu sichern. Varianten der Förderungen sind direkte Investitionszuschüsse, die i.d.R. bei kleinen Anlagen gewährt werden, oder Zuschüsse zur vorzeitigen teilweisen Tilgung von langfristigen zinsgünstigen Darlehen bei größeren Anlagen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, im Rahmen eines „Innovationsbonus“ verstärkt finanzielle Unterstützung für besonders innovative Verfahren zu erhalten, um Anreize für deren Marktentwicklung zu schaffen. Seit der MAP Richtlinie vom 5.12.2007 kann außerdem durch einen Effizienzbonus eine stärkere Verzahnung von erneuerbaren Energien und Maßnahmen der Energieeffizienz erreicht werden.

Im Entwurf des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes ist das MAP auch gesetzlich verankert. Das Budget des MAP wurde für das Jahr 2008 und die Folgejahre aufgestockt. Quantitative Zielsetzungen wie z.B. das „100.000-Dächer-Programm“ existieren für das MAP nicht, weshalb die Zuwendungen so lange ausgezahlt werden, bis die Mittel des jeweiligen Finanzjahres erschöpft sind. Die Mittel hierfür werden aus den Erlösen von Emissionszertifikaten gedeckt. Ab 2009 werden bis zu 400 Millionen Euro bereitgestellt.

Die Förderung zielt auf den Einsatz entsprechender Technologien durch den Endverbraucher wie Privatpersonen, kleine gewerbliche Unternehmen und gemeinnützige Investoren ab, wovon i.d.R. auch vorgeschaltete Akteure wie Handwerker, Planer, Händler und Hersteller profitieren. Förderberechtigt sind daneben auch mehrheitlich kommunale Unternehmen, Kommunen, gemeinnützige Investoren und Großunternehmen bei besonderer Förderwürdigkeit.

Zuwendungen werden im Auftrag des BMU vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) nach Einreichung eines Antrages gewährt und Darlehenszuschüsse über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) abgewickelt. Ob der Antrag vor oder nach Baubeginn bewilligt werden muss, um eine Förderung zu erhalten, ist vom jeweiligen Vorhaben abhängig. Einen Rechtsanspruch auf die Zuwendung gibt es jedoch nicht.

Förderfähig sind die Errichtung und Erweiterung von:

- Solarkollektoranlagen,
- Anlagen zur Verbrennung von fester Biomasse für die thermische Nutzung,
- effiziente Wärmepumpen,
- Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie für die thermische Nutzung und zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung (KWK),
- Nahwärmenetze und
- besonders innovative Technologien zur Wärme- und Kälteerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Die Förderfähigkeit und Fördersätze sind an im MAP beschriebene Bedingungen geknüpft.

Das MAP wird in Anbetracht technologischer Entwicklung, Umweltstandards und Richtlinien ständig überprüft und evaluiert und jährlich, bzw. bei dringendem Novellierungsbedarf auch zu andern Zeitpunkten an die gegebene Marktsituation angepasst.

Verzahnung von erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz (EF) im MAP 2008

Eine implizite Kopplung von EE und EF im MAP findet bereits dann statt, wenn z.B. ein hoher Dämmstandard die Effizienz von Solaranlagen und Wärmepumpen durch geringe Vorlauftemperaturen erhöht. Durch festgelegte technische Vorgaben waren darüber hinaus bereits im MAP vor 2007 Mindestanforderungen an EE-Anlagen gestellt (siehe Tabelle am Ende dieses Kapitels). Während der Projektlaufzeit hat das Energiebalance-Projekt verschiedene Vorschläge für eine Aufnahme im MAP unterbreitet. U. a. wurden konkrete Bonusförderungen integriert, wodurch die Kombination von EE-Anlagen mit effizienten Peripheriegeräten gefördert werden soll. In diesem Förderbereich werden beispielsweise hocheffiziente Umwälz- und Kollektorkreispumpen sowie Abgaskondensationsanlagen bei Biomassekesseln gefördert.

Mit der Einführung dieser Effizienz-Boni sowie weiterer neuer Fördertatbestände in der MAP-Richtlinie vom 5.12.2007 sind somit auch explizite Verbindungen zwischen EE und EF enthalten, die z. T. im Rahmen des Projektes Energiebalance entstanden sind. Dieses Kapitel dokumentiert und begründet diese Vorschläge und wirft einen Blick auf eine mögliche perspektivische Fortentwicklung.

Förderung besonders effizienter Pumpen

Wie in Kapitel 6.3.3 dargestellt, haben sich besonders effizienten Pumpen – Umwälzpumpen wie auch Solarkreispumpen – noch nicht als Standardkomponente für Heiz- und Kollektorsysteme im Markt etabliert. Hemmnisse sind in erster Linie deutlich höhere Investitionskosten, die damit einher gehende Präferenz der Hersteller, reguläre Pumpen in Kompaktsystemen und Solargruppen zu verwenden, eine reservierende Haltung des Handwerkes gegenüber der komplizierteren Einregelung und mangelnder Informationsfluss zum Kunden. Neben einer Einbauprämie pro installierter Pumpe für den Handwerker sind direkte Investitionszuschüsse für den Endanwender, aber auch für die Hersteller von Systemgruppen als Förderinstrument denkbar. Zudem könnten Marketingkampagnen über die Vorteile solcher Pumpen informieren und das Interesse bzw. Verständnis bei Haus- und Wohnungsbesitzern fördern.

Umgesetzt in der Fassung des MAP vom 5.12.2007 wurde ein Investitionszuschuss von 200 € für besonders effiziente Umwälzpumpen eines Heizsystems, welche das freiwillige Energielabel der Klasse A tragen bzw. deren Bedingungen erfüllen. Zudem ist ein Nachweis über einen gemäß VOB/C - DIN 18 380 getätigten hydraulischen Abgleich zu erbringen. Solarkollektorpumpen werden mit 50 € pro Pumpe gefördert.[85]

Umrüstung von Heizungsanlagen

Um einer weiteren Überalterung konventioneller Heizsysteme in Deutschland entgegenzuwirken und somit deren Effizienz zu steigern, wurde überlegt, moderne Brennwerttechnikkessel auf Gas- und Ölbasis zu fördern, wenn ein Heizsystem in Verbindung mit dem Bau einer Solarkollektoranlage ausgetauscht wird. Eine gewünschte Verzahnung erneuerbarer

[85] Siehe MAP Artikel 11.1.2.4

Energien mit einer Effizienzsteigerung der Kesselanlagen würde auch hier zustande kommen; vielfach können Nutzungsgrade der Anlagen von zuweilen unter 80 % auf deutlich über 90 % durch Einbau neuer Anlagentechnik gesteigert werden. Im Zusammenhang mit diesem „Kombinationsbonus“, der in der MAP-Richtlinie vom 5.12.2007 unter Punkt 11.1.2.1 umgesetzt wurde, sind verschiedene Aspekte in der Diskussion um die Entwicklung der Förderrahmenbedingungen berücksichtigt worden:

Zusätzlichkeit. Es stellte sich die Frage, ob ein solcher Anreiz überhaupt notwendig ist, da die Vermutung bestand, dass beim Bau einer Solarkollektoranlage i.d.R. auch der Kessel mit ausgetauscht bzw. mit der Erneuerung des Kessels auch eine Solarkollektoranlage installiert werden würde. Laut Aussagen des BDH werden in der Tat die überwiegende Anzahl an Solaranlagen im Zusammenhang mit einem Kesseltausch installiert (rd. 80 %).

Recherchen bei größeren Heizkesselherstellern ergaben jedoch, dass diese Zahl auch deutlich geringer ausfallen kann. Bei Viessmann beispielsweise geht nur 51 % der Solarkollektorinstallationen dieser Firma mit einem Kesseltausch einher. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es sich bei dieser Zahl um den Verkauf beider Komponenten von einem Hersteller geht. Wie viele Systeme mit Komponenten von verschiedenen Herstellern errichtet wurden, konnte hierbei nicht erfasst werden. Somit sind die 51 % als unterer Richtwert anzusehen. Genauere Informationen gab es von BBT Thermotechnik GmbH, welche die Werte von Buderus und Vaillant bereitstellte. Demnach liegt der Anteil derjenigen, die beim Bau einer Sonnenkollektoranlage der Firma einen Kessel tauschen, bei ca. 40 %. Weitere 40 % der Sonnenkollektoranlage werden ohne Kesseltausch und 20 % direkt beim Neubau in Verbindung mit einer neuen Heizungsanlage errichtet. Umgekehrt werden bisher bei nur 10 % des Austauschs von Heizkesseln Sonnenkollektoranlagen errichtet.

Aus diesen Zahlen lässt sich ableiten, dass die Förderung in angedachter Form dazu führen kann, einen Impuls zur Erneuerung des Kesselbestandes zu geben (Effizienz) und den Ausbau von erneuerbaren Energien voranzutreiben. Außerdem kann sich durch einen solchen Kombinationsbonus u. U. ein **zeitlicher Vorzugseffekt** ergeben, der durch die frühere Realisierung eines Kesseltauschs eine Reduktion der absoluten CO_2-Emissionen bewirkt. Zudem kann der Bestand an Anlagen, welche die gesetzlichen Anforderung der **Abgaswerte** nicht mehr einhalten können, schneller reduziert werden, weil die Geräte vorzeitig ausgetauscht werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint ein zusätzlicher Bonus zur Installation einer effizienten nicht-erneuerbaren Neuanlage in Kombination mit Solarthermie als sinnvoller Beitrag für einen Modernisierungsschub im Heizkesselmarkt. Seitens des Energiebalance-Projektteams wurde vorgeschlagen, als „effiziente nicht-erneuerbare Neuanlage“ Öl- und Gaskessel mit Brennwertnutzung sowie Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einer JAZ von mehr als 3,1 zu definieren und außerdem den Bonus nicht zu gewähren, wenn ein Energieträgerwechsel von Gas zu Öl stattfindet. Der Vorschlag, Luft/Wasser-Wärmepumpen in den Kombinationsbonus zu integrieren[86], hat sich in der aktuellen Fassung des MAP nicht durchgesetzt; stattdessen wurde für die Luft/Wasser-Wärmepumpe ein eigener Fördertatbestand geschaffen.

In der Fassung des MAP für 2008 wird bei der Erstinstallation von Solarkollektoranlagen zusätzlich zur Solarförderung ein Bonus in Höhe von 750 € für den Austausch eines alten Gas- oder Ölkessels ohne Brennwerttechnik durch einen Gas- oder Öl befeuerten Brennwertkes-

[86] Sole-Wasser-WP sollten weiterhin ein eigener Fördertatbestand bleiben.

sel gewährt.[87] Die Autoren sehen diesen Wert insgesamt als zu hoch an.[88] Auch wurde der Austausch eines Gaskessels zu einem Ölbrennwertkessel nicht explizit unterbunden. Auch wenn ein Wechsel von Gas auf Öl-Brennwert unvorteilhaft erscheint (Gaskessel sind wesentlich preiswerter und benötigen keinen Öltank), sollte bei vorhandenem Gasanschluss diese Option zukünftig ausgeschlossen werden, da ein solcher Wechsel die CO_2-Emissionen erhöhen würde.[89]

Effizienzbonus

Seitens BMU wurde der Vorschlag gemacht, im Rahmen eines „Effizienzbonus“ die Fördersätze für bestimmte Technologien zu erhöhen, wenn Gebäude besondere Effizienzmerkmale aufweisen (Unterschreitung von HT’ um 0 (Gebäude vor 1995) bzw. 30 % in Stufe 1; Unterschreitung von HT’ um 30 (Gebäude vor 1995) bzw. 45 % in Stufe 2). Das Energiebalance-Forschungsteam hat diesen Vorschlag begrüßt. Im Rahmen der MAP-Richtlinienüberlegungen wurde die Frage aufgeworfen, ob dieser Bonus auch für bereits durchgeführte Sanierungen gewährt werden soll. In diesem Zusammenhang argumentiert das Projektteam von Energiebalance:

- Es ist sachlich nicht vermittelbar, warum engagierte Früh-Sanierer „bestraft“ werden (auch bei anderen Politikinstrumenten wird Early Action anerkannt).
- Im Gegenteil muss bei Objekten, die bereits auf einem hohen Gebäudestandard sind, ein besonderer Anreiz geschaffen werden, damit „noch mehr“ gemacht wird, da durch die Sanierungsmaßnahmen die Energiekosten bereits deutlich gesenkt und das „ökologische Gewissen“ entlastet wurde. Es besteht also weniger Handlungsdruck durch hohe Energiekosten und eine schlechte Gesamtbilanz des Hauses.
- Die höheren spezifischen Kosten von kleineren (EE-)Heizungen für Gebäude mit hohem Dämmstandard (eine 5 kW-Heizung für ein hoch gedämmtes Gebäude ist spezifisch teurer als eine 12 kW-Heizung; vielfach werden sogar die gleichen Geräte eingesetzt, so dass absolut die gleichen Investitionskosten anfallen) sind unabhängig vom Zeitpunkt der Sanierung.
- Eine Abgrenzung einer „neuen Sanierung“ dürfte bei sukzessiver Sanierung schwierig sein (beispielsweise Endsanierung eines teilsanierten Hauses).
- Von einem Bonus für bereits sanierte Häuser dürften nur wenige profitieren, da (1) die Anforderungen bereits relativ streng sind und (2) viele derjenigen, die dermaßen ambitioniert saniert haben, auch bereits über EE-Anlagen verfügen.

Förderung von Nahwärmenetzen und Hausübergabestation

Die Förderung von Nahwärmenetzen ist ein ausgesprochen wichtiger Baustein der Ausgestaltung eines zukünftigen Wärmemarktes. Die Förderhöhe pro Trassenmeter und Hausübergabestationen wurde durch das MAP-Evaluierungsteam hinreichend begründet und abgeleitet.

Im Rahmen des Projektes Energiebalance wurden zwei Aspekte vorgeschlagen:

[87] Siehe MAP Artikel 11.1.2.1

[88] Seitens der Forschungsnehmer waren 500 € vorgeschlagen worden.

[89] CO_2 Ausstoß Gas alt: 275 bis 300 g CO_2/kWh_{th}, Öl-Brennwert rd. 310 g/kWh_{th}

Ableitung einer differenzierten Förderanforderung

Im ursprünglichen Entwurf wurden 20 % Mindest-EE-Anteil für eine Förderung der Nahwärmenetze vorgeschlagen. Dies wurde im Lauf des Diskussionsprozesses in Frage gestellt.

In Abstimmung mit dem DLR wurde eine Zweiteilung dieser Anforderung vorgeschlagen:

> Förderfähig ist die Errichtung oder Erweiterung eines Wärmenetzes, das (a) zu mindestens 20 % aus solarer Strahlungsenergie gespeist wird, sofern ansonsten fast ausschließlich Wärme aus hocheffizienter KWK oder Wärmepumpen eingesetzt wird, oder das (b) zu mindestens 50 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien gespeist wird, sowie die Errichtung der Hausübergabestationen. Im Fall (a) ist Wärme aus einem fossil befeuerten Spitzenkessel bis zu einem Anteil von 10 % der eingespeisten Wärme zulässig.

Diese Formulierung wird der Tatsache gerecht, dass es eine Reihe von solaren Nahwärmesystemen gibt, die durch ergänzende Wärmebereitsteller versorgt werden. An diese werden zusätzliche Effizienzanforderungen gestellt, nämlich entweder hocheffiziente KWK gemäß EU-Richtlinie oder Versorgung aus einer Wärmepumpe. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich insgesamt eine signifikante Primärenergie-/Treibhausgas-Einsparung ergibt. Der Anteil der bereitgestellten Wärme aus Spitzenkesseln wird auf maximal 10 % begrenzt.

Effizienzbonus für Hausübergabestationen

Analog zum Effizienzbonus für Gebäude hat das Projektteam einen Effizienzbonus für Hausübergabestationen vorgeschlagen.

> *[Der Tilgungszuschuss für Hausübergabestationen] erhöht sich um weitere 1.200 €, wenn der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (HT´ in Abhängigkeit vom Verhältnis A/Ve) den in der EnEV (Anhang 1, Tabelle 1) angegebenen Höchstwert um mindestens 45% unterschreitet. Für diesen Effizienzbonus vermindern sich die vom Hausbesitzer / Eigentümer des Wohn- oder Nichtwohngebäudes zu tragenden Investitionskosten um die Hälfte des Betrags der Förderung.*

Diesem Vorschlag lag die Überlegung zu Grunde, dass durch hohe Effizienzstandards die Wirtschaftlichkeit der Nahwärmesysteme sinkt; vielfach werden Nahwärmenetze in hocheffizienten Gebäudesiedlungen nicht mehr realisiert. Durch einen Effizienzbonus kann diese Problematik teilweise ausgeglichen werden. Durch eine Aufteilung des zusätzlichen Effizienzbonus auf Hausbesitzer und Netzbetreiber wird sowohl ein Anreiz geschaffen, effiziente Gebäude zu konzipieren, als auch für den Nahwärmenetzbetreiber in Siedlungen mit hohen Gebäudestandards eine Nahwärmeinfrastruktur zu konzipieren.

Dieser Vorschlag wurde nicht in das aktuelle MAP übernommen.

Perspektivische Fortentwicklung des MAP

Das Marktanreizprogramm ist ein etabliertes und erfolgreiches Instrument der Bundesregierung und bildet neben dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) eine wesentliche Säule der Förderung erneuerbarer Energien. Vor dem Hintergrund, dass eine gesetzliche Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt nicht, wie ursprünglich geplant, für Bestands- und Neubauten, sondern nur für Neubauten im 2009 geplanten EE-Wärmegesetz vorgeschrieben wird, ist diese Aufwertung des MAP dringend notwendig.

Angesichts der stetig (z.B. mit den Klimaschutzherausforderungen) wachsenden und sich ändernden Anforderungen im Wärmemarkt (z.B. rückläufiger spezifischer Wärmebedarf und zugleich steigender Klimatisierungs-/Kältebedarf) macht es Sinn, sich bereits heute um Weiterentwicklungsperspektiven des MAP Gedanken zu machen. Zudem wird es für einen Teil der Fördertatbestände des MAP ab 2009 durch das geplante EE-Wärmegesetz eine Nutzungspflicht für Neubauten geben, wodurch die Schaffung neuer Fördertatbestände von erneuerbaren und effizienten Technologien zur Marktetablierung möglich wird.

Auf der Basis der bisherigen Förderziele eröffnen sich Chancen, mit Hilfe des Instrumentes entweder neue (ergänzende) Ziele anzusteuern oder zumindest Akzente in der Ausrichtung neu zu setzen:

- **Neue Anforderungen** können sich im Kontext des gesamten Energie- und Klimaprogramms daraus ergeben, dass über das Marktanreizprogramm solche Technologien adressiert werden (müssen), die über andere Fördermechanismen (z.B. EE-Wärmegesetz) nur schwer erreicht werden können (Gebäudebestand), die für die Ausgestaltung einer klimaverträglichen Energieversorgung aber von hoher Bedeutung sind. Zu den im MAP in diesem Sinne bereits verankerten Optionen gehört die regenerative Nahwärmeversorgung. Zukünftig könnten hier verstärkt Optionen der solaren Kühlung adressiert werden (über das in den bisherigen Richtlinien erfolgende Maß hinaus). Dem MAP vorgeschaltet erfordert dies im Sinne eines Technologieradars die regelmäßige Identifikation von förderungswürdigen/-notwendigen Technologien auf der Basis eines demand pull (welche gesellschaftlichen Anforderungen sind zu erfüllen und wie wirken sie sich für den Bereich der Wärmeversorgung aus) und technology push Ansatzes (welche Technologien sind soweit entwickelt worden, dass sie auf absehbare Zeit einen Beitrag leisten können).
- Mit der MAP-Richtlinie 2008 wird bereits versucht, vermehrt eine Brücke zu schlagen zwischen der Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz. Beide für den Klimaschutz notwendige Strategien werden heute in der Regel von unterschiedlichen Instrumenten adressiert, die sich gegenseitig sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Im Sinne der **Adressierung von Lücken in bisherigen Förderinstrumentarien** kann es zukünftig aber auch notwendig sein, neue Akzente in anderen als dem bisherigem Schwerpunktbereich erneuerbare Energien im Wärmemarkt zu setzen. Beispielhaft dafür kann die Abwärmenutzung (inkl. industrielle Abwärme) genannt werden, die durch hohe unausgeschöpfte Potenziale gekennzeichnet ist, die bisher nicht gezielt angesprochen werden. Die Einbeziehung der Abwärme in den Fördermechanismus des MAP stellt zwar einerseits einen Systemwechsel dar (und berührt zudem Kompetenzen verschiedener Bundesministerien), ist aber andererseits folgerichtig, wenn man das MAP zu einem **zentralen Steuerungselement für den Wärmemarkt insgesamt** machen will.
- **Chancen** liegen perspektivisch ggf. auch darin, das Marktanreizprogramm noch stärker als bisher zu einem **Innovationsmotor** (auch und gerade für Systemlösungen im Verbund mit Maßnahmen der Energieeffizienz) weiter zu entwickeln, wie dies heute über den Innovationsbonus schon ansatzweise erfolgt. In diesem Kontext ist aber nach dem Selbstverständnis des MAP zu fragen. Spätestens nach der Einführung des EE-Wärmegesetzes könnte eine wesentliche Rolle darin liegen, noch stärker als bisher als **wichtiges Bindeglied zwischen der Umsetzung in der Breite** (z.B. durch das EE-Wärmegesetz) **und der F&E-Förderung** zu wirken, in dem spezifische

Hemmnisse der Markteinführung gezielt adressiert und dadurch andere Instrumente ergänzt werden.

- In diesem Zusammenhang sollte auch der Instrumentenkontext (bisher nicht rückzahlbare Zuschüsse, zinsgünstige Kredite) auf den Prüfstand gestellt werden. Hierfür kann gezielt nach den bisherigen Lücken in der heutigen Förderlandschaft gesucht werden. Es zeichnet sich hierbei ab, dass heute in vielen Feldern eine Förderung des Schritts von der F&E und Technologieentwicklung im Labor hin zu den ersten Erfolgen im Markt fehlt, was z. B. durch eine **Förderung einer Kleinserienfertigung** (ggf. auch im Rahmen der Unterstützung von procurement-Maßnahmen) unterstützt werden könnte. Beispielsweise kann durch die Förderung einer Kleinserienfertigung durch gemeinschaftliche Aktivitäten Nachfrager-Hersteller den in Kapitel 6.3 beschriebenen Kleinstaggregaten zur Versorgung von Passivhäusern zum ersten Schritt zur Überwindung der Markteintrittsbarriere verholfen werden.

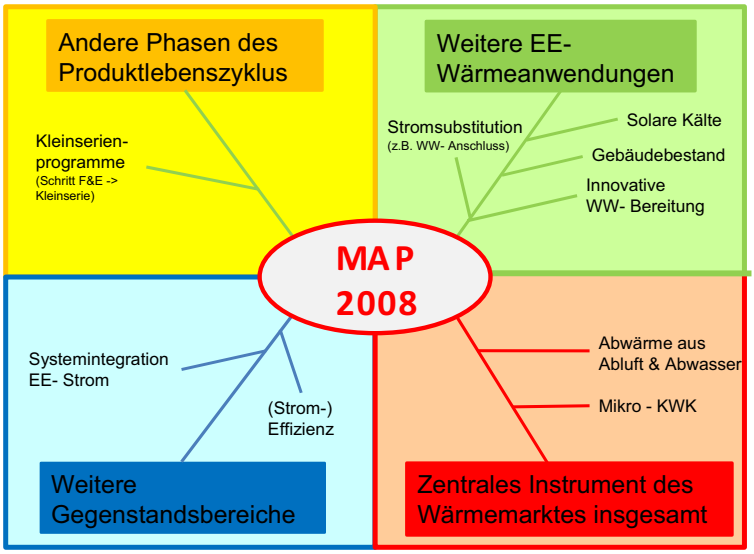


Abbildung 6.58: Ideen für Fortentwicklungsmöglichkeiten des MAP ausgehend vom MAP 2008 (eigene Darstellung)

Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnung kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden. Zu unterscheiden ist zunächst, ob Abwasser- oder Abluftwärmeströme genutzt werden. Besonders interessante Wärmequellen bestehen zum Beispiel bei Gewerbe- oder Industriebetrieben, die jedoch je nach Prozesstechnik in sehr unterschiedlichen Qualitäten (Temperatur, Menge, Verschmutzungsgrad etc.) anfallen. Eine weitere, weitgehend ungenutzte Wärmequelle ist das Abwasser in großen Sammelkanälen oder in Hausabwasseranschlüssen von Gebäuden mit hohem, kontinuierlichen Abwasseranfall wie z.B. Krankenhäuser. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, diese Abwässer in Schächten zu sammeln und mit speziellen Wärmetauschern die Wärme aus dem Hausanschluss-Abwasser zu entziehen. In diesem Bereichen handelt es sich um größere Anlagen mit unterschiedlichen Systemaufbauten und ggf. unter Einsatz von Wärmepumpen.

Eine Wärmerückgewinnung kann jedoch auch in Mehrfamilienhäusern oder in großen Gebäuden mit großen Abwassermengen durch einen einfachen Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher

erfolgen. Dadurch wird das Frischwasser mit Temperaturen von 8 bis 10°C mit der Energie des Grauwassers vorgewärmt.

Zudem besteht die Möglichkeit einer Wärmerückgewinnung im Rahmen von Lüftungsanlagen.

Ist Wärmerückgewinnung eine „erneuerbare Energie“?

Vgl. hierzu Pehnt 2008

Wärmerückgewinnung ist eine **„Brückentechnologie“ zwischen Effizienz und erneuerbaren Energien**. Die Rückgewinnung von Wärme aus dem Fortluftstrom von Gebäuden beispielsweise ist eine wichtige Maßnahme zur Senkung des Endenergiebedarfs für die Raumwärmebereitstellung. Es stellt sich daher die Frage, ob beispielsweise eine verbesserte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung nicht als Fördertatbestand in das MAP aufgenommen werden sollte. Dazu ist zunächst zu klären, ob es sich bei Abwärmerückgewinnung um eine „erneuerbare Energieform“ handelt, da sie dann originär in den Kreis der zu berücksichtigenden Technologien gehören würde.

(1) Abwärme = Ersatzmaßnahme; Umweltwärme = Erneuerbare Energie

Zunächst einmal erscheint es unplausibel, dass Abwärme auf einem höheren Temperatur- und damit Exergieniveau als Ersatzmaßnahme und nicht als erneuerbare Energie gem. EEWärmeG betrachtet wird, während dieselbe Wärme, „nach außen gelüftet“ und durch den Mischprozess mit kühlerer Außenluft abgekühlt, als „Umweltwärme“ und damit als erneuerbare Energie gilt, obwohl letztere unter Aufwand von Energie (z. B. Strom für elektrische Wärmepumpen) auf das Temperaturniveau der Gebäude gehoben werden muss.

(2) Abwärme ist regeneriert = „regenerativ“?

Es wird argumentiert, dass Wärmerückgewinnung zurückgeführte, also regenerierte = regenerative Wärme sei und nur beim ersten Anheizprozess eines Gebäudes externe Energie dafür eingesetzt wurde. Es ist unbestritten, dass Abwärme „regenerativ“ in diesem Sinn ist. Allerdings wird hier auf eine feine Differenz im Wortsinn zwischen „erneuerbar“, „regenerativ“ und „regeneriert“ abgestellt.[90]

(3) Ein Teil der regenerierten Abwärme ist erneuerbaren Ursprungs. Die Anteile schwanken je nach Gebäude. In jedem Fall aber steigert WRG den relativen Anteil erneuerbarer Energien; bei Zählung des regenerierten Anteils als erneuerbar ergibt sich auch eine deutliche Erhöhung des absoluten Anteils.

Ein Teil der zurückgeführten Energie stammt aus solaren bzw. inneren Gewinnen, vor allem menschliche Abwärme, die gewissermaßen ein Kuppelprodukt aus der biogenen Ernährung sind. Mit dieser Argumentation errechnet Paul hohe regenerative Anteile, wenn sowohl die rückgeführte Wärme als auch der Eintrag an menschlicher Abwärme und solarer Gewinne als erneuerbar gewertet werden. Eine Beispielrechnung in (Pehnt 2008) belegt, dass im Altbau der Anteil interner „biogener“ Gewinne (v. a. durch menschliche Abwärme) und solarer Einträge von rund 15 bis 19 % auf **23 bis 35 %** mit WRG (je nach Dämmstandard) angehoben werden kann, wenn man die rückgewonnene Lüftungswärme als erneuerbar mitzählt.[91] Im **Neubau 2005** ist bereits ohne WRG der Anteil interner Gewinne wesentlich höher. Durch WRG kann der Anteil erneuerbarer Energie von 23 und 25 % auf **37 bis 39 %** gesteigert werden, wenn man auch hier menschliche Abwärme[91], solare Gewinne und regenerierte Wärme zu Grunde legt.

(4) Kommen erneuerbare Heizungen zum Einsatz, so dient die WRG einer wesentlich effizienteren Nutzung der erneuerbaren Wärme. Außerdem ist WRG gut kompatibel mit dem Einsatz von Sonnenkollektoren.

In Kombination mit einer MAP-Anlage, die einen nennenswerten Anteil des Heizwärmebedarfs deckt, fungiert WRG wie eine „Effizienzmaßnahme“ der Heizung (analog Brennwertnutzung bei Biomassekesseln). Dies steigert die Rechtfertigung, WRG zu fördern, da dann dieselbe kWh eingesetzten erneuerbaren Brennstoffs (oder Solarenergie) einen größeren Nutzen erzielt, weil sie dem Gebäude wieder zugeführt wird.
In Gebäuden mit Sonnenkollektoren kommt hinzu, dass gerade dann, wenn der Ertrag aus Sonnenkollektoren gering ist, der Nutzen der WRG hoch ist.

(5) Fördert man jedoch WRG in Kombination mit MAP-Anlagen, wäre es widersinnig, diese nicht auch in Verbindung mit fossilen Heizungen zu fördern, da in diesen Einsatzfällen fossile Brennstoffe und CO_2-Emissionen eingespart werden.

[90] Eindeutig ist hingegen, dass die rückgeführte Abwärme nicht regenerativ im Sinne des §3 Abs. 3 EEWärmeG ist. Würde man hingegen „erneuerbar“ interpretieren im Sinne eines (erschöpflichen) Primärenergieinputs von 0, so wäre gem. DIN 4701-10 Abluft als Quelle zur Deckung des Heizwärmebedarfs erneuerbar, da sie dort ohne Primärenergiebezug bilanziert wird.

[91] Annahme: schätzungsweise 25 % der internen Gewinne biogenen Ursprungs

Die Maßnahme Einbau einer WRG senkt den Heizwärmebedarf und damit den Brennstoffbedarf erheblich. Eine solche Maßnahme ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer zukunftsfähigen Haustechnik.

(6) Eine Einzelförderung von WRG auch ohne EE-Heizung ist deshalb zu empfehlen, weil bei Sanierungsvorhaben der Einbau einer Lüftung mit WRG zeitlich vor der Gebäudedämmung erfolgen sollte.
Kommt es zu einer schrittweisen Sanierung, so ist der Einbau einer kontrollierten Lüftung mit WRG zeitlich sinnvoll vor einer Gebäudedämmung durchzuführen, um Bauschäden zu vermeiden. Damit die Förderung für die WRG wirksam wird, muss sie auch unabhängig von dem Einbau einer Heizung bzw. der Durchführung einer Sanierung eingebaut werden.

Wärmerückgewinnung aus lüftungstechnischen Anlagen

Die Rückgewinnung von Wärme aus dem Fortluftstrom von Gebäuden ist eine wichtige Maßnahme zur Senkung des Endenergiebedarfs für die Raumwärmebereitstellung. Neben der Energieeinsparung sind weitere Vorteile mit einer verbesserten Lüftungsanlage verbunden, u. a. die konstante Raumluftqualität, die Anpassung des Luftwechsels und die Abfuhr von Feuchtigkeit und Schadstoffen.

Wärmerückgewinnung basiert im Prinzip auf einem Wärmetauscherelement, das die Abwärme der Abluft aus einem Gebäude an die Außenluft überträgt und damit die Zuluft erwärmt (Abbildung 6.59). Der Wärmetauscher kann aus einem Plattenwärmetauscher, einem Rotationswärmetauscher, einem Kreislauf-Verbund-System oder anderen Konstruktionen bestehen.

Die Maßnahme Einbau einer WRG senkt den Heizwärmebedarf und damit den Brennstoffbedarf erheblich, da zum einen die Lüftungswärmeverluste gesenkt werden und zudem ein Teil der Abwärme aus der Fortluft rückgewonnen wird.

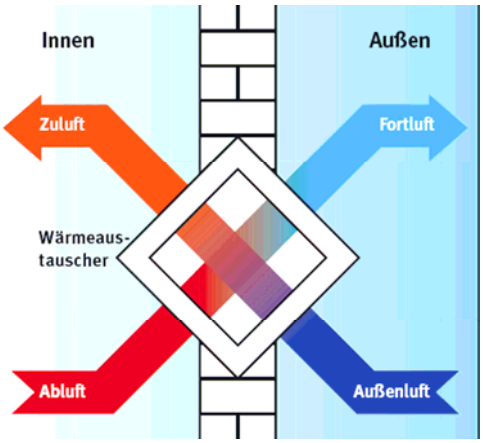


Abbildung 6.59: Grundprinzip der Wärmerückgewinnung

Das MAP könnte unterschiedliche Gerätekategorien fördern:

- *Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung ohne Wärmepumpe*

Luft wird aus Wohngebäuden abgesaugt. Ein Wärmetauscher entzieht dieser Abluft die enthaltene Wärme, bei guten Anlagen werden bis zu 90 % der Wärme entzogen.

Derzeit sind weniger als 5 % des Gebäudebestandes mit Wärmerückgewinnungsanlagen ausgestattet (FGK 2007).

- *Kompaktaggregate*

Kompaktaggregate sind speziell für hocheffiziente Gebäude konzipiert. Sie kombinieren die Wärmerückgewinnungsanlage mit einer Wärmepumpe zur Nachheizung der Zuluft und Erwärmung des Trinkwassers und decken so – ggf. in Kombination mit einer Solarthermieanlage – den gesamten Wärmebedarf des Hauses (siehe dazu Kapitel 6.4.1. Wärmepumpenkompaktaggregate)

- *Erhöhung der Wärmerückgewinnung bei großen Lüftungs- und Klimaanlagen (RLT-Technik)*

Derzeit sind nur etwa die Hälfte der Lüftungs- und Klimaanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Auch bei neu installierten Anlagen liegt dieser Anteil nicht signifikant darüber.

Eine Optimierung der RLT-Anlagen umfasst zum einen die Erhöhung des Wärmerückgewinnungsgrades, die Dimensionierung von Anlage und Rohrnetz sowie stromeffiziente Anlagenkomponenten (insbesondere Ventilatoren).

Dieser Vorschlag fördert die Mehrkosten durch energetische Optimierung auf die Effizienzklasse A+, die zu Beginn des Jahres 2009 eingeführt werden wird.

Versorgung von Niedrigstenergie- und Passivhäusern mit EE-Wärme

Niedrigenergie- (NEH) und vor allem Passivhäuser (PH) unterscheiden sich zu anderen Wohngebäuden dahingehend, dass der jährliche Heizenergiebedarf extrem reduziert wird und somit der Warmwasserbedarf zur entscheidenden Größe der Energieversorgung anwächst. Gleichzeitig wird die Heizlast der Gebäude auf max. 10 W/m² (beim Passivhaus) reduziert. Der Anteil der Warmwasserbereitung am Gesamtwärmebedarf eines Niedrigstenergie- bzw. Passivhauses steigt auf 60 bis 70 % an, während dieser beim Gebäudebestand bei nur rd. 12 % des gesamten Energiebedarfs liegt. Ist es für eine Heizungsanlage im Gebäudebestand mit Vorrangschaltung kein Problem, die Warmwasserversorgung sicherzustellen, müssen diese Anlagen in Passivhäusern größer dimensioniert werden, als es die notwendige Heizleistung verlangen würde.[92] Um bei weiterhin sehr kleiner Anschlussleistung (2-5 kW) eine komfortable Warmwasserbereitung sicherzustellen, ist die Installation eines großen Pufferspeichers unabdingbar, der in Verbindung mit einer Solarkollektoranlage bereits zur Standardausstattung zählt.

Vor allem im Einfamilienhausbereich bestehen somit sehr geringe Anschlussleistungen für die Energieversorgung. Um auch hier eine Verzahnung von EE und EF zu fördern, besteht der Bedarf an **kostengünstigen Kleinstaggregaten** auf Basis erneuerbarer Energien, die speziell im NEH- und PH-Bereich eingesetzt werden können. In diesem Bereich besteht weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei den Herstellern von Heizkesseln und Energieversorgungsaggregaten mit sehr kleinen Leistungsklassen. Außerdem sind **einfach konfigurierte saisonale Wärmespeicher** zweckdienlich, um den Anteil erneuerbarer Energien an der Hausenergieversorgung zu steigern.

Im Rahmen des MAP könnte sich ein Änderungsbedarf ergeben:

Für diese Anlagen mit geringeren Leistungsbereichen müsste die geforderte Mindestleistung beispielsweise bei Mini-Pelletöfen fallengelassen werden. Ggf. ist auch denkbar, neben erneuerbaren Wärmetechnologien Mini-Gasbrennwertkessel auf Flüssiggasbasis zu fördern,

[92] Im Gegensatz zum Passivhaus würde es im Gebäudebestand durch eine z.B. zweistündige Heizpause zu einer merklichen Abkühlung kommen.

wenn beispielsweise eine Kombination mit Herd- und Wäschetrockneranschluss vorliegt und so eine Stromsubstitution erfolgt. Zudem ist die Förderung der Wärmespeicher hinsichtlich extrem effizienter Gebäudekonzepte zu überarbeiten.

Substitution von elektrischer Energie in Haushaltsgeräten durch erneuerbare Wärme

Werden solarthermische Anlagen, Biomassekessel oder der Anschluss an ein Nahwärmenetz aus überwiegend erneuerbaren Energien oder KWK gefördert, könnte ein weiterer Bonus für Aggregate zum **Warmwasseranschluss der Waschmaschine**, der Spülmaschine oder anderer weißer Ware gefördert werden; ebenso wäre auch ein Fördertatbestand für **innovative Trocknertechnologie** denkbar (beispielsweise Trocknung im Abluftkanal von Lüftungsanlagen) sowie für die Umrüstung von **elektrischer Warmwasserbereitstellung**.

Diese Substitution von elektrischer Warmwasserbereitung ist besonders klima- und ressourcenschonend, da die Bereitstellung elektrischer Energie mit hohen Umweltwirkungen verbunden ist, obwohl der hohe Exergiegehalt des Stroms in diesen Anwendungen nicht annähernd ausgenutzt wird. Zudem geht ein Großteil des Strombedarfs beispielsweise von Waschmaschinen in die Wassererwärmung (rd. 80 %). Durch einen Warmwasser-Anschluss könnte diese Maßnahme zu einer deutlichen Primärenergieeinsparung führen.[93] Vorraussetzung sind kurze Leitungslängen, um ein Abkühlen des warmen Wassers zu verhindern. Eine MAP-Förderung könnte zudem das bislang sehr begrenzte herstellerseitige Angebot an Geräten mit WW-Anschluss erhöhen.

Innovative Kühlungssysteme

Erneuerbar bereitgestellte Wärme oder Prozess-Abwärme kann mit Hilfe von Absorptions- oder Adsorptionskälteanlagen in Kühlenergie umgewandelt werden. Diese Kälteproduktion kann sowohl zentral mit Aufbau eines Kälteverteilnetzes, aber auch dezentral durch einzelne Aggregate erfolgen. Kommt die Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus KWK-Anlagen, oder steht diese ggf. als Abwärme aus industriellen Prozessen zur Verfügung, ist eine Nutzung während der sommerlichen Monate sinnvoll und effizient. Im Rahmen des MAP werden momentan nur Solarkollektoren als Komponenten für solare Kühlungssysteme gefördert.

Bei der alternativen Kältetechnik handelt es sich um Querschnittstechnologien, die mit unterschiedlichen Wärmequellen oder –senken eingesetzt werden können. In der Tabelle 6.31 sollen die möglichen Kombinationen kurz dargestellt werden.

Tabelle 6.31: Optionen der alternativen Kältetechnik

	Kühlung mit Wärmequellen			Freie Kühlung	
Systeme	Absorption	Adsorption	Desiccant-Systeme (offene Verfahren)	mit Rückkühlwerk	mit Sole-Wasser-WP
Wärmequellen / -senken	Solarthermie, Abwärme aus Industrie oder Gewerbe, Wärme aus KWK, Fern- oder Nahwärme			Außenluft	Erdreich

[93] Bei einer wöchentlichen Waschladung pro Person ist eine PE- Einsparung von 72 kWh/a*P zu erwarten.

Als Grundlage für die Förderung von Kältetechnologien sollten vor allem bei Neubauprojekten folgende Grundvoraussetzungen definiert werden:

1. Ausrichtung des Gebäudes wurde bereits in der Planungsphase optimiert
2. Sonnenschutz-Maßnahmen wurden optimiert
3. Maßnahmen zur Reduzierung der internen Wärmelasten (energieeffiziente Beleuchtung und Bürotechnik) wurden umgesetzt

Sind diese drei Grundvoraussetzungen erfüllt, kann eine Förderung für effiziente Kühlgeräte gewährt werden.

Solare Kühlung

Besonders im Sommer, wenn vorhandene Abwärme durch geringen Bedarf nicht abgenommen wird, kann der ständig steigende Bedarf an Kühlung mit Hilfe erneuerbarer Technologien bedient werden. Solare Kühlung lässt sich mit unterschiedlichen Technologien realisieren. Zwei große Klassen von Verfahren lassen sich unterscheiden:

Die einen erzeugen kaltes Wasser, das zu verschiedenen Kühlzwecken eingesetzt werden kann (sog. Kaltwasserverfahren oder „geschlossene Verfahren“). In diesen Verfahren wird die Solarenergie in der Regel in Absorptionskältemaschinen eingesetzt.

In der zweiten Klasse von Kühlverfahren wird Luft gekühlt und entfeuchtet, die bei einem Lüftungssystem ohnehin aus hygienischen Gründen ausgetauscht wird (sog. „offene Verfahren“ oder „Desiccant“-Verfahren, Abbildung 6.60). In diesem Verfahren wird die angesaugte warme Umgebungsluft zunächst entfeuchtet, indem sie eine rotierende Walze, auf der ein stark poröses Material aufgebracht ist, auf einer Seite durchströmt. Der Wasserdampf in der Luft lagert sich an die poröse Oberfläche an und wird so dem Luftstrom entzogen. Die warme, nun trockene Zuluft gibt anschließend in einer weiteren rotierenden Walze (Wärmeübertragungsrotor) einen Teil der Wärme an den kühleren Abluftstrom ab. Dann wird in einem Luftbefeuchter Wasser in die entfeuchtete Frischluft eingesprüht. Das Wasser verdunstet und kühlt den Zuluftstrom weiter ab. Dies bringt auch die Luftfeuchte wieder auf ein angenehmes Niveau, und die frische Luft strömt schließlich in die Räume. Die Wärme aus dem Sonnenkollektor wird dazu benutzt, den angelagerten Wasserdampf wieder aus dem porösen Material der Entfeuchter-Walze auszutreiben.

Solar unterstützte Klimaanlagen sind gegenwärtig noch etwa 10 – 40 % teurer als konventionelle Anlagen. Es gibt jedoch ein großes Potenzial für technische Verbesserungen und damit Kostensenkungen. Eine Förderung über den Kollektor hinaus, also der Kältemaschine oder des Entfeuchtungs- und Wärmeübertragungsaggregates könnte diesem Markt einen weiteren Impuls geben.

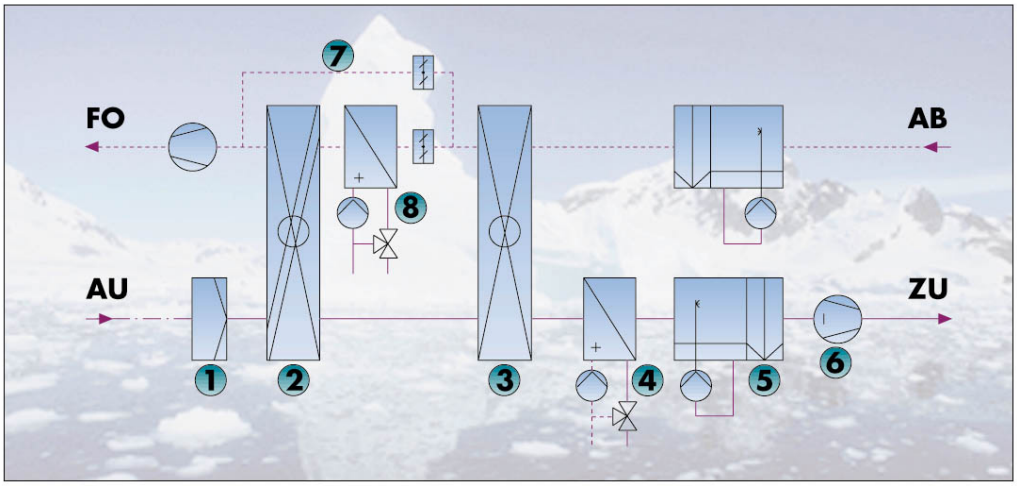


Abbildung 6.60: Prinzipbild Desiccant Cooling System (Quelle: EA-NRW 1998)

1 **Luftfilter**

2 **regenerativer Stoffübertrager**
in den Luftströmen rotierend
(im Sommerbetrieb zur Entfeuchtung der Außenluft mittels Adsorption)

3 **regenerativer Wärmeübertrager**
in den Luftströmen rotierend
(im Sommerbetrieb zur Vorkühlung der Außenluft)

4 **Lufterhitzer**
nur für Winterbetrieb

5 **Düsenbefeuchter**
zur adiabatischen Kühlung der Luft

6 **Radialventilator**

7 **Bypass**
zur Regelung der Anlage

8 **Lufterhitzer**
nur für Sommerbetrieb
(zur Erreichung der notwendigen Desorptionstemperatur; Betrieb ggf. mit Abwärme, Wärme aus KWK-Prozessen oder Solarwärme)

Kühlung mit Abwärme

Konventionelle Kälteerzeugungstechnologien wie z.B. die Kompressionskältemaschine benötigen große Mengen an elektrischer Energie, um die Kälte für Raumluft- oder Prozesskühlung zu erzeugen. Diese elektrische Energie kann in verschiedenen Anwendungsfällen durch Kälteerzeugung mit Abwärme in Absorptions- und Adsorptionsmaschinen substituiert werden. Besonders interessant werden diese Systeme, wenn die Abwärmenutzung die Effizienz der Gesamtsysteme erhöht. Diese Voraussetzungen sind beispielsweise bei Fern- und Nahwärmesystemen, aber auch bei dezentralen KWK-Anlagen mit Erhöhung der sommerlichen Auslastungsgrade gegeben.

Kraft-Wärme-Kältekopplungsanlagen werden in der Regel in Kombination mit Absorptionskältemaschinen realisiert. Diese Anlagenkombination hat zur Folge, dass die Investitionskosten und der Platzbedarf höher sind als für konventionelle Kältemaschinen. Die wirtschaftlichen Vorteile der Kopplungsanlage liegen in der höheren Auslastung der KWK-Anlage sowie in den Einsparungen gegenüber einer elektrisch betriebenen Kältemaschine. Die hohen Anfangsinvestitionen sind jedoch ein deutliches Hemmnis, diese Anlagen vermehrt einzusetzen. Im Rahmen einer Förderung dieser Anlagen durch einen Investitionszuschuss sollte geprüft werden, in wiefern positive Auswirkungen auf die gesamte Wirtschaftlichkeit und auf den Kapitalrückfluss erzielt werden können.

Um die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme zusätzlich zu fördern, sind auch Themen wie Regelungssysteme und Sommertarif bei Fernwärmebetreibern zu behandeln und die aktuellen Entwicklungen auf dem Markt zu prüfen. Durch die Optimierung der Regelungssysteme und

die somit bessere Abstimmung der verschiedenen Einzelaggregate können höhere Effizienzen erreicht werden.

Freie Kühlung

Die sog. freie Kühlung kann konventionelle Kühlungssysteme unterstützen und somit einen Teil der benötigten Kälteenergie nachhaltig produzieren. Die Kühlung erfolgt unter Verwendung der Außenluft, deren Temperatur unter der des Kaltwasser-Rücklaufs aus den Kälteaggregaten liegen muss. Je nach freier Kühlkapazität kann die Kompressionskältemaschine stufenlos angepasst werden und den restlichen Kühlbedarf decken. Sind die physikalischen Rahmenbedingungen ideal gegeben (Temperaturgegebenheiten und -differenzen), kann die Kompressionskältemaschine vollkommen ausgeschaltet werden.

Somit handelt es sich bei den Aggregaten zur freien Kühlung vor allem um Systeme, die saisonal die Kältebereitstellung unterstützen können. Ähnlich wie auch bei den solarthermischen Anlagen besteht auch hier das grundsätzliche Problem, dass vor allem Kälteenergie frei erzeugt werden kann, wenn die Außentemperaturen besonders gering sind. Der Einsatzbereich von freien Kühlaggregaten mit Rückkühlwerken ist somit besonders interessant, wenn in Gebäuden Kühllasten auch im Winter und in der Übergangszeit anfallen (z.B. in Serverräumen).

Eine ähnliche Methode der freien Kühlung ist mit Sole-Wasser-Wärmepumpen möglich. Eine Umkehr des Kreislaufes in der Wärmpumpe ohne Inbetriebnahme des Kompressors ermöglicht eine Rückkühlung des Kühlmediums über den Erdwärmetauscher mit einer Jahresmitteltemperatur von rd. 10°C. Es ist zu prüfen, ob durch diese Methode zusätzliche Aggregate bei der Wärmepumpe eingerichtet werden müssen, um diese Kühlmöglichkeit bewerkstelligen zu können, und in welchen Einsatzbereichen sich die Anforderung ergibt, dass eine Wärmpumpe gleichzeitig Heiz- und Kühlenergie bereitstellen muss.

Passive Kühlung

Kühllast kann vor allem in Bürogebäuden effektiv reduziert werden, damit insgesamt der Energieverbrauch für die Raumtemperierung in den warmen Sommermonaten vermindert werden kann. Diese Lastenreduzierung kann einerseits intern erfolgen (z.B. durch die Anschaffung energieeffizienter Geräte mit weniger Abwärme, effektiver Beleuchtungstechnik etc.) oder auch über effektive Verschattungsmaßnahmen, die die Sonneneinstrahlung reduzieren und somit eine Raumaufheizung verhindern. Damit passive Kühlung effektiv funktioniert, ist die Reduktion dieser internen und externen Kühllasten zwingend erforderlich. Passive Kühlmaßnahmen sind Maßnahmen, die ohne Antriebe für die Kälteerzeugung auskommen. Häufig sind reine passive Kühlmaßnahmen nicht ausreichen, die Raumtemperatur zu regeln, weshalb hybride Systeme zum Einsatz kommen. Unter die Bezeichnung „passive Kühlungsmaßnahmen“ fallen die kontrollierte Nachtlüftung, die Bauteilaktivierung sowie die Erdkanalkühlung.

Voraussetzung für eine effiziente **Nachtlüftung** ist eine geeignete Gebäudestruktur, die bestimmte Luftströmungen zulässt. Außerdem ist ausreichend Speichermasse notwendig, die Wärme über einen Tag hinweg speichern und anschließend sukzessive in den Raum bzw. an die Luftströmung der Nachtlüftung abgeben kann.

Bei der **Bauteilaktivierung** sind ebenfalls ausreichend Speichermassen notwendig, um eine effektive Kühlung zu erreichen. Die vorhandenen Kühllasten werden von diesen massiven

Innenwänden aufgenommen[94] und zwischengespeichert, die in diesen Wänden verlegten Luft- oder Wasserleitungen transportieren diese Wärme ab und führen diese einer Wärmesenke (Erdreich, Grundwasser...) zu. Wird eine thermische Bauteilaktivierung mit konventionellen aktiven Kühlaggregaten betrieben, kann dadurch ebenfalls die Effizienz der Kältemaschinen gesteigert werden, da nicht die üblichen tiefen Temperaturen erreicht werden müssen.

Als dritte Möglichkeit besteht noch die **Erdkanalkühlung**. Die relativ konstante Temperatur des Erdreiches oder des Grundwassers wird dabei genutzt, um die Frischluft vor zu konditionieren. Im Sommer wird die Luft durch das Erdregister abgekühlt, im Winter kann es zur Vorwärmung genutzt werden.

Zu diesen Technologien gibt es bereits verschiedene Forschungsprojekte und Evaluationen in den Anwendungsgebieten. Anhand einer genaueren Analyse zu diesen Themen können Förderrahmenbedingungen für die Technologie sowie ggf. weitere Effizienzboni festgelegt werden.

Weitere Effizienztechnologien

Grundsätzlich ist es auch denkbar,

- weitere Effizienzmaßnahmen in das MAP zu integrieren, die nicht ausschließlich einen Bezug zum Wärmemarkt haben (beispielsweise Querschnittstechnologien wie Druckluft; für konkrete Vorschläge siehe hierzu die Anhänge des Projektes (Irrek und Thomas 2005),
- oder bereits integrierte Effizienztechnologien, die einen Bezug zum Wärmemarkt haben (z. B. hocheffiziente Umwälzpumpen), im Anwendungsbereich auszudehnen (auf sämtliche Heizungstechnologien). Für letzteres wäre eine geeignete Organisationsform zu definieren (z. B. Abwicklung über Energieagenturen oder andere Dienstleister).

Basierend auf den Energiebalance-Analysen wurden Vorschläge für die Erweiterung des Verzahnungsgedankens im Marktanreizprogramm entwickelt und vorgeschlagen. In der folgenden Tabelle wird gegenübergestellt, welche Effizienzanforderungen bereits im MAP integriert waren und welche aus dem Rahmen des Energiebalance-Projekts zusätzlich vorgeschlagen wurden. In der letzen Spalte wird gekennzeichnet, ob die Vorschläge in die Richtliniennovellierung eingeflossen sind.

[94] Innovative Technologien wie PCM (Phase Change Material, d.h. Latentwärmespeicherung durch nanopartikelbeschichtete Wände) ermöglichen zukünftig auch bei weniger massiver Bauweise hohe Wärmekapazitäten.

Tabelle 6.32: Effizienzanforderungen im MAP 2007 und Änderungsvorschläge des Projektes Energiebalance

Anlagentyp	Effizienzanforderung im MAP 2007/2008	Zusätzliche Änderungsvorschläge des Energiebalance-Projekts für MAP 2008	Umgesetzt?
Sonnenkollektoren	Solar Keymark. Mindestertrag > 525 kWh/m²,a. Funktionskontrollgerät/ Wärmemengenzähler. Keine Schwimmbadabsorber zugelassen.	Neuer Bonus für effiziente Solarkreispumpen	✔
Zusätzlich: Sonnenkollektoren zur Heizungsunterstützung	Mindestspeichervolumen für große Kollektorflächen	Bonus für effiziente Umwälzpumpe und hydraulischen Abgleich	✔
Feste Biomasse (< 1000 kW)	Bei Scheitholzvergaserkessel Anforderungen an Regelung und Mindestgröße Pufferspeicher Separate Förderung für zusätzl. Emissionsminderung und Brennwertnutzung Mindestwirkungsgrad 89 %	Bonus für effiziente Umwälzpumpe und hydraulischen Abgleich	✔
Wärmepumpe allgemein	Wärmemengenzähler. Hydraulischer Abgleich. Anpassung der Heizungskurve. Berücksichtigung des Strombedarfs für den Notheizstab	Bonus für effiziente Umwälzpumpe und hydraulischen Abgleich	✔
Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen	JAZ > 4,0 (Neubau) bzw. > 3,7 (Bestand).		
Luft/Wasser-Wärmepumpen und Luft/Luft-WP	JAZ > 3,5 (Neubau) bzw. > 3,3 (Bestand). Wärmemengenzähler		
Brennstoffbetriebene Wärmepumpen	JAZ > 1,2. Wärmemengenzähler		
Nahwärme		Mindestwärmeabsatz von 500 kWh je Trassenmeter. Qualitätsanforderungen an die Wärmeproduktion (Mindestanforderung an EE-Anteil, maximaler Anteil Spitzenkessel).	✔
Effizienzbonus für Hausübergabestationen		Der Tilgungszuschuss erhöht sich bei Gebäuden, deren HT' 45 % unter EnEV liegt.	✘
Aufnahme von Biogas-Mikronetzen in das MAP		Siehe Kapitel 7.2.1	
Effizienzbonus	-	Höherer Fördersatz für besonders gut gedämmte Gebäude	✔

7 Stromsektor

7.1 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Stromsektor

Der Ausbau **erneuerbarer Energien** im Stromsektor erfolgt ausgesprochen dynamisch. Innerhalb von nur zehn Jahren hat sich der Anteil der Stromerzeugung aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse von rund fünf auf jetzt rund 15 Prozent des Bruttostromverbrauchs nahezu verdreifacht. Das Ziel der Bundesregierung, einen Anteil von 12,5% am gesamten Bruttostromverbrauch von Deutschland bis zum Jahr 2010 zu erreichen, wurde damit bereits im Jahr 2007 überschritten. Wind, Wasser, Biomasse, Photovoltaik und Geothermie trugen 2007 mit rund 87 Milliarden kWh zur Stromversorgung von Deutschland bei. Sollte sich die jetzige **Wachstumsdynamik** fortsetzen, so werden die Ziele für 2010 und 2020 übererfüllt. Vor allem der Ausbau der Windkraft hat zu dieser Dynamik beigetragen. Während der Ausbau in der Dekade 2000-2010 im Wesentlichen auf der Installation von Wind Onshore beruht, werden in der zweiten Dekade Wind Offshore, in geringerem Maße Biomasse die Träger des Ausbaus.

Der Stromverbrauch hingegen ist seit 15 Jahren angestiegen und in 2007 lediglich stagniert. Diese Verbrauchsentwicklung ist Ergebnis einer komplexen Überlagerung verschiedener Effekte. Während beispielsweise der Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt in der Tendenz gefallen ist (Abbildung 7.1 rechts), führten – trotz effizienter werdender Einzelgeräte – wachsende Ausstattungsgrade, Produkt- und Nachfrageverschiebungen und gesellschaftliche Strukturentwicklungen (beispielsweise abnehmende durchschnittliche Haushaltsgröße) zu einem steigenden Pro-Kopf-Bedarf in den Haushalten (Abbildung 7.1 links).

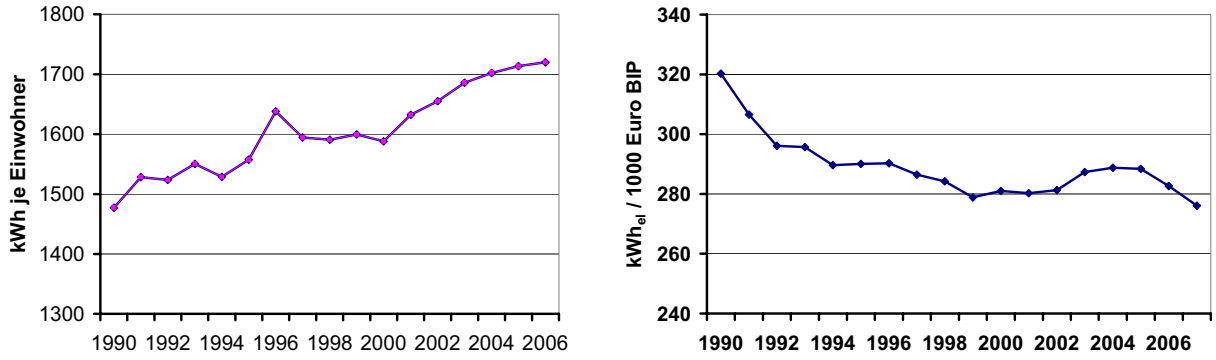


Abbildung 7.1: Entwicklung von Indikatoren des Stromverbrauchs (BMWi 2008)

Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt: Die Entscheidung für eine Heizungsanlage und Gebäudedämmung ist nicht unabhängig voneinander zu treffen. Anders im Strombereich: Hier ist die Verschränkung nicht so unmittelbar und weniger technisch geprägt, da die elektrische Versorgung im Unterschied zur Wärmeversorgung nahezu ausschließlich leitungsgebunden erfolgt und die Herkunft des Stroms beim Endverbraucher technisch keine Rolle spielt.

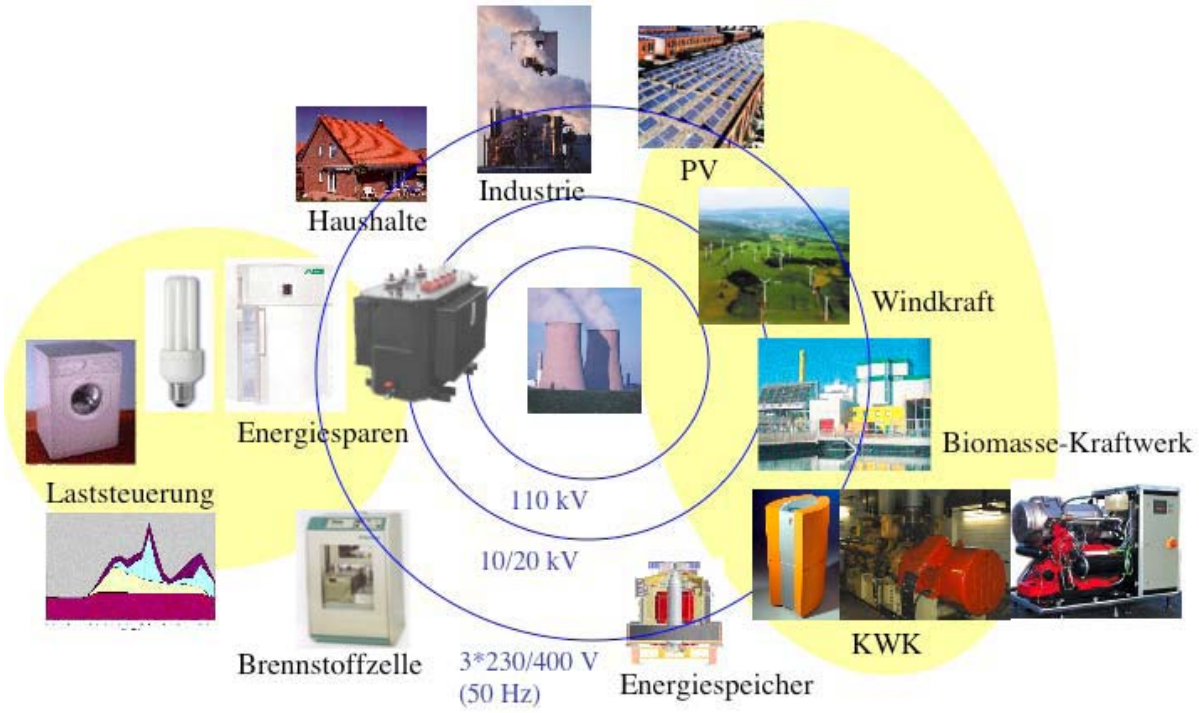


Abbildung 7.2: EF und EE – „Effizienzkraftwerke“ in „Smart Grids“

Zukünftig werden sich dagegen die Verknüpfungen von EE und EF in einem System von „Effizienzkraftwerken“ in „Smart Grids“ deutlich verstärken. Unter „Effizienzkraftwerken“ versteht das Projektteam dabei effiziente Kombinationen von zentralen und dezentralen Elementen auf der Energiebereitstellungs- und Energienutzungsseite, die intelligent miteinander verknüpft werden. Hierzu gehören zentrale und dezentrale Kraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien und mit Kraft-Wärme-Kopplung, Energiespeicher, Laststeuerung zur Realisierung automatischer Lastabwürfe und Endenergie-Einsparmaßnahmen. Beispielsweise bestehen nach einer vom Wuppertal Institut betreuten Diplomarbeit (Schubert 2005) nicht nur im industriellen und gewerblichen, sondern auch im privaten Haushaltsbereich signifikante Lastabwurfpotenziale in einer Größenordnung von bundesweit bis zu 4 GW. In Pilotprojekten muss sich zeigen, inwieweit ein solches Effizienzkraftwerk-System versorgungssicher und gleichzeitig wirtschaftlich projektiert werden kann.

Derzeit liegen die Berührungspunkte zwischen EE und EF allerdings vor allem auf der instrumentellen Ebene, wozu die z.B. die folgenden Ziele, Gesetze und Mechanismen gehören:

- **Zielerreichung nur bei paralleler EE- und EF-Steigerung**

Nach §1 Abs. 2 EEG 2009 ist es das Ziel,

> „den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30 Prozent und danach kontinuierlich weiter zu erhöhen.“

Dieses Ziel kann erreicht werden durch einen dynamischen Ausbau der erneuerbaren Kraftwerkskapazität und Auslastung. Die Definition eines anteiligen Ziels (EE-Erzeugung/Verbrauch) bedeutet aber auch, dass nicht nur der Zähler, sondern auch der Nenner des Quotienten einen Beitrag zur Erfüllung des Ziels leisten kann und muss. Die Szenarioanalysen aus Kapitel 3 haben gezeigt, dass das 30 %-Ziel dann machbar ist, wenn auch der Stromverbrauch nachhaltig gesenkt werden kann.

- **Die Effizienz von EE-Anlagen**

Die Effizienz *von* EE-Anlagen ist von Relevanz zum einen für die Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz der EE-Anlagen (z. B. Solaranlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Modulfläche; Biomasseanlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Brennstoff, etc.). Bei Biomasse-Anlagen kommt hinzu, dass das Brennstoffangebot potenzialseitig nicht unbegrenzt ist und eine erhöhte Effizienz somit einen Beitrag leistet, Flächen- und Nutzungskonkurrenzen zu mildern.

Eine besonders wichtige technische Variante der Verzahnung von Effizienz und erneuerbaren Energien ist die Effizienzsteigerung durch Kraft-Wärme-Kopplung.

- **Besonderer Ausgleichsmechanismus im Rahmen des EEG**

Stromintensive Unternehmen können nach §40 EEG (2009) auf Antrag den Anteil der EEG-Strommenge, der an sie weitergegeben wird, begrenzen. Unternehmen des produzierenden Gewerbes erhalten diese Bevorzugung nur, wenn sie bestimmte Bedingungen einhalten, die in §41 EEG 2009 geregelt sind. §41 Abs. 1 Nr. 4 regelt, dass eine der Voraussetzungen eine Zertifizierung ist, mit der der Energieverbrauch und die Potenziale zur Verminderung des Energieverbrauchs erhoben und bewertet worden sind. Details der Anforderungen werden in einem Merkblatt der BAFA geregelt (BAFA 2008). Hier wird also eine potenzielle Entlastung von durch EE entstehende Mehrkosten verknüpft mit einer Forderung nach Untersuchung von Effizienzpotenzialen.

- **Transfer des EEG-Mechanismus auf den Effizienzbereich**

Hinsichtlich der Instrumente und Maßnahmen zur Stromeinsparung ist eine direkte Verzahnung von EE und EF nicht möglich. Es erscheint jedoch sinnvoll, von den Erfahrungen mit eingesetzten Politikinstrumenten und Maßnahmentypen, Verfahrensweisen, Umsetzungsprozessen und Evaluationskonzepten gegenseitig zu lernen. Auf einer instrumentellen Ebene ist es beispielsweise denkbar, den erfolgreichen Mechanismus des Erneuerbare-Energien-Gesetzes auf Effizienzelemente zu übertragen. Es könnten in Einklang mit der Zielbestimmung in §1 EEG auch Effizienz-fördernde Elemente in das EEG aufgenommen werden, bzw. ein in Struktur und Wirkmechanismus an das EEG angelegtes Förderinstrument entwickelt werden.

Im Rahmen des Projektes „Energiebalance“ wird insbesondere diskutiert,

- was der EF-Bereich von entsprechenden, bereits eingesetzten Politikinstrumenten im EE-Bereich wie EEG und grünen Zertifikatssystemen lernen kann,
- inwieweit entsprechende Systeme mit festen Vergütungssätzen oder Zertifikatslösungen im EF-Bereich effektiv und effizient ausgestaltet werden könnten, auch unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen im Ausland mit (weißen) Zertifikatssystemen, und
- inwieweit die entsprechenden Systeme im EF- und EE-Bereich zukünftig integriert werden sollten.

Struktur dieses Kapitels

Dieses Kapitel untersucht zwei der oben genannten Verzahnungsaspekte: Kapitel 7.2 untersucht die **Effizienz von erneuerbaren Energieanlagen** insbesondere in Zusammenhang mit der Novelle des EEG und der Frage, welche Anreize für eine Effizienzsteigerung in das EEG eingebaut werden müssen. Dabei wird insbesondere auch die Steigerung der KWK-Anteile untersucht.[95]

Kapitel 7.3 fasst die wesentlichen Ergebnisse eines **Instrumententransfers zwischen EE und EF** zusammen. Ein ausführlicheres Arbeitspapier liegt vor und kann von der Energiebalance-Internetseite heruntergeladen werden (www.ifeu.de/energiebalance). In ihm sind auch detaillierte Bewertungen der Instrumente aus Energie-, wirtschaftlicher und juristischer Sicht enthalten.

7.2 Erneuerbare Energien effizienter nutzen: Effizienzanforderungen im EEG

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verfolgt das Ziel, den Anteil erneuerbarer Stromproduktion nachhaltig zu steigern. Dazu regelt das Gesetz den vorrangigen Anschluss von Anlagen, die Elektrizität aus erneuerbaren Energien (und Grubengas) produzieren, an das Netz der allgemeinen Versorgung, dessen vorrangige Abnahme, Übertragung und Vergütung und einen bundesweiten Ausgleich des abgenommenen und vergüteten Stroms.

Daneben legt das Gesetz feste spartenspezifische Vergütungssätze fest, die die Netzbetreiber an die Betreiber der Anlagen zahlen müssen. Dieser Vergütungssatz muss für einen festgelegten Zeitraum (i. d. R. 20 Jahre) gewährt werden. Die Vergütungssätze sind degressiv gestaltet, d. h. eine Anlage, die ein Jahr später in Betrieb genommen wird, erhält eine um eine technologieabhängige Degressionsrate niedrigere Vergütung. Das EEG enthält auch eine Härtefallregelung und weitere Bestimmungen, die den Ausgleichsmechanismus, die Herkunftsnachweise und die Doppelvermarktung betreffen.

Grundsätzlich kommt es bei allen EE-Sparten zu einem Einsatz von Energieträgern[96] und Materialien, für die grundsätzlich Effizienzanforderungen aufgestellt werden können.

In diesem Kapitel soll untersucht werden, inwieweit die Effizienzanreize, die das Erneuerbare Energien-Gesetz setzt, ausreichend sind für eine optimale Ausgestaltung von erneuerbaren Energiesystemen.

7.2.1 Effizienzanreize und -wirkungen des EEG 2004

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz in seiner Fassung von 2004 setzt bereits unterschiedliche Arten von Effizienzimpulsen für erneuerbare Energieanlagen. Dabei unterscheiden wir zwischen **Anreizen**, die eine Erhöhung der Effizienz belohnen, **Forderungen**, die ein gewisses Maß an Effizienz verlangen, und **indirekten** Effizienz-**Wirkungen**, die als Folge der Ausgestaltung des EEG entstehen (Tabelle 7.1).

[95] Die wärmeseitige Bedeutung der KWK wird hingegen in Kapitel 5 untersucht.

[96] Sei es in Form kommerzieller Brennstoffe, in Form „kostenloser“ Solarstrahlung, Wind-, Erdwärme- oder Wasserströme, oder in Form indirekter Energieaufwändungen für die Herstellung der Systeme.

- Der stärkste **implizite Effizienzanreiz** geht von der Vergütungshöhe aus. Bei gegebenem Input führt eine Erhöhung des Stromertrags unmittelbar zu einer Erhöhung der Vergütung. Dieser Anreiz gilt gleichermaßen für alle Sparten.
- **Explizite Effizienzanreize** bestehen für Biomasse (bei Deponiegas, Klärgas und Minengas nur Nr. 2) durch
  (1) den KWK-Bonus, der die gleichzeitige Wärmeauskopplung von Biomasse-Anlagen mit 2 Ct/kWh belohnt; und
  (2) den Technologiebonus, der zum einen nur für Anlagen gewährt wird, die auch in KWK betrieben werden, und zum zweiten für innovative, potenziell ressourcen- und klimaschonende Technologien gewährt wird.
- **Effizienzforderungen** entstehen im EEG beispielsweise über die Mindestkriterien an den Ertrag eines Windstandorts oder über die Mindestkriterien für den elektrischen Wirkungsgrad von Altholzanlagen in der Biomasse-Verordnung.
- **Implizite Effizienzwirkungen** entstehen durch verschiedene Ausgestaltungsvarianten; beispielsweise
  - die Größenstaffelung der Vergütungssätze bevorzugt kleinere Anlagen, die einerseits (bei Biomasse-KWK) eine höhere Wärmenutzung (→ höherer Gesamtnutzungsgrad) bzw. eine verstärkte Güllenutzung[97] erlaubt, andererseits u. U. auf Grund der Größenabhängigkeit der Nutzungsgrade vieler Anlagen zu geringfügig niedrigeren Nutzungsgraden führen kann.

Tabelle 7.1: Effizienzanreize für EEG-Anlagen im EEG 2004

EEG 2004	Wind	Wasser	Geothermie	PV	Biomasse	Klär-, Deponie, Minengas
Impliziter Anreiz						
Vergütungshöhe	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Expliziter Anreiz						
KWK-Bonus bzw. Wärmenutzungsbonus	-	-	-	-	**X**	-
Technologiebonus	-	-	-	-	**X**	**X**
nur mit KWK-Bonus	-	-	-	-	**X**	-
Forderungen	Mindestertrag				BiomasseV	
Indirekte Wirkungen						
Größenstaffelung	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

Bei einer Effizienzbetrachtung ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz bei den verschiedenen Sparten eine sehr unterschiedliche Bedeutung hat.

Bei **Wind- und Wasserkraftanlagen** ist die Anlageneffizienz auf Grund des großen herstellerseitigen Technologiewettbewerbs und (im Fall der Wasserkraft) der langjährigen Technologieerfahrung i. W. ausgereizt bzw. wird im Zuge der Technologiefortschritte „automatisch“

[97] Gülle wird vielfach gerade in kleineren landwirtschaftlichen Betrieben suboptimal genutzt. Eine Bevorzugung kleiner Biogasanlagen verbessert daher die Güllenutzung.

erschlossen. Hier ist kein zusätzlicher Anreiz erforderlich. Bei Windkraft setzt das EEG einen Effizienzakzent, in dem besonders schlechte Standorte von einer Vergütung ausgeschlossen werden. Anreize sollten bei der Windkraft eher im Bereich der Systemintegration und -dienstleistungen liegen. Dies ist aber nicht Gegenstand des Projektes „Energiebalance“ gewesen.[98]

„Energieeffizienz“ im Bereich der **Fotovoltaik** bezieht sich vor allem auf die für die Herstellung der Anlage erforderliche Energie und den Wirkungsgrad der Anlage. Hier ergeben sich durchaus große Unterschiede in Abhängigkeit von der Technologie (Dünnschicht, mono-/polykristallin), der Aufständerungsart, der geographischen und geometrischen Anordnung der Anlage (Standort, Verschattung, Einstrahlwinkel, etc.), den eingesetzten Rohstoffen (Solarsilizium versus electronic grade), dem Recyclinggrad etc. (Pehnt et al. 2002). Die Energierücklaufzeiten heutiger Solarzellen liegen für deutsche Standorte zwischen zwei und fünf Jahren.

Daher gibt es Vorschläge, die EEG-Vergütung oder einen Effizienzbonus in Anlehnung an den kumulierten Energieverbrauch oder an eine ökobilanzielle Bewertung (pro kW, pro m^2 o. ä.) der Herstellung zu definieren (DGS 2007). Während dieser Grundgedanke durchaus interessant ist, hat das Energiebalance-Projektteam im Rahmen der EEG-Novelle 2008 dennoch vorgeschlagen, eine solche zusätzliche Verankerung dieses Bonus nicht zu realisieren. Dies nicht nur, weil er eine zusätzliche Komplizierung des EEG bedeutet, sondern vor allem, weil die geringe Bedeutung der Herstellungsenergie von PV insgesamt dies nicht rechtfertigt, aus zwei Gründen:

(1) Umwelt“import“ aus dem konventionellen Energiesystem

In Ökobilanzen wird davon ausgegangen, dass für die Produktion der Solarzellen das konventionelle Energiesystem herangezogen wird, also beispielsweise der deutsche Strommix für das Kristallziehen der Siliziumwafer. In der Ökobilanz-Terminologie spricht man hier vom „Background system“.

Die Zuordnung der Umwelteinwirkungen der konventionellen Strombereitstellung zu der Bilanz der Solarzellen ist aber nicht selbstverständlich und belastet die regenerative Stromversorgung mit Einwirkungen des fossilen Systems.

Ein anderer Ausgangspunkt der Betrachtung wäre die Stromerzeugung über die Lebenszeit, z. B. 100 kWh/m^2*Jahr in Deutschland multipliziert mit einer Lebensdauer von z. B. 25 Jahren, d. h. 2,5 MWh in der gesamten Lebenszeit. Von dieser Stromproduktion könnte die zur Herstellung des Systems notwendige Strommenge subtrahiert werden. Resultat wäre eine „Netto-Stromerzeugung“. Entsprechend wären die Umweltwirkungen der Herstellung, z. B. die CO_2-Emissionen, nahezu null.

Diese Betrachtungsweise ist in Ökobilanzen nicht üblich. Dennoch zeigt diese Betrachtungsweise, dass der „Hebel“ für eine Verbesserung neben einer Senkung des Herstell-Energiebedarfs insbesondere in der Senkung der Umweltintensität des konventionellen Energiesystems liegt.

[98] Gleichwohl gibt es bei einzelnen Komponenten auch technologische Effizienzmöglichkeiten, beispielsweise getaktete LED-Rotorblatt-Hindernisfeuer, bei dem jeweils nur das oberste Rotorblatt im oberen Drittel der Kreisbahn beleuchtet wird. In diesem System wird zur Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften eine wesentlich geringere Lichtstärke von nur 10 Candela benötigt, dies entspricht einer Reduktion um über 99 %. Somit kann ein Großteil der Befeuerungsenergie eingespart werden und durch die deutlich verringerten Lichtemissionen zugleich die Akzeptanz von WEA erhöht werden [Enertrag 2004].

(2) Geringe Höhe der Umweltwirkungen

Selbst wenn man von einem konventionellen Background System für die Herstellung von PV ausgeht, sind die Umweltwirkungen der Herstellung von heutigen Solarzellen vergleichsweise gering und liegen beispielsweise bei CO_2-Emissionen zwischen 100 und 250 g/kWh (zum Vergleich: Braunkohlestrom 1000 g/kWh). Aus wirtschaftlichen Gründen (z. B. Rohstoffverfügbarkeit) ist bereits ein endogener Verbesserungsprozess in Gang (beispielsweise Solarsilizium, verlustarme Wafersägeverfahren etc.)

Bei der **Geothermie** ist insbesondere eine Förderung der Wärmenutzung vorrangig. Hierzu wurde im Rahmen des EEG-Erfahrungsberichtes ein Vorschlag gemacht, der als Wärmenutzungsbonus in §28 Abs. 2 EEG 2009 Eingang gefunden hat. Ein weiterer Aspekt ist der Pumpstrombedarf.

Biomasse, Klär-, Deponie- und Minengas werden in nachfolgendem Kapitel behandelt.

7.2.2 Effizienz von erneuerbaren Energieanlagen am Beispiel der gasförmigen Biomasse

Angesichts eines zwar beachtlichen, aber dennoch begrenzten Potenzials an biogenen Reststoffen und an Anbaufläche für Nachwachsende Rohstoffe kommt einer effizienten Nutzung von Biomasse eine besondere Priorität zu. Das Energiebalance-Projekt hat dabei einen Schwerpunkt auf Biomasse-Anlagen gesetzt und folgende Fragen analysiert: Welche Effizienz-Anforderungen müssen an Biomasse-Anlagen – oder allgemeiner: an Biomasse-Nutzungssysteme – gestellt werden, damit sie einen maximalen Minderungsbeitrag bezüglich erschöpflicher Energieressourcen und bezüglich der Minderung des Ausstoßes an Treibhausgasen (THG) leisten können?

Exkurs: Der Effizienzbegriff

„Effizient“ im klassischen technischen Verständnis bezieht sich auf den Quotienten von Endenergie (elektrisch, thermisch oder Kraftstoff) und Biomasse-Input (beispielsweise „9/5“ in Abbildung 1). In einem erweiterten ökologischen Verständnis sollte die Endenergie aber auch auf die in Anspruch genommene Fläche oder auf die eingestrahlte Sonnenenergie bezogen werden. In einem solchen Effizienz-Verständnis gehen dann auch Prozessverluste bei der Ernte, nicht vollständig genutzte Pflanzenbestandteile, unterschiedliche Erträge etc. ein (Abbildung 7.3).

Desweiteren muss der Begriff „Effizienz“ nicht nur auf die Energieströme bezogen sein (im Sinne eines „Nutzungsgrades“), sondern kann auch auf andere Umweltwirkungen bezogen werden, insbesondere auf die Minderungseffizienz bezüglich des Treibhauseffektes; in dieser erweiterten Interpretation wäre eine optimale Treibhausgas (THG)-Minderungseffizienz die netto, also unter Berücksichtigung anfallender Treibhausgase eingesparte Menge an THG pro Hektar, pro GJ Biogas oder anderer Bezugsgrößen.

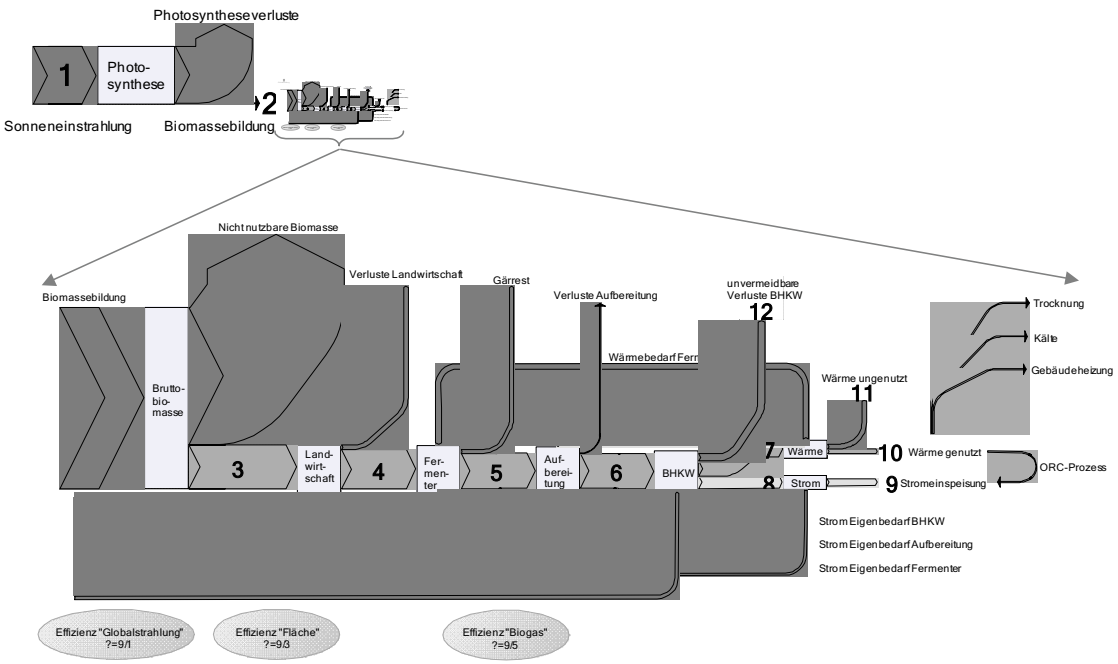


Abbildung 7.3: Schematisches Sankey-Diagramm der Biomasse-Nutzung am Beispiel einer Biogas-Anlage

Im Bereich der vom EEG geförderten Biomasse gibt es dennoch verschiedene Prozessschritte, die hinsichtlich ihrer Effizienz Optimierungsmöglichkeiten aufweisen:

- **Rohstoff-Einsatz**

Der eingesetzte Rohstoff geht in die gesamte Energie- und THG-Bilanz ein. Zum einen ist der Hilfsenergieaufwand für die Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe für Anbauverfahren, Ernte, Aufbereitung und Transport i. d. R. wesentlich höher als für die Bereitstellung von Reststoffen. Außerdem treten in der landwirtschaftlichen Prozesskette THG auf (insbesondere N_2O), die die Klimaeffizienz wesentlich mindern. Bei der Produktion von Biogas aus Mais und anderer Anbaubiomasse ist zu berücksichtigen, dass die daraus produzierten Gärreste als potenzielle zusätzliche Methanquelle agieren können, während Gülle aus tierischen Exkrementen sowieso anfallen würde. Zudem unterscheiden sich die Bereitstellungspfade hinsichtlich des Anteils nutzbarer Biomasse (z. B. Ganzpflanzennutzung).

- **Anlagentechnik**

Auch im Bereich der Anlagentechnik unterscheiden sich die verschiedenen Biomasse-Nutzungskonzepte. Wichtige Parameter sind hier beispielsweise:

- elektrischer und thermischer Nutzungsgrad sowie die Stromkennzahl der Anlage
- Art und Höhe des Hilfsenergiebedarfs
- bei Biogas-Anlagen: Gärrestabdeckung, Silageverluste, Methanverluste der Gasstrecke, ggf. Energiebedarf und Methanschlupf bei der Aufbereitung

- **Wärmenutzung**

Neben dem thermischen Nutzungsgrad ist entscheidend für die Energie/THG-Bilanz, welcher Anteil davon genutzt wird und welcher Anteil hiervon wiederum tatsächlich fossile Energiebereitstellung substituiert.

Insgesamt ist der Anteil der genutzten Wärme je nach Brennstoff und Kraftwerksgröße trotz der oben genannten Anreize immer noch außerordentlich gering. Der KWK-Bonus ging zum Stand 2006 insgesamt nur an 12 % der Nutzer (mit zunehmender Tendenz) (IE 2006).

Gerade auch bei großen Holzheizkraftwerken gibt es Beispiele ohne jegliche Wärmenutzung. Zudem kommt es zum Missbrauch dieses Bonus sowie zu Einsatzfällen, deren ökologische Sinnhaftigkeit in Frage gestellt werden muss. Verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich der Wärmenutzung bieten sich an:

- ein verstärkter Ausbau von Nahwärmenetzen;
- ORC- oder Kalina-Anlagen, die einen Teil der Abwärme zusätzlich verstromen;
- Technologien mit höherer Stromkennzahl, beispielsweise Brennstoffzellen;
- Absorptions-Kältemaschinen;
- verschiedene Varianten von Trocknungsverfahren;
- Kopplung mit landwirtschaftlichen Produktionsverfahren (z. B. Hygienisierung, Pasteurisierung, Eindampfanlagen, Verpackungsmittelproduktion, Waschen, Brennerei);
- Wärmespeicherung zur besseren Synchronisation von Wärmeerzeugung und –bedarf;
- (Mikro-)Biogasnetze, die das Biogas zu Wärmesenken transportieren und dort eine KWK-Nutzung ermöglichen;
- Einspeisung in das Erdgasnetz und dito.

Zugleich stehen dem Probleme bei der Erschließung zusätzlicher Wärmesenken entgegen, beispielsweise:

- Kein KWK-Bonus für Altanlagen im EEG 2004
- Räumliche Disparität Wärmequelle/Wärmesenke
- Zeitliche Disparität Wärmequelle/Wärmesenke
- Informationsdefizite
- Zu geringer finanzieller Anreiz.

Effizienz heutiger Biogas-Anlagen

Die Effizienz-Situation von Biogas-Anlagen kann folgendermaßen charakterisiert werden (IE 2008; IFEU et al. 2008):

- Bei den rd. 3750 Biogas-Anlagen (1250 MWel) ist der Anteil der Wärmenutzung nach wie vor unzureichend. Von den im Rahmen des Biomasse-Monitoring befragten Anlagenbetreibern erhalten 52 % den KWK-Bonus (IE et al. :46).
- Der Trend geht zu größeren Biogasanlagen (mittlere Leistung Ende 2007: 330 kW_{el} gegenüber 123 kW_{el} Ende 2004). Die elektrischen Nutzungsgrade dieser Anlagen sind i. d. R. geringfügig höher als die kleiner Anlagen. Allerdings bedeutet dies nicht zwangsläufig eine höhere Gesamteffizienz, da die Wärmenutzung – die bei größeren

Anlagen oft schwieriger ist – und auch der Rohstoffeinsatz die THG-Bilanz weiter beeinflussen (s. u.)

- 47 % des massebezogenen Substrateinsatzes geht auf nachwachsende Rohstoffe (überwiegend Mais (knapp 80 %) zurück, 41 % auf Exkremente und 10 % auf Bioabfall. 15 % der neuen Anlagen setzen ausschließlich auf Energiepflanzen; meist werden Substratmischungen eingesetzt.
- Bei den nach 2004 erstellten Anlagen liegt der Gülleanteil bei einem Viertel der Anlagen zwischen 10 und 30 % und bei einem Drittel der Anlagen zwischen 30 und 50 %;
- Von den rund 3750 Anlagen haben schätzungsweise nur 15 % ein abgedecktes Gärrestlager; nur ein Drittel der seit 2004 erstellten Anlagen weist ein gasdichtes Gärrestlager auf.

Das Energiebalance-Projekt hat sich die Frage gestellt, welche Auswirkungen die einzelnen in Kapitel 7.2.1 genannten Maßnahmen der Steigerung der Energie- und Klimaeffizienz auf die Gesamtbilanz haben, und welche Folgerungen sich daraus für die Novelle des EEG ergeben.

Die Betrachtungen dieses Kapitels sind eingeflossen in den 2007 abgeschlossenen EEG-Erfahrungsbericht. Beispielsweise sind die Empfehlungen bzgl. Biomasse-Anlagen vorab veröffentlicht worden (Pehnt und Vogt 2007) **und Grundlage für das EEG 2009 geworden.** Dieses Kapitel stellt daher nicht mehr den detaillierten Berechnungsgang des Energiebalance-Projektes vor, sondern die argumentative Grundstruktur. Das detaillierte Arbeitspapier kann von www.ifeu.de/energiebalance heruntergeladen werden.

Vorgehensweise

Als Beispielanlage für eine **Lebenszyklus-Treibhausgasbilanz** dient eine 500 kW_{el}-Biogasanlage, deren Referenzdaten in Tabelle 7.2 dargestellt sind.

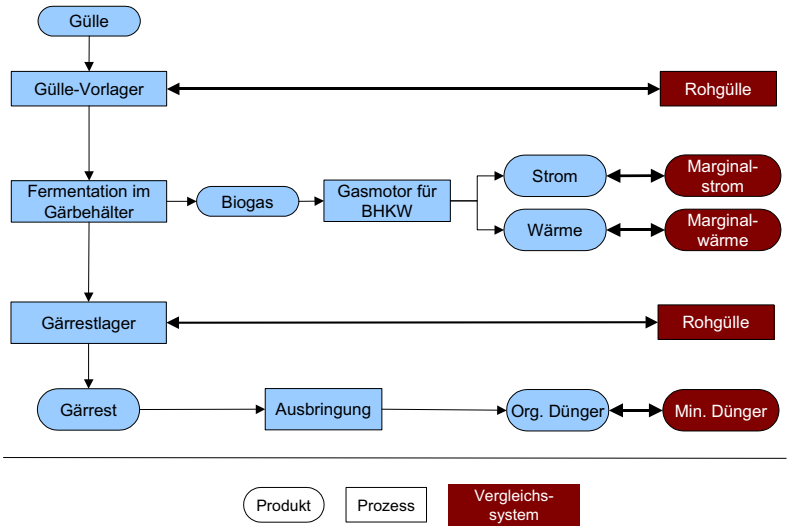


Abbildung 7.4: Prozessschritte der Biogas-Gewinnung am Beispiel einer landwirtschaftlichen Biogas-Anlage mit Rohgülle-Einsatz

Die Erstellung der Treibhausgasbilanz erfolgt in Anlehnung an die Ökobilanznorm (ISO 14040/14044). Diese verlangt eine Betrachtung „von der Wiege bis zur Bahre“. Entsprechend wird der gesamte Lebensweg der Biogaserzeugung und -nutzung einbezogen. Abbildung 7.4 zeigt als Beispiel den Lebensweg (Prozesskette) für die Biogaserzeugung aus Gülle und die Biogasnutzung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW). Für jeden Prozessschritt werden die Treibhausgasemissionen ermittelt. So gelingt es, die Bedeutung der einzelnen Prozesse zu identifizieren, um Optimierungsmaßnahmen ableiten zu können. Durch den Prozess entsteht ein Nutzen. Bei Gülle besteht dieser zu einem großen Anteil in der Vermeidung von Methanemissionen aus dem sonst üblichen Umgang mit Rohgülle. Des Weiteren entstehen Nutzen durch ins öffentliche Netz eingespeisten Strom, ggf. extern genutzte Wärme und durch eingespartem Mineraldünger für die im Gärrest enthaltenen Nährstoffe. Durch diese Nutzen können Primärprozesse ersetzt werden. In der Abbildung ist dies durch die rechts stehenden so genannten Äquivalenzprozesse Strom, Wärme und Mineraldünger dargestellt, die in der Bilanzierung gutgeschrieben werden.

Die in Tabelle 7.2 aufgeführten Werte repräsentieren den durchschnittlichen Anlagenbestand gemäß verfügbarer Studienergebnisse oder Experteneinschätzungen. So sind die diffusen Methanverluste der Biogasproduktion eine Experteneinschätzung in Anlehnung an Angaben in (FNR 2005a). Die Wirkungsgrade für BHKW wurden nach technischen Datenblättern abgeleitet (ASUE 2005), der Methanschlupf aus BHKW entspricht Messergebnissen in (LfU Bayern 2006) für Gas-Otto-Motoren. Die Methanverluste aus offenen Gärrestlagern wurden in Anlehnung an Messergebnisse in (FNR 2005b) abgeleitet. Die Werte für die Biogasaufbereitung wurden in Anlehnung an Herstellerangaben gewählt.

Die Gutschrift für Strom und Wärme folgt einem Marginalansatz und entspricht der derzeitigen BMU Methode (BMU 2008, S.69). Diese basiert auf einer Studie des Fraunhofer Instituts System- und Innovationsforschung (FhG-ISI 2005), in der untersucht wurde, in welchem Ausmaß verschiedene erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark bzw. bei der üblichen Wärmeerzeugung konventionelle Energieträger ersetzen. Für die Wirkungsabschätzung werden die nach Stand der Wissenschaft aktuellsten Äquivalenzfaktoren nach (IPCC 2007) verwendet.

Tabelle 7.2: Referenzdaten der untersuchten dezentralen Biogasanlage. Weitere Annahmen siehe Anhang

Referenzanlage	
Anlage 1: Dezentrale Anlage	
Größe	500 kW_{el}
Nutzungsgrade	
elektrisch	37,5 %
thermisch	43 %
Anteil der genutzten Wärme	20 %
Eigenbedarf der Biogasanlage über Biogas-BHKW gedeckt	
Methanverluste	
Biogasproduktion	1 %
BHKW	0,5 %
Gärrestlager	offen, 2,5 %
Anlage 2: Aufbereitung auf Erdgasqualität	
Größe	1000 kW_{el}
Nutzungsgrade	
elektrisch	40 %
thermisch	43 %
Anteil der genutzten Wärme	100 %
Eigenbedarf der Biogasanlage von extern gedeckt	
Methanverluste	
Biogasproduktion	1 %
BHKW	0,5 %
Gärrestlager	offen, 2,5 %
Biogasaufbereitung	
Strombedarf (Netzstrom)	0,3 kWh/Nm³ Rohgas
Methanverlust	2 %
Variante Aminwäsche	
Strombedarf (Netzstrom)	0,1 kWh/Nm³ Rohgas
Wärmebedarf (Erdgas)	0,4 kWh/Nm³ Rohgas
Methanverlust	0,1 %
Allgemeine Annahmen	
Rohstoffe	Rindergülle bzw. Maissilage
Substitution	
Stromgutschrift:	70 % Steinkohle, 30 % Gas
Wärmegutschrift	57 % Gas, 43 % Öl
Kraftstoffgutschrift	Ottokraftstoff
Wirkungsabschätzung	
GWP 100	CO_2 = 1, CH_4 = 25, N_2O = 298 kg CO_2-Äq./kg

Ergebnisse

Schritt 1 Bilanz der Referenzanlage

Im ersten Schritt wird die vollständige Bilanz der Referenzanlage dargestellt. Insgesamt ergeben sich Minderungen von 150 g THG pro MJ eingesetztem Biogas im Fall des Einsatzes von Gülle und von 40 g THG bei nachwachsenden Rohstoffen. Die wesentliche THG-Entlastung ergibt sich aus den substituierten Strommengen und –bei den Gülle-Anlagen – aus den vermiedenen Emissionen der Rohgülle. Bei der angenommenen Wärmenutzung von nur 20 % der anfallenden Wärme spielt diese eine weniger wichtige Rolle bei der Gesamtentlastung an THG.

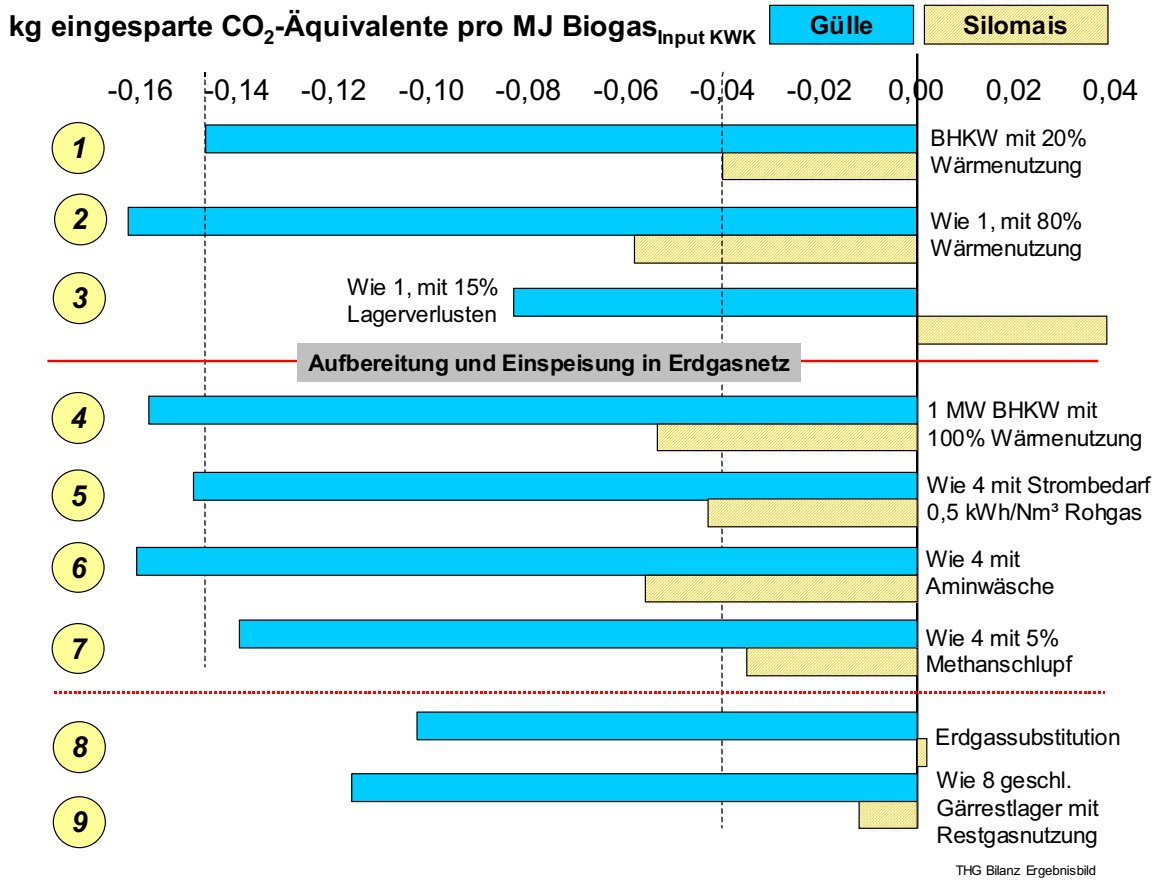


Abbildung 7.5: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Referenzanlage (oben: Einsatzstoff Gülle; unten: Silomais). Annahmen siehe Tabelle 7.2.

Die vermiedenen Emissionen durch die „Rohgülle-Gutschrift“ ergeben sich, weil Emissionen der Lagerung (Methan) und der Ausbringung der Gülle (Lachgas) durch die Biogas-Anlage vermindert werden. Die THG-Minderung durch vermiedene Rohgülle-Emissionen ist dabei in derselben Größenordnung wie die THG-Einsparung durch Strom- und Wärmesubstitution. Dabei wurden die Methanemissionen aus der Lagerung von Rohgülle, die rd. 80 % der vermiedenen Emissionen bedingen, nach BMVEL/UBA 2002 (S.151) berechnet; die Unsicher-

heit dieser vermiedenen Emissionen ist hoch; es kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese überschätzt sind.[99]

Neben den hohen Methanemissionen der Lagerung unbehandelter Gülle weist die Güllenutzung weitere Vorteile auf:

- Gülle als Substrat wirkt prozessstabilisierend.
- Synergieeffekt durch Co-Vergärung: in der Regel höherer spezifischer Gasertrag als bei Monovergärung.
- In vergorener Gülle ist Stickstoff besser pflanzenverfügbar (höherer Ammoniumanteil) und sie ist pflanzenverträglicher (weniger Harnstoff).
- Vergorene Gülle lässt sich leichter ausbringen und sie dringt besser in den Boden ein.
- Geringere Geruchsemissionen und geringere Keimbildung.

Dem stehen allerdings auch verschiedene Hemmnisse entgegen:

- Eine wirtschaftliche Anlagengröße (etwa 100 kW_{el}) mit hohem Gülleeinsatz (90%) erfordert hohe Bestandsgrößen (etwa 700 Rinder oder 4.500 Schweine); solche Einsatzgebiete gibt es nur wenige in Deutschland (v.a. in den neuen Bundesländern und Niedersachsen).
- Für Mitvergärung in Gemeinschaftsanlagen sind Transportkosten bereits ab ca. 5 km bei vorwiegendem Gülleeinsatz zu hoch.
- Für große Viehbetriebe gibt es kaum Verdienstanreize gegenüber dem Aufwand zum Betrieb einer Biogasanlage im Nebengeschäft.
- Informationsdefizite: Vorteile der Biogasanlagen sind oft nicht bewusst, Möglichkeiten, Gülle zur Vergärung abzugeben oder in eigenen Kleinstanlagen einzusetzen, sind nicht bekannt.
- Wagnis der Investition, abschreckende Negativbeispiele, Aufwand zur Genehmigung v.a. für kleinere Anlagen wird als zu groß eingeschätzt
- Sorge um Flächenkonkurrenzen wegen der Gärrestausbringung.

(Schlussfolgerung 1) Der **Bau von Biogas-Anlagen** sollte **insgesamt**, unter Beachtung bestimmter Mindestanforderungen, vorangebracht werden, selbst wenn keine optimalen Rahmenbedingungen z. B. bezüglich der Wärmesenken gegeben sind.

(Schlussfolgerung 2) Die **Erschließung der Güllepotenziale** sollte besonders gefördert werden, da sie eine doppelte Dividende versprechen: vermiedene Methanemissionen der Rohgülle und Strom/Wärmesubstitution. Eine Erschließung der Güllepotenziale kann erfolgen durch

Daraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für die EEG-Ausgestaltung:

- eine **verbesserte Förderung kleiner Biogas-Anlagen (z. B. <75 kW)**, da gerade in kleinen Anlagen kostenfrei verfügbare Güllepotenziale erschlossen werden können. Damit ist auch eine Emissionsminderung verbunden, weil insbesondere die Lagerung

[99] Zu den detaillierten Annahmen siehe (Pehnt 2007).

von unvergorener Gülle mit höheren Methan-Emissionen verbunden ist. In solchen Kleinanlagen ist außerdem tendenziell eine bessere Wärmenutzung wegen höherer anteiliger Bedeutung der Wärmesenken (Wohngebäude im Hof etc.) möglich; auch in kleinräumig strukturierter Landwirtschaft (Süddeutschland, Ökolandbau; bei letzterem ohne Zukauf konventioneller Rohstoffe) können vorhandene Biogas-Potenziale erschlossen werden.
Nachteilig an einer solchen Regelung könnte eine suboptimale (zu kleine) Anlagenauslegung und damit zusammenhängend die Nachteile kleinerer Anlagen (geringerer Stromwirkungsgrad, ggf. höherer Wärmeeigenbedarf und mehr Methanverluste durch einfachere technische Ausführung sein. Im Saldo gehen wir aber dennoch davon aus, dass die Vorteile die Nachteile überwiegen und es (beispielsweise in Norddeutschland) nicht zu einer Fehlauslegung von Anlagen kommt, weil die Economies of Scale die Staffelung der Vergütungssätze überkompensieren und es deshalb nach wie vor günstiger sein wird, größere Anlagen zu bauen.

- eine **Mindestquote des Gülleanteils**. Eine entsprechende Förderung ist nur beschränkt für kleinere Anlagen sinnvoll. Ein pauschaler Güllebonus erscheint weniger geeignet, da er zu nicht gerechtfertigten Mitnahmeeffekten bei ohnehin wirtschaftlichen Großanlagen führen würde und neue große reine Gülle-Biogasanlagen wenig wahrscheinlich sind.[100]

Schritt 2 Variation wichtiger technischer Parameter

Im zweiten Schritt der Bilanz werden wesentliche technische und Betriebsparameter variiert, um deren Ergebnisrelevanz für die THG-Gesamtbilanz zu überprüfen und etwaige Verzahnungsdefizite zu identifizieren. **Variante 1** in Abbildung 7.6 entspricht dabei der Bilanz von Abbildung 7.5.

Kleinere Anlagen

Zunächst wird die Frage geprüft, ob eine Förderung kleinerer Anlagen, wie in Schlussfolgerung 2 vorgeschlagen, in Hinblick auf die THG-Bilanz kontraproduktiv sein kann (**Variante 2**). Bezüglich der Treibhausgas-Bilanz kleiner versus großer Anlagen ist der Effekt nicht so ausgeprägt (siehe Fall 2 versus 1 in Abbildung 7.6) und spiegelt i. w. die unterschiedlichen elektrischen Wirkungsgrade der Anlage wider, da der Stromeigenbedarf nach dem FNR-Messprogramm nicht signifikant variiert und der Wärmeeigenbedarf insgesamt sehr stark streut (Tendenz allerdings Abnahme des Eigenbedarfs mit steigender Größe). Berücksichtigt wird in Abbildung 7.6 der bei Gülle gegenüber NawaRo höhere Wärmeeigenbedarf.

[100] Eine Anlage mit 150 kW_{el} Leistung bedarf 1500 Großvieheinheiten.

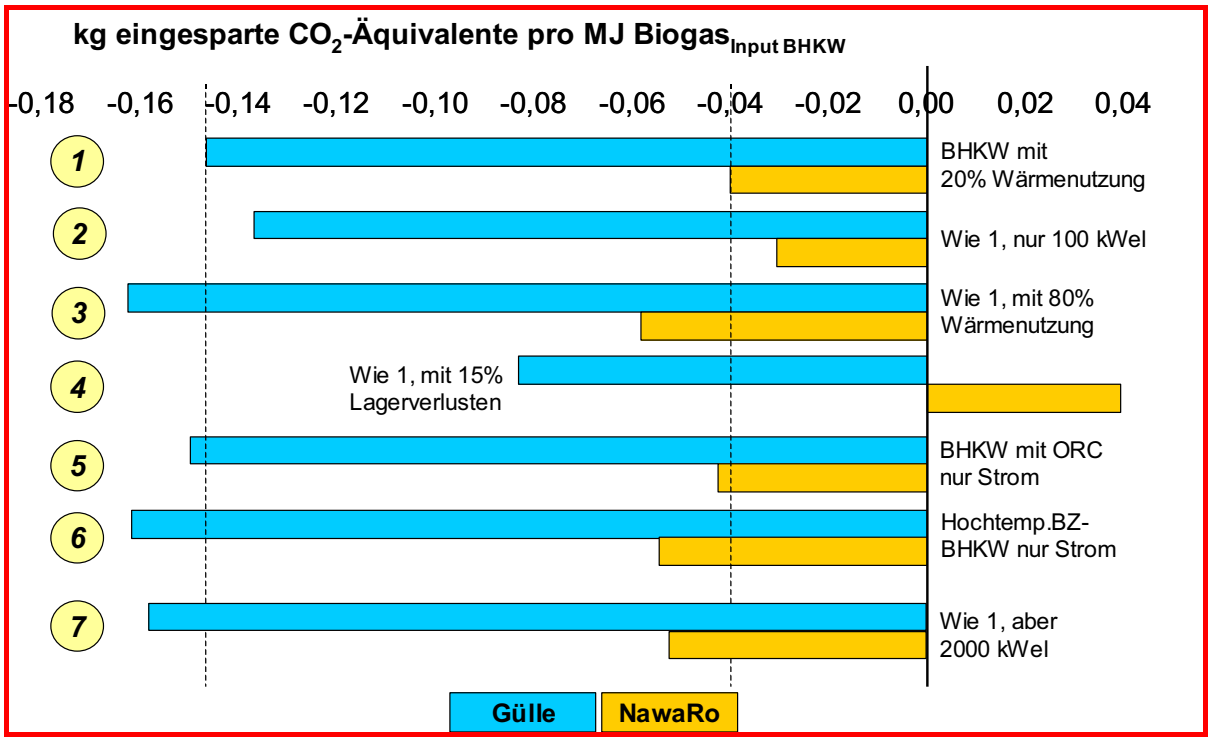


Abbildung 7.6: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Referenzanlage, Varianten (blau: Einsatzstoff Gülle; orange: Silomais). Annahmen siehe Tabelle 7.2.

Zusätzliche Wärmenutzung. Eine zusätzliche Wärmenutzung der Biogasanlage wird in **Variante 3** unterstellt. Hier wird untersucht, inwieweit eine Wärmenutzung von 80 % der anfallenden Wärme (anstelle 20 %) die THG-Bilanz signifikant verbessert. Die erhöhte Wärmenutzung führt zu einer relevanten, allerdings nicht ergebnisentscheidenden Steigerung. Der vergleichsweise kleinere Beitrag der Wärmesubstitution an den gesamten THG-Minderungen hat zum einen mit dem Wärmeeigenbedarf der Anlage zu tun (nur 70 (Gülle) bzw. 80 % (Nawaro) der produzierten Wärme stehen für externe Anwendungen zur Verfügung) sowie mit dem deutlich niedrigeren THG-Faktor der konventionellen Wärmebereitstellung im Vergleich zur Stromerzeugung.[101] Daraus folgt, dass die Wärmenutzung nicht zu einer Verpflichtung zu machen ist, aber über einen erhöhten Anreiz (Erhöhung des KWK-Bonus auf 3 Ct/kWh) angereizt werden sollte.[102]

(Schlussfolgerung 3) Die **Erschließung der produzierten Wärme** sollte **verstärkt** angereizt werden. Eine **KWK-Pflicht** ist allerdings **nicht sinnvoll.**

[101] Die Wärmenutzung wird hier allerdings mit einem Mix an Gas- und Ölbrennern berechnet. Im ländlichen Raum kann es angebracht sein, diese Wärmegutschrift zu variieren. Bei einem hohen Ölanteil beispielsweise fällt die Wärmegutschrift größer aus.

[102] Im Lauf des Energiebalance-Projektes wurden verschiedene Alternativen zu einem KWK-Bonus angedacht, allerdings in einem ersten Screening verworfen, beispielsweise: Mindest-Anforderungen an Exergie (beispielsweise exergetischer Mindest-Wirkungsgrad > x %); Mindest-Anforderungen an primärenergetisch gewichteten Wirkungsgrad (analog zur EU Waste Directive); Gestaffelter „Klimabonus“, je nach prozentualer Einsparung gegenüber einer Standardanlage (beispielsweise die Referenzfälle im EEG-Erfahrungsbericht) (z. B. 2 Ct/kWh bei 20 % Einsparung gegenüber Standardanlage, 3 Ct/kWh bei 35 % und 4 Ct/kWh bei 50 %).

Bei der Bewertung der Bedeutung zusätzlicher Wärmenutzung ist außerdem zu berücksichtigen, dass die in Abbildung 7.6 gezeigten Ergebnisse für Gülle-Anlagen auf Berechnungen für Rindergülle beruhen. Andere Güllesorten führen zu anderen Methangutschriften; die Verwendung von Festmist beispielsweise bekommt eine wesentlich niedrigere Gutschrift für das unvergorene Substrat. Damit relativiert sich die Höhe der erzielbaren Roh-Substrat-Gutschrift.

Eine Ausweitung des KWK-Bonus auch auf Altanlagen, die mit zusätzlicher Wärmenutzung nachgerüstet werden, mit den oben beschriebenen Mindestkriterien/Nachweisanforderungen würde zu einer beträchtlichen Steigerung des KWK-Anteils beitragen, da eine Nachrüstung vielfach möglich ist.

Mit einer Erhöhung des KWK-Bonus steigt auch die Missbrauchsgefahr für Wärmenutzungen. Um die missbräuchliche Inanspruchnahme des KWK-Bonus zu verhindern, werden zusätzlich folgende Modifikationen vorgeschlagen: Eine **Positiv-/Negativliste** weist ausdrücklich anerkannte und nicht anerkannte Wärmenutzungen aus. Ausdrücklich ausgeschlossen werden auf dieser Liste folgende Wärmenutzungen: Gärresttrocknung (keine belegten ökologischen Vorteile gegenüber direkter Feldausbringung; lange Transportdistanzen sollten grundsätzlich vermieden werden); Wärmespeicher ohne Nutzungsnachweis (s. u.); Beheizung von Wirtschaftsgebäuden (außer bei Nachweis der Notwendigkeit z. B. durch Nachweis einer vorherigen fossilen Beheizung); Beheizung von Prozessschritten der Biogasanlage (beispielsweise Fermenter und Hygienisierung). Auf diese Weise kann auch der „künstliche“ Überkreuz-Verkauf von Wärme an eine benachbarte Biogasanlage ausgeschlossen werden.

Ausdrücklich aufgenommen werden die Einspeisung in ein **Nah-/Fernwärmenetz** und die Beheizung von Gebäuden im Geltungsbereich von §1 EnEV. Bei Wärmenutzungen, die nicht auf der Liste stehen, ist die **Gleichwertigkeit** bezüglich der Klima- und Ressourcenschonung nachzuweisen.

(Schlussfolgerung 4) Die Wärmenutzung ist nicht zu einer Verpflichtung zu machen, aber über einen erhöhten Anreiz (Erhöhung des KWK-Bonus auf 3 Ct/kWh) anzureizen.

(Schlussfolgerung 5) Es wird empfohlen, mit Hilfe einer expliziten Positiv-Negativliste die Wärmenutzungen auszuschließen, die keinen zusätzlichen Klimanutzen bewirken. Fälle, die nicht durch die Liste abgedeckt sind, müssen nachweisen, dass sie gegenüber der Referenz einen Klimanutzen erbringen.[103]

(Schlussfolgerung 6) Der KWK-Bonus ist auch auf Altanlagen zu übertragen.

Methanverluste der Lagerung von Gärresten. Bei der offenen Lagerung von Gärrest können signifikante Restgasemissionen von Methan auftreten. Deren Höhe korreliert mit der vorangegangenen Verweilzeit im Fermenter; je kürzer die Verweilzeit, desto höher das Restgaspotenzial und damit die potenziellen Methanemissionen aus der Gärrestlagerung. Die Bandbreite für Restgasemissionen liegt bei etwa 2,5 % - 15 % der insgesamt produzierten Biogas-Methanmenge. Legt man den oberen Wert dieser Bandbreite zu Grunde (Variante 4), so würde sich bei Nawaro-Anlagen sogar eine zusätzliche THG-Belastung ergeben. Dieser Fall muss also durch die Regelungen des EEG unbedingt ausgeschlossen werden.

[103] Die von IFEU in Zusammenarbeit mit IE daraufhin erarbeitete Positiv-Negativliste ist im EEG aufgenommen worden.

Als Minderungsmaßnahmen für die Methanverluste aus den Gärrestlagern kommen vorgeschriebene Mindestverweilzeiten oder eine gasdichte Abdeckung der Gärrestlager mit Restgasnutzung in Frage oder eine Kombination der beiden Anforderungen. Grundsätzlich könnte die Minderungsanforderung nach Substratart unterschieden werden: Bei der Vergärung von Gülle ergeben sich aus der Gärrestlagerung gegenüber der Lagerung unvergorener Gülle tendenziell geringere Methanemissionen, so dass die Vergärung einer Minderungsmaßnahme gleichkommt. Dagegen stellt die Gärrestlagerung aller sonstigen Substrate eine neue Emissionsquelle dar.

Dennoch ist angesichts des Restgaspotenzials zur Erhöhung der THG-Effizienz eine grundsätzliche Anforderung an eine umfassendere Nutzung des Gaspotenzials dringend empfohlen. Als praktikable Maßnahme wird die Vorgabe einer gasdichten Abdeckung mit Restgasnutzung empfohlen, die als Nebeneffekt auch eine sehr effektive Minderungsmaßnahme für weitere Emissionen wie z.B. Ammoniak darstellt.

Die zusätzlichen Kosten für die gasdichte Abdeckung können durch die Restgasnutzung weitgehend kompensiert werden. Bei einem Restgaspotenzial von 10 % können die Kosten unter den derzeitigen Randbedingungen auch bei Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 150 kW überkompensiert werden. Um jedoch für kleinere Anlagen und zur weiteren Erschließung von Gülle kein neues wirtschaftliches Hemmnis zu kreieren, könnten Anlagen unterhalb einer bestimmten Anlagengröße von einer verpflichtenden Vorgabe der gasdichten Abdeckung mit Restgasnutzung ausgenommen werden.

Für die Grundanforderung einer gasdichten Gärrestabdeckung mit Restgasnutzung für alle Biogasanlagen ab einer bestimmten Anlagengröße ist in erster Linie die Umsetzung im Rahmen des Immissionsschutzes („Stand der Technik“) sinnvoll. Diese dürfte allerdings nicht zeitnah machbar sein, insofern wird empfohlen, die gasdichte Gärrestabdeckung mit Restgasnutzung als Grundanforderung an die Vergütung von Biogasanlagen mit aufzunehmen.

(Schlussfolgerung 7) Mindestanforderungen an die Lagerverluste sind aus Klimaschutzsicht wesentlich und müssen entweder im Rahmen des Immissionsschutzes oder der EEG-Anforderungen festgelegt sein.

Diese Schlussfolgerung ist in eingeschränkter Weise im EEG 2009 umgesetzt worden: Die Bedingung für den Nawaro-Bonus bei BImschG-genehmigungsbedürftigen Anlagen ist, dass gasdicht abgedeckte Gärrestlager und zusätzliche Gasverbrauchseinrichtungen für Störfälle oder Überproduktion einzusetzen sind. Bei den anderen Anlagen kann eine Regelung durch Verordnungsermächtigung erfolgen.

ORC-Nutzung. Die Abwärme kann grundsätzlich auch in einem Organic Rankine Cycle (ORC)-Prozess zur Stromerzeugung genutzt werden. Der ORC funktioniert ähnlich wie ein konventioneller Dampfturbinenprozess, dabei werden jedoch als Arbeitsfluid anstelle von Wasser organische Medien wie Alkohole genutzt, die einen niedrigeren Siedepunkt haben. Dadurch lassen sich auch Temperaturniveaus nutzen, die für einen konventionellen Dampfturbinenprozess zu niedrig sind.

Der elektrische Wirkungsgrad von ORC-Anlagen liegt meist im Bereich zwischen 9 %- 13 %. Die Abwärme dieser Prozesse kann wiederum als Wärmequelle für Nahwärmesysteme genutzt werden. Sie liegt allerdings auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (40 – 45 °C) und reicht z.B. nicht mehr zur Fermenterbeheizung aus.

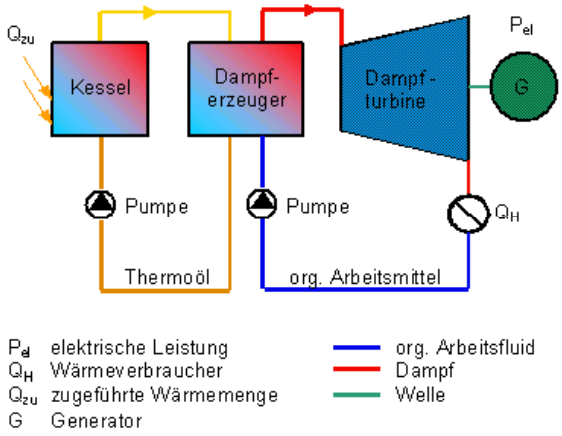


Abbildung 7.7: Prinzipbild eines ORC-Prozesses .Quelle: www.energytech.at

Mit einem ORC-Prozess ist auch die Nachverstromung von **BHKW-Abwärme** möglich, so dass der elektrische Systemwirkungsgrad einer BHKW-Anlage erhöht werden kann (Variante 5). Je nach Anlagenkonzept und Temperaturniveau der genutzten Abwärme ist ihr Stromertrag allerdings begrenzt. Um zu vermeiden, dass ein Fehlanreiz zum Bau niedereffizienter ORC-Anlagen besteht, wird vorgeschlagen, den Technologiebonus weiter zu gewähren, aber nicht die komplette in ORC- (und Mehrstoffgemisch-) Anlagen genutzte Wärme, sondern lediglich **das 2,6-fache des Stromertrags als KWK-Wärme anzuerkennen**. Dies entspricht der primärenergetisch (und klima-) bewerteten Substitutionswirkung zusätzlicher Stromerzeugung.

Brennstoffzellen, insbesondere Hochtemperatur-Brennstoffzellen, als Technologie mit hoher Stromkennzahl sind in der Lage, einen Beitrag zur Verbesserung der THG-Bilanz zu leisten, vor allem in Anlagenkonstellationen, wo eine Abwärmenutzung problematisch ist (Variante 6). Auch wenn Brennstoffzellen nach wie vor nicht großserienreif sind, sollte der Technologiebonus weiterhin gewährt werden.

Ökolandbau versus konventionellen Landbau. Der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen im Ökolandbau führt im Saldo zu geringeren THG-Emissionen als der konventionelle Anbau. Zwar sind die Aufwendungen z. B. an fossiler Energie für den Maschineneinsatz auf Grund der geringeren Erträge höher; die eingesparten THG durch die Einsparung von Kunstdünger und anderen Einsatzstoffen überwiegen aber in der Bilanz. Allerdings werden bestimmte Energiepflanzen, beispielsweise Mais, nicht im Ökolandbau angebaut.

Gleichzeitig wird aus Abbildung 7.5 deutlich, dass der THG-Reduktionseffekt des Anbaus selbst bei Mais (grüner Staffelbalken bei „Nawaro-Anlage“) keine dominierende Rolle in der Bilanz spielt, die Minderungspotenziale aus Klimaschutzsicht daher begrenzt sind.

Schritt 3 Biogas-Aufbereitung auf Erdgasqualität

Wird Biogas zusätzlich auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist, so entstehen zusätzliche Umweltwirkungen: zum einen Methanverluste in die Atmosphäre, die während des Aufbereitungsprozesses freigesetzt werden, zum anderen ein zusätzlicher Strom- und Wärmebedarf für die Gasaufbereitung und erforderlichen Verdichtung.

Im Rahmen des Energiebalance-Projektes wurde daher auch die Aufbereitung auf Erdgas-Qualität und die Einspeisung des Gases untersucht. Auch hierzu wurde ein Referenzsystem

definiert, das aus einer größeren Anlage inklusive einer Aufbereitungsanlage bestand (Tabelle 7.2).

Zu Beginn des Energiebalance-Projektes wurden z. T. Methanverluste nach Herstellerangaben von bis zu 8 % Methan bezogen auf die eingesetzte Methanmenge berichtet; wesentlich geringere Werte bei der Aminwäsche. Auch für den Strombedarf wurden in der Literatur Werte bis zu 2 kWh/m³ Rohgas gefunden.

Die Werte in Tabelle 7.3 geben die aktuelle (Stand Ende 2008) Einschätzung technischer Parameter für die verschiedenen Aufbereitungsverfahren wieder.

Tabelle 7.3: Technische Kenndaten verschiedener Biogas-Aufbereitungsverfahren

	Druckwechseladsorption (PSA)	Druckwasserwäsche	Aminwäsche
Strombedarf [kWh/Nm^3]	0,24-0,29	0,24-0,4	0,06-0,14
Wärmebedarf [kWh/Nm^3]			0,3-0,7
Strom Verdichtung auf 16 bar [kWh/Nm³]	0,036	0,03	0,068
Methanverlust [%]	2-8	2-7	<0,1

Die Ergebnisse der Lebenszyklus-THG-Berechnungen werden in Abbildung 7.8 dargestellt; ebenfalls mit aufgenommen ist die Referenzanlage ohne Aufbereitung auf Erdgasqualität. Die Darstellung zeigt, dass Variante 8, nämlich eine Biogas-Anlage, die gemäß der Referenzanforderungen (Methanverluste 2 %, Strombedarf 0,3 kWh/m^3 Rohgas) konfiguriert ist, in den gesamten THG-Emissionen etwas besser abschneidet als die Variante 1, wenn man zu Grunde legt, dass der marginale Strom- und Wärmemix substituiert werden. Trotz der energetischen Aufwendungen der Aufbereitung führt die 100 %ige Wärmenutzung zu einer Verbesserung der Bilanz.

Voraussetzung für diese merkliche (allerdings auch nicht erhebliche) Verbesserung ist, dass bestimmte Grundanforderungen an die Aufbereitungsanlage eingehalten werden. Geht man beispielsweise von einem höheren Strombedarf (Variante 9) oder höheren Methanverlusten aus (Variante 11), so ergeben sich gegenüber der Nutzung des Biogases vor Ort keine zusätzlichen Vorteile. Daher sollten Zusatzanforderungen an die Qualität der Aufbereitung gestellt werden.

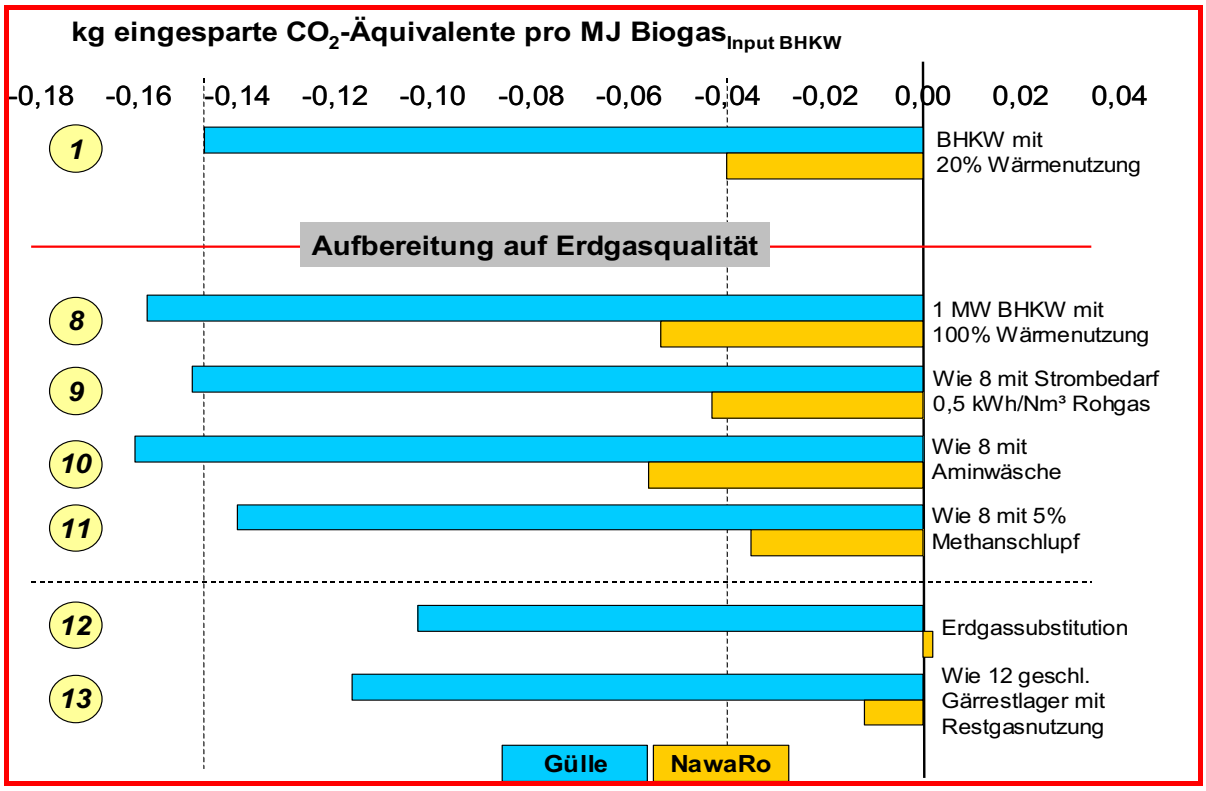


Abbildung 7.8: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Referenzanlage, Varianten Biogasaufbereitung (blau: Einsatzstoff Gülle; orange: Silomais). Annahmen siehe Tabelle 7.2.

Die Aufwendungen und Verluste der Aufbereitung ließen sich durch eine verstärkte Förderung von Mikro-Biogasnetzen vermeiden. Diese Mikro-Biogasnetze erlauben die unmittelbare Verteilung des Biogases ohne Abtrennung anderer Gaskomponenten. Auch mit solchen Mikro-Biogasnetzen ist es möglich, das Gas nahe der Wärmeverbrauchssenken zu nutzen. Die Verlegung von Biogasnetzen ist i. d. R. kostengünstiger und verlustärmer zu bewerkstelligen als die Installation von Nahwärmenetzen.

(Schlussfolgerung 8) Die Gasnetzeinspeisung von Biogas sollte zwingend mit Mindestanforderungen vor allem an den Strom/Endenergiebedarf verknüpft sein, zusätzlich an maximale Methanverluste und eine regenerative Deckung des Wärme-Eigenbedarfs.

Das Energiebalance-Projekt hat diese Anforderungen folgendermaßen quantifiziert:

(1) ein **maximaler Methanverlust** von 0,5 %;

(2) ein **maximaler parasitärer Stromverbrauch** von 0,5 kWh/Nm^3 Rohgas;

(3) eine **vollständige Wärmenutzung** und

(4) Die **Prozesswärme (z. B. Fermenterwärme) wird vor Ort regenerativ bereitgestellt**. Damit soll ausgeschlossen werden, dass eine allfällig erforderliche Prozesswärme (etwa bei der Aminwäsche) beispielsweise mit Heizöl oder Erdgas gedeckt wird, damit eine maximale Menge Biogas eingespeist wird.

Diese Anforderungen sind in den Novellierungsprozess des EEG und auch in das EE-Wärmegesetz, das Marktanreizprogramm und in veränderter Form in die Gasnetzzugangs-

verordnung (GasNZV 2008) eingeflossen. Ebenfalls vorgesehen sind die Anforderungen für den Einsatz von Biomethan zur Anrechnung auf die Biokraftstoffquote.

(Schlussfolgerung 9) Die Einrichtung von **Biogas-Mikronetzen** sollte ebenfalls gefördert werden, da hier kein/kaum Methanschlupf auftritt, der Strombedarf für den Kompressor deutlich niedriger liegt und außerdem die Wertschöpfung aus der Energiebereitstellung bei den Landwirten verbleibt.

Die Förderung von Biogas-Mikronetzen wurde gemäß der Vorschläge des Energiebalance-Teams in das Marktanreizprogramm aufgenommen.

Wird Biogas jedoch aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist, stehen grundsätzlich alle Nutzungsmöglichkeiten offen, wie sie auch für das Erdgas gegeben sind. Der Vorteil in der Aufbereitung und Einspeisung besteht zum einen in der dadurch möglichen Speicherung des Gases und zum anderen darin, bundesweit geeignete Anwendungen finden zu können. Insbesondere vorteilhaft ist der bereits erwähnte Einsatz in einem größeren BHKW, wenn neben Strom auch die erzeugte Wärme dadurch vollständig genutzt werden kann (Variante 8). Wird aber stattdessen ausdrücklich Erdgas ersetzt, z.B. in einem Gasbrennwertkessel, wird dadurch nur eine geringere Gutschrift erzielt, da Erdgas der fossile Energieträger mit den geringsten energiespezifischen Treibhausgasemissionen ist. Im Fall der hier beschriebenen Referenzanlage (Tabelle 7.2) lägen die durch diese verursachten Treibhausgasemissionen wie z.B. Methanverluste aus der Biogasproduktion und aus der Aufbereitung, sogar höher als die erzielbare Gutschrift durch die Erdgassubstitution. Diese Variante (Variante 12) führt im Nettoergebnis zu Treibhausgasbelastungen. Es reicht allerdings schon aus, das Gärrestlager gasdicht abzudecken und das Restgas zu nutzen, um die Belastungen in Treibhausgasentlastungen umzukehren (Variante 13). Allerdings liegen diese Nettoentlastungen deutlich niedriger als bei einer KWK-Nutzung oder auch einem Einsatz in Pkw.

(Schlussfolgerung 10) Aufbereitetes und eingespeistes Biomethan sollte in erster Linie in Kraft-Wärme-Kopplung mit vollständiger Wärmenutzung genutzt werden. Eine reine Wärmenutzung in Konkurrenz zu Erdgas sollte nicht gefördert werden.

Schritt 4 Nutzung von Biogas als Kraftstoff

Alternativ zu einer stationären Nutzung kann Biomethan auch in CNG-Fahrzeugen eingesetzt werden. Erdgasfahrzeuge bestimmen derzeit nur einen kleinen Anteil an den zugelassenen Pkw (0,2%). Es ist jedoch politisches Ziel, diesen Anteil zu erhöhen. Die bis 2009 gesicherte verminderte Energiesteuer auf Erdgas führt und führte bereits zu einem deutlichen Zuwachs an Erdgasfahrzeugen. Insofern wirkt sich ein Einsatz von Biomethan in diesem Segment nicht in Konkurrenz, sondern additiv zu Erdgas aus. Substituiert wird Ottokraftstoff. Gegenüber Otto-Pkw sind monovalente Erdgasfahrzeuge mittlerweile energieäquivalent, d.h. für eine bestimmte Leistung muss die gleiche Energiemenge eingesetzt werden. Dies gilt nicht für bivalente Pkw, die mit zwei Tanks ausgestattet sind und wahlweise mit Erdgas oder Benzin betrieben werden können. Diese haben bedingt durch die höhere Fahrzeugmasse und die schlechtere Einstellbarkeit des Motors einen um bis zu 20% höheren energetischen Verbrauch als monovalente Fahrzeuge (ÖVK 2007). Bei den derzeit in Deutschland zugelassenen Erdgasfahrzeugen sind 50% monovalent und 50% bivalent mit klarem Trend zu monovalenten Fahrzeugen (KBA 2007). In den Treibhausgasbilanzen wurde von einem Einsatz in monovalenten Fahrzeugen ausgegangen.

Für den Einsatz von Biomethan in CNG-Pkw muss dieses noch auf den Tankstellendruck von 250 bar gebracht werden. Der weitere Strombedarf für die Komprimierung wurde zu

0,2 kWh/m³ Biomethan angesetzt nach (LBST 2002). Für die in Tabelle 7.2 beschriebene Referenzanlage ergibt sich das mit Variante 14 gezeigte Ergebnis. Wird als Aufbereitungsverfahren die Aminwäsche mit ihrem deutlich geringeren Methanschlupf gewählt, ergibt sich das Ergebnis nach Variante 15. Noch weiter steigerbar sind die Treibhausgasentlastungen, wenn entgegen den Annahmen zur Referenzanlage die Biogasanlage optimiert wird durch gasdichte Abdeckung des Gärrestlagers und die Aufbereitung den Mindestanforderungen nach (EEG 2009) folgt (Variante 16). Die so erzielbaren Treibhausgaseinsparungen liegen dann in gleicher Größenordnung wie bei direkter Nutzung des Biogases im BHKW bei der Referenzanlage (Variante 1). Aus Klimaschutzsicht ist die Aufbereitung und Nutzung im mobilen Bereich nur interessant, wenn dadurch eine Verbesserung der Anlagentechnik einhergeht. Wird aber das Biomethan als Biokraftstoff mit anderen Biokraftstoffen der 1. Generation verglichen, so schneidet Biomethan hinsichtlich der Treibhausgaseinsparung mindestens genauso gut ab wie diese. Die Anforderung gemäß Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung (BioNachV 2007), ab 2011 ein Treibhausgas-Verminderungspotenzial von mindestens 40% aufzuweisen, kann durch Biomethan sicher eingehalten werden, wenn dieses nach dem Stand der Technik hergestellt wird und in monovalenten CNG-Fahrzeugen eingesetzt wird.

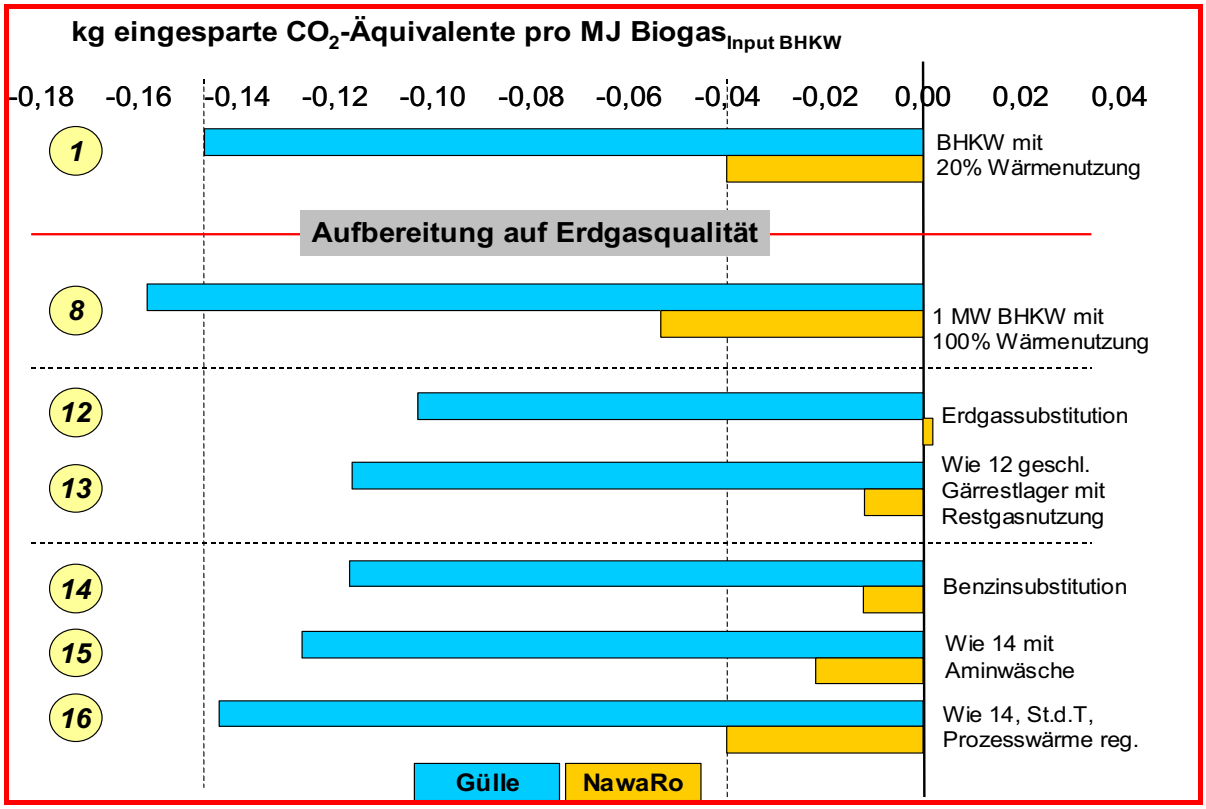


Abbildung 7.9: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Referenzanlage, Variante Einsatz im Fahrzeug (blau: Einsatzstoff Gülle; orange: Silomais). Annahmen siehe Tabelle 7.2.

Im bisherigen Biokraftstoffquotengesetz (§ 37b BImSchG) ist Biogas von der Anrechenbarkeit auf die Biokraftstoffquote ausgenommen. Dies soll sich ändern. Im Gesetzesentwurf zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen vom 22. Oktober 2008 ist nunmehr die Anerkennung von Biomethan vorgesehen, insofern es Erdgasqualität aufweist und die Aufbereitung unter Einhaltung von Mindestanforderungen erfolgt. Die Mindestanforderungen entsprechen denen im EEG 2009 formulierten.

(Schlussfolgerung 11) Der Einsatz von Biomethan im mobilen Bereich sollte nur in monovalenten CNG-Fahrzeugen erfolgen. Über die Anforderungen des Gesetzesentwurfs zur Biokraftstoffförderung hinaus, sollte auch die Biogasproduktion dem Stand der Technik entsprechen und gasdicht abgedeckte Gärrestlager mit Restgasnutzung aufweisen.

7.2.3 Feste Biomasse

Eine analoge Analyse wie für gasförmige Biomasse wurde im Rahmen des Energiebalance-Projektes auch für die Energiebereitstellung aus fester Biomasse (Bsp. Holz) durchgeführt (Abbildung 7.10). Deren Ergebnis wird hier nur verkürzt dargestellt.

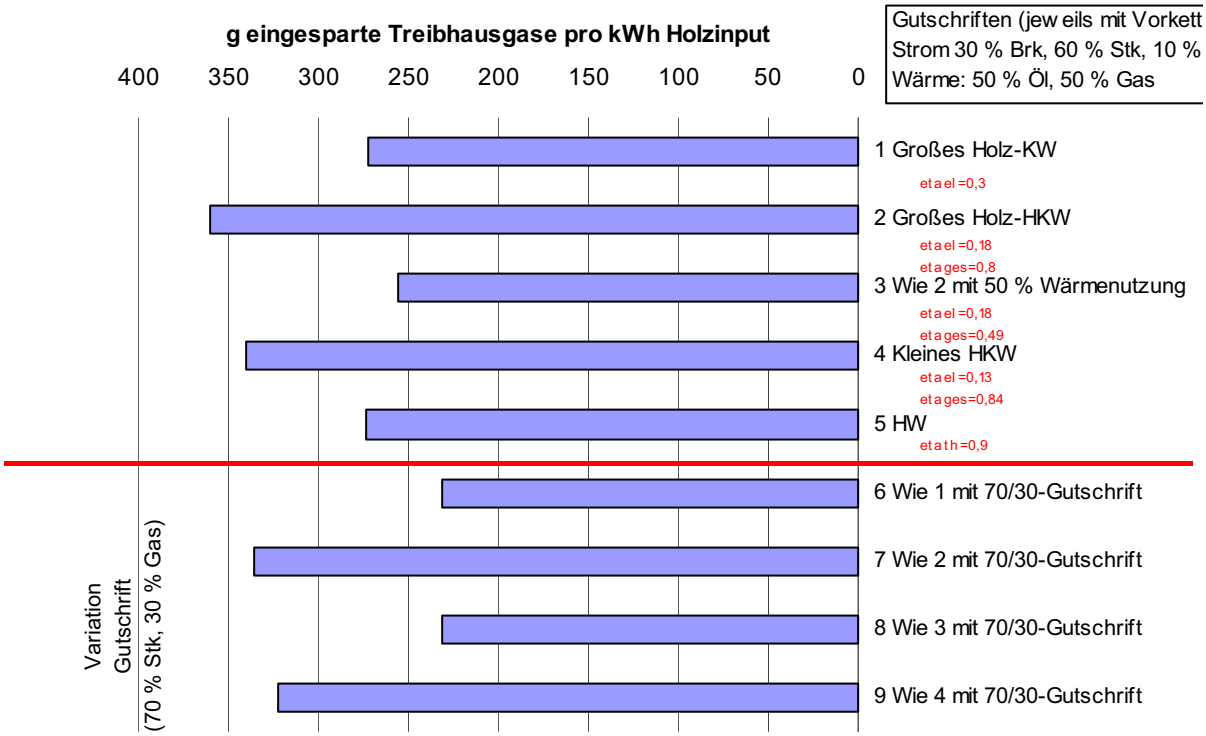


Abbildung 7.10: Nettoentlastung des Treibhauseffektes durch Biogasnutzung (70/30-Gutschrift: 70 % Steinkohle, 30 % Erdgas)

Abbildung 7.10 zeigt, dass bei vollständiger Wärmenutzung KWK-Anlagen besser abschneiden als ein großes Holz-KW im Kondensationsbetrieb oder ein reines Heizkraftwerk. Sobald aber nur ein Anteil der Wärme genutzt werden kann, sinkt dieser Vorteil und kann sich umkehren. Dies hängt damit zusammen, dass sich im Unterschied zu Biogas-Anlagen (bei Ottomotoren hat eine zusätzliche Wärmenutzung keine Minderung des elektrischen Nutzungsgrads zur Folge) bei Holz-HKWs der fallende Wirkungsgrad bei steigender Wärmeauskopplung bemerkbar macht. Dieser Effekt tritt bei Biogas-BHKW nicht auf.

Abbildung 7.10 zeigt auch, wie sensitiv die Ergebnisse auf die gewählte Gutschrift reagieren. In den Fällen 6-9 wurde statt einer Gutschrift eines 60/20/10-Mixes wie auch bei Biogas Steinkohle und Gas (70/30) gutgeschrieben. Damit werden die Unterschiede zwischen Holz-KW und Holz-HKW zugunsten von letzterem kleiner, während das Heizwerk nun seinen leichten Vorteil gegenüber dem reinen Kondensationskraftwerk etwas ausbaut.

Mit diesen Ergebnissen im Hintergrund **erscheint eine allgemeine KWK-Pflicht nicht zielführend,** da auch reine Kondensationskraftwerke nicht übermäßig negativ abschneiden. Eine maximale Wärmeausbeute sollte vielmehr mittels KWK-Bonus angereizt werden.

Es gelten analog die Schlussfolgerungen (1) und (3) auch für feste Biomasse.

7.2.4 Zusammenfassung der Vorschläge

Tabelle 7.4: Vorschläge des Projektes Energiebalance für die Novelle des EEG und deren Umsetzung im Novellierungsprozess

	Beschreibung	Vorschlag	Umgesetzt?	Bemerkung
Vorschläge für die Novelle EEG 2009				
Biogas insgesamt	Biogas trägt zum Klimaschutz bei und muss insgesamt attraktiver ausgestaltet werden	Erhöhung der Basisvergütung	✓	
Gülle	Gülle hat deutlich bessere THG-Bilanz und vermeidet Nutzungskonkurrenz Güllepotenziale werden nur unzureichend erschlossen	Verbesserte Förderung kleiner Anlagen unter 75 kW_{el}	(✗)	Keine neue Leistungsklasse, aber höherer Fördersatz für Anlagen < 150 kW_{el} (EEG § 27 Abs. 1)
		Güllequote	✓	EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus bei Gülleanteil > 30 % für kleine Anlagen (4 Ct/kWh < 150 kW, 1 Ct/kWh < 500 kW)
Bioabfall, Grünschnitt, Landschaftspflegereste	Landschaftspflegereste haben deutlich bessere THG-Bilanz und vermeiden Nutzungskonkurrenz	Bonus für Landschaftspflegereste	✓	EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus für kleine Anlagen < 500 kW (2 Ct/kWh) bei Einsatz von Landschaftspflegeresten
	Bioabfall hat deutlich bessere THG-Bilanz und vermeidet Nutzungskonkurrenz	Förderung der Nachrüstung von Kompostierungsanlagen um eine Vergärungsstufe	✓	Nachgerüstete Anlagen erhalten Technologiebonus (EEG-Anlage 1 II Nr. 1 i) Förderung der Nachrüstung im Rahmen des MAP wird diskutiert
KWK	KWK erhöht Klimanutzen, ist aber kein Sine qua non	Erhöhter KWK-Bonus, aber keine KWK-Pflicht für Anlagen <5 MW	✓	§ 27 EEG Abs. 4 Nr. 3
		KWK-Bonus auch für Altanlagen	✓	allgemein für Anlagen < 500 kW, sonst nur bei erstmaliger KWK-Nutzung nach 31.12.2008 (EEG § 66 Abs. 1 Nr. 3)
ORC	Zusätzliche Abwärmenutzung zur Stromerzeugung in ORC-Anlagen	Nur Anerkennung des 2,6fachen Stromertrags des ORC-Teils als KWK-Wärme	✗	Technologiebonus weiter gewährt, aber Negativliste KWK-Bonus
	Durch höheren KWK-Bonus erhöht sich die Missbrauchsgefahr.	Positiv-Negativliste oder Nachweis des Klimanutzens	✓	EEG-Anlage 3
Gärrestabdeckung		Forderung nach Abdeckung des Gärrestlagers	(✓)	Für nach BImSchG genehmigungsbedürftige Anlagen ist Abdeckung des Gärrestlagers Bedingung für Nawaro-Bonus (EEG Anlage 2) Für andere Anlagen: Verordnungsermächtigung § 64 EEG
Aufbereitetes Biogas	Nur sinnvoll bei vollständiger Wärmenutzung	Pflicht zur Nutzung in KWK	✓	§27 EEG Abs. 3 Nr. 3

	Beschreibung	Vorschlag	Umgesetzt?	Bemerkung
	Nur sinnvoll bei nicht zu hohen Verlusten bei der Aufbereitung	Mindestanforderungen an Strombedarf, Methanverluste, Prozesswärmedeckung	✔	Anlage 1 I Nr. 1
	Biogas-Verteilung anstelle einer Aufbereitung erspart Kosten und Verluste	Förderung von Mikro-Biogasnetzen	✔	Förderung durch das Marktanreizprogramm
Biogas-Mikronetze	Vermeiden die Aufbereitung und ermöglichen dennoch den Transport zu Wärmesenken	Erteilung des Technologiebonus oder Aufnahme in das Marktanreizprogramm	✔	Aufnahme in die Förderlichtlinie Marktanreizprogramm vom 5.12.2007

7.3 Effizienz-Fördermechanismen: Lernen von den Erneuerbaren?

7.3.1 Die Idee: Aktivierung von Marktkräften durch übergreifende Rahmensetzung

Auch wenn ein Großteil der identifizierbaren Endenergie-Einsparpotenziale in Deutschland sowohl aus der gesamtwirtschaftlichen als auch aus der einzelwirtschaftlichen Perspektive wirtschaftlich erscheint (Thomas et al. 2006), ist ihre Erschließung durch verschiedenste Hemmnisse und Barrieren nur eingeschränkt möglich. Staatlich initiierte, technologie- oder sektorspezifische Energieeffizienz (EF)-Programme werden dazu konzipiert, zur Hemmnisüberwindung zielgerichtet beizutragen. Das Problem dabei ist, dass diese Programme auf jeweils nur einen Ausschnitt der Einsparpotenziale fokussieren und andere Bereiche möglicherweise vernachlässigt werden. Zudem ist die Art und Weise, wie die Einsparaktivitäten durchgeführt werden sollen, um eine Vergütung im Rahmen des jeweiligen EF-Programms zu erhalten, weitgehend festgelegt (Irrek und Thomas 2006). Auch werden hierdurch oft keine neuen Akteure für den Markt für Energieeffizienz-Aktivitäten gewonnen.

Warum soll es daher nicht stärker **dem Markt überlassen** werden, welche Einsparaktivitäten mit welcher Kreativität, Effektivität und Effizienz angeboten werden und entsprechend **anreizende Rahmenbedingungen** mit Hilfe **übergreifender Instrumente der Preis- oder Mengensteuerung** geschaffen werden?

In den folgenden Unterkapiteln werden daher zunächst

- die grundsätzlichen Modelle einer übergreifenden Preis- und Mengensteuerung im EF-Bereich (NEgawatt-Einspeise-Gesetz-Modell - NEEG-Modell in Analogie zum Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG; Weiße Zertifikate in Analogie zu grünen Zertifikaten für die Einspeisung erneuerbarer Energien und braunen/schwarzen Emissionszertifikaten) erläutert und bewertet,
- Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen ihnen herausgestellt und
- die mögliche Integration weißer, grüner und brauner/schwarzer Zertifikatssysteme als auch
- die Integration von EF und EE in Ökostromprodukten außerhalb des EEG/NEEG, ggf. verknüpft mit Weiße Zertifikate-Systemen, kritisch diskutiert,

bevor vier mögliche neue EF-Fördermechanismen mit ex ante festgelegten Vergütungssätzen und ihre mögliche Finanzierung vorgestellt und diskutiert werden.

7.3.2 Vom EEG zum NEEG

Grundidee

Wird der prinzipielle Ansatz einer Steuerung über den Preis vom EE-Bereich auf den EF-Bereich übertragen, so müssten ähnlich wie beim EEG im EF-Bereich

- Marktakteure bestimmt werden, die zertifizierte Mengen eingesparter Energie aufkaufen,
- für die Vergütungssätze ex ante festgelegt werden (feste Vergütung), und
- die Ausgaben zur Finanzierung der Ankäufe aufkommensneutral für die öffentlichen Haushalte von allen Energieverbraucher/-innen getragen werden (Umlagefinanzierung).

Aufgrund der Ähnlichkeit zum EEG wird ein solcher nachfrageseitiger Preissteuerungsansatz hier auch **NEEG-Modell (NEgawatt-Einspeise-Gesetz-Modell)** genannt (vgl. auch Irrek/Thomas 2006).

Die prinzipielle Idee des NEEG-Modells hat das BMU (2008, S. 26) im Rahmen seines Konzepts einer ökologischen Industriepolitik aufgegriffen:

„Um die Energieeffizienz zu fördern, reicht es nicht aus, nur auf Verordnungen und Grenzwerte zu setzen, wir brauchen ein ähnlich erfolgreiches Instrument, wie das EEG im Bereich Erneuerbare Energien. Dessen Erfolg lag in der Verknüpfung dreier Elemente: der Einspeisevergütung, der Pflicht Erneuerbare Energien ins Netz zu bringen und einem Umlagesystem. Das sollten wir auch für Fortschritte bei der Effizienztechnologie nutzen: Der Hersteller/Importeur eines höchsteffizienten elektrischen Geräts darf der Verkaufsverpackung eine Stromrechnungsgutschrift beilegen, die über den Energieversorger auszuzahlen wäre. Das Anforderungsniveau wird dabei immer um mindestens 10 Prozent bis 20 Prozent oberhalb des gegenwärtig am Markt befindlichen besten (A++) Geräts definiert. Die Stromrechnungsgutschrift wird nach dem Gerätekauf von der Stromrechnung des Käufers abgezogen. Die Höhe der Gutschrift richtet sich nach der Höhe des vermiedenen Strombedarfs, den Umweltvorteilen und dem ökonomischen Anreiz, der notwendig ist, um die Höchsteffizienztechnik in dieser Produktkategorie zum Einsatz zu bringen.“

Auf diesen konkreten Vorschlag, nach Technologien differenzierte Händlerprämien zu zahlen, wird in einem späteren Kapitel näher eingegangen. Zunächst werden ältere Vorschläge eines NEEG-Modells mit technologieunabhängigen Vergütungssätzen diskutiert.

Existierende Vorschläge einer pauschalen Vergütung von Energieeinsparungen

Ein wesentliches Element des NEEG-Modells ist die Zahlung festgelegter Vergütungssätze für erzielte, nachgewiesene Energieeinsparungen. Dabei werden im NEEG-Modell – so wie es hier vorgestellt wird und im Vergleich zur technologiespezifisch differenzierten Förderung durch das EEG – jeweils pauschale Vergütungen für erzielte Strom- und Wärmeeinsparungen gezahlt. Bisher existieren mehrere Vorschläge, wie ein solches System fester, pauschalisierter Vergütungssätze in Deutschland umgesetzt werden könnte:

- Neumann (BUND Arbeitskreis Energie 2004) schlägt eine pauschale Vergütung eingesparter Primärenergie in Höhe von 1,5 Cent je eingesparte kWh Strom über maximal zehn Jahre quasi **als Dachkonzept** vor, unter dem dann abgeleitet verschiedene Einzelprogramme durchgeführt werden können. Der Vorschlag beschränkt sich auf den Strombereich, ist aber in Zusammenhang eines größeren Portfolios klimapoliti-

scher Maßnahmen im Energie- und Verkehrsbereich zu sehen, dessen Einführung und Umsetzung vom BUND gefordert wird (Zahrnt 2004).

- Görg (2004) geht mit seinem Vorschlag noch weiter. Er versteht seine Idee einer pauschalen Vergütung nicht nur als Dachkonzept, sondern **als direktes Förderinstrument** mit nach Endenergieträgern differenzierten Vergütungssätzen, mit Zuschüssen in Höhe von beispielsweise 1,5 bis 2 Cent/kWh für eingesparten Strom und etwa 0,5 bis 1 Cent/kWh für eingespartes Erdgas. Das Vergütungssystem und seine Finanzierung funktioniert im Vorschlag von Görg (2004) als Umlagesystem über die Netzbetreiber/-innen **nach dem Vorbild des EEG** (also quasi als NEEG-Modell in Reinform), bei dem die Verteilnetzbetreiber/-innen verpflichtet werden, nachgewiesene Energieeinsparungen aus Effizienzmaßnahmen und –programmen mit den oben genannten Boni pro kWh Energieeinsparung über die Laufzeit der Maßnahmen zu vergüten. Wie im EEG-Modell werden den Verteilnetzbetreiber-/innen die Kosten von den vorgelagerten Netzbetreiber/-innen erstattet, die die bundesweite Durchschnittsbelastung durch die Vergütungen kalkulieren, die pro kWh erhoben werden muss.
- Das Wuppertal Institut hat in seinem Konzept für einen **EnergieSparFonds** vorgeschlagen, ein solches pauschales Vergütungsmodell zunächst drei Jahre lang **als Pilotprogramm** zu erproben und auf seine Praxistauglichkeit hin zu überprüfen, bevor es anschließend – vorbehaltlich einer positiven Evaluierung – evtl. in größerem Umfang fortgeführt werden könnte (Irrek und Thomas 2006; vgl. hierzu näher der konkrete Vorschlag in Kapitel 7.3.8).
- Aufbauend auf den Überlegungen des BUND Arbeitskreises Energie (2004) hat die **Stadt Frankfurt a.M.** für das Jahr 2008 einen **Stromsparfonds** mit einer pauschalen Vergütung von Stromeinsparungen eingerichtet und diesen mit öffentlichen Mitteln ausgestattet. Ausgangpunkt ist in diesem Konzept, bisherige technologie- und sektorspezifische Förderpfade zu verlassen, einen möglichst einfachen, transparenten Weg zu wählen und die in der Stromrechnung ausgewiesenen Verbrauchsunterschiede zum Ausgangspunkt für etwaige Vergütungen zu machen. Genauer gesagt soll die Stromeinsparung allein aus der absoluten Differenz des in der Energierechnung ausgewiesenen Stromverbrauchs im Jahr t und dem Durchschnitt der Stromverbräuche der Jahre t-1 und t-2 ermittelt werden (Neumann 2008; www.frankfurt-spart-strom.de). Zu beachten ist dabei, dass die Verbrauchsdifferenz durch technische, organisatorische oder verhaltensbedingte Stromeinsparungen, aber auch durch andere Faktoren wie z. B. die Veränderung in der Anzahl der Haushaltsmitglieder, geringere Anwesenheit zu Hause o. ä. Einflüsse hervorgerufen werden kann. Die so errechnete Verbrauchseinsparung wird mit 20 Euro ab 10% Einsparung im Abrechnungsjahr 2008 und zusätzlich einmalig gezahlten 10 ct/kWh für jede weitere eingesparte Kilowattstunde Strom vergütet. Hinter den 10 ct/kWh steckt die stark vereinfachte Annahme, dass die Stromverbrauchsdifferenz aus Einsparmaßnahmen resultieren würde, die eine Lebensdauer von 10 Jahren haben; d.h. es wird eine Vergütung in Höhe von 1 ct/(kWh*a) zugrunde gelegt.

Bewertung

Bewertung aus Energieeffizienz- und wirtschaftlicher Sicht

Prinzipiell kann ein Modell fester, pauschalisierter Vergütungssätze für erzielte Energieeinsparungen auch unabhängig vom Umlagemechanismus des EEG als ein mögliches Instrument zur Steigerung der Endenergieeffizienz untersucht werden. Im engeren Sinne wird aber erst durch den Umlagemechanismus ein System fester, pauschalisierter Vergütungssätze zu einem NEEG-Modell.

Voraussetzung für die Einführung eines Modells fester, pauschalisierter Vergütungssätze ist eine Festlegung, wie die zu vergütenden **Energieeinsparungen nachgewiesen** werden müssen. Im Rahmen einer etwaigen Einführung eines solchen Systems wird es voraussichtlich – ähnlich wie bei den in Kapitel 7.3.3 vorgestellten Modellen weißer Zertifikate in Italien und Frankreich – einige Zeit brauchen, bis geeignete Definitionen der anzuerkennenden Energieeinsparmaßnahmen und allgemein akzeptierte Methoden, die Einsparungen zu „messen“, erarbeitet worden sind. Für bestimmte Technologien (z. B. Energiesparlampen) können standardisierte Energieeinsparungen und Nutzungsdauern pauschal festgelegt werden, für komplexere Maßnahmen sind individuelle, fachtechnische, unabhängige Gutachten zur Bestimmung der Einsparungen erforderlich. In jedem Fall sind die hierbei entstehenden **Transaktionskosten** zu berücksichtigen.

Eine gesetzliche Verankerung eines derartigen Anreizsystems würde in einer transparenten Art und Weise mittelfristige **Planungssicherheit** für die relevanten **Marktakteure** schaffen, die selbst bestimmen können, welche Energieeffizienz-Aktivitäten sie anbieten. Dabei können je nach Ausgestaltung auch bereits bestehende Anbieter von Energieeffizienz-Technologien, -Programmen und -Dienstleistungen eingebunden werden und Vergütungen für ihre Aktivitäten erhalten. Der Staat kann dann die Ausrichtung der Angebote von zu vergütenden Energieeffizienz-Aktivitäten und damit die Marktentwicklung beeinflussen, wenn er **Vorgaben** für diejenigen Standardprogramme bzw. Verbesserungen bei der Energieeffizienz von Geräten macht, die die Vergütung in Anspruch nehmen dürfen. Durch Vorgaben für den Nachweis von Energieeinsparungen aus derartigen Standardprogrammen bzw. Verbesserungen bei der Energieeffizienz von Geräten kann der Staat auch die Höhe der Transaktionskosten beeinflussen.

In Bezug auf die **zu erwartenden Effekte** ist zu berücksichtigen, dass

- ähnlich wie beim EEG bei ausreichender Vergütungshöhe starke **Marktentwicklungen** in Gang gesetzt werden können. Durch das Angebot von Energieeffizienz-Programmen und –Dienstleistungen bzw. verbesserten Geräten werden zusätzliche Energieeffizienzsteigerungen und Emissionsreduktionen induziert. Indirekte Effekte entstehen dabei durch die hierdurch induzierte Nachfrage nach Energieeffizienz-Technologien und Multiplikatoreffekte aufgrund der netto eingesparten Energiekosten (d. h. der Brutto-Energieeinsparungen abzüglich von Korrektureffekten wie z. B. Rebound-Effekten in geringer Höhe, die z. B. beim von Irrek und Thomas (2006) vorgeschlagenen EnergieSparFonds mit etwa 5% abgeschätzt wurden; vgl. auch IEA 2005 sowie Madlener/Alcott 2007 und www.evaluate-energy-savings.eu zu den zu beachtenden Korrekturfaktoren). Durch das höhere Angebot von Programmen und Dienstleistungen und die verstärkte Nachfrage nach Energieeffizienz-Technologien können zudem Lern- und Entwicklungseffekte hervorgerufen werden.

- eine pauschale Vergütung einen **kreativen Wettbewerb** um die effektivsten und effizientesten Programme und Dienstleistungen schaffen kann, insbesondere dann, wenn nicht nur Standardmaßnahmen vergütet werden. Dadurch, dass aber nicht von vorne herein festgelegt wird, in welchen Bereichen, in welchem Ausmaß und durch welchen Akteur Einsparungen erzielt werden sollen, ist auf der anderen Seite die **Abstimmung mit dem übrigen Instrumente-Mix** im Energieeffizienzbereich **erschwert**.
- auch die **nicht leitungsgebundenen Energieträger** in die Umsetzung des NEEG-Modells prinzipiell einbezogen werden können, sofern sich dieses nicht allein auf den Strombereich fokussiert.
- **nur indirekt steuerbar** ist, in welchem Ausmaß Einsparmengen erzielt werden.
- **Mitnahmeeffekte** je nach Ausgestaltung des Vergütungssystems in beträchtlicher Höhe auftauchen können (vgl. Tabelle 7.5 zur Modellrechnung für das pauschale Frankfurter Vergütungssystem). Mitnehmer/-innen kann es sowohl auf der Seite derjenigen Organisationen oder Personen geben, die Energieeffizienz-Programme oder -Dienstleistungen durchführen bzw. verbesserte Technologien anbieten, als auch auf der Seite der durch die Programme und Dienstleistungen angesprochenen Organisationen oder Personen. Die Schwierigkeit besteht darin, die Vergütungshöhe und die vorgeschriebene Methodik zum Nachweis der Einsparungen so zu wählen, dass diese Effekte minimiert werden können. Bei einer Differenzierung nach Maßnahmen der Technologien anstatt einer pauschalen Vergütung, die voraussichtlich geringere Mitnahmeeffekte beinhalten würde, wäre aber der Vorteil der Vereinfachung durch ein pauschales Modell hinfällig. Dieser Vorteil besteht in der übergeordneten Kommunizierbarkeit eines einheitlichen Vergütungssatzes. Auf der anderen Seite werden auch im EEG Vergütungssätze differenziert, ohne dass hierzu Kommunikationsprobleme bekannt sind, und ein differenzierter, aber produktspezifisch als absoluter Betrag festgelegter Vergütungssatz ist an die jeweiligen Hersteller möglicherweise einfacher zu kommunizieren als ein spezifischer Vergütungssatz pro eingesparter kWh, bei dem der absolute Betrag erst noch errechnet werden muss.
- die **Transaktionskosten der Nachweisführung** der erzielten Energieeinsparungen nicht zu vernachlässigen sind.
- die Gefahr besteht, dass nur **„Rosinen“ herausgepickt** werden, d. h. Energieeinsparpotenziale, die besonders leicht erschlossen werden können, und andere, weniger gut erschließbare, aber ebenso wirtschaftliche, oft auch umfangreichere Potenziale vernachlässigt werden. Die Ergänzung des pauschalen Vergütungsmodells durch **sektor- oder/und technologiespezifische Programme**, die gezielt diese Bereiche ansprechen, ist daher wahrscheinlich auch weiterhin sinnvoll (z. B. auch durch Förderung einer Kombination von Beratung, Information/Qualifizierung und Technologieförderung wie bei einigen der vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Programme eines **EnergieSparFonds**; vgl. Irrek/Thomas 2006) bzw. umgekehrt kann ein NEEG-Modell kann bei entsprechender Ausgestaltung eine sinnvolle Ergänzung eines sektor- und/oder technologiespezifischen Instrumentemixes darstellen oder ein solches in Teilbereichen ersetzen.

Tabelle 7.5: Vereinfachte Beispielrechnung zu möglichen Mitnahmeeffekten des von der Stadt Frankfurt am Main vorgeschlagenen Stromsparfonds

Vorschlag Stadt Frankfurt am Main	
Veranschlagtes Fondsbudget	300.000 Euro/Jahr
Geplante Förderung von Stromeinsparungen	Einmalig 20 Euro bei 10% Einsparung, darüber hinaus einmalig 10 ct /eingesparte kWh
Mindestens zu erzielende Stromeinsparung, um Vergütung zu erhalten	10% des Referenzverbrauchs
Messung der Stromeinsparung anhand des Vergleichs der in den Energierechnungen ausgewiesenen Stromverbräuche	Durchschnitt der Stromverbräuche der Jahre t-1 und t-2 ./. Stromverbrauch im Jahr t
Zusätzliche vereinfachte Annahmen des Wuppertal Instituts (bislang nicht verifiziert)	
Anzahl der Haushalte in Frankfurt am Main	367.000 (2003)
Durchschnittsstromverbrauch der Frankfurter Haushalte	3.041 kWh/Jahr (2003)
"Normale" jährliche Verbrauchsschwankung ohne Einsparmaßnahmen	± 5% (± 150 kWh/Jahr)
Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer "natürlichen" Verbrauchsreduktion von 10% (durchschnittlich 304 kWh) im Zweijahresvergleich (z.B. aufgrund des Auszugs der Kinder aus der Wohnung der Eltern, milderem Wetter, o. ä.) (Mitnahmeeffekt I)	2% (d.h. bei jedem 50. Haushalt)
Anteil derjenigen Frankfurter Haushalte, die auch ohne die Förderung Stromsparmaßnahmen durchgeführt hätten, die zu einer Verbrauchsreduktion von 10% im Zweijahresvergleich führen (Mitnahmeeffekt II)	1% (d.h. bei jedem 100. Haushalt)
Wahrscheinlichkeit, dass potenzielle Mitnehmer/-innen Prämie beantragen	50%
Berechnung	
Prämienzahlung für Mitnahmeeffekte I und II	110.100 Euro/Jahr
Verbleibendes Fondsbudget für "echte" Stromeinsparungen	189.900 Euro/Jahr
RESULTIERENDER MITNAHMEEFFEKT	**37%**

Quelle: Eigene Abschätzung des Wuppertal Instituts auf Basis von Neumann (2008) und www.frankfurt-spart-strom.de; die Annahmen sind bislang nicht anhand von Frankfurter Zahlen verifiziert worden. Möglicherweise sind die hier abgeschätzten Mitnahmeeffekte auch überschätzt, was letztlich erst ein Test eines solchen Modells in der Praxis - z. B. in Frankfurt a.M. - zeigen kann.

Ein **wesentlicher Unterschied zum EEG** besteht darin, dass hier bereits wirtschaftliche Effizienzmaßnahmen gefördert werden sollen. Die Förderung dient damit zur Überwindung der bestehenden Hemmnisse und Barrieren, die einer Ausschöpfung dieser an sich wirtschaftlichen Einsparhandlungen entgegen stehen, d. h. letztlich zur Reduktion vorhandener **Transaktionskosten** der jeweiligen Marktakteure (Such-, Informations-, Bewertungs-, Entscheidungs-, Anbahnungs-, Vereinbarungs-, Vertragsabwicklungs- und Kontrollkosten). Ein weiterer Unterschied besteht in den Akteuren, die von den Vergütungssätzen profitieren. Im Falle des EEG sind es direkt die Anlagenbetreiber/-innen bzw. -eigentümer/-innen und indirekt die Hersteller/-innen, Zulieferer/-innen und zugehörigen Dienstleister/-innen. Im Falle des NEEG können es je nach Ausgestaltung unterschiedliche Akteure sein:

- Hersteller/-in (und Zulieferer/-in)
- Dienstleister/-in
- Geräte-/Anlagenbetreiber/-in bzw. -inhaber/-in
- Programmanbieter/-in.

Allerdings ist die **Akzeptanz** eines weiteren Umlagesystems nach dem Vorbild des EEG bei Politiker-/innen, Ministerien und Wirtschaft fraglich. Hinzu kommt, dass der politische Trend

in Europa sich zurzeit trotz der in Wissenschaftskreisen geäußerten Zweifel bezüglich der Effektivität einer Mengensteuerung (vgl. hierzu z. B. auch Nordhaus 2007) eher von der Preis- zur Mengensteuerung verlagert.

Bewertung aus rechtlicher Sicht

Der Verwirklichung des Ansatzes des NEEG stehen verfassungs- und europarechtlich grundsätzlich keine Hindernisse entgegen.

Namentlich kann das Modell nicht in Konflikt zum Finanzverfassungsrecht geraten, sofern die Anspruchs- und Verpflichtungsbeziehungen wie bei dem Vorbild des EEG als zivilrechtliche Rechtsbeziehungen ausgestaltet werden. Aus den Bestimmungen der verschiedenen einschlägigen EG-Richtlinien (insb. der Elektrizitätsbinnenmarkt-RL, der Öko-Design-RL und der Energiedienstleistungs-RL) ergeben sich keine grundlegenden Restriktionen für den Ansatz. Auch die Anforderungen des EGV EG-Vertrages (EGV) sind erfüllbar, da die Vergütung (Prämie) nach der Rechtsprechung des EuGH nur dann als „staatliche oder aus staatlichen Mitteln“ gewährte Beihilfe im Sinne von Art. 87 Abs. 1 EGV angesehen werden kann, wenn es hierbei zu einem Transfer von Finanzmitteln aus einem öffentlichen Haushalt kommt. So liegt es hier nicht, da lediglich ein System von Geldleistungspflichten zwischen Privaten aufgebaut wird.

Hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung sind zahlreiche Einzelfragen zu klären, bei denen übergeordnete rechtliche Vorgaben eine Rolle spielen können (insbesondere bei der Festlegung der Verpflichtungsadressaten sowie der Transaktions- und Nachweisverfahren). Hierbei ist in Anbetracht des Verhältnismäßigkeitsprinzips dafür Sorge zu tragen, dass die von den jeweiligen Verpflichtungsadressaten individuell zu tragenden Transaktionslasten möglichst gering gehalten bzw. unter Umständen finanziell ausgeglichen werden.

Der Modellansatz des NEEG beruht darauf, dass es nicht zu Einnahme- und Ausgabeströmen kommt, die über eine staatliche Institution fließen. Vielmehr ist vorgesehen, dass es – wie bei dem Vorbild des EEG – ausschließlich zu einem Austausch von Geldleistungen unter privaten Rechtssubjekten kommt. In einem derartigen Falle kann im verfassungsrechtlichen Sinn keine sog. Sonderabgabe vorliegen, weil die betreffenden Geldleistungspflichten keine Geldleistungspflichten gegenüber dem Staat, sondern zwischen Privaten sind. Es fehlt somit an einer Aufkommenswirkung zu Gunsten der öffentlichen Hand, so dass der Geldleistungspflicht nicht die Qualität einer öffentlichen Abgabe zukommen kann. Und wo keine Abgabe ist, kann auch keine Sonderabgabe sein.

Anders wäre das, wenn die Prämie über einen staatlichen Effizienzfonds ausgeschüttet würde, dessen Einnahmen aus Geldleistungen der Bürger (z.B. über einen Aufschlag auf die Energiepreise) oder der hier als Pflichtadressaten diskutierten Unternehmen (Netzbetreiber, Lieferanten von Energieprodukten) gespeist würden. Bei einer solchen Konstruktionsweise läge eine Sonderabgabe vor, für die nach herrschender verfassungsrechtlicher Auffassung gelten würde, dass die Einnahmen „gruppennützig“ verwendet werden müssen.

In Bezug auf die Zulässigkeit der mit dem NEEG verbundenen Eingriffe in Grundrechte steht das im Hinblick auf Art. 12 Abs. 1 GG zu erörternde Problem im Vordergrund, ob und ggf. unter welchen Voraussetzungen es zulässig ist, bestimmte Marktakteure als Pflichtige zur Zahlung der betreffenden Vergütungen (Prämien) anzusprechen und ihnen damit zugleich bestimmte für das Funktionieren des gesetzlichen Systems bedeutsame organisatorisch-administrative Aufgaben zuzuweisen.

Eine derartige Funktionalisierung Dritter für staatliche Ziele gilt grundsätzlich nur als ausreichend legitimiert, wenn der herangezogene Dritte eine „besondere Sach- und Verursachungsnähe“ zu der zu bewältigenden Aufgabe hat. Eine Sach- und Verantwortungsnähe kann in den vorliegenden Modellkonstruktionen nur für diejenigen Ausgestaltungen angenommen werden, in denen vorgesehen ist, die Hersteller, Importeure oder Lieferanten von Energieprodukten (Strom, Öl, Gas usw.) als Pflichtadressaten anzusprechen, weil diesen ein entscheidender (Mit-) Verantwortungsbeitrag für die hier zu bewältigende Aufgabe zukommt – denn ihr Marktverhalten bestimmt mit, wohin sich die Nachfrage bewegt und in welchem Maße Folgewirkungen auf Klima und Ressourcenverbrauch entstehen (wie es z.B. bei dem im Abfallrecht ausdrücklich verankerten Prinzip der „Produktverantwortung“ der Fall ist).

Anders liegt es jedoch, wenn das Instrument so zugeschnitten wird, dass die betreffenden Aufgaben von wirtschaftlich (an sich) neutral agierenden Netzbetreibern übernommen werden sollen. Der Bundesgerichtshof hat zwar bezogen auf das EEG eine ausreichende Rechtfertigung für die Indienstnahme der Netzbetreiber als Adressaten der Abnahme- und Vergütungspflicht bejaht. Zur Begründung führte er aber an, dass die Netzbetreiber im Strombereich eine historisch entstandene Monopolfunktion innehaben und auch heute noch „gleichsam das Bindeglied zwischen den Stromerzeugern und den Stromverbrauchern“ darstellen, „das es diesen erst ermöglicht, den von ihnen produzierten Strom zu vermarkten“. Diese Begründung kann auf das vorliegende Instrument nicht übertragen werden, denn die Netzbetreiber sind kein notwendiges Bindeglied für die Bewirkung von Energieeffizienzfortschritten.

Allerdings führt dieses Zwischenergebnis nicht zwangsläufig dazu, die Konstruktionsweise über eine Verpflichtung von Netzbetreibern als verfassungswidrig einstufen zu müssen. Das Bundesverfassungsgericht zeigt vielmehr in seiner Entscheidung zur Gehaltsfortzahlung im Falle von Bildungsurlaub von Arbeitnehmern einen gangbaren Ausweg auf, indem es darauf hinweist, dass es in derartigen Fällen (lediglich) verfassungsrechtlich geboten sei, einen finanziellen Ausgleich vorzusehen. Im vorliegenden Falle wäre das möglich, indem es den Netzbetreibern gestattet würde, ihren organisatorisch-administrativen Aufwand über die Netznutzungsentgelte an ihre Kunden weiterzugeben (und damit auf die Gruppe der primär verantwortlichen Endverbraucher abzuwälzen).

Wenn also sichergestellt ist, dass die mit den Verpflichtungen verbundenen organisatorisch-administrativen Belastungen finanziell ausgeglichen werden, erscheint es unproblematisch, die Stromnetzbetreiber entsprechend zu verpflichten (kritischer hierzu, ohne ins Detail zu gehen: Schomerus et al. 2008, 102f.).

Eine andere Frage ist, auf welche Art und Weise der jeweilige Prämienanspruch praktisch geltend gemacht wird. Hier unterscheiden sich die in späteren Kapiteln beschriebenen Modellvarianten. Verfassungsrechtlich sind grundsätzlich alle drei Modelle tragfähig. Regelungstechnisch sind ebenfalls keine grundlegenden Probleme ersichtlich.

In Bezug auf die Grundrechtsbelastung bestehen rechtlich des weiteren keine Bedenken gegen eine Erstreckung des Instruments auf sämtliche Energieträgerarten, also auch auf die nicht leitungsgebundenen Energien. Ebenso möglich ist die Einführung getrennter Systeme. Auch auf der Ebene der praktischen Umsetzung dürfte die Erstreckung auf Produkte, die mit verschiedenen Arten von Energieträgern betrieben werden, kein unlösbares Problem darstellen, weil sich damit lediglich die Aufgabe stellt, einheitliche Bewertungsmaßstäbe zu entwickeln und ggf. Verrechnungsmodi zu finden.

Schließlich lässt sich das Instrument so ausgestalten, dass auch die Vereinbarkeit mit dem europarechtlichen Gebot der Warenverkehrsfreiheit sichergestellt werden kann, da mit der Maßnahme durch Europarecht legitimierte Ziele verfolgt werden.

7.3.3 Weiße Zertifikate

Grundidee

In verschiedenen Ländern sind in den letzten Jahren so genannte **„Weiße Zertifikate“** (Energieeffizienz-Zertifikate) eingeführt worden. Hierbei handelt es sich um ein System, bei dem bestimmten Akteursgruppen im Energieangebotssektor (zumeist der Strom- und Gaswirtschaft, aber zum Teil auch der nicht leitungsgebundenen Energiewirtschaft) Verpflichtungen zum Erreichen bestimmter Energieeinsparungen bei ihren Kunden auferlegt werden. Ausgangspunkt ist also ein Verpflichtungsmodell. Die Allokation des Einsparziels auf die quotenpflichtigen Unternehmen sollte dabei nach den jeweiligen Marktanteilen an den quotenpflichtigen Energieträgern erfolgen. Die Energieeinsparung durch Energiesparprogramme, -projekte und -dienstleistungen wird zertifiziert; die Zertifikate dienen dem Nachweis der Erfüllung der Verpflichtungen und werden handelbar gemacht (vgl. www.eurowhitecert.org). Zur Zertifizierung zugelassen werden sollten Maßnahmen, die zu nachweisbaren und dauerhaften zusätzlichen Energieeinsparungen im Vergleich zur Trendentwicklung führen. Zur Erfassung des Einsparziels gibt es mehrere Möglichkeiten: als eingesparte Endenergie, in Primärenergieeinheiten oder als eingesparte Treibhausgasemissionen (z.B. CO_2-Äquivalente). Denkbar sind periodische oder einmalige (ggf. abdiskontierte) Anrechnungen der erzielten Einsparungen. Die Entscheidung für periodische oder einmalige Anrechnung sollte mit Blick auf die Anrechnungsgenauigkeit, die Schaffung von Investitionssicherheit und die Transaktionskosten erfolgen. Dies führt in der Regel dazu, dass die Energieeinsparung von Standardmaßnahmen einmalig, die von komplexeren Maßnahmen periodisch ermittelt und angerechnet wird.

Als Instrument, das auf diese Art und Weise die Such- und Optimierungsfunktion des Marktes nutzt, können derartige Zertifikate prinzipiell zur Öffnung und Entwicklung eines Marktes für Energieeffizienz-Programme und -Dienstleistungen beitragen und das Erreichen des Einsparziels verbilligen. Ob eine solche Verpflichtung sinnvoll oder auch politisch gewünscht ist, hängt jedoch von den Bedingungen in den einzelnen Mitgliedsstaaten ab (vgl. Wuppertal Institut/ASEW 2003; Thomas 2007; EWC 2007). Die Europäische Kommission (2006, 20) hat im Aktionsplan Energieeffizienz für das Jahr 2008 geplant, die Einführung eines EU-weiten Systems weißer Zertifikate zu prüfen. Generell sieht die EU-Kommission derartige so genannte marktbasierte Instrumente als eine effiziente Möglichkeit an, Umwelt- und weitere Politikziele zu verwirklichen (Europäische Kommission 2007; auch EEA 2006).

Denkbar ist in diesem Zusammenhang auch die Möglichkeit, dass sich Akteure von ihrer Einsparverpflichtung durch Zahlung eines Betrages in den staatlichen Haushalt oder in einen EnergieSparFonds frei kaufen können. Durch letzteres könnte eine explizite Verbindung zwischen dem übergreifenden Verpflichtungsmodell und konkreten sektor- und technologiespezifischen Programmen, die dieses ergänzen, geschaffen werden. Die Höhe des Buy-out-Preises sollte dabei in jeder Verpflichtungsperiode höher sein als die antizipierten Grenzkosten der Einsparmaßnahmen in der entsprechenden Periode; beispielsweise festgelegt als 125% des jeweiligen Durchschnittspreises für weiße Zertifikate (Bürger/Wiegmann 2007).

Existierende Modelle im Ausland

Systeme mit Verpflichtungen der Energiewirtschaft zum Erreichen bestimmter Energieeinsparungen bei ihren Kunden existieren in Italien, Frankreich, UK, Flandern und New South Wales, wobei in UK und Flandern kein Zertifikatehandel existiert bzw. die Handelbarkeit der Verpflichtungen in UK eingeschränkt ist. Eine Übersicht über die existierenden Modelle gibt die folgende Tabelle.

Tabelle 7.6: Existierende Verpflichtungs- bzw. Weiße Zertifikate-Modelle

	Italien	Frankreich	UK	Flandern (Belgien)	Dänemark	New South Wales (Australien)
Ziel	Jährliche Steigerung bis zu 70 TWh (6 Mtoe/a) Primärenergie/a in 2012	54 TWh diskontierte Endenergie über Lebensdauer der Maßnahmen	130,2 TWh ("fuel-standardised") über Lebensdauer der Maßnahmen	0,58 TWh Primärenergie / Jahr	ca. 1,2 TWh Strom / Jahr	5% Reduktion der Pro-Kopf-CO_2-Emissionen
Zeitraum	2005 - 2009	2006 - 2008	2005 - 2008 (2. Verpflichtungsperiode, Vorläufer seit 1994)	2003 - 2008 (Vorläufer seit 1996)	2006 - 2013 (Vorläufer seit 1992)	2003 - 2020
Adressat	Strom – und Gasverteilnetzbetreiber > 100.000 Kunden, nach jeweiligem Marktanteil	alle Energielieferanten im Strom- und Wärmebereich inkl. Brennstoffhändler	12 Strom- und Gaslieferanten > 15.000 Kunden, Allokation progressiv nach Absatzvolumen	17 Stromnetzbetreiber < 70kV	74 Strom-, Gas- und Fernwärme-Verteilnetzbetreiber (koordiniert durch Verband)	Stromlieferanten / -händler; Großkunden
Maßnahmenempfänger	Alle Kundengruppen	Alle Kundengruppen (inkl. Verkehr) außerhalb Emissionshandel	Haushalte und Kleinverbrauch; 50% von Niedrigeinkommensbeziehern	Haushalte, nichtenergieintensive Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen	Alle Kundengruppen	Alle Kundengruppen
Ziel in % des jährl. Verbrauchs der Zielgruppe	ca. 1%, davon 50% bei Strom und Erdgas	1%	1%	ca. 0,6%	0,5% (DSM-Pläne bestimmen Ziele)	Kein Energiesparziel
Handelbarkeit	Ja	Ja	Keine Zertifikate, eingeschränkte Handelbarkeit der Verpflichtungen	Nein	Nein	Ja, bilateraler Austausch
Institutionelle Struktur	Regulierer (AEEG) mit Strombörse (GME)	Industrieministerium mit Energieagentur (ADEME)	Regulierer (OFGEM)	Energieagentur (VEA) mit Energieaufsichtsbehörde (VREG)	Energieministerium mit Verbänden (ELFOR, DFF, DGC) und Regulierer	Regulierer (IPART)

	Italien	Frankreich	UK	Flandern (Belgien)	Dänemark	New South Wales (Australien)
Nachweis der Einsparungen	3 Ansätze: a) ex ante festgelegte Standardwerte, b) ex ante genehmigte individuelle ex post-Methode, z. B. ingenieurstechn. Abschätzung, c) Monitoring / Messung	Ex ante festgelegte Standardwerte	Ex ante festgelegte Standardwerte	Maßnahmenabhängig: a) ex ante festgelegte Standardwerte, b) Kombination ex ante / ex post, c) Monitoring / Messung	2 Ansätze: a) ex ante festgelegte Standardwerte, b) ex post bei Beratungsprogrammen; spezielle Monitoring-Software	4 Ansätze: a) Projektbewertung, b) Monitoring / Messung, c) ex ante festgelegte Standardwerte, d) erzeugungsseitige Emissionsreduktionsbewertung
Regulierung der Umlage der Einsparkosten auf den Energiepreis	Pauschal 100 Euro / toe zertifizierte Einsparung vom Regulierer genehmigt	Nein	Nein	Kundengruppen–differenzierte Überwälzung der Programmkosten	Vollständige Überwälzung der Programmkosten	?
Sanktionen	Individuell vom Regulierer festgelegt	2 ct/kWh (Buy out-Möglichkeit)	Kann bis zu 10% des Umsatzes betragen	Buy-out: 10 ct/kWh, darf nicht an Endkunden durchgereicht werden	Individuell festgelegte Geldbußen möglich	7,43 Euro / t CO_2 (Kurs vom 07.02.08)
Zielerreichung	Einsparziel wurde in 2005-2006 um 90% übertroffen	Noch nicht bekannt: vor allem Kesseltauschaktivitäten	Übererfüllung der Ziele in 2002-2005 (ca. 1%/Jahr)	0,77 TWh in 2003	0,5% / Jahr im Strombereich seit 1992 erreicht	?

Quelle: Langniss/Praetorius 2004, Monjon 2006, Bürger/Wiegmann 2007, Thomas 2007, EWC 2007, Vine/Hamrin 2008, Pavan 2008

Bei der groben Annahme (auf Basis der Ergebnisse von Potenzialstudien auf nationaler und europäischer Ebene), dass die Erzielung zusätzlicher Endenergieeinsparungen in Höhe von 2% pro Jahr gegenüber einer definierten Baseline machbar ist, adressieren die existierenden weißen Zertifikatesysteme somit etwa 25% bis 50% der realisierbaren Potenziale. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die gesetzten Einsparziele in dieser Höhe erreichbar sind.

Zu verpflichtender Akteur

Artikel 6 der EU-Richtlinie zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen nennt Verteilnetzbetreiber und/oder Energieeinzelhandelsunternehmen (Energielieferanten) als zentrale Akteure, die in die Umsetzung von Endenergieeinsparmaßnahmen einbezogen werden sollten. Wie die Tabelle im vorangegangenen Unterkapitel zeigt, gibt es im europäischen Ausland Beispiele sowohl für einen starken Einbezug von Verteilnetzbetreibern als auch für einen starken Einbezug von Energielieferanten in Bemühungen zur Steigerung der Endenergieeffizienz.

In einem liberalisierten Markt mit zunehmender Eingreiftiefe beim „Unbundling“ ist jedoch zu hinterfragen, inwieweit Netzbetreiber (zukünftig) überhaupt noch über relevante Daten und Kontakte zu Kundinnen und Kunden verfügen, um selbst Aktivitäten zur Steigerung der Endenergieeffizienz durchführen zu können. Zudem hat ein Lieferant die Möglichkeit, Energielieferung und Energieeffizienz-Dienstleistungsgeschäft miteinander zu verknüpfen. In Großbritannien hat die Regierung daher auch im Rahmen des „Energy Efficiency Commitment (EEC)“ entschieden, nicht die Verteilnetzbetreiber, sondern die Energielieferanten zu verpflichten, eine bestimmte Menge an Endenergie bei ihren Kundinnen und Kunden einzusparen.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass mehr als die Hälfte der Netzbetreiber in Deutschland weniger als 50 Beschäftigte hat, von denen angesichts der Herausforderungen im regulierten Kerngeschäft nicht erwartet werden kann, dass sie sich neben dem Netzbetrieb in weitere Geschäftsfelder einarbeiten.

Auf der anderen Seite ist der Netzbetreiber ein vor Ort tätiges, bekanntes Unternehmen, was Ansprache und Kundenkontakt in Bezug auf Energieeffizienz-Aktivitäten insbesondere bei kleineren Kunden erleichtern kann, während der Energielieferant nicht unbedingt vor Ort tätig sein muss. In Flandern hat die Regierung daher den Verteilnetzbetreibern die Durchführung nicht-kommerzieller Energieeffizienz-Aktivitäten als gemeinwirtschaftliche Verpflichtung auferlegt.

Hinzu kommt, dass der Netzbetreiber im Gegensatz zum Energielieferanten im kommenden Anreizregulierungssystem aufgrund des vorgesehenen Ausgleichskontos keine entgangenen Deckungsbeiträge befürchten muss, während dem Lieferanten nur dann keine zusätzlichen Deckungsbeiträge durch das Angebot von Energiesparmaßnahmen entgehen, wenn die jeweilige Einsparhandlung vom Kunden ohnehin - zum Beispiel mit Hilfe von Dritten - durchgeführt worden wäre.

Unter Abwägung der genannten Argumente spricht jedoch einiges für die Adressierung von Lieferanten anstatt Netzbetreibern, insbesondere um gleichzeitig Impulse zur Entwicklung des Marktes für Energieeffizienz-Dienstleistungen zu setzen. Der Einbezug der Netzbetreiber wäre dann prinzipiell möglich, wenn es ausschließlich um die administrative Abwicklung von Förderprogrammen geht.

Bewertung

Bewertung aus Energieeffizienz- und wirtschaftlicher Sicht

Da eine ausführliche Analyse weißer Zertifikatssysteme und ihrer Geeignetheit für Deutschland bereits in anderen Projekten vorgenommen wurde (vgl. Bürger 2007 sowie ein noch unveröffentlichtes Projekt des IZES im Auftrag von CO_2online), wird an dieser Stelle darauf verzichtet.

Generell kann ein System „Weißer Zertifikate“ zwar ähnliche Suchfunktion des Marktes entfalten wie der Emissionshandel, wenn der Markt durch eine Ankaufpflicht der zur Energieeinsparung verpflichteten Unternehmen und das Recht für Dritte, durch Energiesparprojekte „weiße Zertifikate“ zu erwerben, geöffnet wird. Als Nachteile sind jedoch insbesondere die Unsicherheit bezüglich der erzielbaren Zertifikatspreise, die Gefahr des „Rosinenpickens“, die Transaktionskosten von Erschließung, Messung und Verifizierung der Energieeinsparungen zu berücksichtigen. Zudem gibt es in der Praxis oft wenig wirkliche Integration und Anknüpfungsmöglichkeiten für bezahlte Dienstleistungen, da verpflichtete Marktakteure ihre Zielerfüllungsbeiträge oft nur von Dritten einkaufen.

Der vom Wuppertal Institut konzipierte EnergieSparFonds (Irrek und Thomas 2006) kann durch Ausschreibungsverfahren die Vorteile eines marktorientierten Regimes womöglich genauso gut ausschöpfen helfen wie ein System „weißer Zertifikate“, da durch Ausschreibung von Energiesparprogrammen ein hoher Einfluss auf eine ausgewogene, wettbewerbliche Zusammensetzung der Marktakteure erzielt werden kann (vgl. auch Langniss und Praetorius 2006, 11). Beide Instrumente schließen sich aber auch nicht aus, sondern können sich - wie das Beispiel Dänemark zeigt - sinnvoll ergänzen (vgl. auch Bürger/Wiegmann 2007).

Bewertung aus rechtlicher Sicht

Der Modelltyp der Weißen Zertifikate ist mit den Anforderungen des übergeordneten Rechts vereinbar. Das System lässt sich ohne weiteres so ausgestalten, dass es den Vorgaben des Verfassungs- und Europarechts genügt. Im Hinblick auf Einzelfragen der Ausgestaltung wird auf die Verhältnismäßigkeit sowie darauf zu achten sein, dass Unterschiedsbehandlungen verschiedener Adressaten und Sachverhalte durch vertretbare sachliche Gründe getragen werden.

Im Grundmodell der Weißen Zertifikate kommt es nicht zu Geldflüssen zwischen den Verpflichteten und dem Staat. Es gibt keine Geldleistungspflicht der Adressaten. Von daher ist das Grundmodell finanzverfassungsrechtlich unproblematisch.

Eine gewisse Art der Geldleistungspflicht und damit der öffentlichen Abgabe entsteht allerdings in der Variante der Buy-Out-Option, wenn festgelegt wird, dass bei Nichteinhaltung Geld an den Staat zu entrichten ist. Sofern hierfür ein staatlicher Fonds eingerichtet werden sollte, ist die betreffende Geldleistungspflicht finanzverfassungsrechtlich als Sonderabgabe einzustufen. Diese würde nach der hier vorgenommenen Prüfung allerdings den Kriterien des BVerfG für eine ausnahmsweise Zulässigkeit durchaus genügen, insbesondere weil eine gruppennützige Verwendung der Einnahmen sichergestellt werden könnte. Um das verbleibende rechtliche Risiko zu vermeiden, könnten stattdessen die Adressaten der Einsparverpflichtungen zur Bildung und Trägerschaft für den Fonds verpflichtet werden.

Auch die Vorgaben des EG-Beihilferechts spielen für das Modell der Weißen Zertifikate eine Rolle, wenn von der Buy-Out-Option Gebrauch gemacht wird und diese mit der Einrichtung eines staatlichen oder staatlich mitfinanzierten Fonds verbunden werden sollte. Denn in diesem Falle kommt es zu begünstigenden Geldleistungen aus einem staatlichen Haushalt. Soweit diese an Unternehmen gehen (und nicht lediglich an Private oder an nicht wirtschaftlich tätige Institutionen), handelt es sich bei den Geldern den Strukturmerkmalen nach um Beihilfen im Sinne von Art. 87 Abs. 1 EGV, die verboten sind, wenn sie den Wettbewerb verfälschen und den Binnenmarkt beeinträchtigen (können). Das hat in verfahrenstechnischer Hinsicht zur Konsequenz, dass die einzelnen Zahlungen aus dem Fonds oder – soweit diesen ein regelndes Förderungsprogramm zugrunde liegt – das betreffende Förderprogramm insgesamt vorab der EU-Kommission zur Notifizierung vorgelegt werden muss (Art. 88 Abs. 3 EGV),), sofern nicht durch die Ende August 2008 in Kraft getretene Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung (EG) Nr. 800/2008 oder durch die De-minimis-Verordnung (EG) Nr. 1998/2006 geregelt ist, dass die betreffenden Beihilfen allgemein zulässig sind. Für die Option eines Buy-Out-Fonds ergibt sich aus alledem letztlich die Schlussfolgerung, dass die Vorgaben des EG-Beihilferechts in jedem Falle Spielräume dafür eröffnen, konkrete Förderprogramme zur Verwendung der Ausgaben zu konzipieren. Soweit sich diese im Rahmen der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung bewegen, bestehen keine beihilferechtlichen Probleme. Außerhalb dessen hängt die Ausgestaltbarkeit wesentlich davon ab, welche Praxis die EU-Kommission auf Grundlage der neuen Umweltbeihilfeleitlinien entwickeln wird.

Im Hinblick auf die Grundrechte der Verpflichteten kommt es entscheidend darauf an, welche Pflichtadressaten in dem jeweiligen Gesetz festgelegt werden. Hier liegt es nahe, Marktakteure zu wählen, die eine Schlüsselstellung in der Distribution von Energieprodukten innehaben, um so eine möglichst große Breitenwirkung zu erzeugen – in dem Sinne, dass in der Summe möglichst alle Endverbraucher erreicht werden können, weil jede/r Endverbraucher/in in einer Beziehung zu einem der verpflichteten Unternehmen steht. In Frage kommen daher:

- im Strombereich die Betreiber von Versorgungsnetzen oder die Strom veräußernden Unternehmen,
- im Bereich der leitungsgebundenen Gasversorgung ebenfalls die Betreiber von Versorgungsnetzen oder die veräußernden Unternehmen,
- im Bereich der nicht leitungsgebundenen Energieträger die Lieferanten auf Großhandels- oder auf Einzelhandelsebene.

Dritte (wie beispielsweise Contracting-Unternehmen) können sich an den betreffenden Geschäften beteiligen, indem sie auf die Zertifikate bezogene Dienstleistungen anbieten. Sie sind selbst jedoch nicht Verpflichtete.

Die Einbeziehung nicht leitungsgebundener Energieträger in den Anwendungsbereich des Systems und – damit verbunden – das Aussprechen einer Verpflichtung auch gegenüber den Lieferanten von fossilen Heizstoffen stellt aus rechtlicher Sicht grundsätzlich kein besonderes Problem dar.

Die Beeinträchtigungswirkung auf das Grundrecht der Berufsfreiheit (Art. 12 Abs. 1 GG) liegt hier in erster Linie darin, dass den Verpflichteten Aktivitäten abverlangt werden, die mittelbar zur Verringerung ihrer eigenen Absatzchancen führen, im Grunde also gegen ihre geschäftlichen Interessen gerichtet sind. Außerdem kommen auf die Unternehmen Transaktionsbelas-

tungen zu (Organisation, Nachweise). Diese Belastungen sind vor dem Hintergrund der hinter dem Instrument stehenden Klimaschutzziele und dem Staatsziel Umweltschutz (Art. 20a GG) an sich hochrangig legitimiert.

Auch für die Ausgestaltung des Modells der Weißen Zertifikate ist aus grundrechtlicher Sicht die bereits für den NEEG-Ansatz angesprochene Frage von zentraler Bedeutung, ob und inwieweit es zulässig ist, ein Instrument zu konstruieren, bei dem es zu einer Indienstnahme von Dritten für an sich öffentliche bzw. private Aufgaben anderer (der Endverbraucher) kommt. Das ist im Ergebnis unproblematisch möglich, soweit ähnlich der abfallrechtlichen Produktverantwortung Unternehmen verpflichtet werden, die eine „besondere Sach- und Verursachungsnähe“ zu der zu bewältigenden Aufgabe haben (wie es bei den Versorgungsunternehmen für Strom und Gas und beim Brennstoffhandel angenommen werden kann). Die Indienstnahme an sich neutraler Dritter – nämlich von Netzbetreibern – lässt sich mit dem Gedanken der Sach- und Verursachungsnähe nicht in gleicher Weise begründen. Allerdings begegnet eine Verpflichtung von Netzbetreibern im Ergebnis gleichwohl keinen durchgreifenden verfassungsrechtlichen Bedenken, wenn sichergestellt ist, dass die betroffenen Netzbetreiber einen finanziellen Ausgleich für ihre Mehrbelastungen erhalten (etwa indem es ihnen gestattet würde, ihren organisatorisch-administrativen Aufwand über die Netznutzungsentgelte an ihre Kunden weiterzugeben und damit auf die Gruppe der primär verantwortlichen Endverbraucher abzuwälzen).

Um unerwünschte Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden, sollte die Adressatenauswahl möglichst nach strukturell übereinstimmenden Kriterien erfolgen. Deshalb sollte sich die Verpflichtung in allen Teilmärkten einheitlich entweder an die Netzbetreiber oder an die Lieferanten richten (wobei sich in Märkten, in denen eigenständige Netzbetreiber nicht vorhanden sind, die Lieferanten auch als Vorhalter von Infrastruktur und in dieser Funktion wie Netzbetreiber angesprochen werden können). Nicht zwingend ist es jedoch, alle Märkte als Einheit zu behandeln, da es gute Gründe geben kann, insoweit differenzierend zu steuern. Namentlich kann zwischen dem Strom- und Wärmemarkt unterschieden werden, da beide große strukturelle Unterschiede aufweisen und zwischen ihnen nur geringfügige Wettbewerbskonkurrenzen bestehen. Etwas vorsichtiger ist mit Ausnahmen innerhalb eines Marktes umzugehen; hier ist ggf. besonders darauf zu achten, dass die Unterschiedsbehandlung gut gerechtfertigt werden kann.

Grundsätzlich kann sich der Bund für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz auf die Kompetenztitel aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG (Recht der Luftreinhaltung) und Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG (Recht der Wirtschaft) berufen. Für die Vollzugsebene bietet es sich einerseits an, die behördliche Steuerung auf der Bundesebene anzusiedeln, um den staatlichen Steuerungsaufwand möglichst gering zu halten. Andererseits ist zu beachten, dass das System ohne ein Mindestmaß an behördlicher Überwachung nicht auskommt (etwa in Form einer Stichprobenüberprüfung sowie der Möglichkeit, im Missbrauchsfall Sanktionen festzulegen). Sollten die nicht leitungsgebundenen Energieträger einbezogen werden und dadurch auch Kleinunternehmer mit Pflichten adressiert werden, könnte es sein, dass sich eine behördliche Kontrolle auf Bundesebene nicht mehr praktikabel durchführen lässt.

Eine problematische Kollision mit dem Gebot der Warenverkehrsfreiheit (Art. 28 EGV) ist für den Ansatz der Energieeinsparzertifikate nicht zu befürchten, da das Modell der Umsetzung von im Gemeinschaftsrecht (hier: in der RL 2006/32/EG) angelegten Einsparzielen auf der nationalen Ebene dient und keine spezifischen Nachteile für EU-ausländische Marktteilnehmer ersichtlich sind.

Weiße Zertifikate sind „Einsparzertifikate“ im Sinne der Energiedienstleistungsrichtlinie 2006/32/EG. Die Richtlinie hebt Einsparzertifikate ausdrücklich als eines der den Mitgliedstaaten zur Verfügung stehenden Instrumente zur Umsetzung der nationalen Einsparziele hervor (vgl. Art. 6 Abs. 2 lit. b) RL 2006/32/EG), ebenso – wie bereits erwähnt – die Möglichkeit der Einrichtung von staatlichen Fonds (Art. 11 Abs. 1 RL 2006/32/EG). Es ist nicht ersichtlich, dass sich aus dieser Richtlinie noch aus der Öko-Design-Richtlinie, der Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie, der Gasbinnenmarktrichtlinie oder einer anderen EG-Richtlinie problematische rechtliche Hindernisse für das Konzept der Energieeinsparzertifikate ergeben würden.

7.3.4 Gemeinsamkeiten von NEEG und weißen Zertifikaten

Bei beiden Instrumenten ist nicht zuletzt aufgrund ihres übergreifenden Charakters eine klare gesetzliche Regelung erforderlich – mit entsprechender politischer Signalwirkung, dass eine Steigerung der Energieeffizienz politisch gewollt ist.

Eine wesentliche Gemeinsamkeit von NEEG und weißen Zertifikaten ist die Notwendigkeit, einen **allgemein anerkannten Nachweis** der erzielten Einsparungen zu führen, um im Falle von NEEG-Modellen die festgelegte Vergütung beanspruchen und im Fall von weißen Zertifikaten das Zertifikat erhalten zu können.

Einen sehr einfachen Weg zum Nachweis der Energieeinsparungen beinhaltet das dargestellte Konzept für ein Stromsparkonzept der Stadt Frankfurt am Main. Hier ergibt sich die zu vergütende bzw. zu zertifizierende Energieeinsparung allein aus dem Vergleich von Energierechnungen des aktuellen Jahres mit dem des Vorvorjahres. Ein solcher Weg kann jedoch wie in Tabelle 7.5 dargestellt dazu führen, dass die Mittelvergabe wenig effektiv erfolgt und zu hohen Mitnahmeeffekten führt. Daher wird dieser Vorschlag im Folgenden nicht weiter ausgeführt.

Im Allgemeinen wird bei den Methoden zur „Messung“ und Verifizierung von Energieeinsparungen zwischen Bottom-up- und Top-down-Methoden unterschieden (vgl. auch www.evaluate-energy-savings.eu). Diese Unterscheidung macht auch die Europäische Richtlinie zu Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (Energy Service Directive – ESD). Entsprechend der ESD müssen die Mitgliedstaaten mit einem integrierten Paket von Bottom-up- und Top-Down-Methoden und einem Mindestanteil an Bottom-up-Methoden nachweisen, inwiefern sie das in der Richtlinie gesteckte Ziel von 9% Endenergieeinsparung gegenüber dem Trend bis 2016 erreichen. Bottom-up bedeutet dabei, mit Daten auf der Ebene einer Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz, eines Politikinstruments oder -programms oder einer Energieeffizienz-Dienstleistung zu beginnen (beispielsweise Energieeinsparungen pro Teilnehmer und Anzahl der Teilnehmer) und dann die Ergebnisse auf höherer, z. B. nationaler oder Landesebene zu aggregieren. Top-down bedeutet dagegen, von aggregierten Daten auszugehen (z. B. nationalen Statistiken zu Energieverbräuchen oder Geräteverkaufszahlen) und dann so weit notwendig und möglich die Daten zu disaggregieren (z.B. Energieeffizienz-Indikatoren zu bilden) und mit Politikmaßnahmen zu verknüpfen. Die genaue Ausgestaltung der Führung des Nachweises der Energieeinsparungen sollte in Abwägung von Kosten und Genauigkeitsgrad der Evaluation erfolgen. In den Weiße Zertifikate-Modellen in Frankreich und Italien beispielsweise werden zur Vereinfachung Standard-Energieeinsparwerte für bestimmte Energieeinsparmaßnahmen festgelegt.

Die anfallenden **Transaktionskosten** des Nachweises der Energieeinsparungen sind bei NEEG und weißen Zertifikatssystemen ähnlich hoch und nach Ansicht von Vine und Hamrin (2008) das größte Hemmnis für ihre Einführung. Die Transaktionskosten für die Aufstellung der Pläne und das Berichtswesen zur Dokumentation des Grades der Zielerfüllung der Netzbetreiber in Dänemark betrugen etwa 3,5% des geplanten Gesamtbudgets für die Jahre 2002-2004 (Thomas 2007 auf Basis von Angaben von ELFOR). Die Gebühren für den Handel mit weißen Zertifikaten betragen in Italien pauschal 300 Euro pro Jahr pro Organisation zuzüglich 20 ct pro Zertifikat. Genauere Informationen zu den Transaktionskosten der existierenden Systeme sind bislang nicht bekannt (Capozza et al. 2006).

Auf Basis genereller Erfahrungen mit der Durchführung von Energieeffizienz-Programmen und -Dienstleistungen kann festgestellt werden, dass bei größeren komplexeren Einzelmaßnahmen je nach Maßnahme und Nachweismethode mit Kosten zwischen 1% und 10% der Umsetzungskosten der Einsparmaßnahme zu rechnen ist. Auch wenn in Einzelfällen Evaluationen von Programmen mit Standardmaßnahmen ebenfalls innerhalb dieser Spannbreite liegen können (vgl. Krause 2002), sind deren Kosten oft jedoch wesentlich geringer und liegen nach dänischen Erfahrungen meist unter 1%. Bei bundesweiten Programmen in Deutschland, wie sie beispielsweise von Irrek/Thomas (2006) konzipiert wurden, können zusätzliche Größendegressionseffekte erzielt werden, wodurch Evaluationskosten auf unter 0,1% der Umsetzungskosten sinken können. Zudem wird ein Nachweis der erzielten Energieeinsparungen auch in der ESD gefordert, so dass die Nachweiskosten zumindest zum Teil ohnehin anfallen würden, egal mit welchem Modell die Einsparmaßnahmen initiiert und angereizt werden. Auch möchten Geldgeber für Einsparprogramme in der Regel wissen, welchen Effekt die von ihnen finanzierten Programme haben und fordern daher oft ohnehin zumindest ein gewisses Maß an Monitoring und Evaluation. Insgesamt sollten daher die Kosten des Nachweises der Energieeinsparungen in beiden Modellen nicht ein wesentliches Hemmnis darstellen. Monitoring und Evaluation tragen vielmehr dazu bei, Unsicherheiten bezüglich der erzielten Effekte zu reduzieren und Vertrauen in die Wirksamkeit der Maßnahmen zu gewinnen (Vine/Hamrin 2008).

Dennoch sind die Transaktionskosten und Komplexität der Nachweisführung ein wesentlicher Grund dafür, dass in beiden Modellen in der Praxis vor allem Standardmaßnahmen umgesetzt werden. In einigen der existierenden Verpflichtungs- bzw. Weiße Zertifikate-Systeme ist die Möglichkeit, die Verpflichtung zu erfüllen bzw. Zertifikate zu generieren, auch von vorne herein auf Standardmaßnahmen beschränkt (z. B. in UK und Frankreich). Auch in den anderen Ländern liegt ein Schwerpunkt bei der Umsetzung von Standard-Einsparmaßnahmen.

Aus diesen Gründen kann erwartet werden, dass die Anwendung eines NEEG- oder Weiße Zertifikate-Modells in Deutschland ebenfalls nur einen Teil der umfangreichen Endenergie-Einsparpotenziale ausschöpfen würde. Auf Basis von Potenzialabschätzungen des Wuppertal Instituts (2006) und von PROGNOS (2007) wird dieser Anteil hier grob mit etwa 56 TWh Strom / Jahr und 30 TWh Wärme / Jahr geschätzt, die innerhalb von zehn Jahren durch Standardprogramme erschlossen werden könnten. Damit liegt das geschätzte erschließbare Potenzial unter dem, das nach Abschätzung des Wuppertal Instituts durch einen Energie-SparFonds mit zum Teil komplexeren Aktivitäten erschlossen werden könnten (vgl. die in Irrek/Thomas 2006 abgeschätzten 75 TWh Strom/Jahr und 102 TWh Wärme/Jahr durch Programme über einen Zeitraum von zehn Jahren). Bei dieser Rechnung wird stark vereinfachend angenommen, dass im Bereich der Privathaushalte und Gewerbe etwa 50%, im Industriebereich etwa ein Drittel der Sanierungspotenziale bei Gebäudehülle und

Heizungssystem durch Standardprogramme im Rahmen eines Weiße Zertifikate-Systems erschlossen werden könnten. Zudem wird angenommen, dass alle Einsparpotenziale, die rein durch einen Ersatz eines ineffizienten Produkts durch ein effizienteres ausgeschöpft werden können, auch erschlossen werden. Letztlich bedeutet dies, dass die verbleibenden, nicht ausgeschöpften Potenziale in Höhe von 17 TWh Strom/Jahr und 72 TWh Wärme/Jahr Systemoptimierungen oder komplexere Energiesparmaßnahmen darstellen, die über Standard-Effizienzmaßnahmen hinausgehen, insbesondere auch im Gebäude- und Industriebereich.

Wichtig wäre dagegen die Förderung einer ganzheitlichen Betrachtung von Systemen, damit Wechselwirkungen erkannt und entsprechend berücksichtigt werden können. Dabei geht es sowohl um technische, organisatorische als auch verhaltensbedingte Lösungen. Der Einsatz besonders energieeffizienter Produkte ist hier nur einer von mehreren wichtigen Aspekten. Für eine Gesamtsystemoptimierung erscheinen folgende Schritte in der genannten Reihenfolge wesentlich (vgl. www.energiebuero-koeppel.de):

- Vermeiden von Betriebszeiten der energiebetriebenen Geräte und Anlagen
- Optimieren von Regel- und Steuerstrategien
- Optimieren durch Wirkungsgradverbesserungen
- Einsatz von optimierten Produkten / Technologien / Prozessen / Verfahren
- Substitution von Energieträgern
- Verhaltensänderungen, die über die Veränderung von Betriebszeiten hinausgehen.

Hinzu kommt, dass der Fokus auf Standardmaßnahmen bedeutet, dass keine Anreize für technische Innovationen gesetzt werden.

7.3.5 Unterschiede zwischen NEEG und weißen Zertifikaten

Die aktuelle Diskussion um Zertifikatslösungen auf europäischer Ebene findet zum einen im Rahmen des Richtlinienpakets der Europäischen Kommission vom 23. Januar 2008 zu den grünen und braunen Zertifikaten bereits statt. Zudem hat die EU-Kommission im Aktionsplan Energieeffizienz vorgesehen, die europaweite Einführung weißer Zertifikate im Jahr 2008 zu prüfen. In Deutschland werden Zertifikatslösungen im Energieeffizienzbereich bisher nicht als sinnvolle Option angesehen (Bürger 2007), und auch im Bereich der braunen und insbesondere der grünen Zertifikate wird ihre Effektivität und Effizienz von verschiedenster Seite in Frage gestellt.

Auch auf internationaler Ebene wird im Rahmen der Post 2012-Diskussion darüber gestritten, ob eher ein übergreifendes Steuerungssystem über die Preise (z. B. eine international vereinbarte Kohlenstoffbesteuerung) oder ein international vereinbartes System der Mengenzuteilung sinnvoll und machbar ist (vgl. z. B. Nordhaus 2007).

Insbesondere auch der Vergleich der Entwicklungen des Ausbaus erneuerbarer Energien in den verschiedenen EU-Mitgliedsländern spricht dafür, dass die Schaffung von Investitionssicherheit über gesetzte Preissignale größere Impulse setzen kann als die Festsetzung von Mengen bei Unsicherheit über die zugehörigen Preise. Zudem ist bei weißen Zertifikaten nach den bisherigen Rückmeldungen von Experten aus Frankreich und Italien daran zu zweifeln, dass es im EF-Bereich tatsächlich gelingen kann, einen Handel mit Zertifikaten so

in Gang zu bringen, dass die Allokationsoptimierungsfunktion des Zertifikateansatzes zum Tragen käme.

Über die Frage der Mengen- oder Preissteuerung hinausgehend sollte zudem berücksichtigt werden, dass diese so genannten marktbasierten Instrumente der Ergänzung um institutionelle Reformen und infrastrukturelle Rahmenbedingungen bedürfen (vgl. auch Hvelplund 2008).

7.3.6 Integration grüner, weißer und brauner Zertifikate?

Weiße und Grüne Zertifikatssysteme sollten – sofern sie überhaupt eingeführt werden – komplementär gestaltet werden. Allgemein haben Pakete mit eng verzahnten Maßnahmen eine größere Wahrscheinlichkeit das gewünschte Ergebnis zu erzielen als einzelne, isolierte Aktionen. So enthält das System der Weißen Zertifikate in Italien den Anteil an EE, der von den grünen Zertifikaten nicht erfasst wurde, wie z. B. die Produktion von Wärme anstatt von Elektrizität und geringe Elektrizitätsproduktionsmengen, die unter der Grenze liegen, die für grüne Zertifikate notwendig sind. Eine KWK-Anlage, die Biomasse nutzt, wird für ihre Elektrizitätsproduktion grüne Zertifikate erhalten und weiße Zertifikate für die Wärmeproduktion, oder eine KWK-Anlage, die mit Bio-Kraftstoff läuft, könnte durch die Generierung von erneuerbaren Energien grüne Zertifikate erhalten. In Connecticut sind Energieeinsparverpflichtungen ein spezifischer Teil des "Renewable Portfolio Standard (RPS)" (Vine/Hamrin 2008).

Für die Registrierung, die Vermeidung von Doppelzählungen und die Erleichterung des Handels weißer Zertifikate bietet es sich an, die Erfahrungen mit RECS (Renewable Energy Certificate System; vgl. www.recs.org) bzw. zukünftig ggf. EECS (European Energy Certificate System) zu nutzen. Durch Nutzung eines gemeinsamen Zertifikateregisters für grüne und weiße Zertifikate können womöglich Synergie- und damit Einspareffekte bei den Transaktionskosten erzielt werden. Ein solches System sollte von vorne herein so ausgestaltet sein, dass es den grenzüberschreitenden Transfer von Datensätzen zulässt (Bürger/Wiegmann 2007). Für eine Gewährleistung, dass die zertifizierten grünen oder eingesparten Energiemengen tatsächlich zusätzliche grüne oder eingesparte Energie gegenüber dem Trend bedeuten, reichen jedoch Registrierungssysteme wie RECS oder EECS nicht aus. Um die Wirkung auf Umwelt (Klimaschutz) und Versorgungssicherheit oder auch die Wirtschaft (Handelsbilanz, Arbeitsplätze, etc.) beurteilen zu können, sind zusätzliche Evaluationen - bzw. im Falle der weißen Zertifikate - vorgeschaltete adäquate Instrumente der Messung und Verifizierung der Energieeinsparungen erforderlich.

Ferner ist die Frage zu stellen, ob eine Verknüpfung „weißer Zertifikate“ (oder auch "grüner" Zertifikate, also von Zertifikaten für erzielte CO_2-Reduktionen) mit dem EU-Emissionshandel (d. h. den sogenannten „braunen“ oder „schwarzen“ Zertifikaten als Berechtigungen zu CO_2-Emissionen) sinnvoll ist, um auf diese Weise Aktivitäten zur Steigerung der Endenergieeffizienz (bzw. zum Ausbau der erneuerbaren Energien) in den Emissionshandel einzubinden (vgl. auch die Diskussion zu Frage 15 für den Konsultationsprozess zum 2005 veröffentlichten Grünbuch zu Energieeffizienz der Europäischen Kommission).

Bevor über die Einführung eines EU-weiten Systems von Energieeffizienz-Zertifikaten oder gar dessen Verknüpfung mit dem EU-Emissionshandel entschieden wird, sollten jedoch zunächst weitere Erfahrungen mit den bereits dargestellten Systemen in Italien (seit 2005) und Frankreich (seit 2006) und insbesondere die Evaluation ihrer Nettowirkungen (inklusive Transaktionskosten), ihrer Effektivität und Effizienz abgewartet werden.

Auch der Emissionshandel ist, wie „weiße Zertifikate“, erst seit Kurzem in der Erprobung. Auch hier ist die Frage der Transaktionskosten bzw. der Bewertung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses des Instruments im Vergleich mit anderen Politikinstrumenten zur Emissionsreduktion bis heute nicht vollständig beantwortet, z. B. im Vergleich mit einer Emissionssteuer mit vollständiger Internalisierung der externen Kosten des Klimawandels. Die Frage „Wie viel Markt kreieren die so genannten marktbasierten Instrumente?“ (Langniss/Praetorius 2006) ist eine Frage, die nicht nur in Bezug auf „weiße“, sondern auch in Bezug auf „grüne Zertifikate“ für Strom aus erneuerbaren Energien und „braune“ bzw. „schwarze“ Zertifikate des Emissionshandels genau geprüft werden muss.

Eine direkte Verbindung der „schwarzen Zertifikate“ des Emissionshandelssystems mit „weißen Zertifikaten“ könnte auf zwei Wegen erfolgen (Bertoldi/Rezessy 2006, EWC o.J.): entweder über eine Umrechnung der „weißen Zertifikate“ mittels Emissionsfaktoren für die eingesparten Energieträger in Emissionsminderungszertifikate und Anerkennung im Emissionshandelssystem, oder durch die Reservierung eines Teils der Cap im Emissionshandelssystem für Emissionsminderungszertifikate aus Endenergieeffizienz-Projekten. Beide Wege wären im Effekt ein Spezialfall nationaler Ausgleichsprojekte. Sie würden daher u. a. Doppelzählungsprobleme aufwerfen.

Auch sind die Ziele nicht identisch: der Emissionshandel will Emissionsreduktion zu geringsten Kosten erreichen, während „weiße Zertifikate“ mittels Energieeinsparung auch Ziele wie Versorgungssicherheit, Energiekostensenkung für Haushalte und Unternehmen, regionale Beschäftigung etc. verfolgen (können). Die bestehenden „Weiße Zertifikate“-Systeme sind zudem bisher in den Ländern, die sie eingeführt haben, sehr unterschiedlich angelegt und in unterschiedliche Kontexte der Energieeffizienzpolitik insgesamt eingebunden. Ein EU-weites System „weißer Zertifikate“, das Voraussetzung für eine direkte Verknüpfung mit dem EU-Emissionshandelssystem wäre, ist daher – zumindest zum jetzigen Zeitpunkt – nicht empfehlenswert (EWC 2007). Die Integration erhöht auch die Komplexität beider Systeme und daher deren Transaktionskosten (vgl. Bertoldi und Rezessy 2006).

Eine direkte Verknüpfung zwischen „weißen Zertifikaten“ und dem EU-Emissionshandelssystem sollte daher mindestens zunächst nicht angestrebt werden (vgl. auch die Schlussfolgerungen von Bertoldi und Rezessy 2006 und EWC o.J.; EWC 2007 zu dieser Frage). Falls „weiße Zertifikate“ eingeführt werden, sind sie vielmehr als ein technologie- und sektorspezifisches Instrument der Energieeffizienzpolitik zu sehen, das indirekt mit dem EU-Emissionshandelssystem verknüpft werden sollten. Wenn eine Integration begründet sein sollte, sollte nur eine einseitige Übertragbarkeit von Weißen Zertifikaten in das EU-Emissionshandelssystem bis zu einer festzulegenden Quote möglich sein. Eine solche Quote wäre in diesem Fall notwendig, um den Einfluss der Preisvolatilität auf die Anzahl der EE-Maßnahmen, die in das EU-ETS System hineinfließen, reduzieren (EWC 2007).

Notwendig ist es dabei in jedem Fall, die Zielsetzungen bzw. Zertifikatsmengenbudgets zwischen Systemen mit „weißen Zertifikaten“ und den nationalen Allokationsplänen aufeinander abzustimmen. „Weiße Zertifikate“ im Stromsektor würden es dann – wie alle anderen Energieeffizienz-Instrumente – der Elektrizitätswirtschaft erleichtern, mit der zugeteilten Menge an Emissionsberechtigungen auszukommen, bzw. es dem betreffenden Mitgliedsstaat erlauben, die Zahl der Emissionsberechtigungen zu vermindern. „Weiße Zertifikate“ in Nicht-Emissionshandels-Sektoren würden es gleichermaßen erleichtern, den Makroplan auszutarieren und die Emissionen insgesamt zu senken.

Die Analyse zeigt: Es spricht mehr dafür, die Förderung der Endenergieeffizienz durch bundes- oder europaweit abgestimmte Politikinstrumente zu regeln als über die Einbindung bestimmter, voraussichtlich sektoral und technologisch eng begrenzter Projekte in den Emissionshandel. Dadurch wäre es besser zu gewährleisten, dass den EnergieverbraucherInnen abgestimmte Instrumentenbündel für die wichtigsten technologie- und sektorspezifischen Potenziale der Endenergieeffizienz zum Vorteil für alle Beteiligten angeboten werden und so die Nettogewinne durch Endenergieeffizienz sicher ausgeschöpft werden.

Der erwartete Effekt dieser entschiedenen Energiesparpolitik muss ex ante in der Zielsetzung des nationalen Allokationsplans für die Emissionshandelssektoren wie für die Nicht-Emissionshandelssektoren eingerechnet werden. Während der Handelsperiode kann und sollte ggf. mit zusätzlichen Aktivitäten für Energieeffizienz nachgesteuert werden, falls sich der Energieverbrauch und die Emissionen anders entwickeln als erwartet – z.B. weil die Wirtschaft stärker wächst als bei Aufstellung des Plans prognostiziert.

7.3.7 Verzahnung von EE und EF in Ökostromprodukten außerhalb des EEG/NEEG und deren mögliche Verknüpfung mit Weißen Zertifikaten

Generell stellt sich bei Ökostromprodukten bei gleichzeitiger Existenz eines effektiven Förderinstruments wie des EEG die Frage, inwieweit die Nachfrage nach im Markt verkauften und nicht gemäß EEG vergütetem Ökostrom, also die Nachfrage nach grünem Strom über das EEG hinaus, einen zusätzlichen Umweltnutzen induziert. Dies wäre dann beispielsweise der Fall, wenn die Ökostromnachfrage ursächlich für Neuinvestitionen in erneuerbare Energieanlagen ist. Letztlich können Nachfrager jedoch nicht erkennen, ob dies bei den einzelnen Produkten und Ökostrom-Label der Fall ist. Der Kauf von grünem Strom ist daher Vertrauenssache (vgl. hierzu ausführlicher Seifried und Irrek 2008 bzw. Irrek und Seifried 2008).

Eine Möglichkeit, ein gewisses Maß an Zusätzlichkeit sicherzustellen, ist durch die Integration von EF-Maßnahmen, wie es im CLEAN-E-Projekt diskutiert wurde (Ruggieri et al. 2006). Bei wenigen Ökostromprodukten wird dies bereits praktiziert (z. B. bei der Nutzung eines kleinen Teils des Ökostrom-Aufpreises für EF-Förderprogramme durch die Wuppertaler Stadtwerke). Kriterium 3.7 des Kriterienkatalogs für das Grüne Strom Label (2008) sieht zwar folgende Regelung zur Integration von EF-Maßnahmen vor:

„Bis zu einem Betrag von 20% der Förderung/Zuschusszahlung für REG- und KWK-Anlagen sollte zusätzlich für die Umsetzung von Maßnahmen der Stromeffizienz bei dem jeweiligen Objekt / Gebäude verwendet werden, bei dem die geförderte Anlage errichtet wird. Es ist jeweils ein Gesamtkonzept vorzulegen. Die Mittel sind nur zur Förderung ansonsten nicht wirtschaftlicher Maßnahmen zur Stromeffizienz mit entsprechendem Nachweis zu verwenden.“

Nach Auskunft des Grünen Strom Label e.V. (2008a) muss dabei im Einzelfall vom Grünen Strom Label e.V. geprüft werden, ob das Kriterium, dass es sich um ansonsten nicht wirtschaftliche Maßnahmen handeln muss, jeweils erfüllt ist und Mittel eingesetzt werden dürfen. Bis Dezember 2008 kam es jedoch wohl in keinem Fall zu einer Realisierung von EF-Maßnahmen nach diesem Kriterium. Da es sich um ein Kann-Kriterium handelt, beeinflusst die Nicht-Integration von EF-Maßnahmen die Zertifizierung des Stromproduktes jedoch nicht negativ.

Die Integration von EF-Maßnahmen erscheint vor dem Hintergrund prinzipiell sinnvoll, dass zum einen Ökostromkunden gleichzeitig oft auch an Energiesparmaßnahmen interessiert

sind und zum anderen hierdurch das Ökostrom-Produkt glaubwürdiger erscheint. Der von Ruggieri et al. (2006) diskutierte WWF-Vorschlag sieht vor, sowohl in ihrer Emissionsreduktionswirkung direkt quantifizierbare und über die Trendentwicklung und nationale Zielsetzung hinaus gehende EF-Maßnahmen zur Endenergieeffizienz-Steigerung (z. B. zusätzlicher Austausch ineffizienter gegen effiziente Geräte), die zusätzliche Installation von EE-Anlagen als auch nicht quantifizierbare, aber dennoch effektiv erscheinende EF-Maßnahmen (z. B. Beratungsaktivitäten) in einem solchen kombinierten EF/EE-Ökostromprodukt positiv zu bewerten, letzteres aber nur dann vollständig positiv, wenn der Ökostrom zu 100% aus zusätzlich installierten EE-Anlagen kommt („from high level renewable sources“). In Ländern mit Systemen Weißer Zertifikate könnte nach diesem Vorschlag der Nachweis der erreichten Energieeinsparung auch über den Erwerb Weißer Zertifikate erfolgen. In jedem Fall sollte der Nachweis der erzielten Energieeinsparungen an den einzelnen Aktivitäten ansetzend geführt werden („bottom-up“).

Als zusätzlich zum Klimaschutz beitragendes Element ist eine solche Integration von EF in ein EE-Ökostromprodukt aus ökologischer Sicht durchaus interessant, wenn der Ökostrom selbst bereits nachweislich einen substanziellen Zusatznutzen für die Umwelt hat. Da dies in Deutschland häufig jedoch fraglich ist, kann die EF-Integration auch „Feigenblattcharakter“ haben, was nur am jeweiligen Produkt im jeweiligen Einzelfall genauer beurteilt werden kann.

7.3.8 Diskussion möglicher EF-Förderinstrumente orientiert am NEEG-Modell

Übergreifende Politikinstrumente der Preis- oder Mengensteuerung **(NEEG-Modell oder Weiße Zertifikate)** können prinzipiell dazu beitragen, die Such-, Entdeckungs- und Optimierungsfunktion des Marktes zu nutzen, um zusätzliche Energieeinsparungen zu erzielen. Die Gefahr besteht allerdings, dass ihre Implementierung dazu führt, dass vor allem Standardmaßnahmen bzw. Einzeltechnologien gefördert werden und nur die besonders leicht erschließbaren Einsparpotenziale erschlossen werden ("Rosinenpicken"). Daher können sie **sektor- oder/und technologiespezifische Programme** nicht vollständig ersetzen, die identifizierte Umsetzungshemmnisse gezielt adressieren und insbesondere auf Systemoptimierungen abzielen (z. B. durch Förderung einer Kombination von Beratung, Information/Qualifizierung und Technologieförderung wie bei einigen der vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Programme eines **EnergieSparFonds**; vgl. Irrek/Thomas 2006). Im Vergleich von NEEG-Modell bzw. Weißen Zertifikaten mit einem EnergieSparFonds, der derartige Programme koordiniert, bündelt und gezielt ausschreibt oder zum Teil auch selbst durchführt und dadurch den Markt für Energieeffizienz-Dienstleistungen stimulieren hilft, kann ein EnergieSparFonds bei entsprechender Ausgestaltung und Ressourcenausstattung größere Einsparpotenziale erschließen helfen.

Je nach Ausgestaltung kann jedoch ein übergreifendes Politikinstrument wie ein NEEG-Modell oder ein weißes Zertifikatesystem eine sinnvolle Ergänzung eines sektor- und/oder technologiespezifischen Instrumentemixes darstellen oder ein solches in Teilbereichen sogar ersetzen. Aufgrund der Abwägungen und Bewertungen in den vorangegangenen Kapiteln und der insbesondere auch in Bürger/Wiegmann (2007) angesprochenen, auch bis heute immer noch recht beschränkten Erfahrung mit weißen Zertifikaten wird an dieser Stelle über eine mögliche Einführung eines Systems weißer Zertifikate in Deutschland nicht weiter nachgedacht. Vor Einführung eines solchen Systems – beispielsweise im Rahmen des geplanten Energieeffizienzgesetzes (das BMU hat im Gesetzentwurf ja ein entsprechendes

System mit Energieeffizienzverpflichtungen vorgeschlagen) - sollten zunächst fundierte, mehrjährige Auswertungen der bisherigen Systeme insbesondere auch in Italien und Frankreich abgewartet werden. Auch zeigen die Erfahrungen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien die höhere Effektivität eines stärkere Investitionssicherheit bietenden Preis gesteuerten Systems festgelegter Vergütungssätze deutlich auf (vgl. auch Bundesregierung 2007). Insbesondere mit Blick auf das notwendige Erreichen anspruchsvoller Klimaschutzziele und die erwarteten gesamtwirtschaftlichen Kosten ihrer Verfehlung sollte beim Vergleich einer Mengen- oder Preissteuerung der Preissteuerung der Vorzug gegeben werden. Dabei zeigt die Erfahrung aus dem Bereich der erneuerbaren Energien, dass durch eine adäquate Gestaltung des Vergütungssystems größere Ineffizienzen vermieden werden können. Die Einführung von ex ante festgelegten Vergütungssätzen für Energieeinsparungen ist zudem einfacher in das bestehende Vergütungssystem zur Förderung erneuerbarer Energien zu integrieren, wenn dies im Sinne eines "echten" NEEG-Modells gewünscht wird.

Letztlich sind verschiedene Möglichkeiten denkbar, wie eine Förderung von EF-Steigerungen mit Hilfe **ex ante festgelegter Vergütungssätze** erfolgen kann (Mittelverwendung), unabhängig davon, ob die Zahlung der Vergütungssätze wie beim EEG über ein Umlagesystem finanziert wird (Mittelherkunft). Eine Möglichkeit besteht dabei, die Vergütungssätze anwendungsbereichs- bzw. technologieunabhängig zu **pauschalisieren** (BUND Arbeitskreis Energie 2004, Görg 2004, Irrek/Thomas 2006, Neumann 2008 bzw. www.frankfurt-spart-strom.de) oder entsprechend spezifisch zu **differenzieren** (BMU 2008).

Die Einheitlichkeit der Vergütung pro kWh beim **pauschalen Vergütungsmodell** erleichtert die Kommunikation und Vermarktung des Vergütungssystems und setzt ein transparentes Signal, wie viel eine eingesparte kWh Wert ist. Sofern Maßnahmen gefördert werden, die keine Substitutionsmaßnahmen darstellen, sollte die pauschale Vergütung in ct/kWh Endenergie ausgedrückt werden. Hierbei sollte der unterschiedlich hohe Primärenergieeinsatz bei der Festlegung des Vergütungssatzes in vereinfachter Art und Weise berücksichtigt werden (z. B. wie hier vorgeschlagen **einheitlich 1,5 ct/kWh Strom; 0,5 ct/kWh Wärme, unabhängig von der konkreten Ausgestaltung des jeweiligen Mittelverwendungs- bzw. Prämienauszahlsystems**). Die Höhe des pauschalen Vergütungssatzes sollte sich zum einen an den notwendigen Anreizen zur Transaktionskostenreduktion zur Stimulierung einer breiten Markttransformation bei typischen Technologien und Anwendungsbereichen orientieren und dabei Erfahrungen mit Förderprogrammen einbeziehen. Zum anderen sollte er auch in einem angemessenen Verhältnis zu den Kosten der Energieeinsparhandlungen stehen. Die Vergütung sollte hoch genug sein, um eine Wirkung im Markt zu erzielen, aber nicht so hoch, dass die Prämienempfänger unangemessene Margen erzielen und Mitnahmeeffekte begrenzt werden. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass Mitnahmeeffekte aber vor allem durch Vorgaben bezüglich der jeweils erforderlichen Methodik zum Nachweis der Energieeinsparungen inklusive der Festlegung der Baseline beeinflusst werden können.

Eine nach Anwendungsbereichen oder Technologien (ggf. auch sektoral) **differenzierte Vergütung** ermöglicht es, diesen „Balanceakt“ der Ausgestaltung der Vergütungshöhen maßnahmenspezifisch durchzuführen. Dadurch können auf der einen Seite – entsprechendes Wissen um die Marktbedingungen vorausgesetzt – die Vergütungshöhen effektiver und effizienter gestaltet werden, auf der anderen Seite werden die Effizienz durch geringfügig höhere Transaktionskosten der individuellen Festlegung und die Effektivität durch die weniger klare, weil nicht einheitliche Signalwirkung gegenüber dem im Vergleich zum EEG heterogeneren Marktakteuren leicht gemindert.

Die folgende Übersicht gibt einen Überblick über die prinzipiell möglichen Alternativen für Systeme mit derartigen ex ante festgelegten Vergütungen eingesparter Endenergie. Vier dieser Alternativen, die sich im Verlauf der Diskussion im Energiebalance-Projektteam und mit dem Auftraggeber als möglicherweise besonders geeignet herauskristallisiert haben, werden anschließend näher ausgeführt und diskutiert. Die Diskussion dieser vier Alternativen bedeutet nicht, dass das Energiebalance-Projekt vorschlägt, diese Instrumente in jedem Fall auch umzusetzen. Vor einer Umsetzung sind weitere Schritte erforderlich, die im Kapitel „Ausblick“ erläutert werden.

Die vier Ideen werden ausschließlich auf den **Strombereich** bezogen, da

- dies der Systematik des EEG entspricht und
- hier weniger Überschneidungen zu anderen Instrumenten bestehen als z. B. im Wärmebereich.

Prinzipiell wäre aber das System, wie die Tabelle zeigt, auch auf den Wärme- bzw. Brennstoff- bzw. Kraftstoffbereich übertragbar, einschließlich des Verkehrsbereichs.

Tabelle 7.6: Überblick über mögliche Alternativen für ex ante festgelegte Vergütungssätze und Mittelherkünfte sowie ihre Anwendbarkeit in den verschiedenen Endenergiebereichen

		Mittelverwendung / Adressat		
		a) Einzeltechnologien: / Hersteller, Importeure oder Kunden	**b) Programme: gebündelte Aktivitäten / Diverse Akteure**	**c) Ergänzend: Reduktion Netzverluste / Netzbetreiber, Diverse Akteure**
Mittelherkunft	**EEG-Umlage**	Insbesondere Strom (NEEG-Modell)	Insbesondere Strom (NEEG-Modell)	Strom (NEEG-Modell)
	Umlage auf Netzgebühren	Strom, Wärme/Brennstoffe*	Strom, Wärme/Brennstoffe*	Strom
	Auktionserlöse Emissionshandel	Strom, Wärme/Brennstoffe, Kraftstoffe	Strom, Wärme/Brennstoffe, Kraftstoffe	Strom
	Ökosteuer-(erhöhung)	Strom, Wärme/Brennstoffe, Kraftstoffe	Strom, Wärme/Brennstoffe, Kraftstoffe	Strom
	Marktanreizprogramm (MAP)			Strom
	Subventionsgestützte Ausschreibung nach §53 EnWG	Strom		Strom

* Bis ca. 0,1 ct/kWh Wärme bzw. Brennstoff sollte die Umlage nach grober Einschätzung des Wuppertal Instituts ohne signifikante Auswirkungen auf die Konkurrenz zwischen leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträgern bleiben.

Mittelverwendung im Strombereich

Technologiespezifische Stromrechnungsgutschriften für EF-Innovationen

Analog zum EEG könnte die Förderung technologieorientiert erfolgen. Der Vorschlag des BMU (2008) sieht vor, die **Förderung von besonders energieeffizienten Geräten mit einem Umlageverfahren analog zum EEG zu verbinden**. Konkret wird dabei vorgeschlagen,

dass der Hersteller oder Importeur eines besonders energieeffizienten elektrischen Geräts der Verkaufsverpackung eine Stromrechnungsgutschrift beilegen darf, die über den Stromlieferanten dem Kunden auszuzahlen wäre. Das Anforderungsniveau wird dabei immer um mindestens 10 Prozent bis 20 Prozent oberhalb des gegenwärtig am Markt befindlichen besten Geräts definiert, so dass letztlich ausschließlich Energieeffizienz-Innovationen gefördert werden. Die Stromrechnungsgutschrift wird nach dem Gerätekauf von der Stromrechnung des Käufers abgezogen. Die Summe der gewährten Gutschriften wird ähnlich wie beim EEG über die Verrechnung mit den vorgelagerten Netzbetreibern und deren Verrechnung untereinander auf alle Kunden umgelegt.

Das System der Stromgutschriften für Energieeffizienz-Innovationen könnte wie folgt funktionieren:

- Der Hersteller oder Importeur eines besonders effizienten Geräts weist einer zentralen staatlichen Institution - z. B. der von der Bundesregierung festgelegten Institution im Sinne von Art. 4 Satz 4 der Richtlinie für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (Energieeffizienzstelle gemäß geplantem Energieeffizienzgesetz: BAFA) oder einer anderen festzulegenden Prüfungsstelle (z. B. Prüfungsstelle für den „Blauen Engel“) - nach, dass sein Gerät festgelegte Effizienzkriterien erfüllt, d. h. um mindestens 10 bis 20% besser ist als das marktbeste Gerät.
- Bei entsprechendem Nachweis darf der Hersteller oder Importeur der Verkaufspackung eine Stromrechnungsgutschrift beilegen. Die Höhe der Gutschrift könnte von der Prüfungsstelle entweder wie vom BMU (2008) vorgesehen technologiespezifisch festgelegt werden und sich nach der Höhe des vermiedenen Strombedarfs, den Umweltvorteilen und dem ökonomischen Anreiz richten, der notwendig ist, um die Höchsteffizienztechnik in dieser Produktkategorie zum Einsatz zu bringen. Alternativ wäre auch eine pauschale Vergütung in Höhe von 1,5 ct/kWh Strom denkbar, die gegenüber dem marktbesten Gerät in einem Standard-Nutzungsfall erreicht wird. Die Gutschrift kann über eine technologiespezifisch oder technologieunabhängig (z. B. fünf, sechs oder acht Jahre) festgelegte Standard-Nutzungszeit oder als kapitalisierte Einmalzahlung mit der Stromrechnung verrechnet werden.
- Der Kunde sendet die Stromrechnungsgutschrift nach dem Kauf elektronisch oder postalisch seinem Stromlieferanten. Dieser verrechnet den Bonus mit der nächsten Stromrechnung oder zahlt ihn dem Kunden direkt aus. Gegebenfalls kann dabei auch überlegt werden, einen Teil der Prämie dem Hersteller, Importeur oder/und Händler direkt auszuzahlen. Der Kunde muss dabei ein in Deutschland ansässiger Endverbraucher sein. Das Energieunternehmen kontrolliert dies. Darüber hinaus hält es nach, dass ein Kunde nicht mehr als einen Bonus für Geräte eines bestimmten Typs erhält, wodurch die Zahlung von Boni für ins Ausland weiterverkaufte Geräte (Mittelabfluss ins Ausland) ausgeschlossen werden soll.
- Der Stromlieferant gibt die Stromgutschrift an den örtlichen Stromnetzbetreiber weiter, der sie wieder an die vorgelagerten Stromnetzbetreiber weitergibt. Für die Gesamtheit der Kunden wird dann ähnlich wie beim EEG eine Umlage auf alle Kunden festgelegt.

Wie die Erfahrungen mit der niederländischen "EnergiePremieRegeling" gezeigt haben (vgl. ECN 2000), kann durch die Verwaltung der Prämien durch die Energieunternehmen der administrative Aufwand des Fördersystems gering gehalten werden. Die Energieunternehmen

erhalten Pauschbeträge zur Deckung der administrativen Kosten inklusive einer angemessenen Verzinsung des eingesetzten Kapitals.

Im Unterschied zum EEG sind hier die Lieferanten zwischen demjenigen geschaltet, der die Prämie erhält, und dem Netzbetreiber, der sie zur Verrechnung an den Übertragungsnetzbetreiber weitergibt. In diesem Falle bietet sich im Gegensatz zum EEG der örtliche Netzbetreiber als direkter Adressat des Endkunden weniger gut an, weil die Endkunden unter Umständen nicht in einer Geschäftsbeziehung zum Netzbetreiber stehen. Dieser zusätzliche Transaktionskosten hervorrufenden Umweg müsste im Gesetz entsprechend geregelt werden.

Fraglich ist jedoch, ob die Stromgutschriften für die Kunden ausreichen, Hersteller (oder Importeure) dazu zu bewegen, energieeffiziente Produkte zu entwickeln, die mindestens 10 bis 20 Prozent besser sind als die derzeit marktbesten Geräte. Durch die Prämie würden Energieeffizienz-Innovationen zwar für die Kunden wirtschaftlicher, wodurch eine potenzielle Nachfrage vorhanden wäre. Dies sagt jedoch noch nichts über die möglichen Deckungsbeiträge aus, die Hersteller (oder Importeure) kurz-, mittel- und langfristig erwirtschaften können, wenn sie entsprechende Produkte entwickeln (bzw. beschaffen) und in den Markt einführen. Kurzfristig werden Hersteller erst einmal zusätzliche Entwicklungs- und Markteinführungskosten tragen müssen, könnten sich aber durch den Imagegewinn und - bei entsprechenden Stückzahlen - durch erzielte Kostendegressionseffekte mittel- bis langfristig Wettbewerbsvorteile erhoffen. . Generell stellt sich damit auch die Frage, ob der Mechanismus „Stromgutschrift“ tatsächlich auf Marktinnovationen oder – wie die im folgenden Abschnitt dargestellte Innovations- und Markttransformationsprämie – stärker auf Markttransformation ausgerichtet werden sollte

Alternativ zur Verrechnung der Stromgutschrift mit der Energierechnung erhält der Kunde den Bonus gleich beim Gerätekauf, und der Händler reicht die Gutschrift beim örtlichen Netzbetreiber ein. Möglicherweise lassen sich hier intelligente Marketing-, Leasing- oder Vor- und Zwischenfinanzierungsformen mit dem Gutscheinsystem verbinden, die dem Händler einen Mehrwert oder ggf. auch einen festgelegten Bonus bieten. Angemerkt sei noch, dass es grundsätzlich auch denkbar wäre, die Übertragungsnetzbetreiber als Zahlungspflichtige anzusprechen. Das würde jedoch dazu führen, dass die wenigen in Deutschland agierenden Übertragungsnetzbetreiber jeweils ein sehr großes Einzugsgebiet zu bedienen hätten. In der Variante der Herstellerprämie dürfte der mit einem solchen System verbundene administrative Aufwand noch halbwegs überschaubar sein, sicherlich aber nicht im Falle einer Kundenprämie.

Pauschale Markteinführungs- und Innovationsprämien für Hersteller und Importeure

Dieser alternative Vorschlag sieht vor, die **Förderung von besonders energieeffizienten Geräten mit dem EEG-Umlageverfahren und einer pauschalen Vergütung pro kWh Stromeinsparung zu verbinden**. Konkret wird dabei vorgeschlagen, dass Hersteller und Importeure eine feste, einmalig als Kapitalwert auszuzahlende Prämie für die Endenergieeinsparung erhalten, die sie mit von ihnen in den deutschen Markt in Verkehr gebrachten energieeffizienten Geräten im Vergleich zu einem zu definierenden Vergleichswert (Baseline) erzielen. Dabei wird in dem hier unterbreiteten Vorschlag - im Gegensatz zum bereits diskutierten, ausschließlich innovationsorientierten Vorschlag des BMU (2008) - unterschieden zwischen einer Markttransformations- und einer Innovationsprämie:

- Die Markttransformationsprämie könnte z. B. 1,5 ct/kWh Stromeinsparung und 0,5 ct/kWh Wärmeeinsparung betragen (vgl. auch die vom Wuppertal Institut für ein NEEG-Modell vorgeschlagenen Prämienhöhen in Irrek und Thomas 2006). Die Endenergieeinsparung könnte dabei für jedes Gerätemodell über seine erwartete Nutzungsdauer bei angenommener typischer Gerätenutzung im Vergleich zum Durchschnitt der energieeffizientesten 25% der im Markt verkauften Geräte gemessen werden (Vergleich mit dem Durchschnitt der energieeffizientesten 25% analog zum "Toprunner"-Verfahren in Japan; vgl. Bunse et al. 2007). Die Nutzungsdauern könnten dabei anhand von der Empfehlungen der CWA (CEN WS 27 Agreement) oder auch anhand der in den weißen Zertifikatesystemen in Italien und Frankreich vorgegebenen Lebensdauern festgelegt werden. Die so ermittelten Einsparungen bzw. Prämienzahlungen werden abdiskontiert, z. B. mit einem gesamtwirtschaftlichen Realzinssatz von 4,0 %.
- Zusätzlich wird eine Innovationsprämie in Höhe von z. B. 0,5 ct/kWh Stromeinsparung und 0,2 ct/kWh Wärmeeinsparung für Geräte gezahlt, die mindestens 10% besser als das heutige marktbeste Gerät sind, um einen Anreiz zur Weiterentwicklung der Geräte zu setzen. Auch hier wird wieder die Energieeinsparung über die Nutzungsdauer bei typischem Nutzungsverhalten gerechnet, wobei der Kapitalwert der Prämienzahlungen gebildet und nach Verkauf des jeweiligen Geräts ausgezahlt wird.

Alternativ wäre zu diskutieren, ob es in der Kommunikation gegenüber den Herstellern sinnvoller wäre, absolute Beträge pro Gerät, das die o. g. Anforderungen erfüllt, als Förderbeträge festzulegen (vgl. hierzu auch die in der folgenden Tabelle dargestellten Förderbeträge, die das Wuppertal Institut für die einzelnen Programme eines möglichen EnergieSparFonds vorgeschlagen hat (Irrek/Thomas 2006).

Tabelle 7.7: Vorgeschlagene Vergütungen für EF-Maßnahmen beim EnergieSparFonds-Konzept des Wuppertal Instituts

Geförderte Technik / Geförderter Akteur	Bezugsgröße	Prämie in Euro
Kreiselpumpen in Industrie und Gewerbe	Anlagenevaluierung / Analyse	500 pro angefangene 10 Pumpen
	Technische Optimierung	600 pro Pumpe
	Beratung vor Ort	300 pro angefangene 10 Pumpen
Heizungssysteme und hoch effiziente Umwälzpumpen in Gebäuden mit 1 bis 2 Wohneinheiten	Optimierungspaket Heizung	15 pro Heizkörper
	Nachrüstung voreinstellbare Thermostatventile	10 pro Ventil
	EC Motor-Effizienzpumpe	200
	Gleichstrom- oder elektronisch geregelte Umwälzpumpe	50
Heizungssysteme und hoch effiziente Umwälzpumpen in Gebäuden ab 3 Wohneinheiten	Optimierungspaket Heizung	1.500 pro 3 Wohneinheiten
	Einbau EC Motor-Effizienzpumpe	200 pro 3 Wohneinheiten
	Optimierung Warmwasserbereitung	100 pauschal
Modernisierung raumlufttechnischer Anlagen mit Radialventilatoren	Austausch Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung (WRG)	2.800 pro WRG
	Beratung / Evaluierung Ventilator- bzw. Antriebsoptimierung	200 pro Ventilator (max. 1.200)
	Beratung / Evaluierung bedarfsabhängiger Betrieb	200 pro Ventilator (max. 1.200)

	Volumenstrommesseinrichtung Abnahmemessung	100 pro Ventilator (max. 600) 100 pro Ventilator (max. 600)
Bürobeleuchtung	Qualifizierte Beratung / Planung Leuchten mit dimmbaren EVG, tageslicht- und präsenzabhängiger Regelung	5 pro Leuchte (min. 100; max. 10.000) 12,50 pro Leuchte (max. 25.000)
Altbausanierung besser als EnEV (z.B. ./.30%)	Sanierung Wand-, Kellerdecken-, Obergeschoss- oder Dachflächen Fenstersanierung Lokale Netzwerkknoten Qualifizierungsmaßnahmen Stichprobenartige Qualitätsüberprüfung Pilot- / Demonstrationsprojekte zum Nachweis erzielter Energieeinsparungen	4,5 pro qm 35 pro qm 60.000 pro Jahr 500 pro Maßnahme max. 3.000 pro Überprüfung durchschnittlich 30.000 pro Projekt
Ersatz Elektrospeicherheizungen durch Brennwerttechnik	Qualifizierte Initialberatung / Grobanalyse Qualitätssicherung bei Durchführung (z. B. Rohrnetzberechnung, hydraul. Abgleich)	70-90 pro installiertem Speicher 50-60 pro installiertem Speicher
Kühl- und Gefriergeräte	Energieeffizienzklasse A+ Energieeffizienzklasse A++	50 in Jahr 1 und 2; 0 in Jahr 3-5 100 in Jahr 1 und 2; 50 in Jahr 3-5
Wäschetrockner	Elektro-Wäschetrockner Energieeffizienzklasse A oder gasbetrieben	200 in Jahr 1 und 2; 100 in Jahr 3-5
Öffentliche Verwaltungen	Nachgewiesenes Energiemanagement und Sicherung kontinuierlicher Finanzierung von Energiesparmaßnahmen z.B. durch Intracting-Fonds	1 pro Einwohner
Contractoren	Ausfallbürgschaft für 70% der vereinbarten Contracting-Rate	Bürgschaft im Insolvenzfall des Kunden
NEEG-Modell	Pilotprogramm zum Testen des Negawatt-Einspeise-Gesetz-Modells eines pauschalen Vergütungssystems	0,015 je eingesparte kWh Strom 0,005 je eingesparte kWh Brennstoffe / Wärme

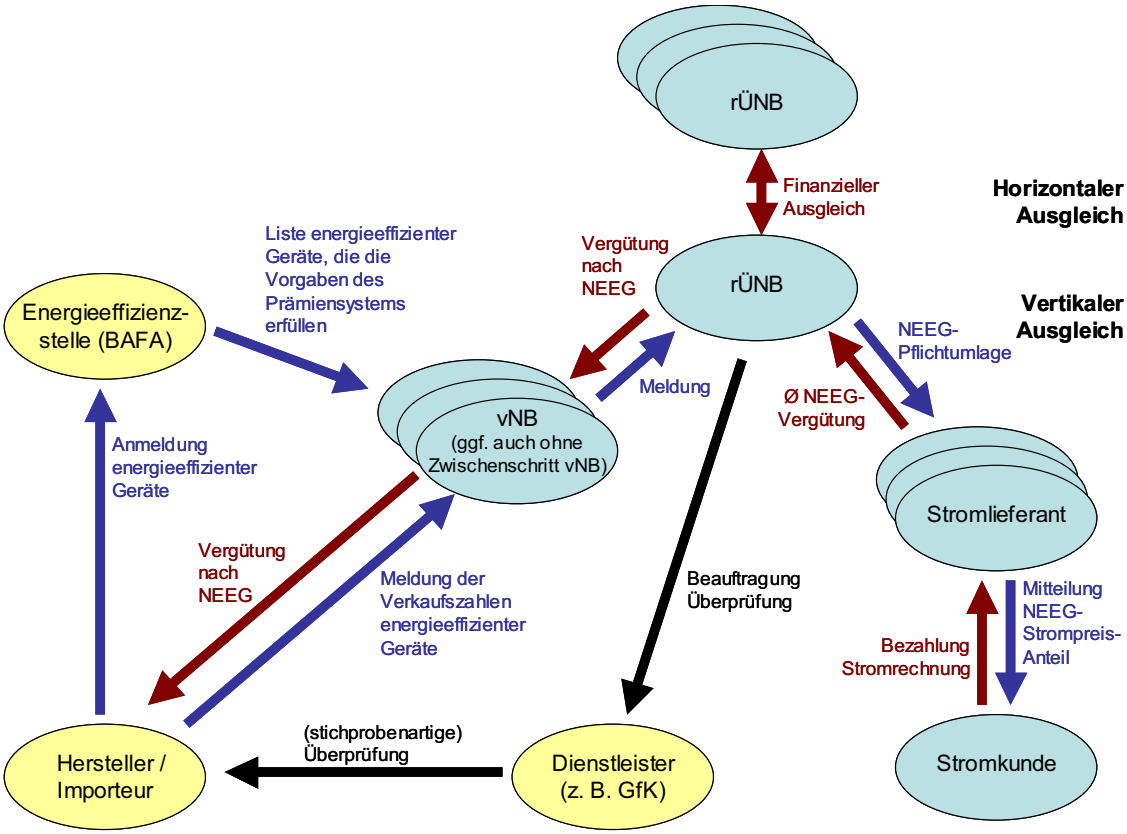
Quelle: Irrek und Thomas 2006 und im Internet verfügbare Anhänge zu diesem Bericht

Organisatorisch könnte die Prämienfeststellung und -auszahlung wie folgt vonstatten gehen (vereinfachte Variante; ohne physikalischen Ausgleich der Stromeinsparungen zwischen den Übertragungsnetzbetreibern):

- Hersteller und Importeure, die Geräte in den Markt bringen, von denen sie meinen, dass sie mit ihnen einen Anspruch auf eine Prämienzahlung haben, melden bei einer zentralen Institution - z. B. der von der Bundesregierung festgelegten Institution im Sinne von Art. 4 Satz 4 der Richtlinie für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (Energieeffizienzstelle gemäß geplantem Energieeffizienzgesetz: BAFA) oder einer anderen festzulegenden Prüfungsstelle - ihre Geräte an und weisen dabei nach, dass ihre Geräte die Vorgaben des Prämiensystems erfüllen. Die staatliche Prüfstelle meldet diese Informationen den örtlichen Netzbetreibern.
- Hersteller und Importeure melden den örtlichen Netzbetreibern, in deren Gebiet sie ihren Geschäftssitz haben, jährlich oder monatlich die Anzahl der Geräte, die die vorgegebenen Energieeffizienzkriterien erfüllen. Angemerkt sei auch hier, dass es grundsätzlich auch denkbar wäre, die Übertragungsnetzbetreiber als Zahlungspflichtige anzusprechen. Das würde jedoch dazu führen, dass die wenigen in Deutschland

agierenden Übertragungsnetzbetreiber jeweils ein sehr großes Einzugsgebiet zu bedienen hätten. Welche Variante vorteilhafter ist, wäre genauer zu prüfen.

- Zur Feststellung der Prämienhöhe multipliziert der Netzbetreiber die auf Plausibilität geprüften Verkaufszahlen mit der geprüften Energieeinsparung pro Gerät und den ex ante fest gelegten Nutzungsdauern und typischen Nutzungshäufigkeiten. Für die Überprüfung der Herstellerdaten bezieht der Netzbetreiber ggf. unterstützende Prüfstellen oder Dienstleistern wie die GfK ein.
- Anschließend zahlt der örtliche Netzbetreiber die Prämie jährlich an die betreffenden Hersteller und Importeure aus. Die Zahlung kann sinnvollerweise am Geschäftssitz des begünstigten Unternehmens erfolgen (wobei bei mehreren Sitzen ein Wahlrecht gegeben werden kann). Allerdings ist zusätzlich zu klären, was für importierende Unternehmen gilt, die keinen Sitz in Deutschland haben. Für diese müsste eine gesonderte Regelung getroffen werden.
- Schließlich greift der Überwälzungsmechanismus des EEG vom örtlichen Netzbetreiber über die vorgelagerten Netzbetreiber zu den Energieabnehmern.



vNB: vergütungspflichtiger Netzbetreiber; rÜNB: regelverantwortlicher Übertragungsnetzbetreiber

Abbildung 7.11: Wälzungsmechanismus des NEEG am Beispiel von Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Geräte (vereinfachte Darstellung ohne physikalischen Ausgleich der Stromeinsparungen) Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VDN 2005

Ein derartiges Fördersystem könnte prinzipiell eine gute Ergänzung zu den zukünftigen Durchführungsmaßnahmen im Rahmen der Energie betriebene Produkte-Richtlinie darstellen, die vor allem auf Standards zur Entfernung der ineffizientesten Geräte vom Markt sowie auf Energiekennzeichnungen zur Reduktion der Informationskosten der Nutzer/-innen abzielen.

Im Gegensatz zu den zuvor dargestellten Prämien für Energieeffizienz-Innovationen wird bei diesem zweiten Vorschlag berücksichtigt, dass viele Energieeffizienz-Technologien bereits heute verfügbar und vielfach wirtschaftlich sind, jedoch nicht in der Breite eingesetzt werden. Auch ohne weitere Energieeffizienz-Innovationen würde eine breite Marktdurchdringung heute bereits verfügbarer, prinzipiell wirtschaftlicher Energieeffizienz-Technologien durch Austausch ineffizienter Geräte und Anlagen durch jeweils besonders energieeffiziente jedes Mal dann, wenn ohnehin das Gerät bzw. die Anlage ersetzt oder modernisiert werden muss, innerhalb von zehn Jahren zu Endenergieeinsparpotenzialen in Höhe von 110 TWh/a beim Strom und mehr als 200 TWh/a bei Wärme/Brennstoffen führen (Wuppertal Institut 2006).

Die Prämien für Hersteller bzw. Importeure schaffen einen Anreiz für dynamische Marktreaktionen auf Hersteller- und Händlerseite. Es können Hebeleffekte auf die Endverbraucherpreise entstehen, auf die weiter unten mit Bezug auf internationale Vorbilder näher eingegangen wird. Letztlich wird hierbei dem Markt überlassen, wie viel der gezahlten Prämie auf welcher Marktstufe (Hersteller, Großhandel, Einzelhandel, Endverbraucher) zu zusätzlichen Margen bzw. Preisreduktionen und damit Impulsen für Produktion und Konsum führt. Dies funktioniert aber nur, wenn die Hersteller bzw. Importeure die Prämie nicht allein zur Gewinnerhöhung nutzen. In einem durch Monopole oder enge Oligopole dominierten Gerätemarktsegment könnte es daher eher angezeigt sein, Kundenprämien festzulegen, wie sie im ersten Vorschlag mit den Stromgutschriften oder im EnergieSparFonds-Konzept des Wuppertal Instituts vorgeschlagen wurden, wobei auch hier die Gefahr bestehen könnte, dass die Prämien zu Preiserhöhungen der Hersteller führen. In einem wettbewerblichen Markt mit entsprechenden Preis- und Kreuzpreiselastizitäten, d. h. entsprechenden Marktreaktionsmöglichkeiten, sollte dagegen das Modell der Herstellerprämien vorgezogen und die Verteilung des gesamtwirtschaftlichen Vorteils eines Umstiegs auf effizientere Produkte auf die einzelnen Marktstufen dem Markt überlassen werden. Ob dies allerdings in Deutschland so funktioniert wie in dem u. g. polnischen Beispiel wäre in einer Pilotphase für ausgewählte Bereiche zu testen.

Ein solches System hätte den Vorteil, dass es vermutlich geringere Transaktionskosten aufweist als das dargestellte Vergütungssystem mit den Stromgutschriften und deren Umlage nach dem Vorbild des EEG, trotz des zusätzlichen Datenerhebungs- und Überprüfungsaufwandes. Allerdings wäre eine noch einfachere alternative Verfahrensweise, dass Hersteller und Importeure ihre Zahlen an eine staatliche Prüfstelle anstatt an den örtlichen Netzbetreiber melden, diese die Daten prüft und eine Auszahlung aus staatlichen Mitteln (z.B. einem staatlichen Fonds) veranlasst. Ein solches Verfahren wäre sicherlich abwicklungstechnisch einfacher, stößt jedoch auf EG-beihilferechtliche Probleme Denn in diesem Falle wären die Ausgaben des Staats als staatliche Beihilfen im Sinne von Art. 87 Abs. 1 EGV anzusehen. In der Konsequenz müsste das Ausgabenprogramm gemäß Art. 88 Abs. 3 EGV in dem üblichen Verfahren notifiziert werden. Die Zahlungen wären nach Maßgabe des Art. 87 Abs. 1 EGV grundsätzlich unzulässig, soweit in der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung und der De-minimis-Verordnung keine allgemeine Ausnahme gewährt wird und die EU-Kommission nicht nach Maßgabe von Art. 87 Abs. 3 EGV eine einzelfallbezogene Ausnahmegenehmigung ausspricht. Jedoch lassen weder die Allgemeine Gruppenfreistellungsver-

ordnung noch die Umweltbeihilfeleitlinien Raum für die Gewähr von effizienzbezogenen Beihilfen, die sich an die Hersteller von Produkten richten. Die De-minimis-Verordnung bietet darüber hinaus ohnehin keine umfassend tragfähige Grundlage für Herstellerprämien. Sämtliche als zulässig oder zulassungsfähig eingestuften Beihilfen zum Zwecke der Energieeffizienz sind entweder auf die Erzeugung oder auf den Verbrauch von Energieprodukten gerichtet, in keinem Fall aber auf das Inverkehrbringen von besonders effizienten Produkten. Daher kann – im Gegensatz zur weiter oben dargestellten Optionen eines Buy-Out-Fonds im Rahmen eines Weiße Zertifikate-Systems - nicht davon ausgegangen werden, dass Herstellerprämien eine Chance auf eine positive Ausnahme vom Beihilfeverbot haben, sofern es auf europarechtlicher Ebene nicht zu Rechtsänderungen oder zu einer Ausweitung der Ausnahmemöglichkeiten durch die EU-Kommission kommt.

In beiden Vergütungssystemen (Stromrechnungsgutschriften und Herstellerprämien) sollten alle (zwei bis) drei Jahre die "Baselines" für die Berechnung der Energieeinsparungen neu festgelegt werden - dies entspricht den Überprüfungsschritten beim EEG. Auch kann überlegt werden, die Prämienhöhen über die Jahre planbar abzusenken, d. h. über die Laufzeit der jeweils gültigen Vergütungsregelung degressiv zu gestalten (z. B. indem ein höherer Zinssatz für die Abdiskontierung bei Kapitalisierung der Gutschriften gewählt wird), um die erwartete Marktentwicklung und Kostendegressionseffekte bei der Herstellung der energieeffizienten Produkte zwischen den Novellierungen zu berücksichtigen. Eine zusätzliche Kopplung (Indizierung) der Prämienhöhen an die von den Herstellern nicht beeinflussbare Entwicklung an den Rohstoff- und Investitionsgütermärkten erscheint für die relativ begrenzte Periode zwischen zwei Baseline-Novellierungen nicht erforderlich. Von Novellierung zu Novellierung wird die "Baseline" anspruchsvoller. Damit steigen prinzipiell auch die Grenzkosten darüber hinaus gehender Einsparungen. Auf der anderen Seite können Kostendegressionseffekte durch Ausweitung von Stückzahlen, Economies of Scope, Lerneffekte u. ä. Effekten entstehen (vgl. hierzu auch Irrek 2004), die der Grenzkostensteigerung entgegenwirken. Aus diesen Gründen sollte der Vergütungssatz die ersten Jahre konstant gehalten werden.

Natürlich können bei beiden Systemen Mitnahmeeffekte auftreten. Diese können nicht pauschal abgeschätzt werden, sondern nur technologiespezifisch in Bezug auf die jeweils festgelegte Baseline und im Grunde erst ex post nach Umsetzung des Prämiensystems und Marktbefragungen. Durch die Gestaltung der Baseline lassen sich Mitnahmeeffekte reduzieren. Daher sollte es erlaubt sein, von der generellen Regel zur Festlegung von Baselines, wie sie oben dargestellt wurde (Durchschnitt der energieeffizientesten 25% der im Markt verkauften Geräte als Basis) im Einzelfall abzuweichen, insbesondere auch bei der Novellierung der Baselines etwa alle (zwei bis) drei Jahre.

Vorbilder für Prämienzahlungen an Hersteller sind insbesondere die so genannten "Golden Carrot"-Programme in den USA (vgl. z. B. Davis/Davis 2004 und Hollomon et al. 2004 zum "Super-Efficient Refrigerator Program - SERP"; vgl. außerdem Frantz 1993, Eckert 1995, Goldstein o.J., Ledbetter et al. 1999). In Polen wurde dem amerikanischen Vorbild folgend mit Unterstützung des Global Environmental Facility (GEF) ein Programm mit Herstellerprämien für Kompaktleuchtstofflampen aufgelegt. Das Programm lief in zwei Phasen in den Jahren 1995-1997. Die folgende Tabelle zeigt auf,

- welchen Anteil der Prämie die Hersteller an den Handel weitergegeben haben und
- wie die Weitergabe der Prämie an den Handel einen deutlichen Hebeleffekt auf die Endverbraucherpreise ausgelöst hat.

Tabelle 7.8: Wirkung von Herstellerprämien beim polnischen Programm PELP zur Markteinführung von Kompaktleuchtstofflampen, gefördert durch den Global Environmental Fund (GEF)

GEF-Förderung und Beiträge des privaten Sektors	1. Phase 1995-1996	2. Phase 1996-1997	Summe PELP
Subventionierte, verkaufte Energiesparlampen	337.636	881.252	1.218.888
Durchschnittliche GEF-Förderung pro verkaufte Energiesparlampe	$ 2,64	$ 1,95	$ 2,14
Durchschnittliche Reduktion des Herstellerabgabepreises	$ 1,19	$ 1,24	$ 1,23
Bei den Herstellern verbleibende zusätzliche Marge	$ 1,45	$ 0,71	$ 0,91
Handels- und MWSt-Multiplikator	1,7538	1,7538	1,7538
Durchschnittliche Reduktion des Endverbraucherpreises	$ 6,72	$ 5,59	$ 5,91
GEF-Förderung gesamt	$ 891.359	$1.718.441	$ 2.608.420
Gesamtbetrag der Preisreduktionen für die Konsumenten	$ 1.376.560	$ 3.211.830	$ 4.595.581

Quelle: GEF 1998

Hierbei ergaben sich die folgenden Effekte: Bei angenommenen Handelsmargen von 15% für den Großhandel und 25% für den Einzelhandel und einer Mehrwertsteuer von 22% hätte theoretisch eine Verbilligung des Abgabepreises der Hersteller um einen Euro zu einer Reduktion des Endverbraucherpreises um 1,75 Euro führen müssen. Tatsächlich war der Effekt aufgrund einer Nachfragesteigerung und zusätzlicher Skaleneffekte größer. Mit einem Euro Herstellerprämie wurden die Kompaktleuchtstofflampen für Endkunden in 1995-1996 um 2,55 Euro und in 1996-1997 um 2,87 Euro verbilligt. Dabei haben Preisempfehlungen der Hersteller an den Handel dazu geführt, den Handel zu entmutigen, die Endverbraucherpreise hoch zu halten und zusätzliche Margen einzustreichen.

Alternative Versuche, Verkäuferprämien zu zahlen, haben sich in der Vergangenheit als nicht besonders erfolgreich herausgestellt. Beispielsweise kollidierten bei einem Programm in Kassel Anfang der 1990er Jahre die gezahlten Verkäuferprämien mit Prämienaktionen der Hersteller an den Handel für bestimmte Produkte. Sicher hängt der Erfolg aber auch von der Gestaltung des jeweiligen Programms ab.

Inwieweit eine Prämienzahlung den Anbietern von Energieeffizienztechnologien tatsächlich einen Anreiz bietet, ihre effizienten Produkte stärker in den Markt zu bringen oder noch effizientere zu produzieren, hängt letztlich von der Ausgangssituation der Hersteller in Bezug auf Kosten, Margen und Konkurrenz und ihren Erwartungen bezüglich der Marktentwicklung ab. Hersteller, die sowohl energieeffiziente als auch weniger energieeffiziente Produkte anbieten, werden dann auf die Prämien reagieren, wenn sie erwarten, dass

- begleitende Kampagnen zusammen mit dem Preiseffekt die Nachfrage nach energieeffizienteren Produkten signifikant stimulieren,
- insgesamt die Marktanteile weniger effizienter Produkte sinken und damit Umsatzeinbußen bei diesen Produkten drohen,
- Kostendegressionseffekte aufgrund der durch die Nachfrageerhöhung gestiegenen Stückzahlen auftreten und
- letztlich die Umsätze und Margen bei den effizienteren Produkten mit der Prämienzahlung über den Margen der weniger effizienten Produkte liegen werden.

Für die Frage, welche Technologien gefördert werden sollen, müsste genau geprüft werden, bei welchen Geräten welche zusätzlichen Markttransformations- und Innovationspotenziale vorhanden sind. Zusätzlich muss für die Abschätzung der zu erwartenden Wirkungen eines pauschalen Vergütungssystems die Ausgangslage und Wettbewerbsposition der wichtigsten Hersteller in den einzelnen Bereichen und ihre Bereitschaft zur Akzeptanz eines solchen Systems näher analysiert werden. Dies konnte im Rahmen des Energiebalance-Projekts nicht in ausreichender Differenziertheit geleistet werden.

Zur weiteren Konkretisierung der Anwendungsmöglichkeiten in Deutschland und besseren Abschätzung erwarteter Wirkung und darauf aufbauender Technologieauswahl und Detailgestaltung der Anforderungsbedingungen für Prämienauszahlungen in den ausgewählten Technologiebereichen erscheint es daher erforderlich,

- mit Marktakteuren zu diskutieren, ob ein derartiges Modell mit Prämien für Hersteller bzw. Importeure ein wirksames Förderinstrument sein könnte,
- die einzelnen Technologiebereiche, ihre bisherige Marktentwicklung und die derzeitigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen genauer zu analysieren, um zukünftige Marktentwicklungsmöglichkeiten und Innovationspotenzial besser abschätzen zu können, und
- Erfahrungen aus dem Ausland mit Herstellerprämien detaillierter auszuwerten (insbesondere auch bezüglich der Hebelwirkung bzw. der Wirkungen einer Herstellerprämie auf die einzelnen Marktstufen) und dazu ggf. notwendige Gespräche mit Programmakteuren im Ausland zu führen, soweit diese in den entsprechenden Institutionen noch vorhanden sind.

Pauschale Vergütungen für größere EF-Aktivitäten bzw. -Programme

Während Prämien für Hersteller bzw. Importeure eine reine Förderung von Einzeltechnologien darstellen, ist eine **pauschale Vergütung der Umsetzung von (gebündelten) Energieeffizienz-Aktivitäten bzw. -Programmen** prinzipiell auch für Systemlösungen offen.

Entsprechend dem Vorschlag von Irrek und Thomas (2006) bzw. Irrek et al. (2005) könnten pauschale Vergütungen in Höhe von 1,5 ct/kWh Stromeinsparung vorgesehen werden, die erst ab einer festgelegten Mindestsumme an Stromeinsparungen ausgezahlt werden (z. B. mindestens 15.000 Euro/Jahr an Vergütungen bzw. 1 GWh Stromeinsparungen/Jahr). Das heißt, ein solches Förderinstrument richtet sich nicht an einzelne Endabnehmer/-innen, sondern an "Programmakteure", die z. B. Einsparmaßnahmen bei Haushaltskund/-innen oder Gewerbekund/-innen bündeln, ein technologiespezifisches Programm selbst durchführen, o. ä. Auch könnte eine Obergrenze für die Vergütungssumme festgelegt werden, die maximal von einer Organisation in Anspruch genommen werden kann (z. B. 1.000.000 Euro). Die pauschale Förderung kann u. a. auch als ein Anreiz gesehen werden, neue effiziente Ideen für Programme, d. h. für Anreize zur breiten Umsetzung von Stromeinsparhandlungen, zu entwickeln. Alternativ oder zusätzlich können auch vorab festgelegte Programmpakete ausgeschrieben werden, wie sie in Irrek/Thomas (2006) für verschiedene Anwendungsbereiche und Sektoren konzipiert werden, und die durch diese erzielten Energieeinsparungen mit den genannten pauschalen Beträgen vergütet werden.

Als Zielgruppen dieses Programms werden Akteure angesehen, die über das Know how, die Kapazität und die Kreativität verfügen, Energie bei EndabnehmerInnen effizient und effektiv sowie nachweisbar einzusparen. Gefragt sind hier insbesondere Contracting-Unternehmen,

Energie- und Klimaschutzagenturen, lokale/regionale Energie- und Klimaschutzfonds (Zusatzfinanzierung für bestehende Fonds mit ihren Programmen), Verbraucherzentralen, Energieberater/-innen, Social Marketing-Fachleute, Energieunternehmen, möglicher Weise auch Händler/-innen, Unternehmensverbände oder Nichtregierungsorganisationen. Mit diesem Programm sollen auch neue Akteure für die Konzeption und Durchführung von Energieeinspar-Aktivitäten gewonnen werden. Endabnehmer/-innen von Energie sind somit indirekte Zielgruppe, aber nicht selbst direkt förderberechtigt. Die Programmakteure sollten die Programme selbst durchführen, nicht wiederum Programmaktivitäten ausschreiben und dadurch zusätzliche Transaktionskosten hervorrufen.

Die nicht rückzuzahlenden Zuschüsse werden über die Nutzungsdauer aufsummiert bereits im ersten Jahr nach erfolgreicher Implementation der jeweiligen Einsparmaßnahme bei entsprechendem Nachweis komplett als (abdiskontierter) Kapitalwert ausgezahlt. Die Einsparungen müssen bei Dritten realisiert werden, bei denen der/die Fördermittelnehmer/-in keinen beherrschenden Einfluss ausübt oder mehr als 50% der Stimmrechtsanteile besitzt. Eine Kumulation mit Zuschüssen aus anderen Energieeffizienz-Programmen wird ausgeschlossen.

Zu überlegen wäre, ein solches Programm insgesamt zunächst zu deckeln, um seine Wirksamkeit testen und überprüfen zu können. Anschließend könnte eine Ausweitung des Programms erwogen werden (vgl. den entsprechenden Vorschlag für ein Testprogramm im Strom- und Wärmebereich in Irrek und Thomas 2006).

Im Rahmen der Testphase kommt es u. a. darauf an, Methoden festzulegen, wie die erzielten Energieeinsparungen ermittelt werden. Für bestimmte Querschnittstechnologien könnten standardisierte Energieeinsparungen und Nutzungsdauern pauschal festgelegt werden wie sie z. B. in Italien und Frankreich im Rahmen der Weißen Zertifikate-Systeme festgelegt wurden. Für komplexere Maßnahmen wären individuelle, fachtechnische, unabhängige Gutachten zur Bestimmung der Einsparungen erforderlich. Auch zur Validierung pauschal festgelegter Energieeinsparwerte und Nutzungsdauern sowie bei größeren Programmen sind gesonderte Evaluationen erforderlich. Werden zusätzlich zu "harten" Maßnahmen, bei denen der Endenergie-Einsparerfolg messbar ist, begleitende "weiche" Informations-, Kommunikations-, Qualifizierungs- oder Partizipationsmaßnahmen mit substanzieller Reichweite durchgeführt, so könnten die anrechenbaren Einsparungen aus "harten" Maßnahmen ähnlich wie beim italienischen System weißer Zertifikate um einen noch festzulegenden Prozentsatz (z. B. 5 oder 10%) erhöht werden.

Nachteile, die bei einem solchen pauschalen Vergütungssystem auftreten können, wie z. B. Mitnahmeeffekte und "Rosinenpicken", wurden bereits diskutiert. Dadurch, dass beim hier vorgelegten Vorschlag nicht die Letztabnehmer, sondern die Akteure vergütet werden, die die Einsparaktivitäten durchführen, bei denen eine Mindestsumme von zu erzielenden Einsparungen und Nachweismethoden adäquat festgelegt werden, können diese Nachteile jedoch stark reduziert werden.

Pauschale Vergütungen für Maßnahmen zur Verringerung von Netzverlusten

Ein Spezialprogramm mit pauschalen, festgelegten Vergütungssätzen könnte ergänzend zu den vorherigen Vorschlägen die bislang nicht adressierten Energieeffizienzpotenziale im Stromnetzbereich heben.

Die am 6. November 2007 in Kraft getretene Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze (Anreizregulierungsverordnung - ARegV) ist aus ökonomischer und ökologischer Perspektive sowie aus Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher insofern zu begrüßen, als sie

- die Nachteile einer jährlich oder alle zwei Jahre neu durchzuführenden, kostenorientierten so genannten Rate-of-Return-Regulierung überwindet;
- Anreize zur Begrenzung der Erlöse der Netzbetreiber und zur Verbesserung ihrer ökonomischen Effizienz setzt;
- ein Regulierungskonto vorsieht, über das Abweichungen der tatsächlichen Erlöse eines Netzbetreibers von den als angemessen anzusehenden Erlösen mit den Netzentgelten der Folgeperiode(n) verrechnet und damit zu viel gezahlte Netzentgelte den Verbraucherinnen und Verbrauchern erstattet werden;
- zumindest ab der zweiten Regulierungsperiode Möglichkeiten für die Regulierungsbehörde schafft, Anreize zur Sicherung der Versorgungszuverlässigkeit und Servicequalität in das Regulierungsschema zu integrieren;
- versucht, ausreichende Anreize für notwendige Investitionen in die Netzinfrastruktur in einem sich wandelnden Energiesystem zu setzen, und
- wesentliche Regelungen zur Erhöhung der Transparenz enthält.

Auch bestätigen die von der Regulierungsbehörde als wesentlich erachteten Kostentreiber frühere empirische Analysen des Wuppertal Instituts, bei denen die Anzahl der Kundenanschlüsse (differenziert nach Kundengruppen) und die Veränderung der Jahreshöchstlast als besonders relevante Kostentreiber im Stromnetzbereich in Nordrhein-Westfalen identifiziert wurden (Leprich/Irrek/Thomas 2001; WI/Politecnico di Milano/MWMTV NRW/Energieverwertungsagentur 2000).

Allerdings ist grundsätzlich zu bemängeln, dass Politik und Ministerien die Wirkungen von Effizienzverbesserungen und Renditebegrenzungen im Strom- und Gasnetzbereich auf andere Aktivitäten der Daseinsvorsorge der mit den Netzbetreibern verbundenen Unternehmen (Querverbundunternehmen, Stadtwerke) im Liberalisierungs- bzw. Re-Regulierungsprozess nicht von Beginn an berücksichtigt und insbesondere keine Lösungen zur Finanzierung des öffentlichen Personennahverkehrs entwickelt haben.

Innerhalb des Energiesystems wird zudem leider nicht sicher gestellt, dass die Energiewirtschaft Aufwendungen für kosteneffektive Aktivitäten zur Senkung der Energierechnung der Verbraucherinnen und Verbraucher durch Steigerung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite z. B. über eine geringe Erhöhung der Netzentgelte finanzieren kann, wie es das Wuppertal Institut in der Vergangenheit in verschiedenen Stellungnahmen und Gutachten vorgeschlagen hat (vgl. z. B. Thomas 2007; Irrek et al. 2006; Wuppertal Institut 2003; Wuppertal Institut/ASEW 2003). Eine solche Regelung würde den Wettbewerb um billige Kilowattstunden um den Wettbewerb zwischen Energieangebot und effizienter Energienutzung sinnvoll ergänzen.

Schließlich bedeutet die Behandlung der Ausgleichs- bzw. Verlustenergiekosten als dauerhaft nicht beeinflussbarer Kostenbestandteil, dass Ausgleichs- bzw. Verlustenergiekosten vollständig auf die Verbraucherinnen und Verbraucher überwälzt werden, obwohl diese von den Netzbetreibern zumindest teilweise beeinflusst werden können.

Nach §11 (2) ARegV gelten als dauerhaft nicht beeinflussbare Kostenanteile bei Stromversorgungsnetzen „auch solche Kosten und Erlöse, die einer wirksamen Verfahrensregulierung nach den Vorschriften der Stromnetzzugangsverordnung oder Verordnung (EG) Nr. 1228/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2003 über die Netzzugangsbedingungen für den grenzüberschreitenden Stromhandel ... unterliegen, insbesondere ... Kosten, die entstehen für die Beschaffung der Energie zur Erbringung von Ausgleichsleistungen einschließlich der Kosten für die lastseitige Beschaffung“, wozu die Verlustenergie ausdrücklich gezählt wird.

Die ARegV geht dabei davon aus, dass durch die Ausschreibung von Ausgleichsenergielieferungen zur Deckung von Verlusten und für den Ausgleich von Differenzen zwischen Ein- und Ausspeisung bereits ausreichende Anreize zur Kostenreduktion bei der Verlustenergie gesetzt werden. Dabei wird vernachlässigt, dass die Verlustenergiekosten sich aus Multiplikation des Preises für die Verlustenergie mit der Verlustenergiemenge ergeben. Während ein günstiger Preis durch das wettbewerbliche Verfahren gewährleistet werden soll, wird die Verlustenergiemenge als gegeben hingenommen. Ein Konzept der Bundesnetzagentur (2008) regelt nur, wie die Ausschreibung erfolgen soll und mit Hilfe welcher Methoden die Verlustenergie ermittelt bzw. abgeschätzt werden soll.

Dabei besitzen die Stromnetzbetreiber verschiedene Möglichkeiten, Verlustenergie zu reduzieren:

- Durch Anschaffung besonders energieeffizienter Transformatoren können die Transformatorenverluste im Einzelfall um mehr als 50% gegenüber in Deutschland standardmäßig angeschaffter Technik reduziert werden. Tatsächlich ist es jedoch so, dass einzelne Verteilnetzbetreiber mit Blick auf die erwarteten zukünftigen Veränderungen im Regulierungsregime durch den Wechsel zur Anreizregulierung bereits angedachte Veränderungen der hausinternen Beschaffungsregeln hin zu energieeffizienteren Transformatoren aufgeschoben haben und zum Teil vergleichsweise ineffiziente, hohe Verlustenergiekosten bewirkende, in der Anschaffung aber kostengünstigere Transformatoren beschaffen. Insgesamt summieren sich die Verluste der Verteiltransformatoren in Deutschland nach derzeitigen Berechnungen des Wuppertal Instituts im Mitte 2008 abgeschlossenen EU-Projekt "SEEDT" (http://seedt.ntua.gr/) auf etwa 5,2 TWh/Jahr. Das Stromsparpotenzial durch Einsatz energieeffizienter Verteiltransformatoren beträgt in Deutschland mehr als 1.200 GWh/Jahr bis 2025 im Vergleich zum EU27-Trendszenario des PRIMES-Modells.
- Auslegung und Materialeinsatz bei Stromleitungen entscheiden nicht zuletzt auch über die anfallende Verlustenergie.
- Auch durch Veränderungen der Netzstruktur kann die Verlustenergie reduziert werden. Beispielweise planen einige, insbesondere städtische Stromnetzbetreiber, vorhandene Redundanzen im Stromnetz zu reduzieren und damit sowohl ihre Vermögenswerte als auch ihre laufenden Kosten für Abschreibungen, Verzinsung der Vermögenswerte, Wartung, Instandhaltung und die Verlustenergie. Auf der einen Seite werden durch die Reduktion von Redundanzen zwar der Lastfaktor der Auslastung der Betriebsmittel erhöht und damit auch die lastabhängigen Verluste, auf der anderen Seite wird dieser Effekt durch die Reduktion von lastunabhängigen Verlusten überkompensiert.

Die Beschaffung effizienterer Betriebsmittel (z. B. energieeffizienter Transformatoren) ist i. d. R. mit höheren Anschaffungskosten verbunden. Während die laufenden Verlustenergiekosten an die Verbraucherinnen und Verbraucher nach der ARegV durchgereicht werden können, fallen die Anschaffungskosten jedoch unter die beeinflussbaren Kosten der Stromnetzbetreiber und unterliegen damit dem „Cap“, was letztlich dazu führen soll, Betriebsmittel möglichst günstig zu beschaffen. Während dies teilweise durchaus einen ökonomisch sinnvollen Anreiz darstellen kann, führt dies in einigen Fällen dazu, nicht die ökonomisch optimale Lösung zu wählen. Beispielsweise bedeutet dies letztlich, dass ein Transformator mit minimalen Anschaffungskosten anstatt minimalen Lebenszykluskosten beschafft wird (**suboptimales Regulierungsergebnis**).

Sofern hier nicht innerhalb des Regulierungssystems noch gegengesteuert wird (z. B. mit Hilfe von Verlustenergie-Benchmarks bzw. -Reduktionsvorgaben, Investitionsbudgets oder Einbeziehung der Verlustenergie als Parameter in den Effizienzvergleich), was der effizientere und sicherlich auch effektivere Weg wäre, sollten Netzbetreiber außerhalb der eigentlichen Anreizregulierung Optimierungsanreize erhalten.

Eine Möglichkeit wäre auch hier, eine **pauschale Vergütung in Höhe von z.B. 1,5 ct/kWh nachgewiesene Vermeidung von Stromverlusten** als kapitalisierte Einmalzahlung zu gewähren. Im Falle der Anschaffung eines kleinen 100 kVA-Verteiltransformators könnte dies nach einer überschlägigen Modellrechnung einen Investitionskostenzuschuss in Höhe von etwa 330 Euro bedeuten. Dieser Betrag würde allerdings im Regelfall nicht ausreichen, um die mehr als 1.000 Euro höheren Anschaffungskosten des effizienteren Transformators decken zu können, so dass - jedenfalls bei den derzeitigen Preisrelationen, die stark von den Preisentwicklungen auf den Rohstoffmärkten bestimmt sind - evtl. über eine höhere Vergütung nachgedacht werden müsste. Würden Prämienzahlungen bis 2025 für das gesamte erschließbare Potenzial in der o.g. Höhe von 1,5 ct/kWh Stromeinsparung gezahlt, so würden sich die Prämienzahlungen bis 2025 auf rund 340 Mio. Euro summieren.

Mittelherkunft

Als mögliche Wege der Mittelherkunft wurden in der obigen Tabelle zu den prinzipiellen Ausgestaltungsmöglichkeiten der EF-Fördermechanismen folgende Alternativen aufgelistet:

- EEG-Umlage
- Umlage auf Netzgebühren
- Marktanreizprogramm (MAP)
- Auktionserlöse Emissionshandel
- Ökosteuer(erhöhung)
- Subventionsgestützte Ausschreibung von EF-Maßnahmen nach §53 EnWG.

Auf einige relevante rechtliche Aspekte, die bei Entscheidungen zur Mittelherkunft (und ihrere Kombination mit der Mittelverwendung) geachtet werden muss, wurde bereits verwiesen, insbesondere auf die Gruppennützigkeitsproblematik bei staatlichen Sonderabgaben, z. B. einem „Effizienzzehntelcent“ wie er von Irrek und Thomas (2006) diskutiert wurde.

Modelle, die EE und EF über den Finanzierungsmechanismus integrieren, wären die Integration von Förderbestimmungen zur Energieeffizienz in das **MAP**, wie es in Bezug auf erneuerbare Energieanlagen zum Teil bereits geschieht, sowie die Umlage der ausgezahlten

Vergütungen für EF-Maßnahmen über das EEG. Da das EEG bislang auf den Strombereich konzentriert ist, würde es nahe liegen, vor allem EF-Maßnahmen im Strombereich über diesen Mechanismus finanziert werden. Auch generell stehen einer Umlage von EF-Vergütungen nach dem Vorbild des EEG wie bereits ausführlich dargestellt keine rechtlichen Hindernisse entgegen.

Die Zahlung der EF-Vergütungen aus den **Erlösen der Auktion von Emissionsrechten** oder der **Ökosteuer** bzw. etwaigen zukünftigen Ökosteuererhöhungen bedeutet - wie beim MAP - letztlich eine Finanzierung aus allgemeinen Bundesmitteln, die relativ einfach umsetzbar wäre, aber nach den bisherigen politischen Erfahrungen leichter wieder abschaffbar ist als beispielsweise ein Umlagefinanzierungsmechanismus wie das EEG.

Eine andere Möglichkeit wäre die Anerkennung geleisteter Vergütungszahlungen der Netzbetreiber im Zuge der **Netzentgeltregulierung** mit entsprechender Umlage über die Netzgebühren. Hierfür wären Änderungen im Gesetz wie in der Regulierungsverordnung erforderlich.

Der Gesetzestext des **§53 EnWG** sieht unter dem Titel „Ausschreibung neuer Erzeugungskapazitäten im Elektrizitätsbereich“ folgendes vor: „Sofern die Versorgungssicherheit ... durch vorhandene Erzeugungskapazitäten oder getroffene Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen allein nicht gewährleistet ist, kann die Bundesregierung ... Ausschreibungsverfahren ... auf der Grundlage von Kriterien für neue Kapazitäten oder **Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen** vorsehen ...“, Die Ausschreibung nachfrageseitiger Ressourcen ist hier also auf den Strombereich beschränkt, aber prinzipiell als Möglichkeit vorgesehen.

Wie nachfrageseitige Ausschreibungsverfahren gestaltet werden können und die Erfahrungen eines Pilotprojekts mit den Stadtwerken Düsseldorf sind in einem Forschungsbericht von WI/Politecnico di Milano/MWMTV NRW/Energieverwertungsagentur (2000) detailliert dargestellt. Nach §53 würde eine derartige Ausschreibung eingesetzt, um kostengünstige Reduktionen der Energie- bzw. Lastnachfrage (insbesondere zu Spitzenlastzeiten) anzureizen und einen Wettbewerb um Einsparprogramme zu initiieren. Die Mittel für Zahlungen an die Ausschreibungsgewinner könnten aus dem allgemeinen Bundeshaushalt kommen, die Zahlung von Geldleistungen an einen staatlichen Fonds, aus dem dann die Ausschreibungsgewinner bezahlt werden, führt zu der bereits dargestellten Sonderabgabenproblematik. Die Erfüllungskontrolle im Rahmen eines solchen Ausschreibungssystems könnte über Zertifizierungen durch Sachverständige gewährleistet werden. Als Sanktion wäre vorzusehen, ggf. die ausgezahlten Unterstützungsgelder (möglicherweise ergänzt durch Strafgelder) zurückzahlen zu müssen. Sofern daran gedacht werden sollte, das Instrument mit einem Weiße-Zertifikate-System oder einem NEEG zu kombinieren, müssten in die Erfüllungskontrolle geeignete Kriterien bzw. Instrumente eingebaut werden, mit denen sichergestellt wird, dass eine Doppelanrechnung vermieden wird. Das erscheint vom Ansatz her grundsätzlich machbar.

Ergebnis einer rechtlichen Prüfung von Klinski (2008) im Rahmen des Energiebalance-Projekts ist, dass sich dieses Instrument der nachfrageseitigen Ausschreibungen auf Grundlage des bestehenden deutschen Rechts im Elektrizitätssektor zum Teil bereits anwenden lässt. Voraussetzung ist jedoch der Erlass einer entsprechenden Rechtsverordnung auf Basis des §53 EnWG. Die anstehenden energiewirtschaftlichen Herausforderungen der Gewährleistung der Versorgungssicherheit rechtfertigen den Erlass einer entsprechenden Verordnung bereits heute. Allerdings besagt der Wortlaut des §53 EnWG, dass eine solche

Verordnung nur erlassen werden darf, sofern „die Versorgungssicherheit“ […] „durch vorhandene Erzeugungskapazitäten oder getroffene Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen allein nicht gewährleistet ist“. Demnach darf die Bundesregierung von der Verordnungsermächtigung nur Gebrauch machen, wenn die Versorgungssicherheit gefährdet ist. Hierbei hat sie zwar einen weiten Prognosespielraum, für den davon auszugehen ist, dass schon einzelne drohende Versorgungsengpässe einen hinreichenden Anlass zum Verordnungserlass bieten. Außerhalb von absehbaren Versorgungsengpässen stehende, rein auf den Klimaschutz bzw. den Umweltschutz oder die Ressourcenschonung zielende Begründungen für den Erlass einer Rechtsverordnung zur Ausschreibung nachfrageseitiger Maßnahmen sieht die Vorschrift ihrem Wortlaut nach jedoch nicht vor. Eine weitergehende Auslegung des §53 EnWG wäre möglich, wenn die hinter der Bestimmung stehende europarechtliche Verpflichtung Entsprechendes gebieten würde. Dann würde man insoweit von einer gemeinschaftskonformen Auslegung sprechen. Art. 7 Abs. 1 der Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie formuliert seinerseits jedoch in seinem zweiten Satz im Kern die gleiche Einschränkung im Hinblick auf den Aspekt der Versorgungssicherheit. Offenkundig wollte der deutsche Gesetzgeber nur den ersten Absatz der Vorschrift in deutsches Recht umsetzen.

In inhaltlicher Hinsicht fragt sich schließlich, ob es auf Grundlage des §53 EnWG zulässig ist, Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen isoliert auszuschreiben. Die Überschrift des §53 EnWG („Ausschreibung neuer Erzeugungskapazitäten …“) legt es nahe, die Ausschreibung von nachfrageseitigen Maßnahmen nur als Alternative innerhalb von Ausschreibungen für neue Erzeugungskapazitäten für zulässig zu erachten. Dass dem jedoch nicht so ist, lässt sich schon aus dem Wortlaut ableiten, in dem ohne Rangfolge oder Gewichtung nebeneinander von „Verfahren auf der Grundlage von Kriterien für neue Kapazitäten oder Energieeffizienz- und Nachfragesteuerungsmaßnahmen“ die Rede ist. Demnach bezieht sich das Wort „oder“ nicht darauf, dass innerhalb von Ausschreibungen die Wahl zwischen neuen Erzeugungskapazitäten und nachfrageseitigen Maßnahmen geboten werden müsse (oder könne), sondern darauf, dass bereits das Ausschreibungsverfahren auf Grundlage von Kriterien für erzeugungsseitige oder für nachfrageseitige Maßnahmen durchgeführt werden kann. Das „oder“ soll also die Weite des Spektrums der möglichen Ausschreibungskriterien kenntlich machen, nicht zu einer Verengung dahin führen, die Ausschreibung von nach-frageseitigen Maßnahmen nur als Alternative innerhalb von Ausschreibungen für neue Erzeugungskapazitäten zuzulassen. Eine derartige Einengung würde auch im Hinblick auf den hinter §53 EnWG und der betreffenden Vorgabe aus Art. 7 Abs. 1 der Richtlinie 2003/54/EG stehenden Regelungszweck, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, keinen Sinn ergeben.

Grundsätzliche verfassungs- oder europarechtliche Hindernisse sind für ein nachfrageseitiges Ausschreibungsverfahren im Übrigen nicht ersichtlich.

Unterschiedliche Finanzierungsinstrumente haben in jedem Fall unterschiedliche Verteilungswirkungen. Zahlungen aus dem allgemeinen Bundeshaushalt haben insofern Verteilungswirkungen, indem sie anderweitige Verwendungen dieser Bundesmittel verhindern. Bei einer Umlage über die Netzgebühren sollte darauf geachtet werden, dass das Mittelaufkommen einer Kundengruppe der Mittelverwendung für diese Kundengruppe in etwa entspricht. Die Verteilungswirkungen des EEG sind im EEG-Erfahrungsbericht (Bundesregierung 2007) und insbesondere in IE / PROGNOS (2007) detailliert dargestellt.

7.3.9 Fazit, Empfehlungen und Ausblick

In diesem Kapitel stand weniger die direkte Verzahnung von EE- und EF-Fördermaßnahmen als die prinzipielle Übertragbarkeit von im EE-Bereich in Deutschland oder im Ausland bereits erprobten Mechanismen einer übergreifenden Preis- und Mengensteuerung auf den EF-Bereich im Vordergrund – mit Schwerpunkt auf dem Strombereich. Als prinzipielle Fördermechanismen diskutiert wurden zum einen ein NEgawatt-Einspeise-Gesetz-Modell (NEEG-Modell) mit festen Vergütungssätzen in Analogie zum EEG, zum anderen ein System (handelbarer) Weißer Zertifikate in Analogie zu grünen Zertifikaten für die Einspeisung erneuerbarer Energien und braunen/schwarzen Emissionszertifikaten.

Bei beiden Instrumenten ist letztlich wie beim EE-Bereich die Idee, anreizende Rahmenbedingungen zu etablieren, die Marktkräfte stimulieren, ihnen Planungssicherheit geben und es ihnen überlassen, welche Aktivitäten sie mit welcher Kreativität, Effektivität und Effizienz durchführen. Dies ist im Gegensatz zu sehen zu staatlichen EF-Förderprogrammen, die nur einen bestimmten, vorab festgelegten Technik- oder Anwendungsbereich fokussieren.

Die Diskussion der beiden Fördermechanismen hat gezeigt, dass sowohl bei Zertifikatslösungen als auch bei Systemen mit festen Vergütungssätzen Verfahren zum Nachweis der erzielten Energieeinsparungen installiert werden müssen, die im Vergleich zur Ablesung von EE-Stromeinspeisungen am Zähler zusätzliche Transaktionskosten hervorrufen. Beide Verfahren sind rechtlich und praktisch aber prinzipiell in Deutschland umsetzbar. Je nach Ausgestaltung können sie jedoch substanzielle Mitnahmeeffekte induzieren und dazu führen, dass Aktivitäten sich eher auf besonders leicht erschließbare Energieeinsparpotenziale konzentrieren und andere, weniger gut erschließbare, aber ebenso wirtschaftliche, oft auch umfangreichere Potenziale vernachlässigt werden. Sie müssen daher i. d. R. um sektor- und/oder technologiespezifische Programme ergänzt werden, die gezielt diese ansonsten vernachlässigten Bereiche ansprechen.

Ein genauerer Blick auf die Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich (NEEG-Modell) verdeutlicht, dass prinzipiell ein solcher Fördermechanismus mit fest vorab vorgegebenen, ggf. pauschalisierten Vergütungssätzen für erzielte Energieeinsparungen auch unabhängig vom Umlagemechanismus des EEG als ein mögliches Instrument zur Steigerung der Endenergieeffizienz betrachtet werden kann. Wird die Diskussion von Mittelherkunft (z. B. EEG-Umlagemechanismus, allgemeine staatliche Mittel oder Fondslösung) und Mittelverwendung (EF-Förderung) getrennt geführt, so lassen sich verschiedenste Optionen genauer untersuchen. Im engeren Sinne wird aber erst durch den Umlagemechanismus ein System fester Vergütungssätze zu einem NEEG-Modell.

Die im Einzelnen diskutierten Optionen sind:

- **Technologiespezifische Stromrechnungsgutschriften** für EF-Innovationen, bei denen der Verkaufsverpackung von besonders energieeffizienten Produkten eine Gutschrift beiliegt, die der Kunde bei seinem Stromlieferanten einreicht, der diese wiederum über ein Umlagesystem nach dem Vorbild des EEG vom Netzbetreiber erstattet bekommt.
- **Prämien für Hersteller und Importeure**, die besonders energieeffiziente Geräte entwickeln und in den Markt einführen, wobei die Prämien vom Netzbetreiber direkt an die Hersteller und Importeure ausgezahlt werden und ebenfalls über ein Umlagesystem nach dem Vorbild des EEG finanziert werden.

- **Pauschale Vergütungen für die Umsetzung gebündelter Energieeffizienz-Aktivitäten** bzw. -Programme, bei denen Programmakteuren ab einer festgelegten Mindestsumme an Stromeinsparungen (z. B. 1 GWh Stromeinsparungen/Jahr) Vergütungen in Höhe von 1,5 ct je nachgewiesene kWh Stromeinsparung ausgezahlt werden, wobei die Stromeinsparungen zusätzlich gegenüber dem Trend erfolgen sollten.
- Ein **Spezialprogramm** mit pauschalen Vergütungen in Höhe von 1,5 ct/kWh für Maßnahmen zur Verringerung von Netzverlusten im Strombereich, da die kommende Anreizregulierung zu suboptimalen Ergebnissen bezüglich der Energieeffizienz von Betriebsmitteln führen wird, weil Verlustenergiekosten an die Kunden als nicht beeinflussbarer Kostenbestandteil durchgereicht werden können.

In Bezug auf die letztgenannte Option wäre eine entsprechende Verbesserung des Anreizregulierungssystems sicherlich der effizientere und effektivere Weg im Vergleich zum diskutierten Förderprogramm, das darauf abstellt, Mängel der Anreizregulierung zu mildern.

Für die Wahl zwischen Stromrechnungsgutschriften für Endabnehmer, Prämien für Hersteller bzw. Importeure, und Prämien für Programmakteure sollten folgende Aspekte beachtet werden:

- In einem bestimmten Technologiebereich sollten nicht zwei oder mehr Systeme gleichzeitig eingesetzt werden, da dies zu Doppelförderungen, Intransparenzen und Ineffizienzen führen kann.
- Letztlich muss im Einzelfall entschieden werden, ob es im jeweiligen Anwendungsbereich sinnvoller erscheint, eher die Entwicklung auf Herstellerseite, auf Nachfrageseite oder bei den Umsetzungsakteuren zu stimulieren, eher Einzeltechnologien oder komplexere Maßnahmen, ob eher ein Rahmen für die Durchführung von Energieeffizienz-Programmen und –Dienstleistungen geschaffen oder Verbesserungen von Geräten mit Orientierung an „Toprunnern“ gefördert werden sollen.
- Schließlich muss die Passung zum gesamten Politikpaket beachtet werden. Herstellerprämien oder Stromrechnungsgutschriften können eine sinnvolle Ergänzung zu den Durchführungsmaßnahmen im Rahmen der Umsetzung der „Energie betriebene Produkte-Richtlinie“ darstellen. Vergütungen für Programmakteure können ein Mittel sein, Energieunternehmen entsprechend Artikel 6 der Richtlinie zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen in die Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Endenergieeffizienz einzubeziehen.

Diese Abwägungen führen zu folgenden Empfehlungen:

- In folgenden und ggf. weiteren EF-Technologiebereichen könnte die Förderung der Entwicklung und Markteinführung innovativer Technik ergänzend zum Energie betriebene Produkte-Richtlinienprozess sinnvoll erscheinen: LED bzw. OLED, Wäschetrockner, (gewerbliche) Kühl- und Gefriergeräte, Informations- und Kommunikationstechnologie, ggf. auch Gaswärmepumpen und Transformatoren. Der erzielbare Hebeleffekt spricht dabei für die Wahl von Prämien für Hersteller und Importeure anstelle Stromrechnungsgutschriften für Endabnehmer. Ein Umlagesystem nach dem Vorbild des EEG könnte die Förderaktivitäten finanzieren.
- In den meisten EF-Technologiebereichen kommt es jedoch weniger auf das einzelne Technik-Produkt alleine an als auf die Systemoptimierung (Planung unter Beachtung

der Nutzungsanforderungen und ihrer möglichen Veränderung, System optimierende Komponentenwahl, Geräte- bzw. Anlageneinstellung). Die Systemoptimierung lässt sich eher durch eine kombinierte Förderung von Beratung, Energieanalyse und Technikprodukt erreichen - wie sie von Irrek und Thomas (2006) im Konzept eines EnergieSparFonds für verschiedene Förderprogramme vorgeschlagen wurde - als durch Prämien oder Gutschriften für das effiziente Produkt allein.

Zusätzlich sollten **Maßnahmen zur Verringerung von Verlusten im Stromnetzbereich innerhalb oder außerhalb der Anreizregulierung** ergriffen werden.

Wie in Irrek und Thomas (2006) vorgeschlagen, könnte ergänzend ein System pauschaler Vergütungen für die Umsetzung gebündelter EF-Aktivitäten bzw. EF-Programme durch Programmakteure zunächst in einem beschränkten Rahmen getestet werden. Die Erwartung hierbei ist, dass zusätzlich zu den sektor- und technologiespezifischen EF-Förderungen zusätzliche Ideen generiert und Marktkräfte aktiviert werden. Vor einer Umsetzung von einem oder ggf. auch mehreren der vorgeschlagenen EF-Fördersysteme sollten die vorgelegten Analysen und Vorschläge unter Einbezug von ggf. noch erfolgenden Rückmeldungen des Begleitkreises des Auftraggebers mit ausgewählten Experten aus Wissenschaft und Praxis diskutiert werden. Ziel sollte es dabei sein, auf einer breiteren Grundlage abzuwägen, inwieweit die Umsetzung der hier vorgeschlagenen konkreten Schritte in Deutschland empfohlen werden kann, auch in Bezug auf den gesamten zur Verfügung stehenden Politikinstrumente-Mix und der Frage, welches Instrument in diesem Mix wie am effektivsten und effizientesten wirkt.

In diesem Zusammenhang sollte auch die Akzeptanz der Vorschläge in der Wirtschaft geprüft werden. Zu fragen wäre dabei beispielsweise, inwieweit Innovations- oder/und Markttransformationsprämien Rückendeckung in der Wirtschaft hätte, beispielsweise bei den Anbietern von Energieeffizienztechnologien, die – wie z. B. bei Pumpen- und Heizungsherstellern und im Gegensatz z. B. zur Dämmstoffindustrie – neben den effizienten Geräten und Anlagen auch weniger effiziente anbieten, mit denen sich heute in einigen Bereichen höhere Margen im Markt erzielen lassen als mit den effizienteren (vgl. die entsprechenden Erkenntnisse in Irrek und Thomas 2006). Eine andere Frage wäre die nach der Akzeptanz des NEEG-Umlageverfahrens nach dem Vorbild des EEG.

Die folgende Tabelle fasst abschließend die Empfehlungen des Energiebalance-Projekts für die Förderung der Steigerung der EF auf der Stromnachfrageseite auf Basis der Analyse der Übertragbarkeit des EEG-Mechanismus auf den EF-Bereich zusammen.

Tabelle 7.9: Überblick über die Vorschläge des Energiebalance-Projekts für die Förderung der Steigerung der EF auf der Stromnachfrageseite

Energiebalance-Vorschlag				
	Beschreibung	**Vorschlag**	**Umgesetzt?**	**Bemerkung**
Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Technik	Förderung von Entwicklung und Markteinführung besonders energieeffizienter Technik, bei der es weniger auf die Systemoptimierung als auf die Effizienz des Produkts selbst ankommt	Prämiensystem nach dem Vorbild des EEG: gezahlte Prämien für Hersteller und Importeure besonders energieeffizienter Technik werden auf den Strompreis umgelegt	✗	Ein ähnlicher Vorschlag mit Stromrechnungsgutschriften für Endkunden anstelle von Herstellerprämien wurde vom BMU im Rahmen eines Konzeptpapiers zur ökologischen Industriepolitik bereits vorgestellt
Sektor- und/oder technologiespezifische Programme	EnergieSparFonds mit EF-Programmen, bei denen eine Verknüpfung von Beratung, Energieanalysen und EF-Technik und damit insbesondere die Systemoptimierung gefördert wird	Umsetzung der vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Programme eines EnergieSparFonds	(✗)	Vgl. Irrek / Thomas 2006. Einzelne Elemente wurden im Rahmen der Novellen von MAP und KfW-Förderprogrammen sowie bei der kommunalen Förderrichtlinie der nationalen Klimaschutzinitiative aufgegriffen
NEEG-Testprogramm	Pauschale Vergütung für größere EF-Aktivitäten bzw. Programme ab einer Mindestsumme an Stromeinsparungen in Höhe von z. B. 1 GWh/a	Umsetzung des entsprechenden vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Programms eines EnergieSparFonds	✗	Vgl. Irrek / Thomas 2006.
Novelle Anreizregulierungsverordnung (ARegV)	Die ARegV führt zu Ineffizienzen, da Verlustenergiekosten an Kunden durchgereicht werden. Die Anreize zur Erhöhung von Netzverlusten sollten beseitigt und Anreize zu ihrer Reduktion gesetzt werden.	Verbesserung der ARegV oder spezielles Förderprogramm zur Reduktion von Verlustenergie im Netz	✗	Vgl. auch die aktuelle Diskussion der Regulierer auf EU-Ebene

8 Verkehr

Ein stärkerer Einsatz von erneuerbaren Energien und eine höhere Energieeffizienz im Verkehr sollen zur Vermeidung von CO_2-Emissionen sowie zur Verbesserung der Energieversorgungssicherheit beitragen. Diese Argumentationsstränge finden sich sowohl in der aktuellen Mitteilung der EU-Kommission zum Richtlinienpaket „Erneuerbare Energiequellen und Klimawandel“ vom 24.01.2008 (Europäische Kommission 2008) als auch im Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der deutschen Bundesregierung vom 5.12.2007 (Kabinettsklausur der Bundesregierung 2007). Zu den diesbezüglich treibenden Faktoren gehören vor allem die hohe Abhängigkeit des Verkehrssektors von Mineralöl-Importen, die Endlichkeit dieser Ressource („peak-oil“), die gestiegenen CO_2-Emissionen und der hohe Anteil des Verkehrs an den Gesamtemissionen sowie nicht zuletzt die in 2008 auf ein Rekordniveau gestiegenen – nominalen – Ölpreise.

Bevor im folgenden näher auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz und deren mögliche Verzahnung im Verkehr eingegangen wird, ist zu beachten, dass sie einen zwar wichtigen, aber nur begrenzten Teilaspekt zur Verringerung der negativen Auswirkungen des Verkehrssystems darstellen. Die nachhaltigste und wirksamste Voraussetzung, den Energieverbrauch im Verkehr zu verringern, sind verkehrssparsame Siedlungsstrukturen. Mehr Verkehr und damit mehr Energieverbrauch resultiert vor allem aus den Distanzen zwischen Start und Ziel. Motorisierte Verkehrsmittel sind dabei eng mit denen sie begünstigenden Infrastrukturen verbunden: Je vorteilhafter die Infrastruktur, desto schneller die Verbindung, desto größer die möglichen Distanzen und desto vielfältiger die möglichen Ziele. Die bereitgestellten Infrastrukturen erzeugen also Verkehr und somit auch Energieverbrauch. Dabei entstehen vielfältige dynamische, sich selbst verstärkende Prozesse (Verkehrsspirale). Diese sind zwar schwer zu kontrollieren, entsprechende Beispiele zeigen aber, dass ein ganzheitlicher und zielorientierter Politikmix durchaus Erfolge zeigt[104], ohne dass die Menschen Lebensqualität einbüßen. Angesichts der Dringlichkeit der Reduktion von Klimagasen müssen Vermeidung und Verlagerung von Verkehr sowie eine Erhöhung der Energieeffizienz möglichst gleichzeitig angegangen werden.

Zudem sind folgende **Besonderheiten** zu beachten, die zu einer begründeten Fokussierung dieser Untersuchung auf die Verkehrsträger PKW und Schiene führen. Zum einen resultiert der überwiegende Teil der CO_2-Emissionen (und damit verbunden auch des Primärenergieverbrauchs) aus dem Straßenverkehr (siehe Abbildung 8.1), der wiederum nahezu vollständig auf der Nutzung der Mineralölderivate Benzin und Diesel beruht. Und der PKW hat einen Anteil von knapp 2/3 am Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs. Daher bildet der Straßenverkehr durch PKW den Hauptansatzpunkt für diese Untersuchung. Beim Güterverkehr kann dagegen davon ausgegangen werden, dass die Effizienz der Fahrzeuge bereits aus betriebswirtschaftlichen Gründen weitgehend berücksichtigt wird. Hier wird es angesichts der prognostizierten Steigerungen bei den Fahrleistungen (+56% bis 2030 u.a. nach Ickert 2007) mehr auf Vermeidungs- und Verlagerungsstrategien ankommen.

Auf der anderen Seite trägt der Schienenverkehr zwar nur zu einem relativ geringen Teil zu den CO_2-Emissionen des Verkehrssektors bei, verwendet aber als einziger Verkehrsträger überwiegend Elektrizität für den Antrieb. Daher gibt es hier aktuell mehr Optionen und damit potenziell mehr Ansatzpunkte für einen – integrierten – Einsatz erneuerbarer Energiequellen.

[104] Zum Beispiel zeigen Städte wie Zürich, dass deutlich weniger Energieverbrauch im Verkehrssektor nicht zu weniger Wohlstand der Menschen führt.

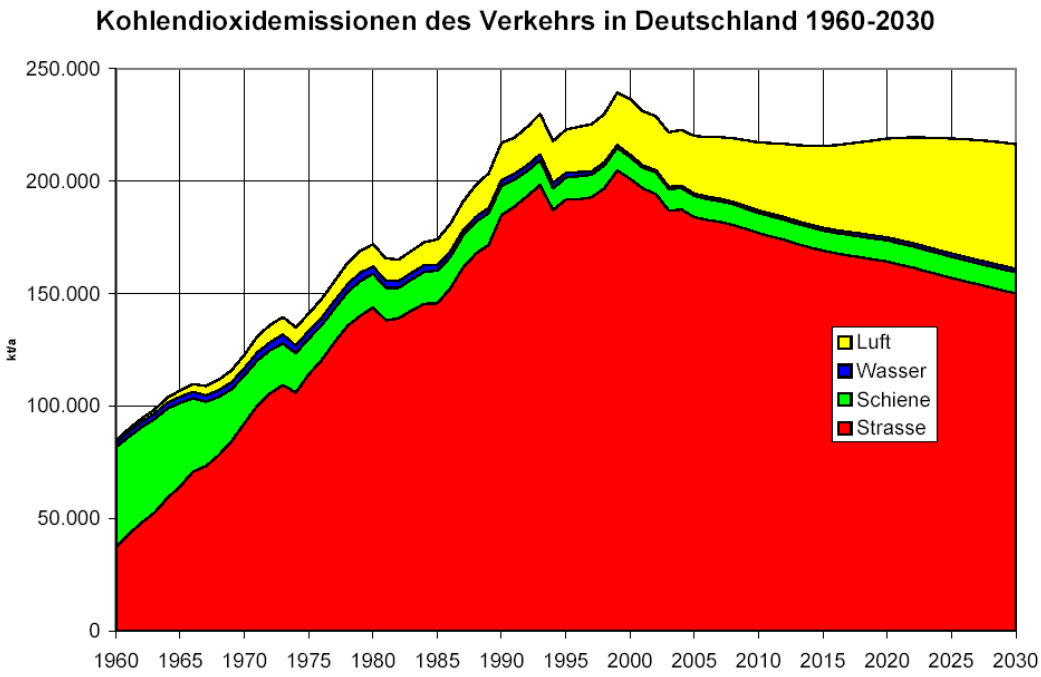


Abbildung 8.1: Kohlendioxid (CO_2)-Emissionen des Verkehrs in Deutschland seit 1960 und Szenarien (Stand 2004) (Ifeu 2005)

8.1 Status quo von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz im Straßen-Verkehrssektor (PKW)

8.1.1 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien werden im Verkehrssektor heute fast ausschließlich in Form von Bio-Kraftstoffen eingesetzt: Zum einen – überwiegend – als Beimischung von Ethanol und Biodiesel zu konventionellem Benzin und Diesel sowie – in geringem Umfang – auch in Reinform als Pflanzenöl und Biodiesel sowie als Beimischung von Biogas zu Erdgas für Erdgas-PKW. Darüber hinaus ist auch der Einsatz von EE-Strom in Elektro-PKW und von Wasserstoff, hergestellt aus EE, in Brennstoffzellen-PKW denkbar. Sie sind bisher aber nahezu bedeutungslos und auf den Einsatz in Feldtests und zu Demonstrationszwecken begrenzt.

Die Marktentwicklung von Bio-Kraftstoffen wurde durch staatliche Vorgaben (Steuerbefreiung bzw. -minderung und Beimischungsquoten) zunächst stark vorangetrieben, dann jedoch durch die Rücknahme der Steuerbefreiung bei flüssigen Bio-Kraftstoffen zuletzt wieder stark gedämpft, so dass manche Produzenten und Akteure mittlerweile ums „Überleben“ kämpfen.

Die **Produktion von Biodiesel** ist im Zuge der politischen Förderung in Deutschland besonders stark angestiegen. Zunächst wurde vor allem reiner Biodiesel abgesetzt, inzwischen wird er jedoch auch mit einem Anteil von bis zu 4,4% dem konventionellen Diesel beigemischt. 2005 wurden noch 1,5 Mio. Tonnen Öläquivalent (toe) abgesetzt, 2006 waren es bereits 2,4 Mio. t (EurObserv’ER 2007).

Der **Absatz von Bioethanol** hat sich – von einem sehr viel niedrigem Niveau ausgehend – zwischen 2005 und 2006 auf 0,31 Mio. t mehr als verdoppelt. Doch trotz auch hierzulande gesteigerter Produktion zählt Deutschland immer noch zu den Netto-Importeuren (Mastny 2007). Haupterzeugerländer für Bio-Ethanol sind die USA und Brasilien, deren Erzeugnisse 2006 gemeinsam 89 % des Weltmarktes ausmachten.

Biogas spielt im Verkehr dagegen noch keine nennenswerte Rolle, da es bisher nur in Einzelfällen in die Erdgasnetze eingespeist und somit konventionellem Erdgas beigemischt wird. Zusätzlich die Anzahl von PKW mit mono- oder bivalenten Gasantrieb weiter gering. Auch die **Biokraftstoffe der zweiten Generation** sind am Markt derzeit noch nicht vertreten. Ein Markteintritt von Fischer-Tropsch-Diesel, Methanol oder Dimethylether (DME) wird nicht vor 2010 erwartet (UBA 2007), die Produktionskosten von Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffen dürften auch dann noch deutlich über denen von konventionellem Biodiesel liegen (Schmitz 2006).

Die Nutzung von Biokraftstoffen wird aber heute – auch von Seiten der Politik – deutlich kritischer gesehen als noch vor einigen Jahren. Wichtige Faktoren dafür sind die weltweit gestiegenen Nahrungsmittelpreise, die u.a. aus der Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittelanbau und Energiepflanzenanbau resultieren sowie die zum Teil umwelt- und klimazerstörende Art des Anbaus wie z.B. Primärwaldrodung im Fall von Palmöl, das zunehmend als Rohstoff für die Produktion von Bio-Diesel genutzt wird. Daher wird derzeit in Deutschland eine Nachhaltigkeitsverordnung beraten, die Kriterien für solche Biokraftstoffe definiert (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2007).

Biokraftstoffziele

Die EU hat ihre Biokraftstoffziele im Dezember 2008 angepasst. Bis 2020 sollen mindestens 10 % aller Kraftstoffe im EU-Verkehrssektor aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. Dieser Anteil schließt sowohl Biokraftstoffe der ersten und zweiten Generation als auch Wasserstoff und Strom aus erneuerbaren Energien ein. Biokraftstoffe der zweiten Generation werden dabei doppelt gutgeschrieben, für Strom aus erneuerbaren Energien für Elektroautos wird das 2,5fache der Einspeisung gutgeschrieben. Ökostrom zum Antrieb von Zügen zählt dagegen nur einfach. Offiziell wird auf europäischer Ebene noch die Verabschiedung von Biokraftstoffquoten angestrebt, die in allen Mitgliedstaaten gleichermaßen Gültigkeit haben sollen. Der europäische Rat hatte dazu im März 2007 das Ziel formuliert, bis 2020 bei zu Verkehrszwecken eingesetztem Benzin und Diesel einen Anteil von 10% Biokraftstoffbeimischung zu erreichen (Rat der Europäischen Union 2007).

Die deutsche Bundesregierung verfolgt mit dem „Integrierten Energie- und Klimaprogramm“, deutlich ehrgeizigere Ziele als die EU: Bis 2020 soll ein Biokraftstoffanteil von 17 % erreicht werden. Dabei sollen für die anzurechnenden Biokraftstoffe Anrechnungsfaktoren gemäß ihrer Klimabilanz gelten, so dass eine Treibhausgasminderung von 10 % erreicht würde gegenüber dem fiktiven Fall einer ausschließlichen Verwendung von fossilen Kraftstoffen. Eine Verordnung soll dabei die Nachhaltigkeit der Produktion sichern. Ein Entwurf einer sog. Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2007) liegt seit Dezember 2007 vor.

Doch 2008 erwies sich die dafür notwendige Heraufsetzung der Bioethanolbeimischung auf 10 % ab dem Jahr 2009 als politisch nicht durchsetzbar und wurde zurückgenommen. Die geplante Erhöhung des Ethanolanteils auf 10 % (E10) im Jahr 2009 wurde im April 2008 vom Bundesumweltministerium mit Hinweis auf den umfangreichen bestehenden deutschen

Fuhrpark mit Altfahrzeugen, die kein E10 hätten tanken können, zurückgenommen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2008b). Diese Rücknahme fand auch in der Öffentlichkeit große Beachtung. Weniger beachtet wurde, dass das Umweltministerium unter Bezugnahme auf verschiedene wissenschaftliche Studien[105] einen viel weitergehenden Schwenk vollzog: In einem Strategiepapier (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2008a) wird als neues Ziel für 2020 ein Anteil der Biokraftstoffe von nur noch 12-15 % (energetisch) angestrebt. Dabei hat die Frage nach der Nachhaltigkeit der Produktion von Biokraftstoffen großes Gewicht. Um die begrenzten Potenziale auch hinsichtlich der Biokraftstoffe der zweiten Generation zu kompensieren, sieht das Strategiepapier eine bedeutendere Rolle von Biogas als Kraftstoff vor. Dabei wird insbesondere argumentiert, dass Biogas aus Reststoffen nicht mit dem Lebensmittelanbau konkurriert.

Die Diskussion um die Rolle der Biokraftstoffe im Klimaschutz ist damit keineswegs beendet. Bei der parlamentarischen Verabschiedung eines Großteils des IEKP durch die Große Koalition aus CDU/CSU und SPD am 6. und 18. Juni 2008 blieb die Zukunft der Biokraftstoffe weiter offen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2008c). Das Bundeskabinett hat im Oktober 2008 ein Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen beschlossen, nach dem der Beimischungsanteil für Biokraftstoffe für das Jahr 2009 zunächst von 6,25 auf 5,25 % gesenkt wird. Eine Erhöhung des Anteils auf 6,25 soll erst 2010 erfolgen und 2014 überprüft werden (Stand Feb. 09).

8.1.2 Energieeffizienz

Die Steigerung der Energieeffizienz im motorisierten Individualverkehr kann durch eine Vielzahl von Maßnahmen erfolgen. Dazu gehört neben der Gewichtsminimierung u.a. die Verbesserung der Energieumwandlung von Antriebsaggregaten, um den Einsatz von Primärenergie zu verringern. Aber auch der Wechsel zu energieeffizienteren Verkehrsträgern kann einen deutlichen Beitrag leisten, genauso wie z.B. eine zielorientierte Stadtplanung und gezielte Förderung verkehrssparsamer Infrastrukturen.

Die Europäische Kommission hat im übergeordneten Aktionsplan für Energieeffizienz das Ziel formuliert, bis 2020 die Energieeffizienz um 20 % zu verbessern (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2006). Bestandteil dieses Aktionsplanes sind auch verschiedene Maßnahmen zur Effizienzverbesserung im Verkehr.

Maßnahmen zur Verbesserung der Antriebseffizienz bei PKW

Zu den zentralen politischen Zielen im Verkehrssektor gehört auf die effizientere Ausnutzung von Primärenergie und eine Verringerung der CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen. Die Verbände der europäischen Automobilindustrie (ACEA) sind dazu eine Selbstverpflichtung eingegangen, deren Ziel es war, die spezifischen CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen bis zum Jahr 2008 auf 140 g CO_2/km zu verringern. Die Ziele der Selbstverpflichtung wurden allerdings nicht erreicht (Abbildung 8.2).

[105] Explizit genannt sind der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2007), der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2007) (jeweils mit eigenen Gutachten) sowie der WBGU. Aber auch der Rat für Nachhaltige Entwicklung (2008), die OECD sowie Umweltverbände wie Greenpeace, NABU oder BUND empfehlen ein Überdenken der bisherigen Förderpolitik.

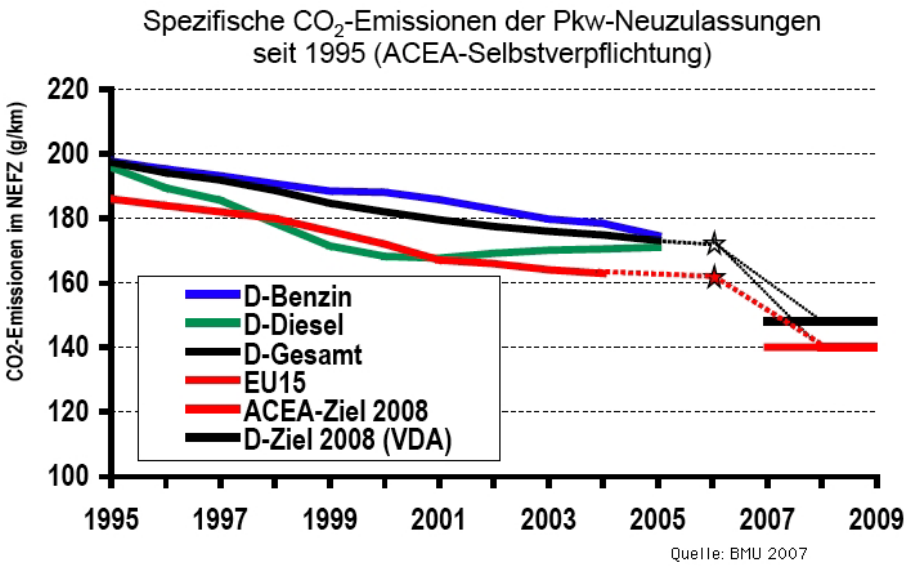


Abbildung 8.2: Ergebnis der ACEA-Selbstverpflichtung zur Emissionsminderung bei PKW (BMU 2007)

Diese Zielverfehlung hatte unterschiedliche Ursachen. Obwohl die spezifische Effizienz der Antriebsaggregate in Fahrzeugen deutlich stieg, wurden diese Effizienzverbesserungen durch steigende Motorisierung und Gewichtszuwächse der Fahrzeuge zum großen Teil wieder kompensiert. Folgerichtig wurde von der Kommission daher eine neue, gesetzliche Regelung eingeführt, die Richtlinie zur Begrenzung der CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen (Commission of the European Communities 2007). Diese Richtlinie wurde am 18.12.2008 vom Europäischen Parlament verabschiedet und wird ausführlicher im nächsten Kapitel betrachtet.

8.2 Stand der Verzahnung von EE und EF im Straßenverkehr

Die aktuell geltenden und geplanten politischen Maßnahmen mit Bezug zu Erneuerbaren Energien und/oder Energieeffizienz sind in der Tabelle 8.1 auf Seite 349 im Überblick zusammengefasst. Demnach sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Verkehrsbereich mit einer Ausnahme instrumentell nicht miteinander verzahnt. Dies gilt sowohl für die europäische wie für die nationale Ebene. Auf beiden Ebenen gibt es nahezu ausschließlich Maßnahmen, die entweder die erneuerbaren Energien oder die Energieeffizienz adressieren. Die Energieeffizienz allein wird dabei mit sechs von insgesamt neun Maßnahmen deutlich häufiger als die erneuerbaren Energien (zwei Maßnahmen) adressiert. Lediglich auf europäischer Ebene – damit aber auch auf deutscher Ebene wirksam – gibt es mit der neuen ‚Richtlinie CO_2-Flottenverbrauch' für den PKW-Verkehr eine Maßnahme, die zumindest zum Teil bzw. optional eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz vorsieht.

Bei dieser Maßnahme handelt es sich um ein Instrument, bei dem die EU-Kommission mit einer Verordnung vorgibt, wie hoch der durchschnittliche Flottenverbrauch von Neufahrzeugen der einzelnen Automobilhersteller oder eines ‚pools' von Herstellern sein darf. Als Zielmarke hierfür gilt ein spezifischer CO_2-Ausstoß in Höhe von 120 g CO_2/km in 2012, wobei 130 g CO_2/km zumindest allein durch fahrzeugseitige bzw. motortechnische Verbesserungen erreicht werden müssen und die verbleibenden 10 g CO_2/km auch durch andere, zusätzliche

technische Maßnahmen[106] und/oder den Einsatz von Bio-Kraftstoffen realisiert bzw. angerechnet werden können. Diese zweite Option stellt die Verzahnung, der primär auf EF-Steigerung abzielenden Richtlinie mit erneuerbaren Energien her.

Allerdings handelt es sich dabei aus Sicht des Klimaschutzes um eine negativ wirkende Verzahnung, da das Effizienzziel und dessen Realisierung durch den Einsatz der erneuerbaren Energien aufgeweicht wird. Dies ist vor dem Hintergrund der misslungenen Selbstverpflichtung der Herstellerverbände zur EF-Steigerung auf 140 g CO_2/km bis 2008 als falsches Signal bzw. Zugeständnis zu werten. Zumal hierfür keine Notwendigkeit besteht, da die Erreichung eines Flottendurchschnitts von 120 g CO_2/km technisch und finanziell realistisch ist, ohne dass zusätzliche CO_2-Minderungen durch Biokraftstoffe oder andere technische Maßnahmen mit genutzt werden müssen[107]. Die optionale Anrechnung von Biokraftstoffen verringert in diesem Fall die Effizienzanstrengungen, ohne dass es auf Seiten der EE – sofern gewünscht und sinnvoll – zu zusätzlichen (Nachfrage-)Impulsen zum Ausbau der Biokraftstoffe kommen wird (siehe folgender Exkurs).

Grund dafür ist, dass sowohl die Zielsetzungen der Mitgliedstaaten der EU aus der neuen Richtlinie zu Erneuerbaren Energien (Europäische Kommission 2008) davon unberührt bleiben als auch, dass die in der Richtlinie zur Kraftstoff-Qualität (Europäische Kommission 2007a) vorgegebenen Anteile von Biokraftstoffen am Mineralölabsatz nicht betroffen sind. Das Ergebnis des politischen Kompromisses zur CO_2-Richtlinie für PKW ist letztlich, dass ein Teil der Effizienzanforderungen an die Automobilindustrie durch bereits beschlossene Maßnahmen der Mineralölindustrie erbracht werden. Verlierer in diesem Kompromiss sind der Güter- und der Schienenverkehr. Da es für den Verkehr ein sektorales CO_2-Minderungsziel gibt, müssen diese Bereiche die fehlenden Minderungsbeiträge aus dem PKW-Sektor mit erbringen.

Exkurs: In welchem Umfang der Bio-Kraftstoffsektor aufgrund der o.g. Verzahnung mit zur Erreichung des EF-Zieles herangezogen werden könnte, soll die folgende einfache Beispielrechnung zeigen, für die angenommen wurde, dass:

- jedes Jahr wie bisher üblich – aber ohne Berücksichtigung der aktuellen weltweiten Finanzkrise – etwa 7% des Fahrzeugbestandes erneuert werden;
- Benzin- und Diesel-PKW unverändert mit heutigen Fahrleistungen gefahren werden;
- die Zielerreichung der CO_2-Richtlinie exklusive über den Einsatz von Bio-Kraftstoffen erfolgt.

Daraus folgt, dass für die Verminderung von 10 g CO_2/km für das Jahr 2019 ein Anteil von Biokraftstoffen in Höhe von 4,8 % am gesamten Kraftstoffbedarf (Abbildung 8.3) benötigt würde. Dies entspricht in etwa dem Anteil an Biokraftstoffen, der heute schon beigemischt wird. Zugespitzt bedeutet das, dass im Falle einer vollständigen Einbeziehung der Biokraftstoffe zur Erreichung der Effizienzziele im Jahr 2019 fast so viel CO_2 zusätzlich emittiert wird, wie heute bereits jährlich durch Biokraftstoffe eingespart werden. Die angelegte Verzahnung

[106] Dazu gehören technologische Maßnahmen der Automobilhersteller, die die CO_2-Emissionen der Fahrzeuge reduzieren, ohne Bestandteil der im NEFZ standardisiert ermittelten Verbrauchswerte zu sein: z.B. effizientere Klimaanlagen oder kraftstoffsparende Reifen.

[107] Der hohe Zeitdruck, unter dem die Hersteller mit hohen spezifischen Flottenverbräuchen nun stehen, ist vor dem Hintergrund einer nicht eingehaltenen Selbstverpflichtung zu sehen und darf daher nicht als Grund für eine weitere Verzögerung dienen.

kann also die Minderung von CO_2-Emissionen durch Biokraftstoffe faktisch neutralisieren und ist daher als nicht zielführend und nicht sinnvoll einzustufen.

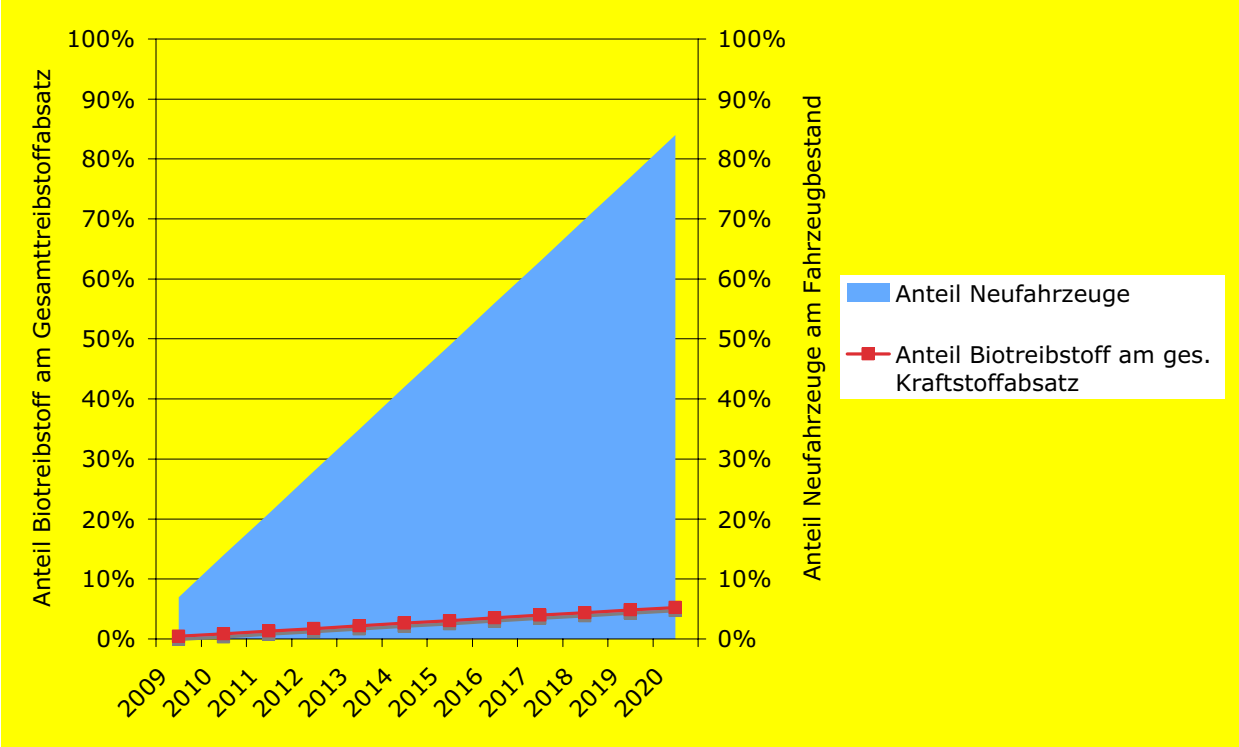


Abbildung 8.3: Entwicklung des Biokraftstoffanteils, der benötigt wird, um 10 g CO_2/km bei Neufahrzeugen einzusparen (Quelle: Wuppertal Institut)

Tabelle 8.1: Maßnahmen zur Erreichung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien-Zielen im Verkehr

Instrument	Ziel EE	Ziel EF	Maßnahme zur Zielerreichung	Adressaten	Zeitraum	Verzahnungsgrad
Europäische Ebene						
ACEA-Selbstverpflichtung		Verringerung Emissionen bei Neufahrzeugen auf 140 g CO_2 /km bis 2008	Selbstverpflichtung von ACEA	Fahrzeughersteller	2008	Keine Verzahnung
Richtlinie CO_2-Flottenverbrauch	**Erhöhung des Anteils an Biokraftstoffen**	**Verringerung der Emissionen bei Neufahrzeugen auf 120 g CO_2/km oder alternativ 130g CO_2/km bis 2012 (2015)**	**Gesetzliche Regelung**	**Fahrzeughersteller**	**2012 - 2015**	**optional/teilweise Verzahnung von EF-Ziel (+10 g CO_2/km) u.a. mit dem Einsatz von Biokraftstoffen**
EU-Strategie für Biokraftstoffe	Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen		Zielvorgaben für die Mitgliedsstaaten	Mitgliedsstaaten der EU		Keine Verzahnung
Aktionsplan zur Güterverkehrslogistik		Mehr Effizienz durch Verkehrsverlagerung	Verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz	Mitgliedsstaaten, Logistikunternehmen	2008 - 2011	Keine Verzahnung
Nationale Ebene – Maßnahmen aus dem Integrierten Energie und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung						
CO_2-Strategie PKW		Verringerung Emissionen bei Neufahrzeugen auf 120 g CO_2/km bis 2012	Gesetzliche Regelung/Selbstverpflichtung der Hersteller	Fahrzeughersteller	2009 - 2012	Durch andere Maßnahmen die auch den Einsatz von Biokraftstoffen beinhalten können 10 g CO_2 /km beigesteuert werden
Ausbau von Biokraftstoffen	Bewertung von Biokraftstoffen nach Klimaschutzwirksamkeit; verstärkte Nutzung Biokraftstoffe der 2. Generation		Gesetzliche Regelung	Mineralölindustrie	2009 - 2020	Keine Verzahnung

Instrument	Ziel EE	Ziel EF	Maßnahme zur Zielerreichung	Adressaten	Zeitraum	Verzahnungsgrad
Umstellung KFZ-Steuer auf CO2-Basis		Anreiz für stärkere Nachfrage von effizienten Fahrzeugen	Gesetzliche Regelung	Fahrzeugnutzer	2011 -	Keine Verzahnung
Verbrauchskennzeichnung von PKW		Anreiz für stärkere Nachfrage von effizienten Fahrzeugen	Gesetzliche Regelung	Fahrzeugnutzer	2009 -	Keine Verzahnung
LKW-Maut		Vermeidung von Ausweichstrategien	Gesetzliche Regelung	Fuhrunternehmen	2008 -	Keine Verzahnung

Aber auch aus folgenden Gründen ist die geplante CO_2-Richtlinie wenig für die Durchsetzung der angestrebten EF-Ziele geeignet. Hersteller, die das Ziel für das Jahr 2012 verfehlen, müssen zwar Strafzahlungen leisten, die aber zunächst progressiv gestaffelt sind und erst in 2019 in einem einheitlichen Wert von 95 € pro zu viel emittiertem g CO_2/km münden. Für ein neues Fahrzeug, das im Jahr 2012 z.B. durchschnittlich 150 g CO_2/km und damit 30 g mehr als erlaubt ausstößt, wären 2.610 € Strafzahlung fällig. Diese Zahlung müsste der Hersteller einmalig pro Fahrzeug aufbringen. Von diesen Vorgaben wären Automobilhersteller mit großen Fahrzeugen wie Mercedes oder BMW deutlich stärker betroffen als – vor allem ausländische – Hersteller, die im Schnitt kleinere Fahrzeuge anbieten, wie die folgende Tabelle indirekt anhand der mittleren CO_2-Emissionen nach Herstellern zeigt (T&E 2008).

Tabelle 8.2: Durchschnittliche CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen nach Herstellern (T&E 2008)

Hersteller	Mittlere CO_2-Emissionen von Neufahrzeugen 2007 in [g CO_2/km]	Veränderung gegenüber 2006 in [Prozent]
Daimler	181	-3,5
Mazda	171	-1,4
BMW	170	-7,3
Nissan	167	-0,5
Volkswagen	163	-1,8
Suzuki	162	-0,8
Ford	162	-0,2
Hyundai	160	-3,9
General Motors	156	-0,6
Honda	156	1,1
Toyota	149	-2,4
Renault	146	-0,5
Fiat	141	-2,0
PSA Peugeot Citroen	141	-0,9
Deutsche Hersteller	168	-3,2
Französische Hersteller	143	-0,7
Japanische Hersteller	157	-2,3
Durchschnitt	158	-1,7

Diese Strafzahlungen werden aber voraussichtlich kaum oder gar nicht fällig werden, da verschiedene Mechanismen eine Flexibilisierung der Zielerreichung und Dämpfung der Strafzahlungen ermöglichen. Dazu gehört das ‚Phasing in', nach dem im Jahr 2012 nur 65 % der

Fahrzeuge aus einer Neuwagenflotte die Ziele erreichen müssen. Dieser Anteil wird dann sukzessive auf 75 % in 2013 und auf 80 % in 2014 angehoben, bevor in 2015 das CO_2-Ziel für alle Flotten-Fahrzeuge gilt. Im Endeffekt handelt es sich um eine Verschiebung der CO_2-Minderungsziele und der Lenkungswirkung zu mehr Energieeffizienz von 2012 auf 2015. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit des ‚pooling', nach der verschiedene Hersteller einen gemeinsamen Flottendurchschnitt als Grundlage nehmen können und damit als „Emissionsgemeinschaft" eine größere Bandbreite an Effizienzen als ohne ‚pooling' realisieren können.

Fazit zum Stand der Verzahnung

Die bestehenden politischen Instrumente sowie Richtlinien und Gesetze im Bereich des motorisierten Individualverkehrs beinhalten mit Ausnahme der neuen EU-Richtlinie zur Regelung der spezifischen CO_2-Emissionen von Neuwagenflotten keine Verzahnung von EF und EE. Und die genannte Verzahnung – Anrechnung von Bio-Kraftstoff bei der Erreichung des EF-Ziels – ist aus Sicht des Klimaschutzes von ihrer Wirkung her als negativ einzustufen, da das EF-Ziel durch die Verzahnung aufgeweicht und die Zielerreichung verzögert wird, ohne dass es wenigstens zu einem zusätzlichen Nutzen auf der EE-Seite – in Form von Bio-Kraftstoffen – kommt. Diese Verzahnung von EF und EE sollte daher möglichst rasch wieder aufgehoben werden, ohne aber das bestehende EF-Ziel (120 g CO_2/km) für Neuwagen zu erhöhen und dessen tatsächliche Umsetzung weiter zu verzögern. Je eher EF-Ziele für die PKW durchgesetzt werden können, desto wirksamer und schneller kann automatisch auch der Anteil und damit die sektorale Bedeutung von EE-Kraftstoffen erhöht werden. Dies würde zugleich den Druck auf zusätzliche Produktion und Importe von Bio-Kraftstoffen nehmen und damit helfen, die negativen Begleiterscheinungen durch nicht nachhaltigen Biomasse-Anbau und Nutzungskonkurrenzen zu dämpfen.

Bei allen anderen betrachteten geltenden Instrumenten (siehe Tabelle 8.1) für den Straßen-Verkehrssektor werden zudem keine sinnvollen Ansatzpunkte für eine künftige bzw. alternative Verzahnung von EE und EF gesehen.

8.3 Neue Technologien und Instrumente für mögliche Verzahnung von EE und EF im Straßenverkehr (PKW)

Technologische Ansatzpunkte für eine Verzahnung von Energieeffizienz und erneuerbare Energien im Straßenverkehr sind rar, wenn man den nicht-mobilen Teil – die Verkehrsflächen etc. – außen vor lässt: Vorstellbar erscheint lediglich eine Nutzung von Solarenergie mittels Photovoltaik für die Erzeugung von Bordstrom. Deren Anwendung ist aber in der Praxis bisher nahezu bedeutungslos[108]. Angesichts der aufwendigen technischen Integration, möglichen Rebound-Effekte[109] und der zu erwartenden relativ hohen Zusatzkosten erscheint ein solcher EE-Einsatz am Fahrzeug auch nicht empfehlenswert. Dies gilt besonders vor

[108] PV-Module kommen bisher vereinzelt z.B. bei Wohnmobilen zum Einsatz und gehören zu autarken Antriebskonzepten von Elektro-PKW wie z.B. dem „Eclectic" der französischen Fa. Venturi, zu dem auch eine sehr kleine Windkraftanlage mit einer Leistung von 400 W gehört. (www.venturi.fr)

[109] Zum Beispiel würden Aufdach-Anlagen den Fahrwiderstand oder zusätzliche Komponenten wie Spannungswandler und PV-Batterie das Gewicht und damit den Kraftstoffverbrauch erhöhen und im Saldo ggf. sogar zu einem Mehrverbrauch führen. Und eine Integration der Anlagen würde hinsichtlich der vielen verschiedenen Karosserieformen und speziellen Produktionsprozesse eine große, kostenintensive Herausforderung darstellen.

dem Hintergrund, dass zunächst noch in viel größerem Umfang EF-Potenziale erschlossen werden können (und müssten).

Gleichwohl soll perspektivisch kurz auf einen möglicherweise interessanten Sonderfall für den „mobilen“ PV-Einsatz eingegangen werden, dessen Realisierung und Sinnhaftigkeit allerdings eng im Zusammenhang mit speziellen EF-Maßnahmen steht: die (solare) Klimatisierung bzw. Kühlung von PKW[110]. Hier kann der Synergieeffekt ausgenutzt werden, dass PV-Leistung und Ertrag proportional zur solaren Einstrahlung und damit zum Bedarf an Klimatisierung – und dem damit verbundenen Kraftstoffverbrauch – sind. Dabei könnte der Betrieb der Klimaanlage prinzipiell nicht nur im Fahrbetrieb sondern auch im Stand zumindest anteilig – je nach Effizienz und Auslegung der Klimaanlage – durch die PV-Anlage gedeckt werden. Letzteres könnte vorteilhaft dafür genutzt werden, die Auslegung der Klimaanlage – üblicher- und ineffizienterweise nach der Spitzenlast – zu verringern. Da aus Klimaschutzsicht vorrangig ein Ersatz der heutigen Anlagen mit treibhausgasintensiven Kältemitteln durch Anlagen mit CO_2 als Kältemittel geboten ist, wäre diesbezüglich zu prüfen, ob und in welchem Umfang solche Anlagen auch mit kleinen autointegrierten PV-Anlagen betrieben werden könnten. Voraussetzung hierfür wäre zum einen die Entwicklung hocheffizienter elektrischer Kompressoren mit geringem Leistungsbedarf sowie zum anderen die Entwicklung hocheffizienter leistungsstarker und integrationsfähiger PV-Module, um mit der sehr begrenzten Dachfläche eines PKW – ca. 1 qm, d.h. etwa 100 Wp und weniger an verfügbarer PV-Leistung - zu einem hinreichenden Kühleffekt kommen zu können.

Wesentlich effizienter, kostengünstiger und wirksamer für den Klimaschutz wäre allerdings stattdessen, den Einsatz von Klimaanlagen im PKW-Bereich auf ein Minimum zu begrenzen und/oder – zumindest – hinsichtlich ihrer Effizienz zu regulieren.

Eine ambitionierte und technologiespezifische EF-Regulierung von Nebenaggregaten wie z.B. den Klimaanlagen wäre zugleich Voraussetzung und möglicher Ansatzpunkt für einen integrierten automobilen Einsatz von PV. Für diese Regulierung bietet sich zunächst eine Erweiterung des heutigen Verfahrens – dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) – zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs an, da dieses Testverfahren bisher grundsätzlich ohne Betrieb der Nebenaggregate (u.a. Klimaanlage, elektrische Fensterheber oder Musikanlage) durchgeführt wird. Dieses Vorgehen ist nicht mehr angemessen, da der Anteil der Nebenaggregate an der Ausstattung und damit auch deren Energieverbrauch deutlich zugenommen hat und dadurch die Abweichung zwischen den Ergebnissen der Typprüfung und dem realen Verbrauch immer größer wurde.

Dies ist besonders dann bedenklich, wenn politische Lenkungsinstrumente wie z.B. Vorgabe von Zielwerten für die durchschnittlichen Emissionen von Neuwagen oder eine CO_2-basierte KFZ-Steuer auf den Ergebnissen des NEFZ aufbauen, dabei aber die Nebenaggregate außer Acht lassen. Dadurch sind sowohl Fahrzeuge ohne Nebenaggregate als auch mit nur wenigen bzw. sparsamen Nebenaggregaten gegenüber Fahrzeugen mit vielen bzw. ineffizienten Nebenaggregaten benachteiligt, da die Unterschiede beim Kraftstoffverbrauch nicht erkennbar werden. Damit fehlt eine mögliche Lenkungswirkung hin zu energieeffizienten Nebenaggregaten, so dass ein zunehmend wichtiges Potential zur Energieeffizienz ausgespart bleibt, wie die Abbildung 8.4 illustrativ darstellt.

[110] Dies gilt aber auch nur, sofern man die erst seit wenigen Jahren übliche Ausstattung von PKW mit Klimaanlagen nicht in Frage stellt. Für die Abdeckung von Mobilitätsbedürfnissen ist diese Komfort-Technologie jedenfalls irrelevant.

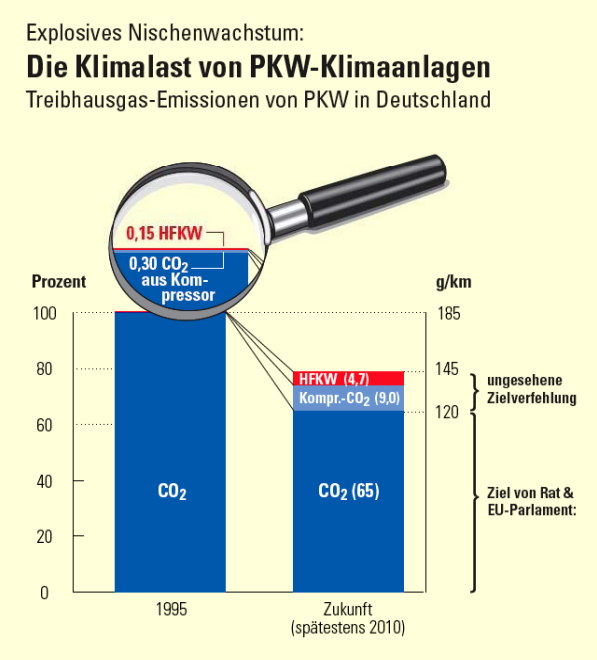


Abbildung 8.4: Zuwachs von Treibhausgasemissionen in ausgeblendeten Feldern der PKW-THG-Mitigationspolitik – am Beispiel der PKW-Klimaanlagen (Wuppertal Institut)

Vor diesem Hintergrund wird hier unabhängig von einer möglichen weiteren instrumentellen Verzahnung mit EE eine Neuausrichtung des NEFZ unter Einbeziehung der Nebenaggregate des jeweils aktuellen PKW-Modells vorgeschlagen. Dazu soll das NEFZ-Verfahren künftig zumindest einmal mit[111] und einmal ohne Nebenaggregate durchgeführt werden, um den Kraftstoffverbrauch durch Nebenaggregate separat zu erfassen. Der Vorteil wäre, dass die Testergebnisse den realen Verbräuchen angenähert würden und es möglich wäre, die Daten zum Verbrauch von Nebenaggregaten in die Grundlage politischer Lenkungsmaßnahmen einzubeziehen. Auf dieser Basis könnte dann z.B. durch eine gesetzliche Vorgabe separat der Höchstanteil festgeschrieben werden, den – bestimmte oder alle – Nebenaggregate am Kraftstoffverbrauch haben dürfen. Die Vorteile einer solchen Regelung lägen darin, dass

- die Effizienz der unterschiedlichen Systeme – Motor und Nebenaggregate – parallel und dynamisch aber jeweils technologiespezifisch und unter Berücksichtigung des Gesamtsystems Auto verbessert werden müssten;
- der Druck auf die Entwicklung von Alternativen zum Einsatz von Nebenaggregaten – wie z.B. bessere Wärmedämmung – gesteigert würde
- sie keine gegenseitige Verrechnungsmöglichkeiten beinhaltet und damit keine Aufweichung der jeweiligen EF-Ziele ermöglicht und
- sie prinzipiell neue Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EF und EE bietet.

[111] Nach Möglichkeit nach den verschiedenen Nebenaggregaten aufgeteilt, um spezifische Ergebnisse zu erhalten.

Fazit zu neuen Ansatzpunkten für Verzahnung im Straßenverkehr (PKW)

Neue Ansatzpunkte für eine sinnvolle Verzahnung von EE und EF im Straßen-/PKW-Verkehr wurden von den Autoren nicht ausfindig gemacht. Darüber hinaus wird hierfür auch kaum eine bis keine Notwendigkeit gesehen, da es bereits im Prinzip wirksame Instrumente sowohl für eine Steigerung der Energieeffizienz von Fahrzeugen (CO_2-Ziele für Neuwagen) und eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs (CO_2-KFZ- und Öko-Steuer, LKW-Maut) als auch für den Einsatz von EE-Kraftstoffen (Beimischungsquote) gibt. Die Herausforderung besteht vielmehr in der Optimierung und tatsächlichen bzw. schnelleren Realisierung der Instrumente und ihrer Ziele. In diesem Sinne wird daher empfohlen:

- die vorhandene, aber negativ wirkende Verzahnung – die Anrechnung von Bio-Kraftstoffen bei der Erreichung der CO_2-Zielvorgabe für neue PKW – wieder aufzulösen,
- darüber hinaus separate technologiespezifische Zielvorgaben für den Verbrauch von Nebenaggregaten einzuführen und – unabhängig davon, aber vorteilhaft dafür – den NEFZ-Messzyklus um separate Messungen mit und ohne Nebenaggregate zu erweitern sowie
- generell die Steigerung der Energieeffizienz, die Verringerung des Kraftstoff-Verbrauchs und die Erhöhung des Anteils von EE-Kraftstoffen vorzugsweise parallel zu verfolgen, die entsprechenden Instrumente unabhängig voneinander zu optimieren sowie hemmende bzw. gegenläufige Faktoren wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenwagen zu beseitigen.

8.4 Neue Technologien und Instrumente für mögliche Verzahnung von EE und EF im Schienenverkehr (Eisenbahn)

Der Schienenverkehr ist anders strukturiert und organisiert als der Motorisierte Individualverkehr. Neben der separaten Infrastruktur ergibt sich aus der Organisation als öffentliches Verkehrsmittel eine völlig unterschiedliche Akteursstruktur: Der Endnutzer hat keinen direkten Einfluss auf Fahrtwege und Energienutzung, stattdessen sind Politik und öffentliche Unternehmen die zentralen Akteure. Der Schienenverkehr unterteilt sich im Wesentlichen in zwei Bereiche, die Eisenbahnen und den Stadtverkehr, d.h. U-Bahnen und Straßenbahnen. Im Folgenden wird vor allem der Eisenbahnverkehr (inkl. S-Bahnen) betrachtet und dabei insbesondere die Deutsche Bahn AG. Dieser Fokus wurde aus drei Gründen gewählt: Zum einen ist der Eisenbahnverkehr im Hinblick auf den Energieverbrauch bedeutender[112], zum anderen sind die Akteurskonstellationen in beiden Bereichen unterschiedlich[113], wobei der Bund als Eigentümer – und damit die Politik – eine besondere Rolle spielt. Hinzu kommt,

[112] Im Jahr 2002 lag der Endenergieverbrauch bei etwa 52 PJ in der Traktion (DB, Umweltbericht 2002), Dies entsprach etwa 70% des gesamten Endenergieverbrauch im Schienenverkehr von 75 PJ (DIW, 2007, S. 277).

[113] Schienenfahrzeuge im Stadtverkehr werden hauptsächlich von kommunalen Unternehmen betrieben. Diese sind häufig im Verbund mit lokalen Energieversorgern organisiert.

dass die Deutsche Bahn AG[114] in der jüngeren Vergangenheit Ziele zur Energieeinsparung und Reduktion von CO_2 Emissionen formuliert hat und die Daten gut dokumentiert sind.

Der Eisenbahnverkehr steht für ein Emissionsvolumen von Treibhausgasen in Höhe von 8,4 Mio. t CO_2 im Jahre 2006 (DB AG 2007 / vgl. Tabelle 8.3), davon entfallen rd. 84 % auf den gesamten Traktionsbereich und 82 % bzw. 71 % auf den Einsatz von Strom insgesamt bzw. im Traktionsbereich[115]. Dadurch bestehen prinzipiell gute Ansatzpunkte für eine Integration von EE. Zum Vergleich stehen dem im selben Jahr Emissionen in Höhe von 149 Mio. t CO_2 aus dem Straßenverkehr gegenüber (Umweltbundesamt 2007). Aber auch spezifisch gesehen, bezogen auf die Verkehrsleistung, d.h. die transportierten Personen oder Güter, ist der Energieverbrauch im Schienenverkehr im Vergleich z.B. zum Straßenverkehr geringer.

Tabelle 8.3: Absolute CO_2-Emissionen (in t) des DB-Schienenverkehrs in Deutschland im Jahr 2006 (Deutsche Bahn AG 2007)

Energieträger	Traktion	Stationär	Gesamt
Strom	5.965.004	963.922	6.928.926
Diesel	1.094.221	-	1.094.221
Fernwärme	-	216.092	216.092
Heizöl	-	102.591	102.591
Erdgas	-	98.480	98.480
Gesamt	7.059.225	1.386.398	8.440.310

8.4.1 Energieeinsparungen und Energieeffizienz im Schienenverkehr

Der Energieverbrauch im Schienenverkehr ist seit den 1960er Jahren insgesamt stark zurückgegangen. Dies hat mehrere Ursachen, unter denen der Abbau von Zugverbindungen und die Stilllegung von Nebenstrecken dominieren. Weitere Gründe sind die Umstellung auf moderne Elektro- und Dieselloks sowie die Ausweitung des Leichtbaus. Seit 1990 hat die Bahn den absoluten Primärenergieverbrauch um 19,5 Prozent von 188 PJ in 1990 auf 151 PJ in 2006 gesenkt. Während zu Beginn der 1990er Jahre der Abbau von Zugverbindungen, die Stilllegung von Strecken und der Ersatz von Dampflokomotiven in Ostdeutschland dominierten, liegt der Schwerpunkt für Verbrauchsreduktionen in der zweiten Hälfte der 1990er Jahren vor allem bei den stationären Anlagen sowie der Modernisierung der Fahr-

[114] Der Eisenbahnverkehr in Deutschland wird dominiert von der Deutschen Bahn AG, sowohl im Personen-, als auch im Güterverkehr. Seit der Bahnreform 1994 und vor allem der Regionalisierung des Nahverkehrs 1996 treten über Ausschreibungen der Bundesländer auch neue private Unternehmen in den Markt ein. 2004 erbrachten im Regionalverkehr die Wettbewerber der Bahn 10,9 Prozent der Zugkilometer und 4,7 Prozent der beförderten Personen (DB 2004). Die Analyse des Bahnverkehrs erfolgt wegen der Datenlage ausschließlich nach den Angaben der Deutschen Bahn AG; darin sind die Verkehre anderer Anbieter enthalten, wenn vermutlich auch nicht vollständig. Enthalten sind auch stationäre Energieverbräuche, sofern sie dem Schienenverkehr zuzuordnen sind.

[115] Von den 38.200 km Bahntrassen ist etwas mehr als die Hälfte elektrifiziert (19.850 km). Allerdings sind dies die Hauptstrecken, auf denen der Großteil des Verkehrs abgewickelt wird (etwa 90%). Bei den Nebenstrecken für den Nahverkehr kommt noch häufig der Energieträger Diesel zum Einsatz (etwa 23 Prozent). Der Fernverkehr wird fast ausschließlich mit Strom betrieben (97 Prozent).

zeuge nach der Bahnreform. Im stationären Bereich sind bis 2005 Einsparungen von 54% erreicht worden.

Hintergrund der Einsparungen war eine Selbstverpflichtung aus dem Jahr 1994 in Form eines Energiesparprogramms, den spezifischen Primärenergieverbrauch pro beförderte Person bzw. beförderte Tonne Güter um 25% zu senken; dieses Ziel wurde erreicht. Gründe für dieses ehrgeizig klingende Einsparprogramm waren der hohe Anteil der Energiekosten und die über Effizienzsteigerungen zu erzielende Kostenreduktion. Energie- und Ökosteuern haben anscheinend eine positive Steuerungswirkung gezeigt[116]. Aber auch absolut ist der Energieverbrauch im Schienenverkehr zwischen 1990 und 2005 um etwa 14 Prozent zurückgegangen (vgl. Abbildung 8.5) und das trotz gestiegener Kundenzahlen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der größere Teil der Verbrauchsreduzierung auf den stationären Teil zurückzuführen ist. Dazu trug neben der Umstellung auf Erdgas auch der Verkauf und die Stilllegung von Bahnhöfen und der Abbau von Verwaltungsaufgaben bei.

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz waren:

- Modernisierung der Fahrzeuge im Nachgang der Bahnreform (inkl. Leichtbau und Einsatz effizienter Triebwagen),
- Rückführung der Bremsenergie,
- erhöhte Auslastung der Züge sowie
- ein Trainingsprogramm für Lokführer zum energiesparenden Fahren

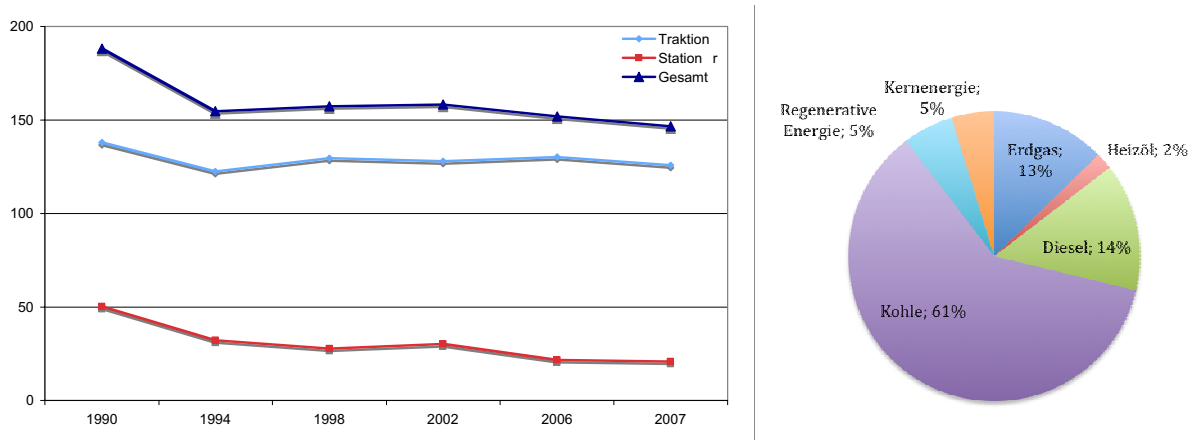


Abbildung 8.5: Primärenergieverbrauch (in GJ) des Bahnverkehrs nach Bereichen von 1990 bis 2007 (links) und nach Energieträgern in 2006 (rechts) (eigene Zusammenstellung, Deutsche Bahn AG 1999; Deutsche Bahn AG 2004; Deutsche Bahn AG 2007)

[116] Die Steuerbefreiung von Kerosin für den Flugverkehr führt weiterhin zu einer strukturellen Ungleichbehandlung der Verkehrsträger, begünstigt den spezifisch weit weniger effizienten Flugverkehr und lässt damit Effizienz-Potentiale aus ‚modal split'-Verschiebungen unrealisiert.

8.4.2 Erneuerbare Energien im Schienenverkehr

In der Vergangenheit sind - analog zum Energieverbrauch – auch die CO_2-Emissionen relativ zum Basisjahr 1990 deutlich zurückgegangen. Der Einsatz erneuerbarer Energien hat aber bisher wenig zur Verbesserung dieser Bilanz beigetragen: Der Anteil erneuerbarer Energien bei der Bahn war zwar anfangs (1990) mit gut acht Prozent höher als im deutschen Durchschnitt (knapp vier Prozent), dessen Wachstum beim Bahnstrom fiel dann aber geringer aus als im Gesamtdurchschnitt, wie Abbildung 8.6 ausweist.

Im Jahr 2007 lag der EE-Anteil bei 13,3 Prozent, eine Ausweitung im großen Stil scheint nicht geplant (vgl. Abbildung 8.7). Aus insgesamt zwölf Wasserkraftwerken bezog die Konzerntochter DB Energie in 2007 mehr als 900 GWh (Bahn-)Strom. Der Wasserkraftanteil liegt nach Ausweis in Abbildung 8.7 bei etwa 9 Prozent. Der überwiegende Bezug von EE-Strom stammt daher aus bestehenden Anlagen, da die Potenziale für Wasserkraft in Deutschland nahezu ausgeschöpft sind. Die Differenz zum Gesamtanteil Erneuerbarer ist im „Bezug vom 50 Hz-Markt“ Strom enthalten – die Bahn rechnet sich statistisch die Menge zu, die ihren Abnahme- und Zahlungsverpflichtungen unter dem EEG als privilegierter Letztverbraucher – gemäß § 16 (Besondere Ausgleichsregelung) für Schienenbahnen – entspricht.

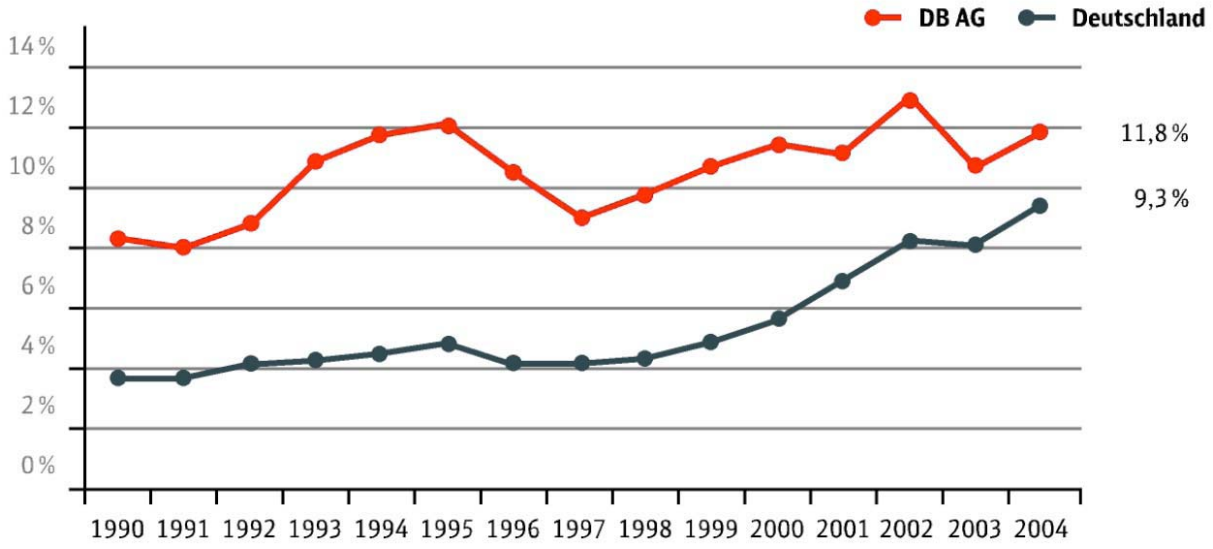


Abbildung 8.6: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Strombezug der Bahn (1990-2004) (Deutsche Bahn AG 2005)

Nach dem Erfolg mit der außerplanmäßig frühzeitigen Zielerreichung des Energiesparprogramms bis 2020 hat sich die Bahn zu einer erneuten Minderung verpflichtet: **Bis zum Jahr 2020 sollen die spezifischen CO_2-Emissionen um 20% reduziert werden**, **nun relativ zum Basisjahr 2002**. Die Bahn orientiert sich demnach in ihrer strategischen Zielplanung am Indikator CO_2. Bei konstantem Energiemix und bei konstantem Verhältnis von Primär- zu Endenergie wäre das CO_2-Ziel äquivalent zu einem Energieeffizienzziel. Bei einem flexiblen Energiemix wird implizit aber auch der Einsatz unterschiedlich CO_2-intensiver Primärenergien, also auch die erneuerbarer Energien, in diesem Indikator gespiegelt. Dann ist das CO_2-Ziel äquivalent zu einem kombinierten Ziel von Erneuerbaren-Quote und Energieeffizienz. Bisher weist die Bahn zwar den Anteil erneuerbarer Energien in Ihren Umwelt- bzw. Nach-

haltigkeitsberichten aus, ein eigenständiges Ziel zum Anteil Erneuerbarer Energien, vergleichbar etwa zum EU Klimaschutzprogramm, ist aber nicht formuliert worden.

Zukünftige Energieerzeugung unter Rahmenbedingung des Atomausstiegs

Die Bahn geht, so weist es Abbildung 8.7 aus, von einer Abschaltung des Atomkraftwerks Neckarwestheim in zwei Schritten aus, bis Ende des Jahres 2008 sowie im Laufe des Jahres 2021.

Der Bahnstrom, der im Unterschied zum übrigen Strom in Deutschland eine Frequenz von 16,7 statt 50 Hz benötigt, wird zu rund 75 Prozent in eigenen Kraftwerken der Bahn erzeugt. Vom Rest werden 20 Prozentpunkte unter langfristigen Verträgen zugekauft, für 5 Prozentpunkte wird das Risiko eingegangen, aus dem allgemeinen Stromnetz zu Spot-Preisen zuzukaufen. Die Abbildung 8.7, eine bahneigene Darstellung, in der aus Vertraulichkeitsgründen die Ordinate nicht quantifiziert ist, zeigt diese Verhältnisse im Überblick und im zeitlichen Verlauf.

Der Ersatzbedarf der Bahn durch den allgemeinen Atomausstieg betrifft den Großteil ihres CO_2-freien Stromanteils. Unterstellt man zunächst einmal und damit entgegen den Angaben in Abbildung 8.7 eine Konstanz des Strombedarfs für den Schienenverkehr insgesamt, so geht es um potentielle Mehremissionen in der Größenordnung von etwa 3,6 Mio. t CO_2/a, was einer Zunahme der CO_2-Emissionen um etwa 60 % bezogen auf den Stromeinsatz für Traktion entspricht. Hinzu kommt noch der Wachstumsanteil, der in Abbildung 8.7 ausgewiesen ist, der, würde er nach derselben Maxime mit Kraftwerksleistung unterlegt, nochmals etwa der guten Hälfte der heutigen Kernkraftwerksleistung, also potentiellen CO_2-Mehremissionen in Höhe von gut 2 Mio. t entspricht. Zusammen genommen bedeutet das: Die DB Energie AG steht im Traktionsbereich vor Entscheidungen, die langfristige Bindungen bedeuten, über eine zusätzliche CO_2-Emission in ihrer Vorleistung in Höhe von bis zu etwa rd. 7 Mio. t/a und damit einer Verdoppelung ihrer heutigen CO_2-Emissionen.

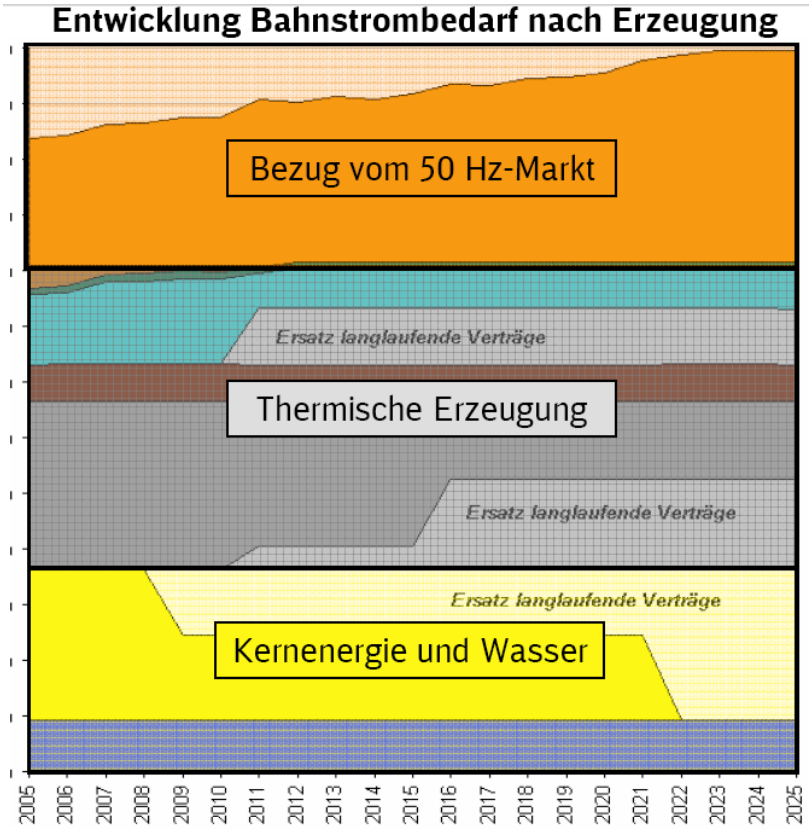


Abbildung 8.7: Entwicklung von Bahnstrom-Erzeugung bzw. -Bezug zwischen 2005 und 2025 (DB Energie 2008)

Die Abschaltung des Atomkraftwerks stellt somit – insbesondere vor dem Hintergrund des eindimensionalen strategischen Zielformulierung mit Fokus auf eine CO_2-Minderung, eine große Herausforderung für die Bahn dar. Eine Alternative wäre ein mehrdimensionales Zielkonzept. Würde die Bahn, gemäß dem Vorbild der Politik, getrennte Ziele für THG-Mitigation, für Energieeffizienz und für ihren Beitrag zur allmählichen Durchsetzung Erneuerbarer Energien ausweisen, so wäre die Herausforderung, die sich aus dem Ausstieg aus der Kernenergie ergibt, klarer kommunizierbar – die anderen beiden Ziele würden, da eigenständig, unberührt weiter verfolgbar bleiben.

8.4.3 Stand der Verzahnung von EE und EF im Eisenbahnverkehr

Konkrete technologische und/oder instrumentelle Verzahnungen von EE und EF sind im Schienen-/Eisenbahnverkehr nach dem zuvor dargestellten Hintergrund und Sachstand nicht vorhanden. Als generellen Ansatz für eine Verzahnung kann lediglich das neue, selbst verordnete spezifische CO_2-Ziel bezeichnet werden, das einen Spielraum für Maßnahmen sowohl im EE- als auch EF-Bereich eröffnet. Ansonsten sind inzwischen Rahmenbedingungen im Aufbau, die insgesamt vor allem positiv in Richtung einer Steigerung der Energieeffizienz ausstrahlen. So bestehen z.B. aufgrund der aktuellen steuerlichen Gesetzgebung erhebliche ökonomische Anreize zur Energieeinsparung in allen Bereichen des Systems Schiene, wie die Zahlen in Abbildung 8.8 erwarten lassen.

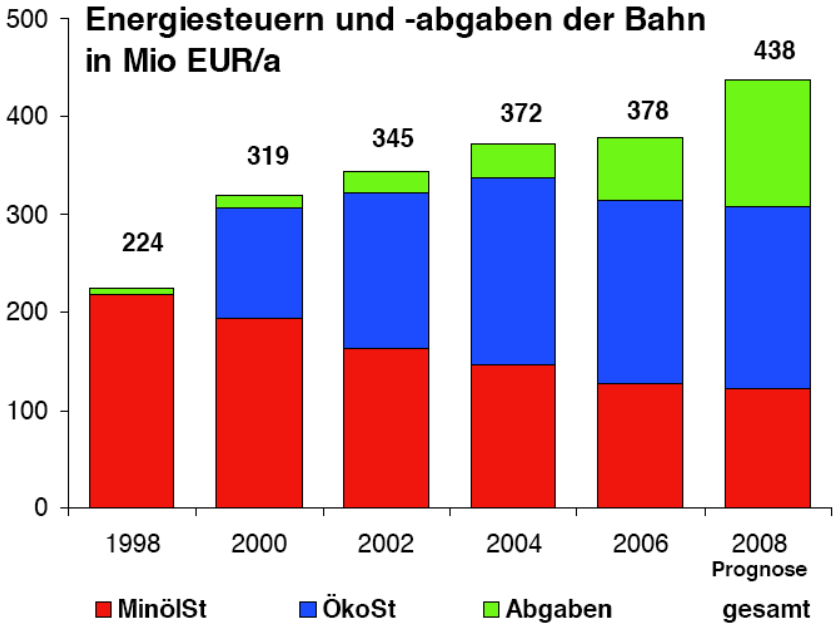


Abbildung 8.8: Energiesteuern/-abgaben der DB AG im Schienenverkehr in Mio. Euro (DB Energie 2008)

Ferner kommt ggf. ein Effekt hinzu, dessen Dynamik seit 2006 aus der Einführung des Emissionshandels (grün) stammt und von dem die DB Energie besonders betroffen sein könnte (siehe Abbildung 8.9). Dies muss im wesentlichen damit zusammenhängen, dass die Strom-Produzenten, von denen die DB Energie ‚freie' Energiemengen zu Spot-Marktpreisen bezieht, den Wert der kostenlos vergebenen Rechte ‚eingepreist' und somit an die Bahn weitergereicht haben; seit 2008 wird der Effekt der kostenpflichtigen Rechteabgabe in Höhe von knapp 10 % hinzukommen, welcher den bahneigenen Strom betrifft. Nicht ausgeschlossen werden kann aber, dass auch die Bahn mit Opportunitätskosten rechnet, und der ‚Kosteneffekt, der in dem Bild gezeigt wird, lediglich einen Gewinnverrechnungsvorgang zwischen DB Energie und Konzernmutter spiegelt.

Abbildung 8.9 weist diesen Anreizeffekt gesondert aus und schreibt ihn mit Erwartungswerten in die Zukunft fort. Die erwartete Einführung einer vollständigen kostenpflichtigen Vergabe von Emissionsrechten in der Post-Kyoto-Periode lässt demnach die Bahn – auf Basis erwarteter Kosten für Emissionsrechte in Höhe von knapp 40 €/t – erwarten, dass die stromspezifischen Abgaben sich gegenüber der Zeit vor Einführung des Emissionshandels, als sie im wesentlichen aus der Stromsteuer bestanden, in etwa verdoppeln werden. Entsprechend ist der aus dieser Erwartung resultierende ökonomische Druck zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz einzuschätzen.

- **Zuteilungsgesetz 2012 :** Verschärfung der Zuteilung durch Benchmark, Kürzung und Verkauf eines Teils der Zertifikate
- **CO_2-Kosten** betragen im Strombezug ab 2008 rd. 106 Mio. EUR/a, damit steigen die Kosten um 73 Mio. EUR/a
- **Die geplante EU weite vollständige Versteigerung ab 2013 führt zu Kosten von rd. 253 Mio. EUR/a** (*Prognose)
- **Entlastung der klimafreundlichen Schiene:** Keine Versteigerung, sondern Gleichbehandlung von Bahnstrom-Kraftwerken mit Industrieanlagen und Flugverkehr

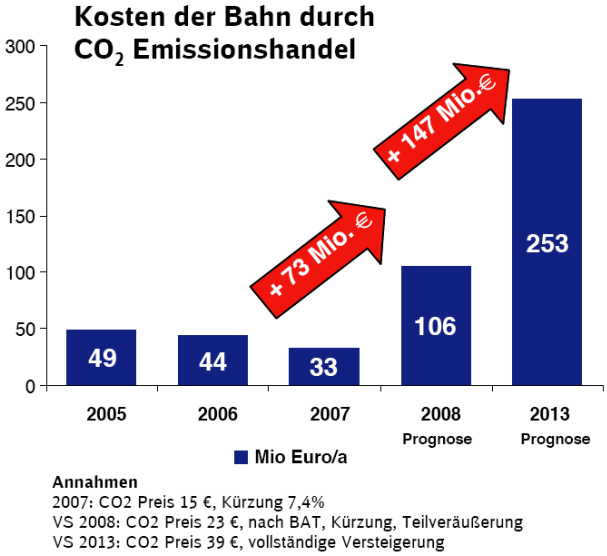


Abbildung 8.9: Zusätzliche emissionshandelbedingte Abgaben der DB AG im Schienenverkehr in Zukunft; mit Erläuterungen seitens der DB Energie GmbH (DB Energie 2008)

Einschränkend ist lediglich die Tendenz festzustellen, dass die DB Energie keine Dynamik in der Preisentwicklung der Emissionsrechte nach dem Jahr 2013 unterstellt bzw. ausweist – diese aber zu erwarten ist, weil die Rechte bis 2020 (und darüber hinaus) dynamisch verknappt werden. Zudem weist die Grafik aus, dass die DB Energie gegen die volle Einbeziehung des Bahnstroms in die Regelung des vollständig kostenpflichtigen Erwerbs von Rechten, in Analogie zu anderen Kraftwerken, zu lobbyieren versucht.

Demgegenüber entstehen relevante neue Anreize für eine Steigerung des Einsatzes von EE-Strom unter Umständen aus der aktuellen Gestaltung der neuen EU-Richtlinie zu Erneuerbare Energien (siehe Seite 367 f.) sowie ggf. im Zusammenhang mit der oben geschilderten Herausforderung eines CO_2-neutralen Ausstiegs aus der Kernenergienutzung.

8.4.4 Neue „verzahnende“ Technologien und Instrumente im Eisenbahnverkehr

Der hohe Stromanteil des Systems Schiene bietet grundsätzlich gute Voraussetzungen, erneuerbare Energien mit in das System Bahn einzubeziehen. Dass eine Verzahnung von Effizienz- und Erneuerbaren-Zielen aber allein durch das von der Bahn selbst aufgestellte Emissionsziel für das Jahr 2020 angestoßen würde, ist eher unwahrscheinlich. Entscheidungen, selber in erneuerbare Energien zu investieren, werden in der Regel aufgrund von selbst gesteckten, hohen Renditeerwartungen kaum getroffen[117]. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden technologische und instrumentelle Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EE und EF betrachtet und bewertet.

Technische Ansatzpunkte für die Steigerung der Energieeffizienz

Bei der Steigerung der Energieeffizienz sind seit 1990 bereits einige Teilerfolge sichtbar (s.o.). Es muss dabei aber beachtet werden, dass eine erhöhte Auslastung und damit eine größere Effizienz im Transport pro Person bzw. Tonne auch immer durch die Streichung von

[117] Zu beachten sind aber auch Wechselwirkungen von Bahnstromerzeugung und Stromerzeugung für das allgemeine Netz.

weniger gut ausgelasteten Verbindungen erreicht werden kann. Hier gibt es einen möglichen Konflikt zum Ziel einer nachhaltigen Mobilität, das unter anderem auf die Verlagerung vom Straßenverkehr auf die Schiene zielt. Mit eingeschränkten Zubringerverkehren und der Stilllegung von Schienentrassen ginge eine weitere Stärkung und Festlegung auf den Auto und Lkw-Verkehr einher. Eine verbesserte Organisation und Auslastung, die klare Effizienzpotenziale erschließen würde, darf daher nicht auf Kosten von einer Ausweitung des Straßenverkehrs geschehen[118].

Die Eisenbahnverkehrsunternehmen haben insbesondere drei Ansatzpunkte für die Steigerung der Energieeffizienz:

- Steigerung des Auslastungsgrades
- Schulung von Lokführern und Einführung von Anreizsystemen für energiesparendes Fahren (Ausrollen statt Bremsen o.ä.)
- Einsatz moderner, umweltschonender Bahntechnik

Im Bereich der eingesetzten Technologien können jedoch auch beim Eisenbahnverkehr noch deutliche Steigerungspotenziale erschlossen werden. Ansatzpunkte dabei sind:

- Gewichtsreduktion
- Motoren und innovative Traktionskonzepte (z.B. Unterflurmotoren wie beim ICE3)
- Bremsenergierückspeisung und Energiemanagement

Die folgende Übersicht basiert auf Angaben der Bahnindustrie und umfasst sowohl heute verfügbare als auch aussichtsreiche Optionen für die Zukunft:

[118] Im Kontext der Daseinsvorsorge sind auch soziale Funktionen an den Eisenbahnverkehr gekoppelt.

Tabelle 8.4: Energieeffizienzmaßnahmen der Bahntechnikhersteller (Die Bahnindustrie 2008)

Heute verfügbare Maßnahmen	Bahntechnische Innovationen der näheren Zukunft
• Leichtbauweise von Triebzügen: Verwendung von leichten Aluminiumbauteilen, von Verbundwerkstoffen in Verbindung mit innovativen Fertigungstechnologien, zum Beispiel dem Kleben (bis zu 30 Prozent bei neuen Elektrotriebzügen gegenüber Vorgängermodellen) • Der Einsatz von Kohlenstofffaserteilen oder Interieurteile aus nachwachsenden Rohstoffen ermöglicht eine Gewichtsreduzierung von 15-20 Prozent gegenüber herkömmlichen Bauteilen. • Neue Bremssysteme können die Bremsenergie ins Netz speisen und somit bis zu 50 Prozent des Energieverbrauchs gegenüber Vorgängermodellen einsparen. • Energiespeichersysteme für Dieseltriebzüge und Diesellokomotiven: Die gespeicherte Bremsenergie kann für den Betrieb elektronischer Bordenergiesysteme genutzt werden. • Ölfreie Kompressoren verbrauchen dank ihrer reibungsarmen Bauweise bis zu 20 Prozent weniger Energie als herkömmliche Kompressoren mit Ölschmierung, bei zusätzlich reduziertem Gewicht.	• Einfache Start-Stopp-Funktion der Fahrzeuge: Vermeidet den aktiven Antrieb bei Fahrzeugen ohne Fahrauftrag. • Alternative Hilfsbetriebeversorgung gewährleistet unabhängig vom Traktionsantrieb einzelne Funktionalitäten des Fahrzeugs ohne aktiven Antrieb. • Optimierung von Klimatisierungsprozessen, z.B. durch die Verringerung von Leckagen durch weitere Hermetisierung von Kältekreisen bzw. durch den Einsatz neuartiger Kältemittel. • Direkt angetriebene Radsätze über Elektromotoren treiben die Radsatzwelle eines Schienenfahrzeugs direkt an, so dass die Energieübertragungs- und -wandlungskette deutlich verkürzt wird. • Ein supraleitender Transformator führt bei der elektrischen Traktion zu einer leichteren Antriebsanlage mit verbessertem Wirkungsgrad. • Verbesserte Abwärmenutzung z.B. für die Beheizung eines Fahrzeugs. • Diesel-Motoren der Zukunft passen den Ablauf der Verbrennung im Zylinder flexibel an alle denkbaren Lastzustände an

Im Unterschied zu der Vielzahl an EF-Maßnahmen erscheint ein fahrzeugbezogener „mobiler“ EE-Einsatz nicht sinnvoll. Zum einen werden sie im Vergleich zu entsprechenden stationären Anlagen bezogen auf technische ‚performance’ und Wirtschaftlichkeit in der Regel schlechter abschneiden. Zum anderen sind die Züge sowieso größtenteils mit dem Netz verbunden, so dass es diesbezüglich für fahrzeugbezogene Lösungen auch aus anderen Erwägungen kaum überzeugende Gründe gibt. Von daher fehlt es im Traktionsbereich – analog zum Straßenverkehr – an geeigneten und sinnvoll erscheinenden technologischen Ansatzpunkten für eine Verzahnung. Dies gilt allerdings nicht für die sicherlich noch vorhandenen Potenziale im Bereich des stationären Energieverbrauchs. Hier wirken im Wesentlichen dieselben Instrumente wie im Bereich der Energieeffizienz von Gebäuden und Geräten (vgl. Kapitel 6).

Identifikation möglicher Politikinstrumente

Die im Weiteren skizzierten und betrachteten Politikinstrumente müssen sich an den Akteuren im Sektor Eisenbahnverkehr orientieren, die daher zunächst kurz vorgestellt werden. Der Sektor ist dadurch gekennzeichnet, dass es einerseits eine zentral bereitgestellte Infrastruktur gibt, betrieben von den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (DB Energie, DB Netz und DB Station und Service), und die wettbewerblich agierenden Bahnbetreiber andererseits. Darüber hinaus sind für den Bereich der Energieeffizienz die Hersteller der Schienenfahr-

zeuge und Schienentechnik[119] relevant. Das sind die drei wesentlichen Akteursgruppen, an die (politische) Instrumente zu richten sind.

Für die Instrumentenfrage zentral ist die Unterscheidung der Akteure, nach Infrastrukturleistungen (DB Energie) und Transportleistungen (DB Regio / DB Fernverkehr / DB Schenker). Darüber hinaus wird die Qualität der Transportleistungen sowohl angebotsseitig von den Herstellern der Schienenfahrzeuge, als auch nachfrageseitig beeinflusst – im Güterverkehr von den Logistik-Anbietern, im Personenverkehr durch die Bundesländer, die Transportleistungen qua Ausschreibung vergeben.

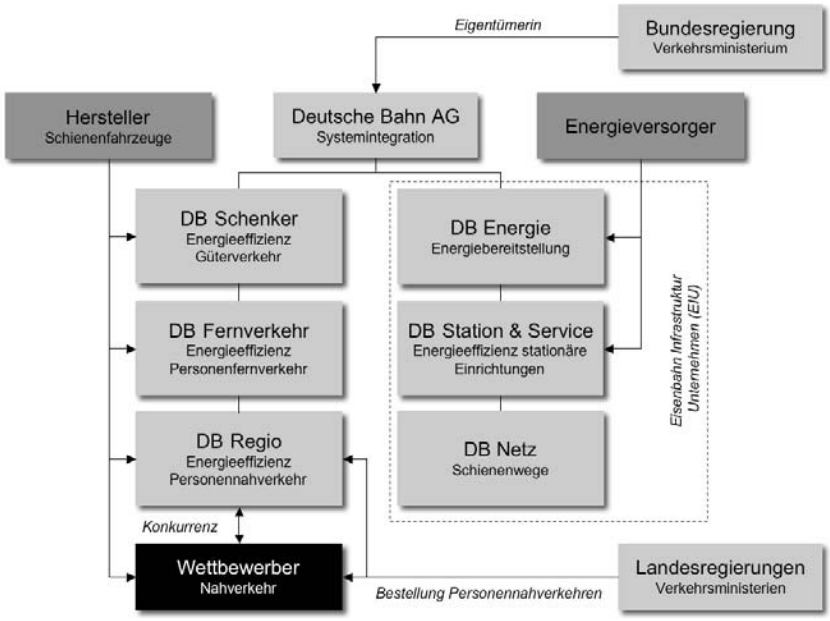


Abbildung 8.10: Akteursstruktur im Sektor Eisenbahnverkehr (eigene Darstellung)

Der Bereich des Schienenverkehrs stellt insofern die Besonderheit dar, als es die Öffentlichen Hände in zwei Fällen selbst sind, die als Akteure eine große Rolle spielen: Die Energiebereitstellung sowie die Nachfrage im Personennahverkehr.

Verantwortliche Akteure in Hinblick auf die Realisierung der *Energieeffizienz-Potenziale* sind (a) die Betreiberunternehmen mit ihrer Politik zur regelmäßigen und geplanten Erneuerung des Fahrzeugparks – dabei spielen auch die Regionalregierungen mit ihrem Einfluss über die Bedingungen der Vergabe regionaler Schienenverkehrsleistungen eine gewisse Rolle; und (b) die Bahn-Ausrüster-Industrie (samt deren Zuliefer-Industrie) hinsichtlich der Dynamisierung des Energieeffizienz-Potenzials durch Neuentwicklungen, also technischem Fortschritt.

Im Hinblick auf die *erneuerbaren Energien* sind die verantwortliche Akteure nicht allein die Bahnunternehmen, es können vielmehr auch die Bundesregierung als Eigentümerin der DB Energie, welche sie als Teil der Bahninfrastruktur ansieht und mit zweckgebundenen Investitionsmitteln unterstützt, als auch die Besteller des regionalen Bahnverkehrs, Bundesländer

[119] vgl. Verband der Bahnindustrie e.V. (http://www.bahnindustrie.info); Mitglieder u.a. ALSTOM LHB GmbH, Salzgitter / Bombardier Transportation, Berlin / Siemens AG Transportation Systems, Erlangen / Stadler Pankow GmbH, Berlin / Talgo (Deutschland), Berlin

und Kommunen, wichtige Impulse in Richtung einer Stabilisierung bzw. Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien geben. Die Frage ist auch dringlich, da der Atomausstieg die DB Energie noch im Verlauf des Jahres 2009 zu Entscheidungen hinsichtlich der künftigen Struktur der Quellen ihrer Stromversorgung zwingt, die eine lang andauernde Bindewirkung haben. Somit ist im Bereich des Schienenverkehrs die Frage nach der Verzahnung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und der Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Energien eine sinnvolle und dringliche Fragestellung.

Politikinstrumente müssen so gestaltet werden, dass für die jeweiligen Akteure – in diesem Fall (a) Infrastrukturunternehmen, (b) Bahntechnik-Hersteller und (c) Bahnbetreiber – geeignete Anreizstrukturen geschaffen werden, Energie einzusparen und erneuerbare Energien auszubauen, und zugleich bisher existente Barrieren abgebaut werden. Für das Screening potentiell geeigneter Instrumente ist es daher sinnvoll, Instrumente aus anderen Sektoren für den Schienensektor immer dann zu erwägen, wenn ähnliche Akteursstrukturen vorliegen. Zur Strukturierung wird darüber hinaus zwischen re-distributiven Politikinstrumenten (Steuerung über Anreize), Regulation (Steuerung über Ver- und Gebote) sowie öffentliche Investitionen und Zuschüsse (distributive Förderprogramme) unterschieden:

- Obwohl der Bahnsektor insgesamt (z.B. Sicherheit, Zugang zum Netz etc.) sehr streng reguliert ist, sind im Energiebereich neben der Selbstverpflichtung der Bahn AG keine regulativen Politiken existent.

- Distributive Politiken, d.h. Förderprogramme existieren für den Ausbau der Infrastrukturen (Bundesschienenwegeausbaugesetz). Für die Hersteller kommen F&E Mittel in Betracht. Im Bereich Nahverkehr gibt es darüber hinaus mehr und mehr Ausschreibungen[120].

- Im Bereich der ökonomischen Anreize (redistributive Instrumente) ist vor allem der Emissionshandel als integratives Instrument zu nennen. Im Bereich der Effizienz gibt es heute bereits gut wirkende ökonomische Anreize (Steuern, Emissionshandel).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die existierenden und mögliche neue Ansatzpunkte und Instrumente im Sinne eines Screening. Die noch nicht genutzten und daher im Weiteren thematisierten Instrumente sind darin grau unterlegt. Dabei wird nicht der DB Konzern betrachtet, da dort zum einen der direkte Einfluss des Bund als Eigentümer besteht, zum anderen gesetzliche Steuerungsinstrumente auch für Wettbewerber gelten müssen. Diese sind daher auf der Ebene der Tochterunternehmen zu verorten.

[120] Die Förderung des Fernverkehrs konzentriert sich dagegen vor allem auf den Ausbau des Hochgeschwindigkeitsverkehr. Dies ist im Kontext Effizienz und Erneuerbare ambivalent zu beurteilen. Zum einen entsteht ein zusätzlicher Bedarf an Energie (Geschwindigkeit und Entfernung), zum anderen können auch gewisse Verlagerungseffekte eintreten.

Tabelle 8.5: Screening existierender und möglicher neuer Steuerungsinstrumente (Eigene Zusammenstellung)

	Steuerungsansatz		
	re-distributiv	*regulativ*	*distributiv*
Infrastrukturunternehmen (DB Energie) Fokus: Ausbau erneuerbarer Energien	• Energiesteuern • Emissionshandel	• Quote für Erneuerbare Energien	• Direkte Steuerung von Investitionen
Bahntechnik Hersteller		• BAT Ansatz, Definition von Mindeststandards	• F&E Mittel für neue Technologien
Verkehrsunternehmen (DB Fernverkehr und DB Regio)		• Verbindliche Zielvorgaben, (vgl. Selbstverpflichtung	• Kriterien zu Klimaqualität in Ausschreibungen

Verbesserungspotenziale gibt es aber auch bei den existierenden Politikinstrumenten: So könnte etwa die Forschung im Bereich der energiesparsamen Bahntechnik besser gefördert werden, die Investitionen in die Infrastruktur kann an Vorgaben zur Investition in erneuerbare Energien gekoppelt werden und die bisherige freiwillige Selbstverpflichtung der Bahn zur Reduktion von CO_2-Emissionen kann erneuert werden.

Im Folgenden fokussiert das Kapitel auf drei Ansatzpunkte:

1. Sicherstellung einer akzeptablen Erneuerbaren-Energien-Quote des Bahnstroms; d.h. die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Strommix im Bahnnetz. Der Ausstieg aus der CO_2-freien Kernenergie sollte nicht mit einer Substitution durch Strom aus Kohlekraftwerken beantwortet werden. Dabei geht es nicht nur um die Sicherung der augenblicklichen ‚Klimaqualität' der Bahnstromversorgung, sondern um deren Steigerung bis zum Jahre 2020 gemäß der zitierten Durchschnittsverpflichtung gegenüber der EU. Diese Aufgabe, so das hier vertretene Verständnis, zählt zum Infrastrukturauftrag der Bahnversorgung, ist also Angelegenheit des Bundes. Dieser sowie die DB Energie sind die politisch anzusprechenden Adressaten;
2. Anreize zur Dynamik sowohl (a) der Entwicklung effizienterer neuer Schienenfahrzeuge als auch (b) ihrer Durchsetzung in der Bestandsflotte. Adressaten sind vor allem die Bahnausrüster, aber auch die Bahnunternehmen.
3. Die „Qualität" der Bahnleistungen im weitesten Sinne, wozu auch die Klimaqualität (einschließlich der THG-Emissionen in der Vorleistung) zählt. Adressat sind hier die Verkehrsunternehmen. Einflussmöglichkeiten sind gegeben durch Regeln für die Beschaffung seitens Öffentlicher Hände (Umweltfreundliche Beschaffung) im Bereich des ‚Nah- und Regionalverkehr'.

Zielvorgaben für eine dynamische Erneuerbare-Energien-Quote für den Bahnstrom

Ausgangspunkt für die folgende Überlegung ist Zweierlei:

1) Es besteht bereits kurzfristig die Herausforderung den ausstiegsbedingten Wegfall von „Atom-Strom" möglichst durch den Einsatz von EE-Strom sowie durch EF-Steigerung zu kompensieren, um einen – nennenswerten – Anstieg der Treibhausgas-Emissionen zu vermeiden;

2) Nach der neuesten Änderung der EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien (Dez. 08) gilt nun für jeden Mitgliedsstaat ein Quotenziel von 10 % für den gesamten Verkehrssektor, und nicht wie bisher nur bezogen auf flüssige Kraftstoffe. Demnach wird nun auch der Bahnstrom bzw. dessen EE-Stromanteils in die Berechnung des zugrunde zu legenden Energieverbrauchs (Nenner) bzw. des EE-Stroms (Zähler) mit einbezogen.

In diesem Zusammenhang erscheint die Einführung einer dynamischen EE-Quote für den Bahnstrom, die über die ohnehin zu erwartende EEG-Quote hinausgeht, vorteilhaft. Sie lässt sich gezielt für eine – zumindest anteilige – Substitution des „Atom-Stroms“ einsetzen und könnte von der Regierung als Eigentümerin prinzipiell gut durchgesetzt werden. Aufgrund des 2. Aspekts gewinnt sie aber auch im Sinne einer Verzahnung mit EF eine Bedeutung, besonders wenn man über den Sektor hinausschaut. Der Grund dafür ist, dass EE-Bahnstrom instrumentell betrachtet nunmehr zusätzlich dazu beitragen kann, den Druck auf die Einführung von Bio-Kraftstoffen zu nehmen. Grund ist, dass die EE-Quote des Bahnverkehrs bereits heute deutlich höher liegt als die des Straßenverkehrs und dieser Effekt durch eine weitere gezielte dynamische Quoten-Steigerung noch verstärkt werden kann. In der Folge müsste zumindest zum Zweck der Zielerfüllung zunehmend weniger Bio-Kraftstoff bereitgestellt werden, so dass – je nach Importanteilen – mehr Biomasse für den Einsatz im stationären Bereich verfügbar wäre. Da die nur begrenzt vorhandene Biomasse dort mittels KWK-Nutzung effizienter eingesetzt werden kann als im mobilen Sektor, stellt dies insgesamt betrachtet einen Beitrag zur EF-Steigerung dar.

In diesem Sinne könnte ein maximaler Beitrag durch eine vollständige Umstellung des Bahnstroms auf EE-Strom erreicht werden, was rein bilanziell schon heute denkbar wäre. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Vorgabe eine dynamischen EE-Quote, mit dem Ziel 100 % in 2020 zu erreichen, zu prüfen.

Darüber hinaus wäre es instrumentell nahe liegend, die ‚Klimaqualität’ der Bahnstromversorgung als Teil der Infrastruktur zu verstehen und sie in die dieser Tage in Kraft tretenden Leistungs- und Finanzierungsvereinbarungen für die Eisenbahninfrastruktur (LuFV) zu integrieren. Leider ist diese Chance nicht ergriffen worden – die vereinbarte LuFV hat eine Laufzeit von 5 Jahren, die Chance, diese Option zu ergreifen, besteht erst 2014 wieder. Will man sie ergreifen, so ist zur Vorbereitung ein anderes Verständnis von Qualität von Eisenbahninfrastruktur zu erarbeiteten, welches die Klimaqualität der Bahnstromversorgung einschließt. Die konkrete politische Empfehlung an dieser Stelle lautet deshalb lediglich: Vorbereitung eines solchen Verständnisses im Hinblick auf die im Jahre 2013 anstehende Revision der LuFV sowie Vorbereitung zur Aufnahme in das Arbeitsprogramm einer Bundesregierung ab Herbst 2009.

Die LuFV-Lösung wäre insofern auch nur eine ‚halbe’ Lösung, als die LuFV auf die Sicherung der bestehenden Qualität der Transportinfrastrukturen zielt. Die anstehende Aufgabe aber ist eine Dynamische, es geht nicht allein darum, dass der Bahnstrom seine durchschnittliche Klimaqualität nicht verschlechtert; es geht vielmehr darum, dass diese Qualität, gemessen als Quote, deutlich verbessert wird: nach dem Kongruenzpostulat bis 2020 um wenigstens 12,2 Prozentpunkte (relativ zu 2005).

Wo die Erneuerbare Energien-Quote des Bahnstroms gegenwärtig liegt, ist nicht präzise bekannt, der Wert in Höhe von 13,3 Prozent (in 2006) dürfte aber eine gute Annäherung an den wirklichen Wert sein. Die Aufgabe ist somit die, diesen Wert bis 2020 auf 24 Prozentpunkte anzuheben. Mittel dazu ist eine vertragliche Verpflichtung der DB Energie GmbH sei-

tens ihrer Eigentümer, Bund und DB AG. Es handelt sich um eine Vereinbarung über die ‚Klimaqualität' des Bahnstroms, der seitens des Bahnstromlieferanten für sämtliche Bahnbetreiberunternehmen vorzuhalten ist.

Das Instrument ‚Spezifische Zielwerte für den Flottenverbrauch'

Ausgangspunkt ist die Feststellung, dass im Bereich des Fahrzeugs ‚PKW' von der Politik der Ansatz gewählt wurde, eine Dynamik hin zu geringeren THG-Emissionswerten in der Flotte durch den Einsatz von zwei Instrumenten (Vorgabe von Flottenverbrauchswerten und verbrauchs-/emissionsabhängige Besteuerung) auszulösen (vgl. Kapitel 8.1.2).

Übertragen auf die Situation der Bahn erforderte die analoge Übertragung als eine Bedingung eine Grobkategorisierung ihrer Fahrzeugtypen. Auf dieser Basis kann je Fahrzeugtyp ein Normverbrauch sowie ein ‚Stand der Technik' für Neufahrzeuge definiert werden[121]. Zugleich kann der Flotten-Normverbrauch bestimmt und somit die Differenz von Ist- Flottenverbrauch zu BAT-Flottenverbrauch bestimmt werden – damit ist die Höhe des Effizienzpotentials durch Angleichung des Flottenverbrauchs an den BAT-Verbrauch bestimmt und als Steuerungsparameter einsetzbar. Das ist auch deswegen wichtig, weil die Zielgröße für erneuerbare Energien (s.o.), die für die DB Energie GmbH gelten würde, abhängig ist von der Energieeffizienz der Verkehrsunternehmen. Darauf hat die DB Energie jedoch keinen Einfluss. Also bedarf es eines Bonus-Malus-Systems in Abhängigkeit von der energetischen Effizienz des eingesetzten Fahrzeugparks. Der Einsatz von (unnötig) verbrauchsintensiven Fahrzeugen (z.B. Weitergabe völlig ineffizienter ausrangierter S-Bahnen in andere Bundesländer nach Erneuerung des eigenen S-Bahn-Parks) darf für die Bahnbetreiber finanziell nicht neutral, sondern muss pönalisierbar sein, und das Bahnsystem-intern, im Ergebnis aufkommensneutral. Ein CO_2-basierter Ansatz von Grenzwerten würde Synergien zwischen Effizienz und Erneuerbaren erzeugen.

Als Bezugsgröße für Flotten-Verbräuche kommen verschiedenen Ansätze in Frage:

- Ein gewichtsbasierter Ansatz hat große Nachteile: Die Weiterentwicklung der Leichtbauweise hat zu Effizienzgewinnen geführt, diese Möglichkeit würde man damit ausschließen.
- Ein weiterführender Ansatz wäre, Energieverbrauchsgrenzen bezogen auf die Beförderungskapazität zu erlassen. Dies wäre relativ einfach zu erheben und würde Anreize für Unternehmen bieten, bei Bestellungen ein größeres Augenmaß auf die Effizienz der Fahrzeuge zu legen. Allerdings können sich auch hier unerwünschte Nebeneffekte einstellen, wenn man solche Werte z.B. an der Anzahl der Sitzplätze orientiert, da Anreize für kürzere Sitzabstände oder Abbau von Fahrradmitnahmemöglichkeiten möglichst zu vermeiden sind.
- Am ehesten geeignet erscheint ein auf die Grundflächen der Fahrzeuge bezogener Ansatz. Störungen sind dabei kaum nicht zu erwarten. Allerdings müssten verschiedene Zuggattungen unterschieden werden (Güter: Bulk, Container / Personen: Nah-

[121] Da spezifische Emissionen bezogen auf Personen- oder Tonnenkilometer vor allem von der Auslastung abhängig sind, sind diese als technologiebezogene Zielvorgaben nicht geeignet: Die Beschränkung des Betriebs auf die Hauptrelationen und die Stilllegung wenig genutzter, aber für die Funktion der Daseinsvorsorge wichtiger Nebenstrecken und Randverbindungen würde zwar zur Zielerreichung führen, aber das Gesamtziel, die Stärkung des effizienten Verkehrssystems Bahn, konterkarieren.

Fernverkehr). Bei der Definition sinnvoll und voneinander klar zu trennender Zuggattungen können jedoch Schwierigkeiten entstehen.

Insgesamt erscheint der Ansatz, technologiebasierte Grenzwerte zu installieren, als machbar, aber limitiert. Dies hat verschiedene Gründe: Aus Perspektive der Effizienz werden relativ wenige Fahrzeuge in jedem Jahr bestellt und produziert. Zum zweiten arbeitet die Bahnindustrie häufig eng mit den Kunden zusammen, der ökonomische Anreiz für effiziente Fahrzeuge spielt daher beim Fahrzeugdesign bereits eine große Rolle. Drittens wäre die Regelung ein recht komplexes Unterfangen. Für die geringe Zahl von Akteuren würden dabei relativ hohe Transaktionskosten anfallen. Für eine endgültige Bewertung ist eine vertiefende Analyse notwendig. Auf jeden Fall wäre eine Regelung auf EU Ebene zu installieren, im Binnenmarkt wären nationale Lösungen nicht durchsetzbar.

Das Instrument ‚Öffentliche Beschaffung' und dessen Potenzial

Die Bestellung von Verkehrsdienstleistungen hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen. Dazu gibt es bereits eine Reihe von Verordnungen und Vorschlägen der Europäischen Union. Schon heute können die Bundesländer als Aufgabenträger (bzw. die beauftragten Zweckverbände) Vorgaben zur Klimaqualität der ausgeschriebenen Bahnleistungen sowohl über effiziente Fahrzeuge als auch mit erneuerbaren Energien in Ausschreibungen klarstellen. Die Mitteilung der Kommission „Public procurement for a better environment" **(**COM(2008) 400/2) fordert ausdrücklich auch den Einsatz solcher Vergaberegeln im Verkehrssektor. Dies ist allerdings nur im Nahverkehr relevant, der allerdings zwei Drittel des Primärenergieverbrauchs der Traktion im Personenverkehr ausmacht. Eine stärkere Verpflichtung von Seiten der EU ist denkbar: Für den Straßenverkehr gibt es bereits für Behörden und Unternehmen ähnliche Vorgaben in der Verordnung (COM(2007)0817) „*bei sämtlichen Beschaffungen von Straßenfahrzeugen die über die gesamte Lebensdauer anfallenden Kosten des Energieverbrauchs, der CO_2-Emissionen und der Schadstoffemissionen als Vergabekriterien berücksichtigen*."

In Ausschreibungen können die Aufgabenträger das erwartete Produkt beschreiben. Ausschreibungen sind mittlerweile ein erprobtes Instrument Umweltvorgaben zu benennen. Die Formulierung von Anforderungen bietet dabei die Möglichkeit, sowohl Vorgaben zum maximalen Energieverbrauch und CO_2-Ausstoß auf der betriebenen Relation zu machen. Unabhängig von der Zahl der beförderten Personen wird vorab klar festgeschrieben, wie viel Fahrzeugkilometer gefahren werden. Pro gefahrenen Kilometer können sowohl der Energieverbrauch als auch die CO_2 Emissionen limitiert werden.

Auch der Anteil erneuerbarer Energien könnte festgelegt werden. Die DB Energie ist verpflichtet, Strom von Wettbewerbern durch ihr Netz durchzuleiten (PSPC 2004), so dass hier auch für den Einzelfall ein größerer Anteil erneuerbarer Energien realisierbar ist. Dabei ist aber sicherzustellen, dass es sich um zusätzliche Kapazitäten handelt und nicht um eine Verschiebung von Zertifikaten, d.h. dass an anderer Stelle dementsprechend mehr fossile Energieträger eingesetzt werden.

Zu beachten ist, dass eine solche Vorgabe zu Mehrkosten beim Angebot führen kann. Allerdings wird über das Verfahren der Ausschreibung sichergestellt, dass die zusätzlichen Kosten möglichst gering ausfallen. Insgesamt ist der Ansatz, Energie und CO_2-Emissionen in Ausschreibungen zu berücksichtigen, viel versprechend. In einem Pilotvorhaben könnte ein Aufgabenträger für den Schienenverkehr (wie etwa der Verkehrsverbund Rhein-Ruhr, VRR) ein solches Vorgehen spezifizieren und sinnvolle Ansatzpunkte herausarbeiten. Ein Hemm-

nis für eine Dynamik könnte der relativ lange Zeitraum von den Verkehrsverträgen, die sich aus den Ausschreibungen ergeben, darstellen (8-10 Jahre). In diesen Zeiträumen können die Vorgaben nicht angepasst werden, so dass die Anreizmechanismen nach gewisser Zeit entfallen. Hier wäre es aber möglich, eine Steigerung der Anforderungen im Vertragszeitraum festzulegen, zum Beispiel als regelmäßige Steigerung des Anteils von erneuerbaren Energien oder durch eine Kopplung mit dem Anteil der erneuerbaren Energien im Bundesdurchschnitt.

8.4.5 Schlussfolgerungen zu EE und EF im Eisenbahnverkehr

Bei einem Ersatz von Atomstrom durch Strom aus Kohlekraftwerken wird der Klimavorteil der Bahn gegenüber den anderen Verkehrsträgern deutlich sinken. Hier ist ein Gegensteuern nötig. Die Deutschen Bahn kann dazu sowohl selber in den Ausbau erneuerbarer Energien investieren, sie kann die Flexibilitäts-Mechanismen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie der EU nutzen und sie vermag schließlich Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeuge nehmen. Die Deutsche Bahn AG ist somit grundsätzlich ein wichtiger Akteur bei der Verzahnung von Erneuerbaren und Energieeffizienz. Offen ist aber, wie von öffentlicher Seite auf die diesbezüglichen Entscheidungen der Bahn am besten eingewirkt werden kann. Neben einem Dialog mit dem Unternehmen können auch Politikinstrumente dafür eingesetzt werden. Darüber hinaus ist es notwendig, die Effizienz des Systems Schiene weiter zu erhöhen. Zum einen können so die Anteile erneuerbarer Energien schneller gesteigert werden, zum anderen bleibt der Umweltvorteil der Bahn gegenüber konkurrierenden Verkehrsmitteln erhalten, auch hier ist es sinnvoll den Prozess politisch zu unterstützen.

Aufgrund der überwiegenden Nutzung von Strom ergeben sich für die Bahn automatisch Synergien aus den Maßnahmen im Energie-Sektor, wie etwa der Dynamik des EEG. Zudem kann, wie auch im Straßenverkehr und anderen Sektoren, durch die Steigerung der Energieeffizienz der Anteil der Erneuerbaren gesteigert werden. Auch bei der Bahn ist daher ein klarer Schwerpunkt auf die Effizienzmaßnahmen zu legen, hier bestehen noch ungenutzte Potenziale. Der Ausbau Erneuerbarer Energien kann davon getrennt gefördert werden, Zielvorgaben für den Anteil der Erneuerbaren sind hier ein sinnvoller Weg.

Im Hinblick auf die Effizienz wäre eine Regelung von Verbrauchsstandards in Analogie zum Pkw-Verkehr ein möglicher Ansatz. Hier sind jedoch vertiefende Analysen sowie eine Regelung auf EU Ebene anzuraten, da im Binnenmarkt Einzellösungen der Mitgliedsstaaten unrealistisch sind. Dagegen kann im Zuge der öffentliche Beschaffung schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern berücksichtigt werden. Bei der Beschaffung ist auch ein Kopplung von Effizienz und Erneuerbaren möglich. Dabei ist aber unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen durch den Ausbau der regenerativen Energien ausgespielt werden.

Nicht vergessen werden darf die Besonderheit des Verkehrssektors, dass verschiedene Systeme miteinander konkurrieren und so positive oder negative Umwelteffekte auch immer außerhalb des Subsektors Bahn auftreten. Daher ist immer noch die Vermeidung von Verkehren als vorrangiges Ziel zu bewerten. Verlagerungseffekte zwischen Straße, Schiene und Luftverkehr sind dagegen in beide Richtungen möglich. Der Rückgang des Energieeinsatzes bei der Schiene seit den 1960er Jahren wurde dabei teuer erkauft mit einem überproportionalen Anstieg des Energieeinsatzes im Straßenverkehr. Die Anteile sind immer noch grundsätzlich variabel, so dass Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz oder der Ausweitung des Einsatz erneuerbarer Energien nicht zu Lasten des Schienenverkehrs insgesamt

gehen dürfen. Andersherum sind Maßnahmen der Verlagerung auf die Bahn, wie etwa des Ausbaus des Hochgeschwindigkeitsnetzes, nur dann ökologisch sinnvoll, wenn die Umweltvorteile durch eine reduzierte Pkw- oder Flugzeug Nutzung nicht durch einen erhöhten Energieverbrauch und neue induzierte Verkehre neutralisiert werden.

8.5 Sonderfall Elektromobilität[122]

Die Elektromobilität kann in Zukunft eine Rolle bei der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz spielen. Welchen Anteil diese Verzahnung haben wird, ist derzeit allerdings noch nicht abzusehen.

Elektromobilität ist zunächst eine Maßnahme, die die Effizienz des Antriebsstrangs – definiert über die erforderliche Endenergie pro Fahrdienstleistung – erhöht. Es sei vorausgeschickt, dass sämtliche Effizienzmaßnahmen am Fahrzeug (Leichtbau, Reduktion der Fahrwiderstände, Modellwechsel, etc.) auch bei Elektroautos durchzuführen sind und diesen sogar in besonderem Maß zu Gute kommen, weil dadurch der Bedarf an Batteriekapazität sinkt und sich dies überproportional auf Gewicht und Kosten auswirkt.

Die Nutzung von Elektrizität im Straßenverkehr kann durch unterschiedliche Konzepte erfolgen:

- das Speichern der elektrischen Energie in einer Batterie in einem rein batteriebetriebenen Fahrzeug („batteriebetriebenes Elektrofahrzeug“);
- die Kombination aus Elektroantrieb und einem weiteren, in der Regel auf Verbrennungsmotoren basierenden Fahrzeug („Hybridfahrzeug“);
- die Kombination von Hybridfahrzeugen mit einer Anschlussmöglichkeit an das Stromnetz („Plug-In Hybrid“ (PHEV))
- und der Einsatz von Wasserstoff, der zuvor durch Elektrolyse erzeugt wurde, und über eine Brennstoffzelle zum Antrieb eines Elektromotors wieder verstromt wird oder auch direkt für die motorische Verbrennung genutzt wird.

Alle Einsatzmöglichkeiten beziehen sich hauptsächlich auf den Individualverkehr. Die Nutzung von Elektrizität im Straßengüterverkehr ist bis auf leichte Nutzfahrzeuge heute noch nicht absehbar. Daher konzentriert sich diese Betrachtung auf den motorisierten Individualverkehr. Die folgenden Ausführungen sind ein mit Erweiterungen versehener Auszug aus dem im Projekt entstandenen Arbeitspapier „Elektromobilität und erneuerbare Energien“ (Pehnt et al. 2007).

8.5.1 Technologische Fortschritte

Fortschritte in der Batterie-, Motoren- und Getriebetechnik, aber auch in der Informations- und Kommunikationstechnik lenken die Aufmerksamkeit wieder auf eine zunehmende Elektrifizierung der Fahrzeuge. Während Elektroautos mit nennenswerten Batterieanteilen bislang auf wenige Fahrzeuge bzw. auf das Segment der Elektroleichtfahrzeuge beschränkt waren,

[122] Im detaillierten Arbeitspapier „Elektromobilität und erneuerbare Energien“ im Rahmen des Projektes Energiebalance sind weitere Ausführungen zu diesem Thema enthalten (Pehnt et al. 2007). Download www.ifeu.de/energiebalance

wird derzeit die Einsatzfähigkeit von Batterien mit hohen Speicherkapazitäten auch für herkömmliche Pkw untersucht.

Dabei wird unter dem Begriff „Hybrid-Antrieb“ der Verbrennungsmotor von einem Elektromotor unterstützt, um die Nachteile des Verbrennungsmotors, vor allem hinsichtlich des geringen Wirkungsgrades im Teillastbetrieb, zu reduzieren. Hier werden dann je nach Anteil dieser Unterstützung verschiedene Hybrid-Formen unterschieden: während bei Mild Hybrids in typischen Fahrsituationen nur ein geringer Teil der Antriebsenergie über den elektrischen Antriebsstrang läuft, kann der Elektromotor beim Voll-Hybrid-Antrieb das Fahrzeug auch selbständig antreiben.

Somit bietet sich beim Voll-Hybrid-Antrieb die Möglichkeit, durch den Einbau einer vergrößerten Batterie bestimmte Strecken auch rein elektrisch zurück zu legen. Die Batterie kann über das Stromnetz (z.B. nachts in der Garage) geladen werden. Solche Fahrzeuge werden derzeit unter dem Begriff „Plug-In-Hybrid“ in der Fachöffentlichkeit verstärkt diskutiert. Bei einem PHEV-Antriebskonzept könnte also ein Teil der jährlichen Fahrleistung elektrisch erbracht werden, ohne dass der Nutzer Einschränkungen gegenüber einem konventionell angetriebenen Fahrzeug in Kauf nehmen müsste.

Bei der Betrachtung des tatsächlichen Nutzerverhaltens zeigt sich, dass der durchschnittliche Pkw-Fahrer an etwa 80 % der Tage eines Jahres weniger als 40 km zurücklegt. Diese Strecken machen in Summe mehr als die Hälfte der jährlichen Fahrleistung aus. Mit einem Plug-In-Hybrid-Fahrzeug, dessen Batterie eine Reichweite von 40 km erlauben würde, könnte also mehr als die Hälfte der jährlichen Fahrleistung des durchschnittlichen Pkw-Fahrers rein elektrisch zurückgelegt werden. Das Vorhandensein eines Verbrennungsmotors sichert zugleich eine Abdeckung der Langstreckenfahrten. Bisher wird der Einsatz der Hybridtechnologie wegen des erhöhten Gewichts jedoch vor allem in größeren Fahrzeugen in Betracht gezogen, solche Fahrzeuge werden seltener im Stadtverkehr und vermehrt im Fernverkehr für größere Distanzen genutzt. Damit werden die Vorteile in der Praxis abgeschwächt.

Die großen Fortschritte auf dem Batteriesektor lassen eine solche Entwicklung realistisch erscheinen. Gesenkte Innenwiderstände beispielsweise reduzieren Ladeverluste und erlauben höhere Lade- und Entladeleistungen. In den letzten 10 Jahren hat es eine enorme Verbesserung vor allem im Bereich der Energie- und Leistungsdichte und der Sicherheitseigenschaften gegeben. Dies war auf den extrem hohen Bedarf von Batterien für Mobiltelefone und Notebooks und der damit verbundenen Forschung und Entwicklung zurückzuführen. Aufbauend auf den Fortschritten der Batterien für den Consumer Elektronic Market (max. 50 Wh) hat man in der Zwischenzeit auch Batterien für Hybridfahrzeuge (1-2 kWh) entwickelt. Außerdem hat die Lebensdauer und Zyklenfestigkeit von Batterien erheblich zugenommen.

Gleichwohl ist die Übertragung dieser Ergebnisse auf Plug-In-Fahrzeugbatterien (6-10 kWh) oder auf Fahrzeugantriebsbatterien (30 kWh) und Energiespeicherbatterien (> 10 kWh) auch weltweit in Bezug auf Kosten, Sicherheit und Lebensdauer ambitioniert. Entscheidende Barrieren sind derzeit noch die Ladedauer, die Lademenge und die Standfestigkeit.

Die Batterietechnologie ist in Deutschland seit Mitte der neunziger Jahre im Vergleich zu Brennstoffzellen zurückgefahren worden. Gründe dafür waren (nach Tillmetz und Garche 2007):

- technische, ökonomische und ökologische Defizite beim Elektrofahrzeug-Großversuch Rügen Beginn der 90er Jahre und damit der „Abschied“ vom Elektrofahrzeug in Deutschland;
- der Verkauf großer deutscher Batteriefirmen ins Ausland und
- eine starke Abnahme der Produktion mikroelektronischer Konsumgüter und damit des Bedarfs von Batterien und Batterie-F&E in Deutschland.

Die direkte Speicherung der elektrischen Energie in einer Traktionsbatterie führt zu einem höheren Gesamtwirkungsgrad als der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen. Allerdings führt die (vor allem im Verhältnis zu flüssigen Kohlenwasserstoffen) relativ geringe Energiedichte von Batterien auch zu relativ geringen Reichweiten reiner Batteriefahrzeuge. Daher kommen diese primär für den städtischen Verkehr in Frage. Um die ganze Palette der mobilen Anwendungen abdecken zu können, ist hier auch auf absehbare Zeit noch ein „Range Extender“ i.d.R. in Form eines Verbrennungsmotors erforderlich. Dagegen ermöglichen Fahrzeuge mit Brennstoffzelle auch bei langen Strecken einen rein elektrischen Antrieb.

Allerdings ist auch eine Kombination beider Antriebskonzepte denkbar. So könnte anstelle des Range-Extenders auf Verbrennungsmotor-Basis auch eine wasserstoffbetriebene Brennstoffzelle zum Einsatz kommen.

Es ist derzeit allerdings noch nicht absehbar, wann Batterien verfügbar sind, die Elektrofahrzeuge in die Lage versetzen mit den herkömmlichen Antrieben zu konkurrieren. Batterien sind noch sehr teuer, für die praktische Nutzung äußerst relevante Konstrukte wie den Austausch der Batterien anstelle einer der relativ lang dauernden Aufladung, würden diese Kosten noch deutlich erhöhen. Die Vielzahl von Ankündigungen von Fahrzeugherstellern, in den nächsten Jahren entsprechende Fahrzeuge auf den Markt zu bringen ist jedoch ein erster Hinweis. Allerdings haben die Erfahrungen mit dem Brennstoffzellenantrieb gezeigt, dass solchen Ankündigungen nicht unbedingt auch die entsprechenden Fahrzeuge folgen und vom Konsumenten angenommen werden.

8.5.2 Klimagasemissionen

Der Endenergieverbrauch eines Elektro-Pkw hängt von vielen Faktoren ab, die von der Art der Batterie und ihrem Eigenverbrauch über den Wirkungsgrad des Ladegerätes bis hin zu der Größe des Fahrzeuges, der gewählten Fahrtgeschwindigkeit, der Streckenführung (wegen der Bremsenergierückgewinnung) und dem Nutzungsmuster (Fahrthäufigkeit, Fahrtenlänge, Standtage) reichen. Ein wesentlicher Verlustposten ist auch der Ladevorgang.

Der „Rügen-Versuch“ des BMBF bis Mitte der 90er Jahre zeigte, dass Elektro-Pkw der damaligen Golf-Klasse heute mit einem Endenergieverbrauch (d. h. ab Steckdose) von rund 20 kWh/100 km betrieben werden können.

Dieser Stromverbrauch entspricht einen gleich hohen fossilen Primärenergieverbrauch wie ein fossil betriebener Pkw mit ungefähr 5 bis 6 l Diesel-/Otto-Verbrauch je 100 km. Durch den Aufbau eines neuen Verbrauchssegmentes können Elektroautos allerdings auch in Zukunft für neue Kraftwerkskapazitäten verantwortlich sein. Für die nächsten Jahre ist vor allem ein großer Zubau an Steinkohlekraftwerken geplant. Ökobilanzen moderner Steinkohlekraftwerke quantifizieren die Triebhausgas-Emissionen pro kWh_{el} auf ungefähr 840 g (Pehnt u. a. 2007). Legt man 20 kWh/100 km zu Grunde, liegen die Treibhausgas-Emissionen eines E-

lektroautos mit angenommener Steinkohlestrom-Aufladung gleich hoch wie die eines 5 l-Benziners. Zu beachten ist hier allerdings, dass die zukünftige Bereitstellung von rohölbasierten Kraftstoffen als neue marginale Benzin- und Dieselproduktion durchaus zu wesentlich höheren Aufwendungen führen wird (z. B. Benzin/Diesel aus Ölsanden oder Kohle (CTL)).

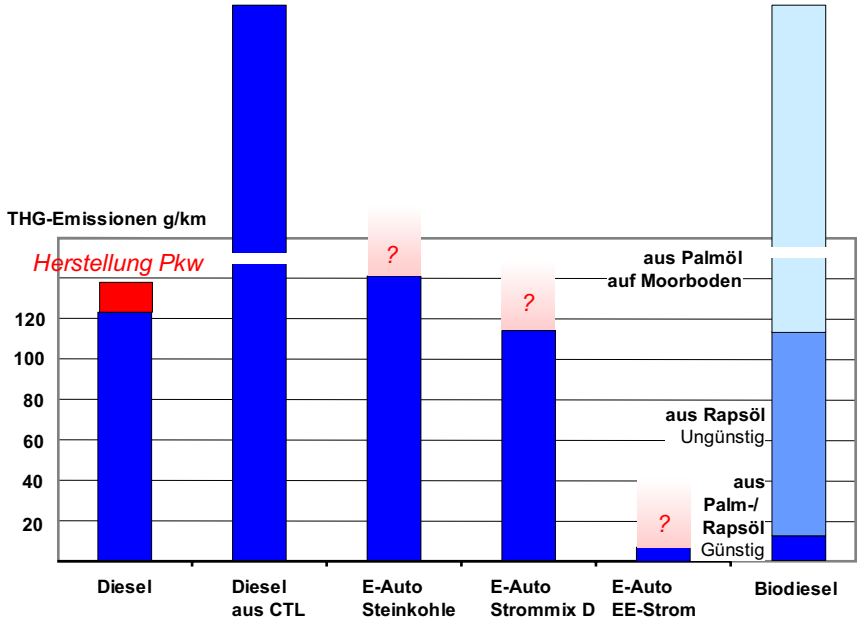


Abbildung 8.11: Klimabilanz verschiedener zukünftiger Fahrzeugkonzepte auf Ökobilanzbasis (Pehnt 2008)

Für eine genauere Analyse müssen neben den oben benannten Determinanten des Endenergieverbrauchs des Fahrzeuges weitere Aspekte berücksichtigt werden:

- die Laststruktur und der Zeitpunkt des Aufladevorgangs, da u. U. bei einer nächtlichen Aufladung auf Grund der Merit Order des Kraftwerksparks andere Kraftwerke in ihrer Betriebsweise betroffen sind durch ein zusätzliches Nachfragesegment; und
- Szenarien über den zeitlichen Verlauf des Zubaus.

Zu beachten ist außerdem bei der vergleichenden Bewertung des Endenergiebedarfs eines Elektroautos mit dem eines Benziners, dass

- die Ladeverluste beim elektrischen Tankvorgang mitunter beträchtlich sein können (10 bis über 30 %);
- je nach Nutzungsmuster Selbstentladungsvorgänge oder unterschiedliche Ladezustände in der Batterie und Umgebungsbedingungen den Energiegehalt reduzieren können;
- zugleich der Verbrauchsvorteil des E-Mobils insbesondere im Innerorts-Verkehr ausgeprägt ist und die Verbrauchswerte eines Elektroautos innerorts meist geringer sind als außerorts.

Mit einer Kilowattstunde aus erneuerbarer Energie, die in einem Elektro-Pkw genutzt wurde und somit die Fahrleistung eines entsprechenden fossil betriebenen Pkw ersetzt, werden im

Fahrzeug und der vorgelagerten Raffinerie rund 600 bis 800 g fossilen CO_2 substituiert, je nach Endenergieverhältnis und angenommenen Substitutionsbeziehungen auch mehr.

Diese Substitutionswirkung ist in Beziehung zu setzen mit der Einsparung, die durch erneuerbare Energien im Stromsektor erzielt werden können. Energiewirtschaftliche Analysen zeigen, dass beispielsweise eine zukünftige Offshore-Windkraftnutzung vor allem Steinkohle-Kraftwerke, bei hohen Zertifikatspreisen auch Gas-Kraftwerke substituieren. 1 kWh Offshore-Elektrizität kann über diesen Weg zwischen 600 und 800 g Treibhausgase vermeiden (Abbildung 8.12). Durch Einsatz in Elektro-Pkw können erneuerbare Energien also ähnliche Treibhausgas-Minderungen erzielen wie bei einer direkten Einspeisung ins Stromnetz – nicht mehr, aber auch nicht weniger.

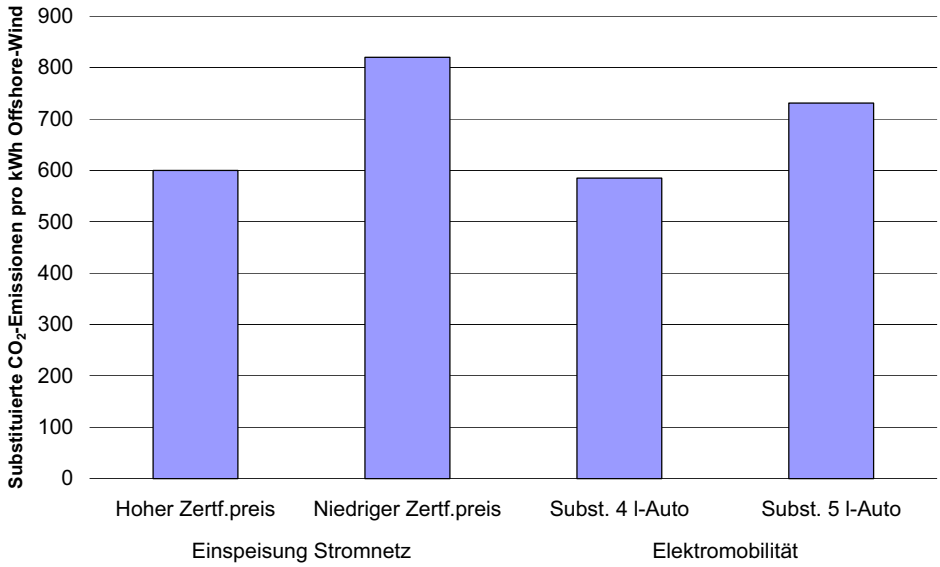


Abbildung 8.12: Substitutionswirkung von einer kWh aus Wind Offshore bei Einspeisung ins Stromnetz und Nutzung im Elektroauto (eingesparte Netto-CO_2-Emissionen)

Annahmen: Einspeisung ins Stromnetz einschließlich vorgelagerter Ketten; bei Strom zusätzlich berücksichtigt: Regelenergieaufwendungen, Netzausbau etc. Zertifikatspreis hoch: 40 €/t CO2; niedrig: 10 €/t). Elektromobilität: Elektroauto Verbrauch 20 kWh/100 km inkl. Wirkungsgrad Ladevorgang; Substitution eines Diesel mit 4 bzw. 5l/100 km.

Zusammenfassend ist die Klima-Argumentation also zweistufig: Selbst wenn Kohlekraftwerke zum Einsatz gelangen, macht man in Bezug auf die Klimabilanz keinen Rückschritt – und erschließt zugleich andere Vorteile der Elektromobilität (lokale Umweltwirkungen, Lärm, Diversifizierung etc.). Dann ist es im zweiten Schritt möglich und notwendig, den Einsatz von erneuerbaren Energien zusätzlich zum EEG-Ausbau voranzubringen.

Zusätzlich muss betrachtet werden, dass eine eventuelle Effizienzsteigerung durch Elektrofahrzeuge auch erst ab einem substanziellen Marktanteil am Gesamtfahrzeugmarkt erreicht werden kann. Auch wenn Elektrofahrzeuge zu günstigen Preisen und mit günstigen technischen Eigenschaften am Markt zur Verfügung stehen, werden die vorhandenen Fahrzeuge erst nach und nach durch Neufahrzeuge ersetzt. Wenn man realistischerweise davon ausgehen kann, dass ab diesem Zeitpunkt nur ein Teil aller Neuwagen elektrisch betrieben wer-

den wird die durchschnittliche Nutzungsdauer von PKW (etwa 12 Jahre) eine schnelle Marktdurchdringung und damit auch einen substantiellen Klimaschutzeffekt frühestens erst nach einem Jahrzehnt erreichen.

8.5.3 Wechselwirkung erneuerbare Energien und Elektromobilität

Die Wechselwirkungen zwischen erneuerbaren Energien und Elektromobilität lassen sich i. w. auf vier Ebenen beschreiben (siehe Abbildung 8.13).

1. Der Einsatz erneuerbarer Elektrizität als Fahrstrom für Elektroautos

Bei Elektrofahrzeugen entstehen, selbst wenn sie mit konventioneller Elektrizität geladen werden, i. d. R. kein wesentlicher Klimamalus; zugleich werden die anderen ökologischen Vorteile mit erschlossen. Dies ist aber in einer Gesellschaft, die sich ambitionierte Klimaziele gesteckt hat, nicht ausreichend.

Zu unterscheiden ist zwischen einer frühen Markteintrittsphase von Elektrofahrzeugen und einer langfristigen Perspektive. In der **Phase des Markteintritts** sollte nach Auffassung der Autoren möglichst bereits auch schon eine kausale Kopplung einer staatlichen Förderung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien unter Beachtung der Zusätzlichkeit der EE-Stromerzeugung vorgenommen werden: Wenn Fahrzeuge durch Steuerbefreiung oder Marktanreizprogramme gefördert werden, sollte mit einem pragmatischen Mechanismus der Bezug von Ökostrom gefordert werden. Dieser pragmatische Mechanismus sollte die anfangs geringen Strommengen berücksichtigen; beispielsweise könnte – gemessen durch einen Zähler im Fahrzeug – der Bezug von Ökostrom mit einem hohen Neuanlagenanteil zur Auflage für staatliche Förderung gemacht werden.

Der Schwerpunkt einer Förderung sollte zunächst aber auf der ganzheitlichen Effizienz-Optimierung im Zuge der Entwicklung von neuen Fahrzeugen liegen. Gerade die Entstehungsphase eines Marktes für Elektro-Autos bietet sich für die Erschließung der noch hohen EF-Potenziale in diesem Bereich und damit für die Vorgabe ambitionierter EF-Ziele, die dann direkt auf Forschung und Entwicklung wirken, an.

Zusätzlich sollte keine Anpassung des Emissionshandelscaps an die zusätzlichen Strommengen aus dem Verkehrssektor vorgenommen werden.

2. Elektroautos als Last für zusätzlichen (ggf. „überschüssigen“) erneuerbaren Strom.

In der **langfristigen Perspektive** relevant wird angesichts hoher Anteile fluktuierender Energieträger eine zweite Eigenschaft des Elektrofahrzeugs: die Möglichkeit der Energiespeicherung in der Batterie.

Elektro-Pkw können auf verschiedene Weisen zu einer Verbesserung der EE-Integration beitragen. Zunächst stehen sie grundsätzlich als zusätzliche Lasten zum einen für die Abnahme von Nachtstrom zur Verfügung. Dies ist insbesondere für die Betreiber von Kraftwerken mit potenziell hohen Volllaststunden zur Steigerung ihrer Wirtschaftlichkeit von Interesse. Sie können aber auch zur Speicherung von „überschüssigem“ EE-Strom eingesetzt werden. Hierzu ist allerdings zunächst zu bestimmen, was genau unter überschüssigem EE-Strom zu verstehen ist. Zum einen kann es sich um EE-Strom handeln, der aufgrund begrenzter Netzkapazitäten nicht abtransportiert bzw. verteilt werden kann und der im Fall eines Erzeugungs- bzw. Einspeisemanagement durch eine Abregelung der Anlagen nicht erzeugt werden kann. Nennenswerte Mengen sind hier nur regional begrenzt und bei weiterem Ausbau der Windenergie an Land zu erwarten. Eine Größenordnung möglichen

„Überschuss-Stroms“ wurde in (Wietschel 2007) abgeleitet: „Die hier durchgeführten Simulationen haben ergeben, dass bei einer installierten [Windanlagen-] Kapazität in der Nordseeregion von 38 GW bzw. 48 GW und einer unterstellten Grundlast knapp 7,1 % bzw. 17,3 % der regional produzierten jährlichen Windenergie vom Stromnetz nicht mehr abgenommen werden können.“

Die zeitflexible Betankung von Elektroautos ist nicht nur eine Möglichkeit, sondern auch eine technische Notwendigkeit, da ansonsten netzseitige Restriktionen insbesondere im Verteilnetz wirksam werden könnten.

3. Elektroautos als Quelle für Regelleistung und ggf. Energiespeicherkapazität

Die Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz bietet auch die Möglichkeit, besondere Netzdienstleistungen anzubieten. Besonders in zukünftigen dezentralen Netzen können Elektrofahrzeuge Energiespeicherkapazität und Regelleistung bereitstellen. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Arten an Regelleistungsreserven und Elektro-PKW ergeben sich sehr verschiedene Potenziale und Anforderungen im Sinne von verfügbaren Fahrzeugen für den Einsatz von Elektro-PKW als Baustein eines virtuellen Regelkraftwerks.

Elektroautos speichern wenig *Energie*menge in ihrer Batterie – die zur Einspeicherung bzw. Entladung zur Verfügung stehende Menge wird zudem durch die erforderliche Restmenge für die Fahrten, die maximal zulässige Tiefentladung, die erlaubte Zyklenzahl und das Energiemanagement begrenzt. Aber ihre kumulierte Anschluss*leistung* ist insgesamt hoch.

1 Millionen Elektroautos können lediglich 10 GWh an elektrischer Energie aufnehmen, wenn man 10 kWh/Fahrzeug zu Grunde legt. Dies entspricht wenig mehr als der Speicherinhalt eines großen Pumpspeicherkraftwerks (Goldisthal: 8,5 GWh). Hingegen liegt das Speicherpotenzial von Druckluftspeichern insgesamt bei rd. 3 TWh, also drei Größenordnungen höher.

Während also das Energiespeicherpotenzial von Elektroautos nicht überschätzt werden darf, ist das Angebot von Elektroautos an möglicher Regelleistung groß. Die 1 Millionen Fahrzeuge könnten theoretisch 3 GW an positiver/negativer Regelleistung bereitstellen (Annahme: Anschlussleistung 3 kW[123]). Dies ist knapp die Hälfte der gesamten installierten Pumpspeicher-KW-Leistung (6,7 GW_{el}).

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Arten an Regelleistungsreserven und Elektro-PKW ergeben sich sehr verschiedene Potenziale und Anforderungen im Sinne von verfügbaren Fahrzeugen für den Einsatz von Elektro-PKW als Baustein eines virtuellen Regelkraftwerks, wie sie in Tabelle 8.5 exemplarisch für bestehende und prototypische Elektro-PKW dargestellt sind. Demnach würden für den Einsatz im Bereich der Minutenreserve am wenigsten Elektro-PKW benötigt, da hier bereits relativ niedrige Blockgrößen auf dem Markt angeboten werden können. Zudem wird die jeweils verfügbare Anschlussleistung des Netzes in vielen Fällen, insbesondere bei Kapazitätssteigerung der Batterien, die wesentliche Grenze für die verfügbare, netzgekoppelte Leistung der Elektro-PKW sein. Als vorteilhaft für die Minutenreserve erweist sich außerdem, dass die tatsächlich abgerufene Leistung nur 1 % der vorgehaltenen Minutenreserve beträgt (Deutsche ÜNB in (Wietschel und al. 2007)). Damit wird die Batteriezyklenzahl reduziert.

[123] Begrenzt durch die Anschlussleistung; in der Praxis sind auch deutlich höhere Anschlussleistungen denkbar, siehe z. B. Dreiphasenanschluss.

Tabelle 8.5: Potenzielle Regelreservebeiträge verschiedener Elektro-PKW-Prototypen und daraus resultierender minimal verfügbarer Elektro-PKW-Bestand (nach Kempton und Tomic 2005; eig. Berechnungen)

Elektro-PKW-Typen	Primärregelung (Sekundenreserve)[1)]	Sekundärregelung (Rotierende Reserve)[2)]	Tertiärregelung (Minutenreserve)[3)]	Stunden-reserve
Batterie: Toyota RAV4 EV	≤ AL* 8.334 Fz.	≤ AL* 8.334 Fz.	≤ 7,0 kW 143 Fz.	–
Plug-in Hybrid: DaimlerChrysler Sprinter	≤ 8,8 kW 11.364 Fz.	≤ 2,2 kW 45.500 Fz.	≤ 2,2 kW 455 Fz.	–
Brennstoffzelle: Prodigy P2000	–	≤ AL* 8.334 Fz.	≤ AL* 84 Fz.	–

* Individuelle Anschlussleistung für den jeweiligen Elektro-PKW (Annahme: 12 kW, da meldepflichtige Anschlussgrenze im Niederspannungsnetz)
[1)] Für eine Einsatzdauer ≤ 15 min. und eine minimale Blockgröße von 100 MW;
[2)] Für eine Einsatzdauer ≤ 60 min. und eine minimale Blockgröße von 100 MW
[3)] Für eine Einsatzdauer ≤ 60 min. und eine minimale geforderte Blockgröße von 1 MW

4. Substitution von Biokraftstoffen

Durch die Einführung erneuerbarer Elektrizität werden – je nach Anerkennung grünen Stroms im Rahmen der Biokraftstoff-Zielsetzung und Steuerung der Stoffströme durch Steuererleichterung, Beimischungspflicht und Einspeisetarifen – u. U. Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe frei, die dann anstelle des Biokraftstoff-Sektors klimaeffizienter in den Sektoren Stoffliche Nutzung und Stationäre Nutzung (v. a. Kraft-Wärme-Kopplung) oder für andere agrarische Zwecke eingesetzt werden können. Auch solche Effekte sind ganzheitlich zu betrachten.

In einer Überschlagsrechnung ist die mit einer gegebenen Menge an fester Biomasse erreichbare Fahrstrecke bei Umwandlung über den Pfad Biomasse-Kraftwerk → Elektroauto 50 % größer als über den Pfad Biomass to Liquid → Dieselfahrzeug, selbst wenn man bei der Biomasse-Verstromung keine Wärmeauskopplung annimmt.[124]

[124] Annahme elektr. Nutzunggrad KW 0,3, BTL-Anlage 0,45, Elektroauto 0,18 kWh/km, Diesel-Pkw 4 l/100km

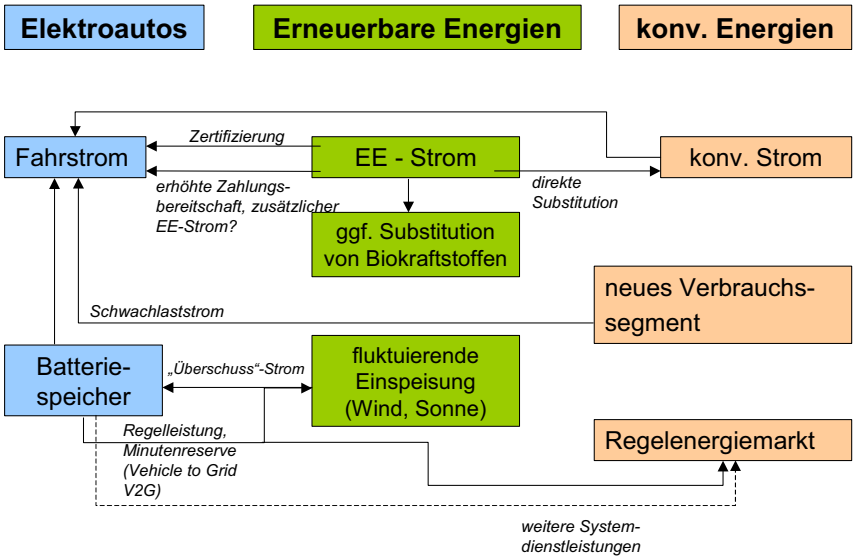


Abbildung 8.13: Wechselwirkung zwischen erneuerbaren Energien und Elektromobilität

8.5.4 Voraussetzungen für den Einsatz von erneuerbaren Energien-Strom im Straßenverkehr

Im Gesamtsystem ist das Ziel eines bestimmten Anteils von Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor von anderen Faktoren mit bestimmt. Dies wird z.B. deutlich an den Energieeffizienzzielen der EU (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2006). Je geringer der Gesamtenergieverbrauch des Transportsektors, desto geringer ist die notwendige Menge an erneuerbaren Energien zur Erreichung eines festgesetzten Anteils. Zusätzlich gilt es aber auch die Gesamtklimaschutzziele zu beachten und CO_2-Minderungspotenziale nicht nur zwischen verschiedenen Sektoren zu verschieben. Aus diesen Überlegungen heraus ist die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien im Straßenverkehr nur dann ein Beitrag zum Klimaschutz, wenn bestimmte Rahmenbedingungen im Gesamtsystem beachtet werden.

Strom aus erneuerbaren Energien für den Straßenverkehr muss zusätzlich erzeugt werden. Klimaschutzanstrengungen im Verkehrsbereich müssen die Klimaschutzanstrengungen im stationären Sektor ergänzen. Nur wenn in beiden Bereichen die CO_2-Emissionen deutlich gemindert werden, sind die Klimaschutzziele erreichbar. Im stationären Bereich gibt es effektive Instrumente zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung (z.B. EEG). Daraus resultiert ein Wachstumspfad, auf dem die Ziele für die zukünftige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufbauen. Dieses Wachstum ist bereits in den Klimaschutzzielen des stationären Sektors einberechnet, eine Nutzung von EE-Strom im Verkehr muss also den Anteil über den vorhandenen Wachstumspfad hinaus erhöhen. Ohne diese Erhöhung gäbe es bei der Nutzung von EE-Strom im Verkehr nur eine Verschiebung der Strommengen (und der CO_2-Minderung), aber keine zusätzlichen Impulse. Die notwendige Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im stationären Sektor wäre geringer. In der Summe hätte die Nutzung von erneuerbaren Energien im Verkehr also keinen zusätzlichen Ausbau zur Folge, es handelt sich lediglich um einer Verlagerung der Nutzung. Wenn man also aus der Nutzung der erneuerbaren Energien als Fahrstrom einen zusätzlichen Anreiz zum Ausbau der erneuerbaren Energien erhalten möchte, muss dieser Ausbau zusätzlich zum EEG-Strom erfolgen. Die Kopplung der Nutzung von Strom im Stra-

ßenverkehr mit erneuerbaren Energien sollte gleich am Anfang der Einführungsphase von Elektromobilen erfolgen, insofern staatliche Vergünstigungen gewährt werden.

Es gibt derzeit jedoch noch kein Konzept, wie zusätzlich erzeugter EE-Strom aus dem mobilen Sektor finanziert und erzeugt werden soll. Auf der einen Seite muss geklärt werden, wie der Geldfluss aus dem Verkehrssektor erfolgt. Das kann durch Strafzahlungen der Automobilhersteller bei Verfehlung der CO_2-Ziele erfolgen, aber auch durch eine Umlage ähnlich der Mineralölsteuer oder durch eine Kopplung des Bezugs von Ökostrom an staatliche Förderprogramme.

Schwierig wird es im nächsten Schritt, zusätzliche Potenziale für den Ausbau der Stromerzeugung aus den erneuerbaren Energien zu finden. Das EEG ist ein machtvolles Anreizinstrument für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Anlagen, die außerhalb des EEG gebaut und betrieben werden, wie das derzeit bei einigen Ökostromanbietern der Fall ist, sind entweder nicht wirklich zusätzlich oder unwirtschaftlicher. Im ersten Fall werden Anlagen gefördert, die auch im EEG wirtschaftlich wären. Daher bieten sie keine Strommengen über die vom EEG zu erwarteten Mengen hinaus. Für Investoren wäre eine solche Konstruktion auch nur attraktiv, wenn es eine höhere Gewinnerwartung als bei EEG-Anlagen gäbe. Das hieße aber, dass die Förderung ineffizienter wäre und Mitnahmegewinne flössen. Im zweiten Fall würden Anlagen gefördert, die im EEG nicht wirtschaftlich wären. Das sind aber ineffizientere Anlagen oder Anlagen, die an schlechteren Standorten erbaut würden. Hier wäre genau zu betrachten, ob eine solche Investition gesamtwirtschaftlich sinnvoll wäre. Eine Ausnahme könnte die Offshore-Windenergie sein, bei der große Anfangsinvestitionen eine grundlegend notwendige und effiziente Technologie bisher verhindern.

Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die Einbeziehung von solarthermischen Kraftwerken (CSP). In vielen Energieszenarien (z.B. Nitsch 2008) wird davon ausgegangen, dass Deutschland und Europa in Zukunft Strom aus erneuerbaren Energien importieren. Eine mögliche Quelle sind solarthermische Kraftwerke in Nordafrika, die den erzeugten Strom nach Europa leiten. Der Aufbau einer solchen Stromerzeugungs- und Netzinfrastruktur ist eine große gesamtgesellschaftliche Aufgabe mit hohem Finanzierungsbedarf.

Eine dritte Variante ist die Nutzung von Strom aus Anlagen, die sonst eine EEG-Vergütung erhalten hätten, auf diese aber zugunsten einer Vermarktung als „Elektroauto-Strom“ verzichten.[125] Dadurch sinken die Differenzkosten des EEG. Dahinter steht die Überlegung, dass auch die Differenzkosten des EEG ein Flaschenhals sein können und dass durch die Herausnahme aus dem EEG eine tatsächliche Zusätzlichkeit erreicht wird. Zusätzlich dürften diese Strommengen dann auch nicht auf das EEG-Mengenziel von mind. 30 % Stromerzeugungsanteil im Jahr 2020 angerechnet werden.

Verschiedene Modelle der Kopplung von erneuerbaren Energien an Elektromobilität, insbesondere des Ökostrommarktes werden in einem Folgevorhaben im Auftrag des BMU vergleichend untersucht.[126]

[125] Im Rahmen der derzeit stattfindenden Überarbeitung des Wälzungsmechanismus des EEG ist beispielsweise denkbar, dass bestimmte Strommengen vom Übertragungsnetzbetreiber an Elektroauto-Kunden vermarktet werden, die dann diesen Teil der Mehrkosten des EEG tragen. Dadurch sinken die allgemeinen, auf alle Kunden umgelegten Differenzkosten. Zusätzlich sollte eine Anpassung des Mengenziels um die Elektroauto-Strommengen erfolgen, falls es nicht zu einer Übererfüllung dieses Ziels kommt.

[126] „Beratungsauftrag Elektromobilität“, Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums

Die Nutzung von erneuerbaren Energien-Strom im Straßenverkehr muss auch aus dem Verkehrssektor bezahlt werden. Dieser Aussage liegt ebenfalls der Gedanke zugrunde, dass die Steigerung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für den Verkehr nicht auf Kosten der stationären Nutzung erfolgen sollte.

Der Ausbau der Stromerzeugung durch erneuerbaren Energien fand bisher ausschließlich im stationären Sektor statt. Zentrales Instrument ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Bezahlt wird die Vergütung von den Stromkunden, bei denen auf die Stromrechnung ein zusätzlicher EEG-Beitrag aufgeschlagen wird. So leisten auch Kunden, die selber nur den üblichen Strommix beziehen, ihren Beitrag zum Klimaschutz und zum Ausbau der Erneuerbaren Energien. Wenn nun dieser Strom aus dem Ausbau der erneuerbaren Energien im Rahmen des EEG genutzt wird, um Fahrzeuge anzutreiben, werden die zusätzlichen Kosten für den Strom weiterhin von allen Stromkunden aufgebracht. Der stationäre Sektor finanziert also die CO_2 -Minderung des mobilen Sektors. Es ist allerdings nicht nachvollziehbar, weswegen die Steigerung der erneuerbaren Energien im Verkehr von den Stromkunden finanziert werden soll. Zusätzlich ergibt sich das Problem, dass die CO_2-Minderung im Verkehrssektor durch EE-Strom derzeit durch den Emissionshandel im stationären Sektor angerechnet wird.

8.6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für den Verkehrssektor – PKW- und Eisenbahnverkehr

Der Energieverbrauch des Verkehrssektors steigt beständig und lässt auch in der Zukunft weiteres Wachstum erwarten, wobei die weitere Entwicklung insbesondere durch den zunehmenden Straßengüterverkehr sowie den steigenden Luftverkehr geprägt wird. Der Verkehrssektor steht demnach vor der Herausforderung, zuerst den Wachstumstrend bei den Verkehrsleistungen zu durchbrechen, bevor eine nachhaltige Reduzierung der CO_2-Emissionen erreicht werden kann. Daher sollten Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger und eine Verbesserung der technischen Energieeffizienz im Vordergrund stehen.

Der heutige Verbrauch von mineralischem Benzin und Diesel wäre jedoch weder aus quantitativer noch aus nachhaltiger Sicht durch Biokraftstoffe vollständig und sinnvoll zu ersetzen. Dies gilt um so mehr für die Vorstellung zukünftig steigender Nachfrage sowie die heute bereits auftretenden Rebound- und Backfire-Effekte. Eine Steigerung der Energieeffizienz kann nicht nur durch eine Verbesserung der Energieumwandlung von Antriebsaggregaten erfolgen, sondern auch durch einen Wechsel zu energieeffizienteren Verkehrsträgern ebenso wie z.B. eine zielorientierte Stadtplanung und gezielte Förderung verkehrssparsamer Infrastrukturen. Eine EF-Steigerung bewirkt automatisch einen höheren EE-Anteil am Energieverbrauch und sollte daher Vorrang vor Maßnahmen zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien im Verkehrssektor und einer Verzahnung ohne Synergieeffekte haben.

Für den Straßen- bzw. PKW-Verkehr wurden von den Autoren keine neuen Ansatzpunkte für eine sinnvolle Verzahnung von EE und EF ausfindig gemacht. Hierfür wird aber auch keine Notwendigkeit gesehen, da es bereits im Prinzip wirksame Instrumente sowohl für eine Steigerung der Energieeffizienz von Fahrzeugen (CO_2-Ziele für Neuwagen) und eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs (CO_2-KFZ- und Öko-Steuer, LKW-Maut) als auch für den Einsatz von EE-Kraftstoffen (Beimischungsquote) gibt. Die Herausforderung besteht viel-

mehr in der Optimierung und tatsächlichen bzw. schnelleren Realisierung der bestehenden Instrumente und ihrer Ziele. In diesem Sinne wird daher empfohlen (siehe Tabelle 8.6):

- die einzige vorhandene, aber negative wirkende Verzahnung – die Anrechnung von Bio-Kraftstoffen bei der Erreichung der CO_2-Zielvorgabe für neue PKW – wieder aufzulösen,
- darüber hinaus separate technologiespezifische Zielvorgaben für den Verbrauch von Nebenaggregaten einzuführen und unabhängig davon aber vorteilhaft dafür den NEFZ-Messzyklus um separate Messungen mit und ohne Nebenaggregate zu erweitern sowie
- generell die Steigerung der Energieeffizienz, die Verringerung des Kraftstoff-Verbrauchs und die Erhöhung des Anteils von EE-Kraftstoffen vorzugsweise parallel zu verfolgen, die entsprechenden Instrumente unabhängig voneinander zu optimieren sowie hemmende bzw. gegenläufige Faktoren wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenwagen zu beseitigen.

Die Eisenbahn wird bei einem Ersatz ihres „Atomstrom"-Anteils durch nicht regenerativ erzeugten Strom ihren Klimavorteil gegenüber den anderen Verkehrsträgern gefährden. Hier ist ein Gegensteuern nötig. Die Deutsche Bahn kann dazu sowohl selber in den Ausbau erneuerbarer Energien investieren, sie kann die Flexibilitäts-Mechanismen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie der EU nutzen und sie vermag schließlich Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeuge nehmen. Die Deutsche Bahn AG ist somit und aufgrund ihres dominanten Marktanteils grundsätzlich ein wichtiger Akteur für eine Verzahnung von Erneuerbaren und Energieeffizienz. Die Selbstverpflichtung der Deutschen Bahn, die spezifischen CO_2-Emissionen um 20 % bis 2020 gegenüber 2002 senken zu wollen, als auch das EU-Ziel der neuen EE-Richtlinie, einen EE-Anteil von 10 % am gesamten Energieverbrauch des gesamten Verkehrssektors in 2020 zu erreichen, stellen selber zwar noch keine Verzahnung dar, sie bilden diesbezüglich aber Leitplanken und eröffnen einen Spielraum für Verzahnung. Konkrete Maßnahmen zur Verzahnung von EE und EF gibt es derzeit gleichwohl nicht, es konnten aber folgende neue Ansatzpunkte für eine Verzahnung identifiziert werden (siehe Tabelle 8.6):

- Die Vorgabe von – dynamischen – Zielen für den EE-Bahnstromanteil, z.B. in Höhe von 100 % in 2020. Der Bahnstrom könnte somit maximal zum EU-Ziel (10 % in 2020) für den EE-Anteil im Verkehrssektor beitragen und dadurch den benötigten Umfang an Bio-Kraftstoffen verringern. Es wäre dann mehr Biomasse für den stationären Sektor verfügbar, die hier im Vergleich zum Verkehrssektor effizienter eingesetzt werden kann.
- Zunächst allein im Hinblick auf eine technische EF-Steigerung wäre die Einführung einer Regelung von Verbrauchsstandards in Analogie zum PKW-Verkehr ein möglicher Ansatz. Hier sind jedoch vorab vertiefende Analysen sowie eine Regelung auf EU Ebene anzuraten, da im Binnenmarkt Einzellösungen der Mitgliedsstaaten unrealistisch sind. Eine Verzahnung könnte dann hier – wie beim PKW – durch eine begrenzte Anrechnung bei der Erreichung der EE-Ziele (und umgekehrt) vorgenommen werden.
- Im Zuge der öffentlichen Beschaffung durch Ausschreibungen kann schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern künftig stärker berücksichtigt werden. Bei der Beschaffung ist

prinzipiell auch ein Kopplung von Effizienz und Erneuerbare Energien möglich. Allerdings ist dabei unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen durch den Ausbau der Regenerativen Energien ausgespielt werden und eine negativ wirkende Verzahnung erzielt würde. Dieser Ansatzpunkt sollte zumindest im Hinblick auf die Energieeffizienz weiter verfolgt und vertieft werden, was im Rahmen dieses Projekts nicht möglich war.

Insgesamt werden für den Verkehrssektor keine sinnvollen Ansätze für Verzahnungen von EE und EF gesehen, sondern im Gegenteil dazu geraten bestehende Verzahnungen zu Gunsten von ambitionierten Parallel-Strategien für EE und EF aufzulösen.

Tabelle 8.6: Überblick über (neue) Ansatzpunkte und Vorschläge hinsichtlich einer Verzahnung von EE und EF im Verkehrssektor und deren Umsetzungsstand

Energiebalance-Vorschlag			
	Beschreibung	**Vorschlag**	**Umgesetzt?**
Straßen-/PKW-Verkehr			
Änderung der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch	Die Anrechnung von Bio-Kraftstoff (10gCO2/km) führt zur Aufweichung und Verzögerung der EF-Steigerung	Zurücknahme der Anrechnung von Bio-/EE-Kraftstoff und anderen technischen Maßnahmen zur Erreichung der EF-Ziele	X
Erweiterung des NEFZ-Meßzyklus	Die Nebenaggregate und ihr Kraftstoffverbrauch werden bei der Messung nicht mit erfasst	Messzyklus einmal mit und einmal ohne Nebenaggregate durchführen	X
Einführung von EF-Zielen für Nebenaggregate	Es gibt bisher keine Vorgaben für die EF von Nebenaggregaten wie z.B. Klimaanlagen	Separate technologie-spezifische EF-Ziele für PKW-Nebenaggregate einführen	X
Elektromobilität			
Ökostrom	Förderung zusätzlicher erneuerbarer Energieanlagen zur Deckung des Elektroautostrombedarfs	Bei staatlicher Förderung sollte ein einfacher Mechanismus wirksam werden, der einen Bezug von Ökostrom aus zusätzlichen Anlagen und Anreize zum Lastmanagement vorsieht.	X
Lastmanagement zur Systemintegration erneuerbarer Energien	Berücksichtigung im Rahmen des EEG-Kombikraftwerksbonus		(✓)
Schienen-/Eisenbahnverkehr			
EE-Zielvorgabe für Bahnstrom	Bisher keine eigenen Investitionen in EE-Anlagen; Ersatz des „Atomstrom"-Anteils durch Kohlestrom geplant	Zielvorgaben für Bahnstrom einführen (z.B. 100 % EE-Strom in 2020)	X
EF-Ziele für Schienenfahrzeuge (BAT-Ansatz)	Es gibt noch große unerschlossene technische Potenziale zur EF-Steigerung	Prüfung einer Einführung von EF-Zielen analog zum PKW	X
Erweiterung von öffentlichen Ausschreibungen	EE und EF spielen bisher bei Ausschreibungen nur eine geringe Rolle	Einführung von Vorgaben für EF- und EE-Zielen und Kriterien bei öffentlichen Ausschreibungen von Verkehrsleistung durch die Bundesländer	X

9 Ausblick

Das Projekt „Energiebalance“ hat auf verschiedenen Ebenen und in unterschiedlichen Dimensionen Fragen der Verzahnung von Erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz (EF) detailliert untersucht:

- Wo findet Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz statt und wo nicht?
- Wo ist Verzahnung sinnvoll und wo ist eine – bereits bestehende – Verzahnung mit Blick auf das Erreichen der Klimaschutzziele vielleicht sogar eher hinderlich?
- Welche Konzepte, Instrumente und technologische Maßnahmen der Verzahnung sollten in welchem Bereich eingeführt oder verstärkt, welche entflochten werden?

Während übergreifende Ziele, Indikatoren und Strategien, Forschungs- und Innovationsförderinstrumente sowie Bildungsmaßnahmen nach Möglichkeit integrativ für Effizienz und Erneuerbare festgelegt werden sollten, hat das Projekt Energiebalance auf diese Fragen – abhängig vom Einsatzfall und Betrachtungsgegenstand – eine Fülle verschiedener Antworten gegeben, die im einen Fall in die Empfehlung zusätzlicher Anforderungen (beispielsweise Effizienzanforderungen im MAP und EEG) und neuer technologischer Zugänge (EE-Versorgung von Passivhäusern) münden, im anderen Fall jedoch auch Empfehlungen für eine Entflechtung beider Bereiche enthalten (beispielsweise EnEV/Wärmegesetz und EU-Richtlinie zu CO_2-Emissionen von neuen PKW-Flotten) (Tabelle 1.1).

Die detaillierten Einzelaspekte hier zusammenfassen zu wollen, würde der Fülle des Projektes nicht gerecht. Diesbezüglich wird auf die Kurzfassung in Kapitel 1 und Tabelle 1.1 verwiesen.

Stattdessen sollen hier drei Grafiken stellvertretend die Verzahnungsaspekte in den drei Sektoren visualisieren.

Im **Gebäudebereich** ist in vielen Bereichen eine bessere Verzahnung von EE und EF aus Energiebalance-Sicht sinnvoll. Bereits bei der Beratung (z. B. Vor-Ort-Energieberatung) wie auch beim integrierten Planungsansatz, aber auch bei der baubegleitenden Qualitätssicherung und der Förderung (MAP) entstehen durch den Verzahnungsansatz positive Synergieeffekte.

Eine Entflechtung aus Energiebalance-Sicht ist allerdings bei der zur Zeit bestehenden bzw. bei der geplanten EnEV wünschenswert. Durch die Verschärfung der EnEV-Anforderungen wie auch durch die Entflechtung könnten wirtschaftlich sinnvolle Energieeffizienzstandards bezüglich der Gebäudehülle und Gebäudetechnik zur Verpflichtung werden und weitgehende Kompensationsmöglichkeit mit erneuerbaren Energien vermieden werden. Demnach sollten Anforderungen zum Primärenergiebedarf und erneuerbaren Energien nur im Rahmen des EEWärmeG berücksichtigt werden, wodurch der Einsatz von erneuerbaren Energien obligatorisch wird. Untersuchungen zum EEWärmeG haben jedoch gezeigt, dass es sowohl auf Grund der Kosten wie auch der Investitionshöhe (Mehrkostenansatz) sinnvoller wäre, die Ersatzmaßnahmen (verbesserte Dämmung im Neubau) umzusetzen. Dadurch könnte sich das EEWärmeG zu einem Effizienzgesetz entwickeln. Eine Weiterentwicklung der Instrumente EnEV und EEWärmeG sollte jedoch in Zukunft immer unter Berücksichtigung der gegenseitigen Einflüsse erfolgen.

Im **Strombereich** bestehen neben einer Verbesserung von Verzahnungen (z.B. bei EEG) und einer Verzahnung von bestehenden Instrumenten (KWKG) vor allem eine Reihe an völlig neuen Optionen für verzahnende Instrumente. Hierzu gehören:

- die Möglichkeit, Anreize zur Minderung der (durch den EE-Ausbau beeinflussten) Verlustenergie in der Anreizregulierung zu implementieren und dadurch einen zusätzlichen Anreiz für die Optimierung der Infrastruktur zu schaffen
- die Förderung und/oder Forderung einer Aufstellung von Wärmeplänen inkl. Ausweisung von sinnvollen KWK-Vorranggebieten im Sinne einer integrierten Planung, um einen möglichst hohen Gesamtnutzungsgrad in der Wärmeversorgung zu erreichen;
- die Förderung und/oder Forderung von „Effizienzkraftwerken“ und „Smart Grids“ – inkl. der Einführung von Informations- und Telekommunikationstechnik, um EE- und EF-Maßnahmen besser/strukturell miteinander verknüpfen, EE besser integrieren und die Stromversorgung insgesamt flexibler gestalten zu können, sowie
- die stärkere Berücksichtigung von Integraler Planung bereits in der Aus- und Weiterbildung – z.B. durch Aufnahme in Lehr- und Prüfungspläne.

Darüber hinaus kann diskutiert werden, Politikinstrumentetypen, die in einem Bereich sich als erfolgreich herausgestellt haben, auf den anderen Bereich zu übertragen. Konkret diskutiert wurde im Energiebalance-Projekt, ob die Übertragung des EEG auf den EF-Bereich im Sinne eines Negawatt-Einspeise-Gesetzes (NEEG) wirksam und praktikabel wäre. Hier wurden verschiedene Vorschläge untersucht, aber vor einer abschließenden Empfehlung die Notwendigkeit ihrer Diskussion in einem größeren Expert/innen-Kreis und der Test des NEEG in einem beschränkten Rahmen gesehen.

Für die Entflechtung einer bestehenden Verzahnung wird dagegen keine Notwendigkeit gesehen, gleichwohl aber für ihre ständige Optimierung und Anpassung. Dies gilt besonders für die Effizienz-Boni im EEG und in den Förderprogrammen des Bundes, die sowohl mit der technologischen Entwicklung als auch der Praxis-Anwendung Schritt halten sollten.

Im **Verkehrsbereich** werden im Unterschied zu den beiden anderen Bereichen vorrangig ein Bedarf an Entflechtung der bestehenden Verzahnung im PKW-Bereich und nur wenige sinnvolle Ansatzpunkte für eine neue Verzahnung gesehen (siehe Abbildung 9.3). Dies liegt daran, dass im Verkehrsbereich selber kaum Synergieeffekte durch einen EE-Einsatz realisiert und die EE zudem stationär in der Regel deutlich effizienter als mobil genutzt werden können. Unabhängig davon ist einerseits die Biomasse nur sehr begrenzt für eine Kraftstoffherstellung verfügbar, andererseits gibt es noch sehr große Effizienz-Potenziale. Daher erscheint der Verkehrssektor generell wenig für Verzahnungen von EE und EF geeignet. Stattdessen sollten EE und EF besser jeweils gezielt, aber unabhängig voneinander gefördert und gefordert werden. Dabei sollten Strategien und Maßnahmen zur EF-Steigerung aus obigen Gründen Priorität haben, zumal damit automatisch eine Erhöhung des energiebezogenen EE-Anteils verbunden ist.

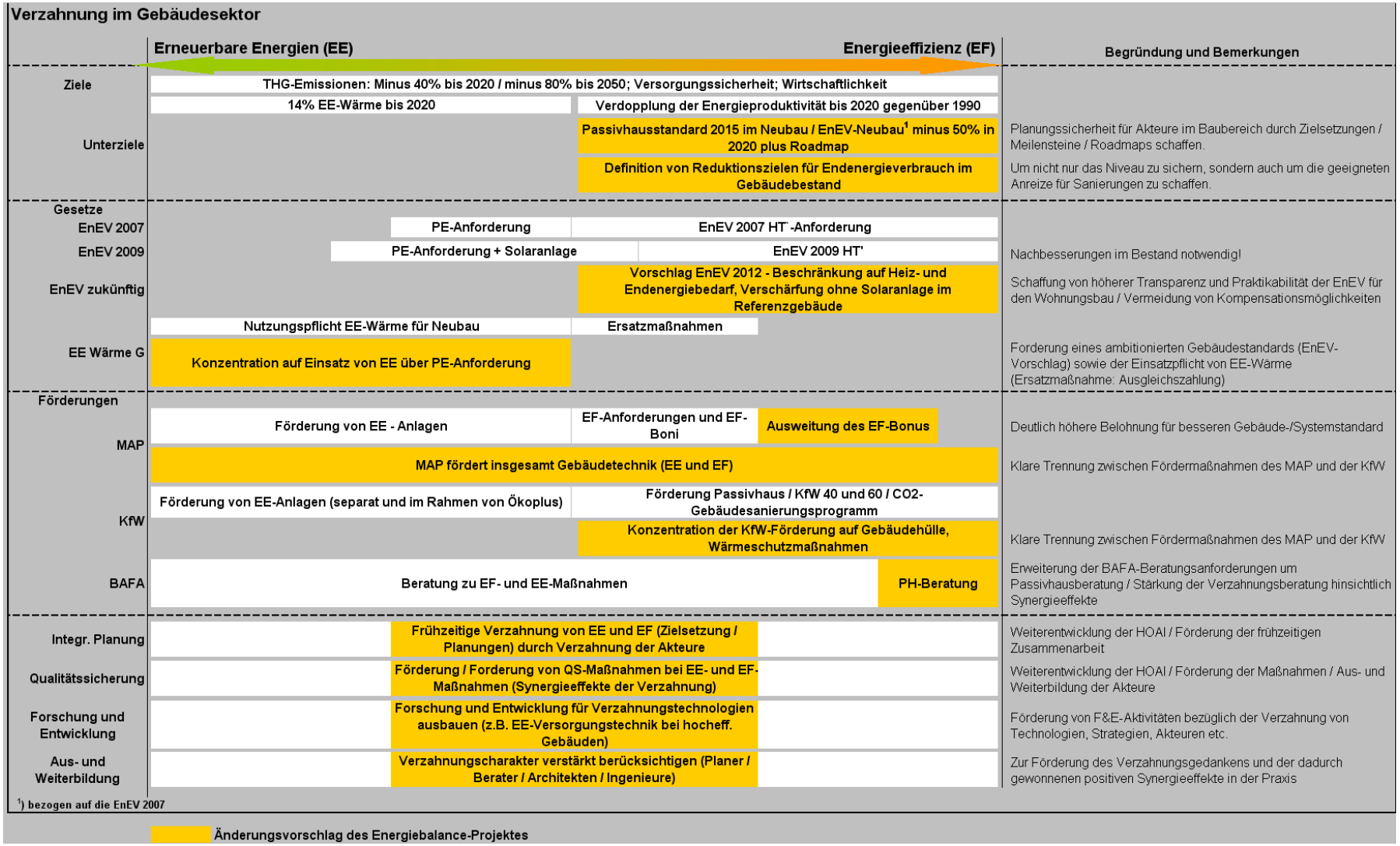


Abbildung 9.1: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Gebäudesektor (eigene Darstellung)

Verzahnungsgrafik zum Strombereich

	Erneuerbare Energien (EE)	Energieeffizienz (EF)	Begründung
Ziele	THG-Emissionen: Minus 40% bis 2020 / minus 80% bis 2050; Versorgungssicherheit; Wirtschaftlichkeit		
Unterziele	EE-Anteil bis 2020 auf min. 30% erhöhen; KWK-Anteil bis 2020 auf 25% erhöhen; Ziel für Stromeinsparung 11% für 2006-2020		
	Ausbau Stromnetze und Direktvermarktung	Verdopplung der Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990	
		Definition von Zielgrößen für die Verlustenergie im Netz	Um nicht nur das Niveau zu sichern, sondern auch um die geeigneten Anreize für Stromeinspar-Instrumente zu schaffen.
Übergreifende Preis- oder Mengensteuerung*			
EEG	Förderung von EE - Anlagen durch Vorrang- und Vergütungsregelung	Anreize zur Anlageneffizienz über Vergütungshöhe und Größenstaffelung; KWK-Bonus	Implizite und explizite Anreize bezüglich der Anlageneffizienz und der Wärmeauskopplung
NEEG (neu)		Hersteller-Prämien für Innovation & Markttransformation - Finanzierung Technologieförderung durch Umlage über Netznutzungsentgelte	Testen der Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich mit Technologieförderung ähnlich wie beim EEG
		Pilotprogramm (Testprogramm) mit pauschalen Vergütungen für die Umsetzung gebündelter EF-Aktivitäten bzw. EF-Programme	Testen der Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich mit pauschalen Vergütungen für Stromeinsparungen
KWKG	Förderung von (anteiliger) Biomasse-Mitverbrennung in hocheffizienten KWK-Anlagen	Förderung von KWK-Anlagen durch verschiedene Vergütungen und Boni Neu ab 2009: auch für selbstgenutzten Strom sowie Förderung v. Neu-/Ausbau von Wärmenetzen (bis 20% Investkosten)	Anreize zur (teilweisen) Umstellung von fossilen auf regenerative Energieträger durch Mitverbrennung auch in großen hocheffizienten KWK-Anlagen sinnvoll; durch Förderung Zusatzkosten (z.B. zusätzliche Rauchgasreinigung, Mehraufwand Logistik und Wartung etc.) kompensieren
Technologie- / Sektorspezifische Förderprogramme	Förderprogramme des Bundes, der Länder und der Kommunen sowie Dritter (z. B. Energieunternehmen): Einzeltechnologieförderung		
	Technologien	Konzepte	
Förderprogramme des Bundes (MAP, KFW)	Förderung von EE - Anlagen	EF-Anforderungen und EF-Boni Ausweitung des EF-Bonus	Integration von Stromeffizienz-Anforderungen und -Anreizen in die EE-Förderung soweit sinnvoll
Klimaschutz-Impulsprogramm zur Förderung von Mini-KWK-Anlagen (BMU)		Basisförderung: Leistungs- und vollbenutzungsstundenabhängiger Investitionskostenzuschuss für Mini-KWK-Anlagen < 50 kW_{el} Bonusförderung: Umweltbonus für Schadstoffemissionen < 50% von TA Luft	
EnergieSparFonds		Verknüpfung der Förderungen von Beratung, Technologie und Umsetzung / Umsetzungsbegleitung zur Systemoptimierung	NEEG-Modell benötigt Ergänzung um technologie- und sektorspezifische Förderinstrumente, die stärker die Systemoptimierung im Blick haben
Information / Beratung	EE- und EF-Information / dena-Kampagnen / Demonstrationsprojekte / Vor-Ort-Beratung des Bundes / Weitere Beratungsförderung (z. B. VZ, KfW)		Integrative Berücksichtigung von EE und EF in der Beratung und Information
Regulierung Netzentgelte	Berücksichtigung EE-Ausbau und der Möglichkeiten zur Reduktion der Verlustenergie in der Anreizregulierung		Derzeitige Anreizregulierung setzt Anreize für ineffiziente Betriebsmittelbeschaffung
Standards / Label		Effektive Kontrolle der Einhaltung der EU-Mindestenergieeffizienzstandards, Produktkennzeichnungen und weiterer Vorschriften für das Inverkehrbringen von Produkten (Ökodesign-Richtlinie)	Die Einhaltung der zum Teil bereits beschlossenen und der weiteren geplanten Anforderungen an Produkte müssen kontrolliert und sanktioniert werden, damit sie in der Praxis auch effektiv wirken.
Integrierte Planung	Lokale / regionale Wärmepläne 2020/2030/2050 mit Ausweisung von Fern- und Nahwärmegebieten (KWK-Vorranggebieten)		Die Erschließung von KWK-Potenzialen ist mit der erwarteten Veränderung der Wärmesenkenpotenziale bislang unzureichend abgestimmt.
Forschung und Entwicklung	"Effizienzkraftwerke" in "Smart Grids"		Förderung der intelligenten Kombination und Laststeuerung dezentraler und zentraler EF- und EE-Elemente,
Aus- und Weiterbildung	Berücksichtigung von integrierten Planungen in Aus-, Fort- und Weiterbildung sowie Hochschulstudiengängen		Zur Förderung des Verzahnungsgedankens und der dadurch gewonnenen positiven Synergieeffekte in der Praxis

* Stromsteuer und Abgaben sowie diesbezügliche Ausnahmeregelungen für bestimmte EE-/EF-Umsetzungen wurden als Politikinstrument im Energiebalance-Projekt nicht betrachtet, würden aber hier in diese Kategorie gehören

Änderungsvorschlag des Energiebalance-Projektes

Abbildung 9.2: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Stromsektor (eigene Darstellung)

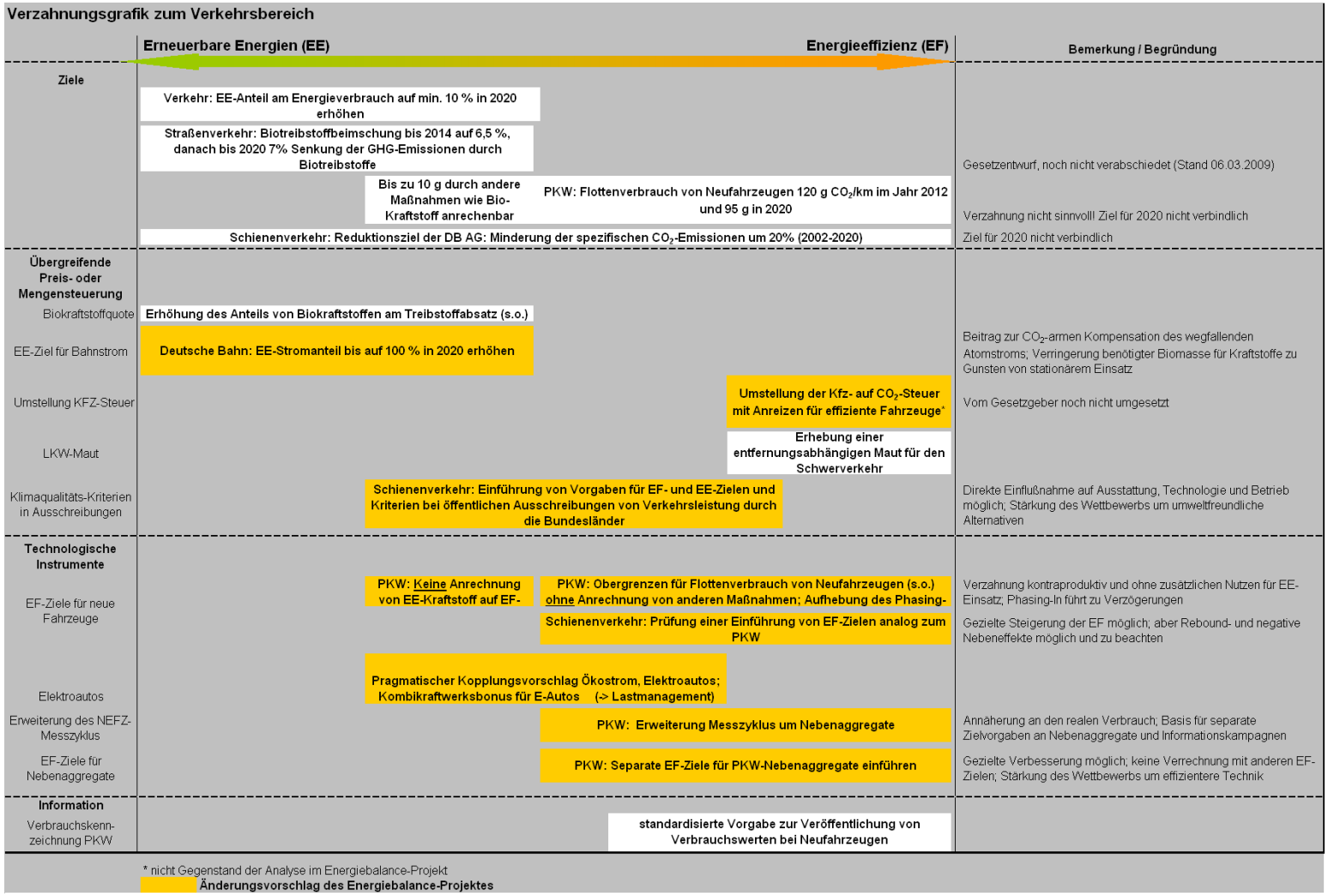


Abbildung 9.3: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Bereich Pkw und Schiene (eigene Darstellung)

Konkret sollte die bestehende Verzahnung, d.h. die im PKW-Bereich vorgesehene Anrechnung von Bio-Kraftstoffen auf die Erreichung des EF-Zieles der EU-Richtlinie zu CO_2-Emissionen von neuen PKW (Flotten), wieder aufgehoben werden. Grund: Sie führt bezogen auf Effizienz nur zu einer Aufweichung und Verzögerung von realistischen Zielen, ohne wenigstens einen zusätzlichen Beitrag oder Anreiz zum EE-Einsatz in Form von Bio-Kraftstoffen zu erzielen. Dagegen erscheint es **im PKW-Bereich** sinnvoll, für künftige Elektro-PKW eine instrumentelle Kopplung mit dem Bezug von EE-Strom zu entwickeln. Diese Kopplung darf einerseits nicht zu einer Aufhebung oder Schwächung des erfolgreichen EEG führen und sollte auf der anderen Seite sicherstellen bzw. ausreichend Anreiz dafür bieten, dass neue Anlagen gebaut und bestehende Anlagen besser integriert werden. **Im Schienenverkehr** erscheint es sinnvoll, für die öffentlichen Ausschreibungen von Verkehrsleistungen zusätzliche Kriterien mit Bezug zu EE und/oder EF zu entwickeln und die Vergabe daran zu knüpfen. Dadurch könnte ein stärkerer Wettbewerb um umweltfreundliche Technik als heute angestoßen werden, der positiv auf die einschlägige Forschung und Entwicklung ausstrahlen könnte.

Betrachtet man die Förderprogramme für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, kann man vielschichtige Überschneidungen in den jeweiligen Programmen erkennen. Einerseits gibt es Effizienzanforderungen bei der Förderung von EE-Anlagen im Marktanreizprogramm, andererseits können über KfW-Förderungen nicht nur Maßnahmen zu Gebäudedämmung gefördert werden, sondern auch Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energieträgern. Somit gibt es konkrete Fördertatbestände, die in zwei verschiedenen Bundesprogrammen berücksichtigt werden.

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind komplementäre, notwendige Strategiesäulen. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, sind verstärkte Anstrengungen in beiden Bereichen erforderlich. Damit nehmen aber auch die Überlappungen zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz tendenziell zu. Eine konsistente Politik sollte daher darauf achten, dass

- bei der Entwicklung oder Novellierung von Instrumenten zur Förderung der EE immer auch die möglichen Auswirkungen (positiv und/oder negativ) auf die Instrumente zur EF-Steigerung – und umgekehrt – analysiert und bewertet werden und dann bei Bedarf modifiziert werden;
- EE-Politikinstrumente konsequent hinsichtlich erforderlicher Effizienz-Anforderungen zu prüfen sind, um Fehlsteuerungen zu vermeiden. Wie zum Beispiel die Effizienzanreize im deutschen EEG oder die Bonusförderungen für effiziente Pumpen, Anlagen und Gebäude im Marktanreizprogramm für regenerative Wärmeversorgung zeigen, kann damit der Beitrag von EE zum Klimaschutz weiter gesteigert werden;
- eine Verzahnung von EE und EF auch eine gezielte Entflechtung der gesetzlichen Anforderungen bedeuten kann, wie das Beispiel der deutschen Energieeinsparverordnung zeigt, wo der Einsatz erneuerbarer Energien und die Energieeinsparung durch gebäudeseitige Maßnahmen gegeneinander verrechnet werden;
- die Politikinstrumente auch Voraussetzungen für neue, auf effiziente Anwendungen angepasste Infrastrukturen schaffen, beispielsweise Wärmenetze für die gemeinsame Versorgung besonders effizienter Gebäude;
- die gegenseitigen Synergien zu nutzen sind: so können erfolgreiche Politikinstrumente, die sich im EE-Bereich bewährt haben, auf den EF-Bereich übertragen werden (Diffusion

von Politikinstrumenten), um auch im EF-Sektor ein dauerhaftes und – für Endverbraucher wie Hersteller – verlässliches Politikumfeld jenseits kleiner, kurzlebiger Förderprogramme zu schaffen.

10 Literaturverzeichnis

ASUE (2005): BHKW-Kenndaten 2005 – Module, Anbieter, Kosten. Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE)

ASUE (2006a): Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen / Gasklimageräten. www.asue.de/veroff/g_w_pump/image/Heizen_und_Kuehlen_Gaswaermepumpen_2006.pdf und www.asue.de/veroff/g_w_pump/image/Gasklima_Folder_A4.pdf

ASUE (2006b): Marktübersicht Gasklimageräte, Gaswärmepumpen, Gasabsorptionskälteanlagen – Angebot und Anbieter: www.asue.de/images/veroeff_pdf/marktuebersicht_2006_gesamt.pdf

Auer et.al. (2005): Modellierung von Kraftwerksbetrieb und Regelenergiebedarf bei verstärkter Einspeisung von Windenergie in verschiedene Energiesysteme unter Berücksichtigung des Lastmanagements. Wien

BAFA (2008): Merkblatt zur Darlegung der Voraussetzung nach §41 Abs. 1 Nr. 4 i.V.m. Abs. 2 S. 2 Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009. Eschborn, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Baur, M. (2007): "Auch die Pumpe ist wichtig." sbz - Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik Jg. 63, Nr. 11

Bentele, M. (2007): Holzpelletheizungen benötigen keine Filter zur Luftreinhaltung, Webpage, http://www.depv.de/nc/aktuelles/startmeldungen/article/holzpelletheizungen-benoetigen-keine-filter-zur-luftreinhaltung/ (04.06.2008)

Bertoldi, P. et al. (2005): White, Green & Brown Certificates: How to make most of them?, eceee Summer Study 2005, Paper #7203

Bertoldi, P.; Rezessy, S. (2006): Tradable Certificates for Energy Savings (White Certificates) – Theory and Practice -, Luxembourg

BINE (2001): F. Meyer (Red): „Stromsparende Pumpen für Heizungen und Solaranlagen“ BINE Projektinfo 13/01, Eggenstein-Leopoldshafen

BINE (2005): Heizen mit Zeolith-Heizgerät. BINE-Projekt Info 02/05 des FIZ Karlsruhe, Bonn

BINE (2005):D. Ginthars: „Mit der Sonne arbeiten“ BINE Projektinfo 08/05, Eggenstein-Leopoldshafen

BINE (2006): U. Milles, R. Schmidt-Pleschka „Energiesparen bei der Kälteerzeugung“ BINE basisEnergie 20, Eggenstein-Leopoldshafen

BINE (2007): Wärmepumpen - Heizen mit Umweltenergie. BINE Informationsdienst des FIZ Karlsruhe, Verlag Solarpraxis AG, Berlin

BioNachV (2007): Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV)

BMU (2007): "Fragen und Antworten zur Novelle der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV)."

BMU (2007): Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung-BioNachV), Berlin.

BMU (2008): BMU Reihe Umweltpolitik. Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung. Stand Juni 2008, S. 69

BMU (2008): Den Herausforderungen der Energie- und Klimapolitik erfolgreich begegnen: Hintergrundpapier zur Verabschiedung des zweiten Maßnahmenpaketes des integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung, S. 19

BMU (2008): Ökologische Industriepolitik – Nachhaltige Politik für Innovation, Wachstum und Beschäftigung, Berlin

BMU (2008a): Gemeinsame Erklärung von VDA, VDIK und BMU zur Beimischung von Biokraftstoffen. Available at: http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/40868.php (26.02.2009)

BMU (2008b): Weiterentwicklung der Strategie zur Bioenergie, Available at: http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/strategie_bioenergie.pdf (26.02.2009)

BMVEL/UBA (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. UBA-Texte 05/02, FKZ 299 42 245/02. Berlin

BMVEL/UBA (2002): Döhler, H., Eurich-Menden, B. (KTBL), Dämmgen, U., Osterburg, B., Lüttich, M., Bergschmidt, A. (FAL), Berg, W., Brunsch, R. (ATB): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. UFO-Plan FKZ 299 42 245/02 von Im Auftrag von BMVEL und UBA, Berlin

BO (2008): Internetseite des SolarCar Projektes der Hochschule Bochum, http://www.hochschule-bochum.de/solarcar.html (26.02.2009)

Böde, U. und E. Gruber (2000): Klimaschutz als sozialer Prozess: Erfolgsfaktoren für die Umsetzung auf kommunaler Ebene. Band 44 der Schriftenreihe „Technik, Wirtschaft und Politik“ des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). Heidelberg

Böhnisch H., K. T. (2004): Grüne Nahwärme im Gebäudebestand. Derzeitige Situation und Perspektiven. „Nahwärme 2004“

Bühring, A. (2004): Messergebnisse und neue Entwicklungen zu Passivhaus-Kompaktgeräten mit Abluftwärmepumpe. Protokollband 26 Neue Passivhaus- Gebäudetechnik mit Wärmepumpen. W. Feist. Darmstadt, S. 49 ff.

BUND Arbeitskreis Energie (2004): Vorschlag für ein Markteinführungsprogramm Stromeffizienz. Berlin

Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2470)

Bundesnetzagentur (2008): Konzept zur Beschaffung und Ermittlung von Verlustenergie, Entwurf (Stand 08. Februar 2008), Bonn

Bundesregierung (2007): EEG-Erfahrungsbericht 2007, Berlin

Bunse, M.; Irrek, W.; Herrndorf, M.; Machiba, T.; Kuhndt, M. (2007): Top Runner Approach, Final Draft im Rahmen des Projekts "Ressourcenstrategien in Japan", Wuppertal Institut und CSCP im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 206 93 100/06, Wuppertal

Bürger, V., und K. Wiegmann (2007): Energieeinsparquote und Weiße Zertifikate, Arbeitspapier, Öko Institut.

Capozza, A.; et al. (2006): Market mechanisms for white certificates trading. IEA DSM Task XIV Final Report. Milano

Commission of the European Communities (2007): Results of the review of the Community Strategy to reduce CO2 emissions from passenger cars and light-commercial vehicles, Available at: about:blank (21.07.2008)

Concerto (2008): Internetseite des Förderprogramms „Concerto“, http://concertoplus.eu/CMS/content/view/135/421/ (17.11.2008)

Contaldi, M., Gracceva, F., Tosato, G. (2007): Evaluation of green-certificates policy using the MARKAL-MACRO-Italy model

CWA 27 (2007): Saving lifetimes of Energy Efficiency Improvement Measures in bottom-up calculations, Final CWA draft (CEN WS 27), circulated 19th February 2007, European Committee for Standardization, Brussels

Darup, B. S. (2007). Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung. Nürnberg, S. 11

Davis, L. und J. Davis (2004): How effective are prizes as incentives to innovation? Evidence from three 20th century contests. Paper to be presented at the DRUID Summer Conference 2004 on Industrial Dynamics, Innovation and Development. Frederiksberg/Denmark

DB Energie (2008): Energiebeschaffung für die DB AG, Vortrag Birgit Carlstaedt, Halle (Saale) vom 24.06.2008

DBU (2004): Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln. gefördert von der DBU (Förderkennzeichen 14133), Wolfenbüttel 2004

Deutsche Bahn AG (1999): Umweltbericht 1998. Berlin: Deutsche Bahn, Bahn-Umwelt-Zentrum

Deutsche Bahn AG (2002): Umweltbericht 2002, Berlin: Deutsche Bahn, Bahn-Umwelt-Zentrum

Deutsche Bahn AG (2004): Umweltkennzahlen 2003, Berlin

Deutsche Bahn AG (2005): Umweltbericht 2005 B. Tewinkel, hrsg., Berlin

Deutsche Bahn AG (2007): Nachhaltigkeitsbericht 2007, Berlin. Available at: http://www.deutschebahn.com/site/nachhaltigkeitsbericht__2007/de/start.html (26.02.2009)

DGS (2007): DGS Positionspapier zur EEG Novelle. München, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, Brüssel. Available at: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0019:FIN:DE:HTML (16.09.2008)

Diefenbach (2002): Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt

Diefenbach et. al. (2007): Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand, Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit, Darmstadt

Diekmann, J.; Horn, M. (2007): Abschlussbericht zum Vorhaben „Fachgespräch zur Bestandsaufnahme und methodischen Bewertung vorliegendeer Ansätze zur Quantifzierung der Förderung erneuerbarer Energien im Vergleich zur Förderung der Atomenergie in Deutschland“, DIW Berlin im Auftrag des BMU, Berlin

Dorer, V. et al. (2004): Nachhaltige Hausenergieversorgung mit Brennstoffzellen und erneuerbaren Energien. Zürich, novatlantis – Nachhaltigkeitsbereich im ETH-Bereich

Drinkuth, T., C. Stolte und DENA (2007): Wärme aus Erneuerbaren Energien. Berlin, Deutsche Energie- Agentur GmbH (dena)

Duscha M. et al., (2008): Evaluation des Förderprogramms „Energieeinsparberatung vor Ort“, IFEU und TNS-Emnid im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Heidelberg

EA NRW (2007): Internetseite der EnergieAgentur.NRW, Projekt des Monats Juni 2007, http://www.ea-nrw.de/_infopool/page.asp?InfoID=5514&find= (09.10.2007)

EA NRW (2008a): http://www.nrw-spart-energie.de/page.asp?InfoID=5656&find=&TopCatID=6223&CatID=6593&RubrikID=6593 (26.02.2009)

EA NRW (2008b): EnergieAgentur.NRW „Klimaschutz konkret – 150 Projekte aus Nordrhein-Westfahlen“, herausgegeben vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfahlen, Düsseldorf

EA-NRW (1998): Energie im Krankenhaus - Ein Leitfaden für Kostensenkung und Umweltschutz durch rationelle Energieverwendung. Energieagentur NRW http://www.ea-nrw.de/_infopool/page.asp?InfoID=202&find=energieverwendung

Eckert, J. B. (1995): The Super Efficient Refrigerator Program: Case Study of a Golden Carrot Program, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

ECN (2000): Energielabels en Energiepremies, derde hoofdstuk "Focus" in het Energie Verslag Nederland

EEA (2006): Using the market for cost-effective environmental policy. Market-based instruments in Europe. EEA Report No. 1/2006, Kopenhagen

EEG (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften

Energiebalance (2008): Preisgekrönte Arbeiten, Gut verzahnt geplant! Wettbewerb Energiebalance, Projektbeschreibung „Kalte Nahwärme“, IFEU und Wuppertal Institut, Heidelberg

Energieeffizienz von §8 und §7-Anlagen im Erneuerbare-Energien-Gesetz. Arbeitspapier Nr. 1 im Rahmen des Projektes "Energiebalance". Heidelberg, ifeu

Enertrag (2004): Produktbroschüre „Befeuerungsanlagen – LED-Leuchten für die Windenergie“, Nechlin

Erdmenger, C., Lehmann, H., Müschen, K., Tambke, J. (2007): Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO2-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990. Studie des Umweltbundesamtes, Dessau

Erhorn-Kluttig H., H. Erhorn und E. Gruber (2005): Evaluierung des dena Feldversuchs Energieausweise für Nichtwohngebäude. Fraunhofer Institut für Bauphysik

ETH-Rat (1998): 2000 Watt Gesellschaft – Modell Schweiz, Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Bereich. Wirtschaftsplattform, ETH-Zürich, Zürich

EU-Kommission (2008): Leitlinien der Gemeinschaft für staatliche Umweltschutzbeihilfen, ABl. EU Nr. C 82 vom 01.04.2008, S. 1

EurObserv’ER (2007): Biofuels Barometer 2007. Systemssolaires - Le journal des energies Renouvelables, 179. Available at: http://www.energies-renouvelables.org/observer/stat_baro/eurec/baro179_b.asp (17.09.2008)

Europäische Kommission (2006): Action Plan on Energy Efficiency: Realising the Potential. COM (2006) 545 final. Brüssel

Europäische Kommission (2007): Aktionsplan Güterverkehrslogistik, Luxemburg: Amt für Amtliche Veröff. der Europ. Gemeinschaften. Available at: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0607:FIN:DE:PDF (26.02.2009)

Europäische Kommission (2007): Green Paper on market-based instruments for environment and related policy purposes. COM (2007) 140 final. Brüssel

Europäische Kommission (2007a): Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen fürr Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen bei der Verwendung von für den Straßenverkehr bestimmten Kraftstoffen, zur Änderung der Richtlinie1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG; KOM(2007) 18 endgültig; Brüssel, den 31.1.2007

Europäische Kommission (2008): Mitteilung der Europäischen Kommission zum Richtlinienpaket „Erneuerbare Energiequellen und Klimawandel". Available at: http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/08/33&format=PDF&aged=0&language=DE&guiLanguage=en (26.02.2009)

Europäische Kommission (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. KOM(2007) 19 endgültig. Brüssel, Januar 23. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0019:FIN:DE:HTML

EWC (2007): Package of policy recommendations for the assessment, implementation and operation of TWC schemes, Task Report of Work Package 5, o. O. http://www.ewc.polimi.it/documents/Pack_Policy_Recommendations.pdf (09.05.2008)

EWC (o.J.): Interaction and integration of White Certificates with other policy instruments, Recommendations & guidelines for policymakers, o.O. http://www.ewc.polimi.it/documents/EWC_guidelines.pdf

Ewi/Prognos (2007): Energieszenarien für den Energiegipfel. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos, Basel. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie

Farinelli, U.; et al. (2004): "White and Green": Comparison of Market-Based Instruments to Promote Energy Efficiency, Final Draft, Journal of Cleaner Production

Feist, W., M. Blumrich, W. Hasper, H. Krause, J. Nitsch, R. Pfluger und R. Strauß (2007): Protokollband Nr. 36 Heizung mit Biobrennstoffen für Passivhäuser. Darmstadt, Passivhausinstitut

FhG-ISI (2005): Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung: Gutachten zur CO_2-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz Erneuerbarer Energien, Karlsruhe

Fischer A., Kallen C. et al (1997): Klimaschutz in Kommunen, Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimakonzepte, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin

FNR (2005a): Institut für Energetik und Umwelt (IE) Leipzig, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (BfL), Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Gefördert vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (FKZ 22027200). Herausgegeben von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow

FNR (2005b): Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Erstellt durch die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow

FNR (2006a): Marktanalyse nachwachsende Rohstoffe, Gülzow

FNR (2006b): Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Gülzow

forum.new power (2008): Morhart, A.: Kühlung aus Sonnenwärme - Größte Solaranlage der Welt mit Vakuum-Röhrenkollektoren. Beitrag in forum.new power - Magazin für erneuerbare Rohstoffe und Energie, S. 52 ff.

Frantz, S. (1993): The Race to Make The Frisge of The Future – Chasing the Golden Carrot, Home Energy Magazine Online Jan./Feb., http://www.homeenergy.org/archive/hem.dis.anl.gov/eehem/93/930116.html (16.05.2008)

Frey et. Al. (2007): Studie zu den Energieeffizienzpotenzialen durch Einsatz von elektrischen Strom im Raumwärmebereich. Saarbrücken

GASAG (2007a): Innovativ mit Erdwärme: die gasbetriebene Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe. Flyer der GASAG Berlin http://www.gasag.de/de/y_downloads/pdf_neu/innovationen/loganova_diff_absorp_wp.pdf (26.02.2009)

GASAG (2007b): Innovativ mit Umweltwärme: die gasbetriebene Zeolith-Wärmepumpe. Flyer der GASAG Berlin www.gasag.de/de/y_downloads/pdf_neu/innovationen/zeolith.pdf (26.02.2009)

GasNZV (2008): Gasnetzzugangsverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2210), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2008 (BGBl. I S. 693)

GEF (1998): The IFC/GEF Poland Efficient Lighting Project (PELP). Annex V, www.gefweb.org/wprogram/July98/wp/eli6.doc (15.02.2008)

GEF (2008): Zukünftige Wärmeinfrastrukturen. Vortrag von Roland Ziegler (GEF Ingenieur AG) auf dem Expertenworkshop „Energieversorgung hocheffizienter Gebäude und Siedlungen“ am 29.09.08 im Wuppertal Institut

GFK/ENCODEX (2007): Mündliche Auskunft von Hr. Steffen Ekat, 14. Februar 2008, Nürnberg

Giel, T. (2008): „Das kalte Nahwärmenetz“, Vortrag zum Wärmepumpen-Tag Rheinland Pfalz am 6.3.2008, Bingen

Goldstein, D. B. (2007): House Committee on Ways and Means, Statement by D. B. Goldstein, Natural Resources Defence Counsil, http://waysandmeans.house.gov/hearings.asp?formmode=printfriendly&id=5941 (16.05.2008)

Görg, M. (2004): Vorschläge für ein marktwirtschaftliches Anreizsystem für (kommunale) Energiedienstleistungsunternehmen zur Erschließung von Energieeffizienzpotentialen bei Endkunden zwecks Umsetzung der Ziele des Entwurfs der EU-Richtlinie zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen, noch unvollständiger Entwurf, Hannover

Gutzwiller, L. (2006): Exkurs: 2000 Watt Gesellschaft. Bern, Bundesamt für Energie

Hansen, H. (2007): Marktübersicht - Pellet - Zentralheizungem und Pelletöfen, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V.

Hasper, W. (2007): Verbrennungwärme im Passivhaus. Protokollband Nr. 36 Heizung mit Biobrennstoffen für Passivhäuser. Darmstadt, Dr. Wolfgang Feist, S. 23-39

Haus&Energie (2007): Ausgabe 2/2007, Solar Verlag GmbH, Aachen

Hermes, G. und M. Pöcker (2005): (Verfassungs-) Rechtliche Rahmenbedingungen der Einrichtung eines Energieeffizienz-Fonds auf Bundesebene (Gutachterliche Stellungnahme), Frankfurt/ Main

Hertle H., M. Duscha und K. Gattner (noch unveröffentlicht): Maßnahmen zur energetischen Verbesserung der Bausubstanz mit der EnEV 2006 - Evaluierung der bedingten Anforderungen. Heidelberg, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Hildebrand, O., A. Praeffcke, G. Lude und R. Hellmann (2007): Baugebiet Bahnstadt in Heidelberg Städtebauliches Energieund Wärmeversorgungskonzept. Heidelberg, ebök. S.90

Hollomon, B.; et al. (2004): Seven Years Since SERP: Successes and Setbacks in Technology Procurement. eere.pnl.gov/femp/publications/SevenYearsSinceSERP.pdf (15.02.2007)

Hoppe U., (2008): „Nahwärmeversorgung mit Kalter Schiene“, Vortrag, www.kaelte-klima-gmbh.de/others/1/6.pdf (26.02.2009)

Horn A. (2007): Solarsimulationsprogramm Get Solar, Version 8.2 vom 22.3.2007. Sauerlach, Ingenieurbüro solar energie information

Hvelplund, F. (2008): Cost minimising Governance systems for the implementatino of a high proportion of Renewable Energy – the Danish case. Präsentation beim 2. Fachgespräch der EEG-Clearingstelle zum Thema „Effizienzen im EEG – Ein Beitrag zum Klimaschutz“, 20. Juni 2008, Berlin

HyBike (2008): Internetseite des Projektes „HyBike Herten“ http://www.hybikeherten.de/ (02.10.2008)

Ickert, Lutz, Ulrich Matthes, Stefan Rommerskirchen, Emely Weynand, Michael Schlesinger, und Jan Limbers (2007): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs bis 2050. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Basel, Mai 31.

IE / PROGNOS (2007): Auswirkungen der Änderungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes hinsichtlich des Gesamtvolumens der Förderung, der Belastung der Stromverbraucher sowie der Lenkungswirkung der Fördersätze für die einzelnen Energiearten. Gutachten im Auftrag des BMWi. Leipzig und Basel

IE (2005): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse - 1. Zwischenbericht. Leipzig, Institut für Energetik und Umwelt

IE (2006): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse 2. Zwischenbericht. Leipzig, Institut für Energetik und Umwelt

IE (2008): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht. Leipzig, Institut für Energetik und Umwelt

IEA (2005): The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries. Learning from the Critics. IEA Information Paper by H. Geller and S. Attali. Paris

IEA DSM (2006): Market Mechanisms for White Certificates Trading, Task XIV Final Report

IFEU, IE, Klinski, Ökoinstitut, T. Berlin und P. Umweltplanung (2008): Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. Heidelberg.

International Energy Agency (2007): Medium-term oil market report, Paris: OECD

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. - Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan

IPCC (2007): Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report: Climate Change 2007, www.ipcc.ch (26.02.2009)

Irrek, W. (2004): Controlling der Energiedienstleistungsunternehmen. Lohmar und Köln

Irrek, W. und D. Seifried (2008): Der grüne Schein, Energiedepesche, S. 26-27

Irrek, W. und K. Kristof (2000): Was ist neu und was ist hilfreich? Ein nutzerorientierter Blick auf die Ergebnisse der empirischen Analyse von Klimaschutzprozessen auf kommunaler Ebene. In: Böde/Gruber 2000, a.a.O., S. 63-85

Irrek, W. und S. Thomas (2005): Der EnergieSparFonds für Deutschland. Wuppertal, edition der Hans Böckler Stiftung

Irrek, W.; Thomas, S. (2006): Der EnergieSparFonds für Deutschland, edition der Hans Böckler Stiftung 69, Düsseldorf. Vgl. auch: http://www.wupperinst.org/de/projekte/projektdetails/index.html?&projekt_id=95&bid=137

Irrek, W.; Thomas, S.; Hohmeyer, O. (2005): Pauschale Vergütungen – Pilotprogramm zum NEgawatt-Einspeise-Gesetz-Modell (NEEG-Modell). Beschreibung eines möglichen Förderprogramms eines Energieeffizienz-Fonds. Überarbeiteter Endbericht. Wuppertal, Wuppertal Institut im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung.

Irrek, W.; Thomas, S.; Hohmeyer, O. (2005a): Altbausanierung. Beschreibung eines möglichen Förderprogramms eines Energieeffizienz-Fonds. Überarbeiteter Endbericht. Wuppertal, Wuppertal Institut im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung.

IWO (2006): Institut für wirtschaftliche Oelheizung e.V. (IWO): Ölheizung aktuell 2/2006. Zeitung des IWO, Hamburg 2006

IWR (2004): Artikel „Australien: Hochtemperatur-Solarkollektor in Betrieb gegangen“ unter http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-29830.html (20.08.2004)

IWU (2007): EnEV-XL V. 2.2 für Neubau und Bestandsgebäude. Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt

Jahraus B. (2007): Fachworkshop EEG und Biomasse, Präsentation. Stuttgart, Fichtner

Janzing B., (2006) „Investitionsfehler Wärmepumpe“, erschienen in der taz vom 06.03.2006

Jarass, H. D. (1989): Verfassungsrechtliche Grenzen für die Erhebung nichtsteuerlicher Abgaben, in: DÖV, S. 1013-1024

Jarass, H. D. und B. Pieroth (2007): Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, 9. Aufl. München

Jochem, E. et al. (2004): A White Book for R&D of energy-efficient technologies. Zürich, Novatlantis, sustainability at the ETH domain

Joint Committee on the Draft Climate Change Bill (2007): Report, Volume I, HL-Paper 170-I, HC Paper 542-I, 3.August 2007, London , The Stationary Office

Kabinettsklausur der Bundesregierung (2007): Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. Meseberg, August 24

KBA (2007): Bestand an erdgas- und flüssiggasgetriebenen Kraftfahrzeugen in Deutschland (einschließlich der vorübergehend stillgelegten Fahrzeuge) Quelle: Kraftfahrtbundesamt, Flensburg. Stand 13.03.2007. Zusammenstellung: Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft

Kirchhof, F. (1992): Leistungsfähigkeit und Wirkungsweisen von Umweltabgaben an ausgewählten Beispielen, in: DÖV, S. 233-241

Kleemann, M. (2006): Verdoppelung des Modernisierungstempos bis 2020. Minderungsziel: 30% Energieeinsparung. Vorschlag für Leuchtturmprojekte im Gebäude- und Heizungsbereich. Evaluierung der Energie- und CO2-Einsparung im Auftrag des BDH, Jülich

Klinski, S. (2001): Die novellierten Stellplatzvorschriften in den Bauordnungen der Länder (zugl. Diss.), Berlin

Klinski, S. (2008): Rechtliche Prüfung von Vorschlägen für Energieeffizienzinstrumente – Beitrag zum Projekt "Energiebalance - Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz" vom 12. August 2008 auf Basis einer Entwurfsfassung es vorliegenden Arbeitspapiers „Lernen von den Erneuerbaren? – Übergreifende Instrumente der Preis- und Mengensteuerung“ vom 31. März 2008, Berlin

Knappe F., A. Böß, H. Fehrenbach, J. Giegrich, R. Vogt, G. Dehoust, D. Schüler, K. Wiegmann und U. Fritsche (2006): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Verwertung organischer Abfälle, im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ: 205 33 313). Heidelberg, Darmstadt, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2006): Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen. Bd. 2006. Mitteilung der Kommission. Brüssel, Oktober 19

Koschenz, M. (2005): Potenzial Wohngebäude – Energie- und Gebäudedatenbank für die 2000 Watt Gesellschaft. Zürich, EMPA – Forschungsinstitution für Materialwirtschaft und Technologie im ETH-Bereich

Kraftfahrzeugbundesamt (2007): Bestand Emissionen, Kraftstoffe am 1. Januar 2007. Statistische Mitteilungen, Fahrzeugzulassungen

Krause, F. (2002): International Review of Demand Side Management (DSM) Programmes, Report submitted to ENEA/Rome, El Cerrito/California

Langniss O., H. Böhnisch, A. Buschmann, F. Musiol, H. Hartmann, K. Reisinger, A. Höldrich, P. Turowski und T. Pauschinger (2006): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung von Erneuerbaren Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2005. Stuttgart, Straubing, ZSW, TFZ Straubing, Solites Steinbeis

Langniss, O. und B. Praetorius (2006): How much market do markte-based instruments create? An analysis for the case of “white“ certificates, in: Energy Policy, Volume 34, Issue 2, January 2006, pages 200-211

LBST (2002): GM Well-to-Wheel Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems - A European Study

Lechtenböhmer, S.; et al. (2005): Target 2020: Policies and Measures to reduce Greenhouse gas emissions in the EU. A report on behalf of WWF European Policy Offfice. Wuppertal

Lechtenböhmer, S.; Kristof, K.; Irrek, W. (2004): Braunkohle – ein subventionsfreier Energieträger?, Sachstandsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 363 01 080, Wuppertal

Ledbetter, M.R.; et al. (1999): U.S. Energy – Efficient Technology Procurement Projects: Evaluation and Lessons Learned, Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) im Auftrag des U.S. Department of Energy.

Leprich, U.; Irrek, W.; Thomas, S. (2001): Das "Multiple Driver Cap Scheme" als Basis einer schlanken Anreizregulierung der Netzbetreiber im liberalisierten Strommarkt, Zeitschrift für Energiewirtschaft 25, S. 231-241

LFU Bayern (2006) : Emissions- und Leistungsverhalten von Biogas-Verbrennungsmotoren in Abhängigkeit von der Motorwartung. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben (LfU-Projekt Nr. 1325)

Lindenberger, D., M. Schlesinger, A. Kirchner, und P. Hofer (2005): Auswirkungen hoher Ölpreise auf Energieangebot und-nachfrage im Auftrag des BMWA. Köln, Basel, Berlin: EWI/Prognos

Luhmann, H. (2002): Das Drei-Liter-Geheimnis. Umwelt kommunale ökologische Briefe, 13-14/02, S. 24-25

Luhmann, Hans-Jochen (2004): Emissionen von Treibhausgasen des Straßenverkehrs, vollständig betrachtet. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 75. Jg, no. 2/2004 (2), S. 126-131

M. Kruska et. al. (2005): „2.000 Megawatt – sauber; Die Alternative zum geplanten RWE Braunkohle-Kraftwerk Neurath“ Greenpeace, Hamburg

Madlener, R. und B. Alcott (2007): Energy Rebound and Economic Growth: A Review of the Main Issues and Research Needs. Proceedings of the 5th International Biennial Workshop "Advances in Energy Studies - Perspectives into Energy Future, 12-16 Sept 2006, Porto Venere/Italy (im Erscheinen)

MAP (2007): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Vom 5.12.2007. Berlin, Bundesumweltministerium

Markewitz, P. und H.-J. Ziesing, Politikszenarien für den Klimaschutz (2004). Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politikszenarien III), Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes

Masterflex (2006): Produktbroschüre BZ-Pedelec der Firma Masterflex, Herten, 2006

Mastny, L. (2007): Biofuels for transport : global potential and implications for sustainable energy and agriculture, London [u.a.]: Earthscan. Available at: http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0620/2006029028.html (18.09.2008)

Maunz-Dürig (2007): Grundgesetz, Kommentar (Loseblattsammlung), Stand Dezember 2007

Mayer, H. (2006): Energieberechnungen in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Methoden, Umfang, Anwendungen. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt

Melotti (2008): PELLET - SCARICA IL DEPLIANT "PELLET L'ECOCOMBUSTIBILE", http://www.melottisnc.it/Prodotti/Pellet.html (10.05.2008)

Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (2006): Arrête du 19 Décembre 2006 définissant les operations standardisées d'économies d'énergie. Journal Officiel de la Republique Francaise, 31 Décembre 2006, Paris

Moedel (2008):Internetseite der „Moedel GmbH Schilderfabrikation“ http://www.schilder-moedel.de/schilder-shop.aspx?cid=10598 (10.11.2008)

Monjon, S. (2006): The French energy saving certificates system, ADEME Economics Department

Mundaca, L. (2007): Transaction costs of Tradable White Certificate schemes: The Energy Efficiency Commitment as case study

Nanzer K., (1996): „Warmwassernutzung aus dem Furkatunnel“, Tagungsband 4. Geothermische Fachtagung, Konstanz

Nast et al (2006): Eckpunkte für die Entwicklung und Einführung budgetabhängiger Instrumente zur Marktdurchdringung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, Stuttgart

Neumann, W. (2004): Vorschlag für eine Förderung von Stromeffizienz, BUND Arbeitskreis Energie, Berlin

Neumann, W. (2008): Konzept des Förderprogramms Stromeffizienzfonds der Stadt Frankfurt am Main. Stromeinsparung "bekommt einen Preis". Entwurf. Frankfurt a.M.

Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Untersuchung im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin

Nitsch, J. (2008): Leitstudie 2008: Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas, Stuttgart

Nitsch, J. (2008): Persönliche Kommunikation mit Joachim Nitsch per Email, 19.8.2008

Nordhaus, W.D. (2007): To tax or not to tax: Alternative approaches to slowing global warming, Review of Environmental Economics and Policy 1, S. 26-44

Ossenbühl, F. (1999): § 64 in: Isensee/ Kirchhof: Handbuch des Staatsrechts der Bundesrepublik Deutschland, Bd. III, 2. Aufl.

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (2007): Ökologisch Bewertung alternativer Kraftstoffe und Aktualisierung der Studie 2006: Sind erdgasbetriebene Fahrzeuge umweltfreundlicher als benzin- bzw. dieselbetriebene Fahrzeuge

Paar A. et al. (2007): Das Verhältnis von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in einem Nutzungspflichtmodell im Rahmen eines Erneuerbaren Energien Wärmegesetzes, erstellt im Rahmen des Projekts Energiebalance, Heidelberg

Paar, A., M. Duscha, H. Hertle und M. Duscha (2007): Vom Bioenergiedorf zur 2000 Watt Gesellschaft: Energiepolitische Zielkonzepte im Spannungsfeld zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. Arbeitspapier Nr. 3 im Rahmen des Projekts "Energiebalance". Download unter www.ifeu.de/energiebalance. Heidelberg, Wuppertal, IFEU, WI

Pavan, M. (2004): The Italian White Certificates System: Measurement and Verification Protocols

Pavan, M. (2008): Tradable energy efficiency certificates: the Italian experience. Energy Efficiency 1, S. 257-266

Pehnt (2008) Wohnungslüftung und Raumlufttechnik mit Wärmerückgewinnung – ein Fördertatbestand für das MAP. Papier im Rahmen des Projektes „Perspektiven des Marktanreizprogramms“, gefördert vom Bundesumweltministerium.

Pehnt M. (2002): Ganzheitliche Bilanzierung von Brennstoffzellen in der Energie- und Verkehrstechnik. Düsseldorf, VDI Verlag Fortschritt-Berichte Reihe 6 Nr. 476

Pehnt M., A. Bubenzer und A. Räuber (2002): Life Cycle Analysis of Photovoltaic Systems - Trying to Fight Deeply Deep-seated Prejudices. Photovoltaics Guide Book for Decision Makers. J. Luther. Berlin et. al., Springer

Pehnt, M. (2008): Ökologische Begleitforschung Elektromobilität. Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums. Erste Projektergebnisse. Heidelberg, IFEU

Pehnt, M. u. a. (2007): Das Steinkohle-Kraftwerk Hamburg Moorburg und seine Alternativen. Studie des Institut für Energie-und Umweltforschung und arrhenius Institut für Energie-und Klimapolitik im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschaland eV, Heidelberg, Hamburg

Pehnt, M. und R. Vogt (2007): Biomasse und Effizienz. Vorschläge zur Erhöhung der

Pehnt, M., A. Bubenzer und A. Räuber (2002): Life Cycle Analysis of Photovoltaic Systems - Trying to Fight Deeply Deep-seated Prejudices. Photovoltaics Guide Book for Decision Makers. A. Bubenzer und J. Luther. Berlin et. al., Springer

Pehnt, M., B. Franke, H. Hertle, B. Kauertz, P. Otter, H. M. Groscurth, T. Boßmann, und P. Kasten (2007): Das Steinkohle-Kraftwerk Hamburg Moorburg und seine Alternativen. Studie des Institut für Energie-und Umweltforschung und arrhenius Institut für Energie-und Klimapolitik im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschaland eV, Heidelberg, Hamburg

Pehnt, M., M. Cames, C. Fischer, B. Praetorius, L. Schneider, K. Schumacher und J. P. Voß (2005): Micro cogeneration. Towards decentralized energy systems. Berlin, Heidelberg, et al., Springer

Pehnt, M., U. Höpfner und F. Merten (2007): Elektromobilität und erneuerbare Energien. Heidelberg, Wuppertal, IFEU, WI

Petersen, Rudolf, und Karl Otto Schallaböck (1995): Mobilität für morgen : Chancen einer zukunftsfähigen Verkehrspolitik. Berlin [u.a.]: Birkhäuser.

Prior, D. (1997): Nachbildung der Energiebedarfsstrukturen der privaten Haushalte - Werkzeug zur Bewertung von Energieeinsparmaßnahmen. Düsseldorf

PROGNOS (2007): Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen, Endbericht 18/06 im Auftrag des BMWi, bearbeitet von F. Seefeldt et al., Basel und Berlin

Rat der Europäischen Union (2007): Aktionsplan (2007 – 2009) des Europäischen Rates. Eine Energiepolitik für Europa. Anlage I zu den Schlussfolgerungen des Vorsitzes zur Tagung des Europäischen Rates am 8./9. März in Brüssel. 7224/1/07 REV 1.

Rauth (2008):N. Rauth: „Die Nutzung von Abwärme in industriellen Prozessen“ Erschienen in: Energy 2.0 April 2008, S.16

Reiss, J. und A. Erhorn (2003): Messtechnische Validierung des Energiekonzepts einer großtechnisch umgesetzten Passivhausentwicklung in Stuttgart-Feuerbach, Fraunhofer IBP

Resonanz (2007): http://www.resonanz.com, Internetseite der Resonanz Magnetfeldtechnik GmbH, (10.09.2007)

Robur (2006): Robur GAHP Produktreihe - Gas-Absorptionswärmepumpen zum Heizen und/oder Kühlen mittelgroßer und großer Gebäude. Produktkatalog der Fa. Robur Spa, Verdellino/Italien

Robur (2007): Grundinformationen zu elektrischen und Gas-Absorptionswärmepumpen - Funktionsprinzip und technische Unterschiede. Information der Fa. Robur, www.robur.com/gestione/immagini/allegati_news/Warmepumpen_Vergleich_Teil1.pdf

Ruggieri, G. (2006): Options for the integration of energy end-use efficiency and energy services into green power products and labels. WP 3.1 report from the CLEAN-E project. eERG/Politecnico di Milano. Milano

Ruhrgas (2008): Weßing, W. / Droste, W.: Stand der Entwicklung der Gaswärmepumpe für das Einfamilienhaus. Vortrag der E.ON Ruhrgas AG (TGT Anwendungstechnik) auf der ASUE-Fachtagung Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen am 12. März 2008 in Aalen-Treppach

Russ, C., A. Bühring, et al. (2002): Faktor 4 ist möglich - Untersuchung der Wärmeversorgung mit Wärmepumpen in Passiv-Wohnhäusern, Fraunhofer ISE

Salje, P. (2006): Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), München

Schindler, Jörg, und Werner Zittel (2007): Crude Oil: The Supply Outlook. Hg. v. Energy Watch Group. EWG-Series 3. Ottobrunn

Schmitz, Norbert (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe / Meó Consulting Team. [1]. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Schomerus, T.; Sanden, J.; et al. (2008): Rechtliche Konzepte für eine effizientere Energienutzung. Forschungsbericht 206 41 111 (UBA-FB 001173) hrsg. und im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin

Schröer, T. (1997): Erzwungene Ablösung von Kfz-Stellplätzen verfassungswidrig? in: NVwZ, S. 140-143

Schubert, K. (2005): Potenzial des Lastmanagements als Ersatz für Regelenergiekraftwerke, Diplomarbeit an der Technischen Universität Berlin

Schulz, T. F. (2007): Die 2000-Watt-Gesellschaft: Norm oder Wegweiser?. Zürich, Energie-Spiegel, Facts für die Energiepolitik von Morgen

Schwenk, C. (2008): Energetische Detailuntersuchung Passivhaussiedlung "In der Rehre". Passivhaus-Institut, Darmstadt 2008

SEEDT (Strategies for development and diffusion of Energy Efficient Distribution Transformers): Informationen zu einem laufenden Projekt im EU-Programm "Intelligent Energy Europe": http://seedt.ntua.gr/ (26.02.2009)

Seefeldt, F.; et al. (2007): Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Endbericht 18/06 der PROGNOS AG in Kooperation mit der basics AG und der progtrans AG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Basel und Berlin

Seifried, D. und W. Irrek (2008): Erneuerbare Energien: Ökostrom für Kommunen – eine Mogelpackung? Kommunalpolitische Blätter, 6, S. 28-30

Siekmann (2008): Internetseite der Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann & Partner mbH unter www.siekmann-ingenieure.de/index.php?id=2/8/0/0/280000&lang=de (17.12.2008)

Smeddinck, U. (1999): Stellplatzpflicht und umweltpolitische Steuerung (zugl. Diss. 1998), Baden Baden

Statistisches Bundesamt (2008): Bautätigkeit und Wohnungen 2007. Wiesbaden

StBA (2006): Fachserie 3 Reihe 4.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Rinder- und Schweinebestand 3. November 2005, erschienen am 24.02.2006

Steven, H. (2006): Untersuchungen für eine Änderung der EU Direktive 93/116/EC (Messung des Kraftstoffverbrauchs und der CO 2-Emission) : Forschungsvorhaben FKZ 201 45 105, Würselen: TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG, Inst. f. Fahrzeugtechnik u. Mobilität

Strategiegruppe Energie Schweiz (2007): Plattform für Energieeffizienz für eine nachhaltige Energiezukunft, Bundesamt für Energie, Bern

Streicher, W. (2004): Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser. Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technolgie

Streinz, R. (2003): EUV/EGV – Vertrag über die Europäische Union und Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, München

Streinz, R. (2005): Europarecht, 7. Aufl. Heidelberg

T&E (2008): Reducing CO2 emissions from new cars: a progress report on the car industry's voluntary agreement and an assessment of the need for policy instruments, T&E-European Federation for Transport and Environment

Techem (2007): Energiekennwerte – Hilfen für die Wohnungswirtschaft, eine Studie der Techem AG

test (2007): "Sparen beim Pumpen." test 9, S. 76-79

The „White and Green“ Project (o.J.): Comparison of Market-Based Instruments to Promote Energy Efficiency – Conclusions and Recommendations

Thomas, S. (2007): Aktivitäten der Energiewirtschaft zur Förderung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite in liberalisierten Strom- und Gasmärkten europäischer Staaten: Kriteriengestützter Vergleich der politischen Rahmenbedingungen, Frankfurt am Main

Thomas, S.; et al. (2006): Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen. Kurzfassung des Endberichts. Wuppertal, Wuppertal Institut im Aufrag der E.ON AG

Tilak (2008): Internetseite der „Tilak International“ http://tilakinternational.exportersindia.com/solar-home-lighting-system.htm (17.07.2008)

Tillmetz, W. und J. Garche (2007): Auf dem Weg zu einer Batteriestrategie für Deutschland. Ulm, Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoffforschung

UBA (2006): Umweltbundesamt. Ramesohl et al., Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung von alternativen Kraftstoffen

UBA (2007): Emissionsentwicklung 1990 - 2006, Treibhausgase und klassische Luftschadstoffe, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase, Dessau. Available at: http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/archiv/2008_02_01_em_entwicklung_in_d_trendtabellen_endstand_berichterstattung_v1.10.zip (04.12.2008)

Umwelt/Energie Lahr (2008): Schlussbericht Zweijähriger Feldtest Elektro-Wärmepumpen am Oberrhein: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei. Untersuchung der Lokalen Agenda 21 - Gruppe Umwelt/Energie Lahr und der Ortenauer Energieagentur Offenburg, Dez. 2008 www.agenda-energie-lahr.de/WP_Jahresbericht2006-08.html (26.02.2009)

Unger, T. und E.O. Ahlgren (2005): Impact of a common green certificate market on electricity and CO_2 –emission markets in the Nordic Countries

v. Münch, I. und P. Kunig (2005): Grundgesetz-Kommentar, Bd. 2, 5. Aufl.

Vaillant (2005): Innovation Zeolith Heizgerät. Produktinfo 03/05 der Vaillant GmbH & Co. KG, Remscheid

Vanoli, K., D. Christoffers, G. Rockendorf, R. Kranz (1998): „Solarsiedlung am Ohrberg“ erschienen in: Forschungsverbund Sonnenenergie, Themen 97/98, Köln

VDN (2005): Beschreibung der Abwicklung des Gesetzes zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich, Version 1.1. Verband der Netzbetreiber, Berlin

Verband der Automobilindustrie e.V. (2008): Leitfaden zum Kraftstoffverbrauch und CO2-Emissionen aller neuen Personenkraftwagenmodelle, die in Deutschland zum Verkauf angeboten werden. Hg. v. DAT Deutsche Automobil Treuhand GmbH

Verbruggen, A. (2004): Tradable green certificates in Flandern (Belgium)

Vine, E. und J. Hamrin (2008): Energy saving certificates: A market-based tool for reducing greenhouse gas emissions, Energy Policy 36, S. 467 - 476

Voith (2007): A. Basteck: „Höhere Netzstabilität bei geringeren Investitionskosten“, Erschienen in News – Kundenzeitung von Voith Turbo, 2007, S. 42 ff.

von Oesen, M., U. Imkeller - Benjes, I. Voigts, J. Normann und C. Husslik (2007): Passiv - Wärmeversorgung Analyse der Versorgungsvarianten aus Kunden- und Energieversorger- Sicht. AKKP 38, Passivhaus-Institut, Darmstadt 2007.

VZN (2007): Heizung und Warmwasser - Moderne Heiztechnik mit Sonnenenergie, Holz und Co.. Verbraucherzentrale Niedersachsen e.V. Hannover

Welp (2008): Welp, A.: Einsatz von gasbetriebenen Wärmepumpen in der Hausenergieversorgung. Masterarbeit (Master of Science) an der Universität Koblenz-Landau FB3 (Mathematik / Naturwissenschaften), Koblenz Februar

WI (2007): Internetseite des Projektes „ 100.000 Watt-Solar-Initiative für Schulen in Nordrhein-Westfalen“ der Landesinitiative Zukunftsenergien http://www.wupperinst.org/solarundspar (09.03. 2007)

Wietschel, M. (2007): Trends und Szenarien zur Entwicklung der Energietechnologien. Studie im Auftrag der Forschungs-und Entwicklungsabteilung der RWE AG. Karlsruhe, Fraunhofer Institut für System-und Innovationsforschung

Wodtke (2008): Wodtke Primärofen Technik - ivo.tec, http://www.wodtke.com/ivotec_waterplus.html (12.05.2008)

Wohlauf, G., S. Thomas und W. Irrek (2005): Optimierung der Heizungssysteme und "Faktor 4"-Umwälzpumpen in EFH/ZFH. Wuppertal, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Wulf, S. (2002): Untersuchung der Emissionen von NH3, N2O und CH4 nach Ausbringung von Kofermentationsrückständen in der Landwirtschaft. Dissertation (Dr. rer. nat.) an der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth

Wupperat Institute, Politecnico di Milano, Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Energieverwertungsagentur (2000): Price regulation and removal of DSM disincentives in monopoly segments of restructured electricity markets. Part III of the EU-SAVE project “DSM Pilot Actions, DSM Bidding, and Removal of DSM Disincentives From Price Regulation”, a joint project in Italy, Germany, and Austria. Wuppertal, Milano, Düsseldorf, Wien

Wuppertal Institut (2003): Förderung der Energieeffizienz über die Regulierung der deutschen Elektrizitäts- und Gaswirtschaft, Vorschläge des Wuppertal Instituts, Wuppertal

Wuppertal Institut (2005): Target 2020: Policies and Measures to reduce greenhouse gas emissions in the EU. Projektbericht im Auftrag von WWF Europe

Wuppertal Institut (2006): Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, Endbericht im Auftrag der E.ON AG, Kurzfassung, Wuppertal

Wuppertal Institut/ASEW (2003): Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt, Wie Energieunternehmen und andere Akteure Energieverbraucher beim Energie-sparen unterstützen können und wie die Politik dies fördern kann, Kurzbericht mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission, Generaldirektion Energie und Ver-kehr, SAVE Programm

Wuppertal Institute / GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (2004): Towards Sustainable Energy Systems: Integrating Renewable Energy and Energy Efficiency is the Key, Discussion Paper for the International Conference 'Renewables 2004' Wuppertal / Eschborn

Zahrnt, A. (2004): 40 Prozent weniger Treibhausgase bis 2020 – Klimapolitische Herausforderungen im Herbst 2004, Offener Brief an die Abgeordneten des Dt. Bundestages, Berlin

Zirp (2007): Projektbeschreibung „Kalte Nahwärme für Neubaugebiete im ländlichen Raum", Zukunftsinitiative Rheinland-Pfalz, www.zirp-online.de (15.10.2007)

11 Anhang

11.1 Steckbriefe von Zielkonzepte

11.1.1 Weitere nationale Zielkonzepte

Climate Change Bill Großbritannien[127]

Kurzbeschreibung

Die Climate Change Bill (CCB) ist die zentrale Klimaschutzaktivität der britischen Regierung. Der Entwurf vom 13. März 2007 sieht verbindliche CO_2-Reduktionsziele für die Zieljahre 2020 und 2050 vor[128]. Die Zielerreichung wird durch 5-Jahresemissionsbudgets beschrieben, die jeweils für die kommenden 15 Jahre im Voraus gesetzlich fixiert werden sollen. Am Ende jeder 5-Jahresperiode soll durch eine Evaluation die bisherige Zielerreichung überprüft und die Budgets der nächsten drei Perioden festgelegt werden. Die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen soll im Gesetzgebungsverfahren durch Bezug auf die CCB erleichtert werden. Zur Zielerreichung sollen nationale wie internationale Aktivitäten anrechenbar sein.

Die Regierung soll in der Umsetzung durch eine unabhängige Kommission (Committee on Climate Change *CoCC* oder Carbon Committee) beraten werden, die auch den Evaluationsbericht am Ende der 5-Jahresperiode verfasst. Die Regierung ist regelmäßig dem Parlament berichtspflichtig.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Der Entwurf der CCB definiert das Ziel, die britischen CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 26-32% und bis zum Jahr 2050 um 60% zu senken (Basisjahr 1990). Die Bilanzierung der Minderung soll in CO_2-Emissionsäquivalenten erfolgen, das Ziel 2020 entspricht somit einer THG-Minderung von rd. 32-37%. Die Ziele können durch nationale und die Anrechnung von internationalen Maßnahmen erreicht werden. Entsprechend dem Kyoto-Regime und dem EU Emissionshandel sind Luftverkehr wie Schifffahrt nicht erfasst.

Die Zielsetzung basiert auf den Zielen des Energy White Paper[129] sowie den Empfehlungen der Royal Commission on Environmental Pollution aus dem Jahr 2000[130] (aktualisiert 2006), die sich auf eine Stabilisierung der weltweiten CO_2-Konzentrationen bei 550ppm und Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 2°C bezog. Im Rahmen der jüngsten IPCC Ergebnisse werden diese Eckwerte jedoch vor allem von Umweltverbänden als unzureichend kritisiert. Eine Anpassung der Zielwerte ist bisher nicht erfolgt.

Durch die Definition von 5-Jahresbudgets soll der Umsetzungspfad in Zwischenschritten vorgezeichnet werden, wobei innerhalb der Budgets bewusst auf eine Spezifikation der Jahreswerte verzichtet wird, um Flexibilität zu erhalten (z.B. hinsichtlich Witterung, konjunkturellen Schwankungen usw.). Die Budgets sehen einen Ausgleich zwischen den Perioden vor (banking/borrowing).

---

[127] Informationen zur CCB sowie allgemein unter:
http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/legislation/index.htm
Die schriftlichen Informationen wurden ergänzt durch Telefoninterviews mit Phil Sivell (Climate Change Team Leader; Centre for Sustainability (C4S) at Transport Research Laboratory und Kristin Reissig, Britische Botschaft in Berlin

[128] Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA): Draft Climate Change Bill – Consultation Document, London , 13 März 2007

[129] Energy White Paper 2007 (Meeting the Energy Callenge, Department of Trade and Industry, May 2007 (CM 7124), Energy White Paper 2003 (Our Energy Future – Creating a low carbon society, Department of Trade and Industry, February 2003 (CM 5761))

[130] Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP): Energy – The changing climate, 22nd Report, June 2000, CM4749

Wirkungsebene

Die CCB wirkt als übergeordneter Orientierungsrahmen für die nationale Klimaschutzstrategie in Großbritannien. Durch die Fixierung eines langfristigen Minderungsziels und die gesetzliche Festlegung der mittelfristigen Reduktionsschritte in den drei aufeinanderfolgenden 5-Jahresbudgets soll eine verlässliche Grundlage für alle Akteure in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft geschaffen werden, die bewusst über die Spanne üblicher Legislaturperioden hinausragt.

Direkter Einfluss besteht auf die nationale Gesetzgebung. Im Rahmen der CCB wird angestrebt, das Gesetzgebungsverfahren bei der Einführung/Ausbau von neuen klimaschutzbezogenen Zertifikats- und Handelssystemen auf nationaler Ebene zu erleichtern.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Die CCB bezieht sich auf die aggregierte Zielgröße der nationalen CO_2-Emissionen. Damit sind indirekt alle Bereiche des Energiesystems betroffen mit Ausnahme der explizit ausgeschlossenen Sektoren Luft- und Schiffsverkehr.

Charakter / Formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Die CCB ist eine Gesetzesinitiative der britischen Regierung. Angestoßen durch Kampagnen von NGOs im Jahr 2005 (vor allem Friends of the Earth (FoE) "Big Ask Campaign") wurde Anfang 2005 ein erster Antrag ins Parlament eingebracht. Nach der Parlamentsauflösung und den Neuwahlen im Herbst 2005 wurde das Thema erneut von einer großen Mehrheit der Abgeordneten als Initiative aufgegriffen. Nach einer Ankündigung im Nov. 2006 wurde der Draft der CCB am 13. März 2007 vorgestellt. Ein öffentliches Consultationsverfahren lief bis zum Juni 2007, am 3. August 2007 stellte das Joint Committee (JC) von Ober- und Unterhaus ihren gemeinsamen Bericht zur Bewertung des CCB-Drafts vor. Die Gesetzesvorlage soll im Herbst 2007 beschlossen werden und im Frühjahr 2008 in Kraft treten.

Die CCB-Initiative genießt breite politische Rückendeckung in fast allen Parteien und wird im Grundsatz auch von den regionalen Parlamenten (Schottland, Wales etc.) getragen bzw. in eigene Initiativen übersetzt.

Wichtige Stakeholder sind die Umwelt-NGO, die das Konzept in der Mehrheit unterstützen (FoE, WWF UK, Stop Climate Chaos Coalition mit mehr als 50 Teilgruppen etc.). Kritik gibt es hier bzgl. der als nicht ausreichend bewerteten Ziele, es wird eine Minderung von 80-90% bis 2050 im Zusammenhang mit einer jährlichen Reduktion von 3%/a gefordert.

Wirtschaftsverbände und Gewerkschaften wie auch z.B. der Bauernverband stehen der Initiative vor allem wegen der Aussicht auf verlässliche und langfristige Rahmenbedingungen positiv gegenüber.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Durch den allgemeinen Charakter der CCB werden grundsätzlich alle Maßnahmen zur Senkung der CO_2-Emissionen implizit erfasst. Die CCB steht in Verbindung mit dem Climate Change Strategic Framework, das eine allgemeine Übersicht von Klimaschutzstrategien und Ansätzen bietet. Der Anspruch der Langfristziele erfordert dabei eine weitreichende Mobilisierung der Potenziale in allen Bereichen, so dass sich fast zwangsläufig die Notwendigkeit für kombinierte EE/EF-Strategien ergibt.

Konkretere Aussagen zur spezifischen Rolle von EE und EF sowie zu deren Verzahnung gibt es jedoch nicht.

Deutschland Energieautark[131]

Kurzbeschreibung

Die Vision „Deutschland Energieautark im Jahr 2040“ wurde im Februar 2006 von einer ehrenamtlich arbeitenden Gruppe von Privatpersonen entwickelt und vorgestellt. Diese Vision baut darauf auf, dass durch weitere technische Entwicklungen Produkte und Maschinen energieautark gestaltet und produziert werden können. Der Energiebedarf wird drastisch reduziert, so dass der restliche Bedarf aus regionalen Energiequellen bzw. lokal betriebenen Energieerzeugungsanlagen wie z.B. Bioenergie gewonnen werden kann. So könnte ganz Deutschland unabhängig von Energieimporten und Rohstoffeinkäufen werden.

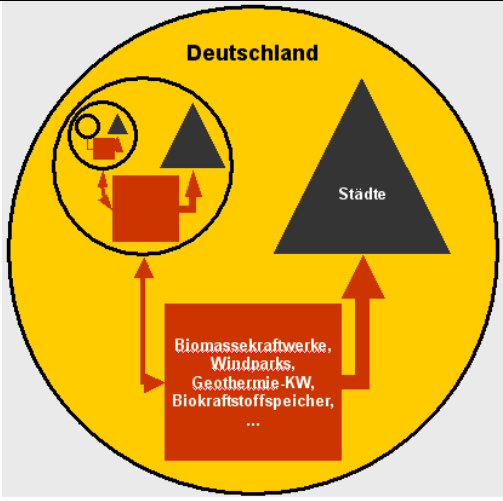


Abbildung 11.1: Bilanzgrenzen und Handlungsfelder für das Konzept
Quelle: www.deutschlandenergieautark.de

Die Energieautarkie soll, nach Konzept, stufenweise erreicht werden. Beginnend bei den kleinsten Energieverbrauchseinheiten (energieautarke Geräte beispielsweise mit sehr geringem Energieverbrauch und PV-Modulen) über das energieautarke Haus bis hin zu Energieautarken Gemeinden und Landkreisen. Die Potenziale zur Energieeffizienz werden vollständig ausgeschöpft und der restliche Energiebedarf wird durch erneuerbare Energiequellen gedeckt. So wird das Konzept der Energieautonomie von der kleinsten Einheit bis zu den Landesgrenzen erweitert.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Der gesamte Energiebedarf in Deutschland soll bis 2040 autark gedeckt werden können. Es sollten keine weiteren Energieimporte notwendig sein. Im Konzept werden explizit auch Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Energieeffizienz erwähnt (Wärmedämmung / Altbausanierung), jedoch ohne ein Einsparziel zu definieren.

Wirkungsebene

Aufbauend auf energieautarken Kommunen, Gemeinden und Ländern soll ein energieautarkes Deutschland erreicht werden.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Energieautarkie im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich – in allen Sektoren ist die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern angestrebt. Im Verkehrsbereich wird die Senkung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauches um 50% durch technische Innovationen forciert, wodurch der restliche Spritbedarf durch Biokraftstoffe gedeckt werden könnte.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Bei „Deutschland Energieautark bis 2040“ handelt es sich um eine Initiative mehrerer ehrenamtlich tätiger Privatperson ohne institutionellen Hintergrund. Anfang 2006 wollten die Protagonisten auf ihre Initiative mit Hinblick auf den Energiegipfel im April 2006 aufmerksam machen und haben eine Kurzpräsentation sowie ein Motivationsschreiben an verschiedene politische Akteure geschickt. Eine Bewertung dieses Konzepts steht jedoch aus.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Deutschland Energieautark zielt darauf ab, dass der Energieverbrauch massiv durch Energiesparen und Effizienzsteigerung reduziert wird, so dass der restliche Energiebedarf aus lokalen Rohstoffen und dezentralen Energieerzeugungsanlagen gedeckt werden kann. Die Energieautarkie wird lt. Konzept mittels Bottom-Up-Prinzip erreicht, wodurch sich beispielsweise folgende Maßnahmen ableiten lassen:

Reduzierung des Energieverbrauchs von Geräten auf das Niveau, welches durch Kleinst-PV-Module gedeckt werden kann.

Sanierung von Bestandsgebäuden auf Niedrigenergie- und Passivhausstandard; Deckung des restlichen Energiebedarfs durch EE;

[131] www.deutschlandenergieautark.de

Konzept und Maßnahmen

Eine konkrete Maßnahmenplanung sowie eine Potenzialabschätzung für das Energie-Autarkie-Szenario ist noch nicht erstellt. Außerdem gibt es keine zeitlichen Umsetzungspläne, wie das Ziel 2040 erreicht werden soll. In der Kurzpräsentation lassen sich folgende allgemeine Aussagen zu einer Maßnahmenplanung finden:

- Sanierung der Bestandsgebäude auf Niedrigenergie- und Passivhausstandard
- Entwicklung von weiteren solarbetriebenen Geräten (Solarkühlgeräte, Solarradios, etc.)
- Einsatz von thermischen Solaranlagen sowie PV-Anlagen
- Einsatz von Pellets- und Biomassekesseln zur Heizung von Gebäuden
- Zusätzliche Stromerzeugung aus EE
- Entwicklung von Kraftstoff sparenden Motoren für Biotreibstoffe

11.1.2 Regionale Zielkonzepte

2000 Watt Gesellschaft BASEL[132]

Kurzbeschreibung

2001 hat novatlantis eine Pilotregion für die Umsetzung der 2000 Watt Gesellschaft gesucht und der Kanton Basel Stadt hat die Teilnahme zugesagt. Diese Pilotregion dient dem Erfahrungsgewinn für die Nachhaltigkeitsforschung und für die Umsetzung des Zielkonzepts 2000 Watt. Das Projekt wird vom ETH Bereich und vom Kanton Basel-Stadt getragen, hat eine Laufzeit von 6 Jahren und ist Ende 2007 abgeschlossen. An der Projektumsetzung beteiligen sich auch mehrere Hochschulen wie z.B. die Uni Basel sowie die Fachhochschule Nord-West-Schweiz, sowie Institute des ETH-Bereiches (EMPA, EAWAG). Die Projektkoordination sowie die Finanzierung wird von novatlantis sowie vom Kanton Basel jeweils zur Hälfte durchgeführt und getragen.

Abbildung 11.2: Wohnprojekt Erlentor in der 2000-Watt-Gesellschaft-Pilotregion Basel
Quelle: www.basel.ch/de/basel/stadtentwicklung

Ab 2008 wird die 2000 Watt Gesellschaft für die Dauer von 4 Jahren als Schwerpunktthema in die Kantonsverwaltung aufgenommen. Dadurch stehen neue Finanzmittel zur Verfügung und die Implementierung der 2000 Watt Gesellschaft kann auf politischer Ebene vorbereitet werden.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Die 2000 Watt Gesellschaft in Basel ist noch nicht als Ziel mit einem definierten Zeitrahmen verankert. Bei der „Pilotregion 2000-Watt-Gesellschaft“ handelt es sich um ein Einzelprojekt, wo einzelne Maßnahmen umgesetzt und geprüft werden. Erst in der nächsten Projektstufe werden weitere Themen eingebunden und ggf. Zielsetzungen definiert.

Wirkungsebene

Kanton Basel-Stadt hat 187.000 Einwohner. Der Kanton Basel-Stadt setzt sich aus der Stadt Basel (165.000 Einwohner) sowie den Landgemeinden Riehen (20.604 Einwohner) und Bettingen (1.199 Einwohner) zusammen.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Aktuell werden in den Bereichen Stadtentwicklung und Bauen sowie im Bereich Mobilität Projekte entwickelt und umgesetzt[133]. Nach 2008 werden weitere Sektoren und Themen aufgenommen, wie beispielsweise die CO_2-neutrale Verwaltung sowie Raum und Ressourcen. In diesem Themenfeld werden Projekte zum Natur- und Wasserschutz in allen Verzahnungsbereichen entwickelt. Es gibt keine definierten Zwischenziele für die Sektoren Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch.

[132] Die Informationen sind dem Internetportal www.novatlantis.ch, sowie dem Gespräch mit Dr. Keller, Koordinierungsstelle Umweltschutz im Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt entnommen.

[133] http://www.basel.ch/de/basel/stadtentwicklung/2000-watt-gesellschaft

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Im aktuellen Politikplan (das zentrale politische Steuerungsinstrument für politische Ziele des Regierungsrates Kanton Basel-Stadt) 2007-2010 vom 5. September 2006 wird im Aufgabenfeld Energie und Umwelt folgendes politische Ziel festgeschrieben: „Der Energieverbrauch wird stabilisiert bzw. vermindert durch sparsames und rationelles Nutzen der Ressourcen im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft. Die Öffentlichkeit wird sensibilisiert durch Vermarktung der Energiepolitik." Unter der Rubrik Projekte und Vorhaben wurde die Realisierung des Projekts „2000 Watt Gesellschaft Pilotregion Basel" in den Bereichen Bauen und Mobilität festgelegt.

Um die 2000 Watt Gesellschaft stärker in der Politik zu verankern, hat das Baudepartement der Stadt Basel den Antrag gestellt, die 2000 Watt Gesellschaft als eine von 6 Schwerpunktthemen in die politischen Aktivitäten aufzunehmen. Dieser Antrag wurde positiv entschieden womit ab 2008 die 2000 Watt Gesellschaft einen höheren Stellenwert in Basel erhalten und für diese 4 Jahre weitere finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt bekommen wird. Jedoch ist auch hier noch keine Zielverankerung angenommen.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Der Verzahnungscharakter der 2000 Watt Gesellschaft wurde bereits ausführlich im Steckbrief und in der Analyse auf nationaler Ebene beschrieben. In den einzelnen, bis jetzt umgesetzten Maßnahmen in den Bereichen Stadtentwicklung und Bau sowie Mobilität gab es keine expliziten Verzahnungsmechanismen.

Im aktuell in Basel bestehenden Förderfonds werden Wärmdämmungen, Installation von Solaranlagen (thermisch und PV), Niedrigenergie-Neubauten sowie BHKWs, Wärmpumpen und Holzheizungen gefördert. Auch in diesen Förderprogrammen sind keine Verzahnungsmechanismen zu finden. Beispielsweise richtet sich die Förderhöhe für die Erzeugungsanlagen nur nach der tatsächlich durch die Anlagenerneuerung eingesparten Energie.

Konzept und Maßnahmen

Es gibt keinen konkreten Maßnahmenplan für die Umsetzung der 2000 Watt Gesellschaft in Basel. Es werden Einzelprojekt wie zum Beispiel der „1. Basler Sanierungswettbewerb" durchgeführt, die im Rahmen des Projekts 2000 Watt Gesellschaft Pilotregion laufen. Im Rahmen des Schwerpunktthemas wird es allerdings ein Unterprojekt zur Entwicklung einer Absenk-Strategie geben. Durch dieses Projekte soll ein Maßnahmenplan entwickelt werden, um die konkrete Umsetzung systematisieren zu können.

Solarcomplex – Region Hegau Bodensee[134]

Kurzbeschreibung

„solarcomplex sieht sich als ‚Prototypischer Vorläufer eines zukünftigen regionalen Energieversorgers in Bürgerhand', der ausschließlich auf erneuerbare Energien setzt"[135]. Ziel von solarcomplex ist es, bis zum Jahr 2030 den Energiebedarf in der Region Westlicher Bodensee weitgehend aus erneuerbaren Energien zu decken. Allerdings muss zuvor der Energieverbrauch signifikant gesenkt werden (um rd. 50%) damit die regionalen Potenziale den Bedarf decken können. Dieses Ergebnis wurde in einer Potenzialstudie ermittelt, welche 2002 von solarcomplex erstellt wurde[136].

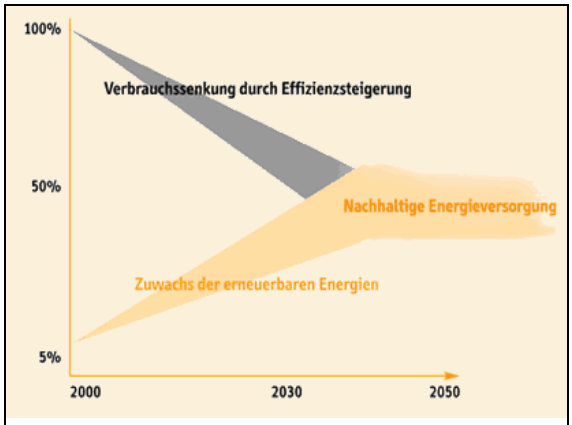


Abbildung 11.3: grafische Darstellung der Zieldefinition der Region Hegau Bodensee; Quelle: www.solarcomplex.de

solarcomplex ist als Bürgerbeteiligungsunternehmen organisiert, welches Anlagen zur Nutzung von Erneuerbaren Energien plant, baut und betreut. Das Unternehmen wurde im Jahr 2000 von 20 Personen aus der Region Hegau / Bodensee mit einem Stammkapital von 37.500 Euro gegründet. Inzwischen sind über 200 Gesellschafter am Unternehmen beteiligt und das Stammkapital konnte auf über 1,8 Mio. Euro angehoben werden. Gesellschafter sind so-

[134] Die Informationen sind dem Internetportal www.solarcomplex.de, sowie dem Gespräch mit Herrn Müller, Geschäftsführer von solarcomplex entnommen.

[135] eurosolar 16.10.2004

[136] Müller, 2003: Erneuerbare Energien in der Region Hegau Bodensee, solarcomplex, www.solarcomplex.de

wohl Privatpersonen als auch KMUs und Kommunalpolitiker, Handwerker, Landwirte und Wissenschaftler. Der installierte wissenschaftliche Beirat berät die Geschäftsführer und Gesellschafter.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Die Gründer und Initiatoren von solarcomplex haben sich das Ziel gesetzt, die Energieversorgung der Region bis 2030 weitgehend auf erneuerbare Energien aus regionalen Quellen umzustellen und auf fossile und atomare Energieträger zu verzichten. Es wurden zu Beginn auch Zwischenziele definiert, dass 2005 in jeder Gemeinde mind. eine große PV-Anlage, in jeder Sparte der erneuerbaren Energien mind. eine Referenzanlage installiert ist sowie auch der Einstieg in die Windkraftnutzung erreicht wurde. Außerdem soll der Anteil von 5% Ökostrom pro Haushalt erreicht sein.

Wirkungsebene

„Die Region Hegau / westlicher Bodensee in der Definition von solarcomplex, erstreckt sich in Ost – West – Richtung ungefähr von Konstanz bis Tengen und in Nord – Süd – Richtung ungefähr von Stockach bis zur Schweizer Grenze. Dieses Gebiet ist weitgehend deckungsgleich mit dem politischen Landkreis Konstanz. Dazu kommt das nördliche Bodenseeufer von Bodman bis Uhldingen. Damit entsteht ein annähernd kreisförmiges Gebiet von rund 1.000 km² mit rund 300.000 Einwohnern.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Die Potenzialstudie richtet sich nach den Angeboten im erneuerbaren Energiesektor und nicht nach dem Verbrauch. Hier wird je nach Technologie zwischen den Verbrauchssektoren Strom und Wärme abgegrenzt. So wird z.B. differenziert zwischen Strom- und Wärmeerzeugung bei der Aufteilung von Flächen für die solare Nutzung: 50% der Dachflächen werden für die Stromerzeugung, und die andere Hälfte für die Erzeugung von Warmwasser bilanziert. Bei Biogas wird das Potenzial an Kraft-Wärme-Kopplung angeführt. Zusätzlich wird das Biomassepotenzial erhoben, wodurch große Mengen an Wärme zentral und dezentral erzeugt werden können.

In der Potenzialstudie wird auch kurz auf das Thema Mobilität eingegangen. Allerdings sind die Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe bereits für die stationäre Nutzung der Energie bilanziert. Dadurch könnte nur ein kleiner Teil des Kraftstoffbedarfs in der Region abgedeckt werden.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Die Initiative zur Zielsetzung und zur Gründung von solarcomplex war von 20 Privatpersonen aus der Region ausgegangen. Neben der hohen gesellschaftlichen Akzeptanz durch eine umfassende Sensibilisierungsarbeit in der Region hat der Landkreis Konstanz am 27. Oktober 2003 eine Resolution einstimmig angenommen, womit die weitgehende Versorgung aus erneuerbaren Energien bis 2030 als politisches Handlungsziel definiert wurde. Diesen Antrag haben die IHK und die Handwerkskammer gemeinsam mit solarcomplex in den Kreistag eingebracht.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Die Zielsetzung enthält ein verzahnendes Element, indem in der Potenzialanalyse rechnerisch ermittelt wurde, dass nur bei einer Reduzierung des Energieverbrauchs um mind. 2% jährlich (bis 2030 um rd. 50%) der verbleibende Energiebedarf durch EE gedeckt werden kann.

Auf Maßnahmenebene haben sich Verzahnungen von EE und EF meist nur aus Zufall ergeben. Grundsätzlich ist es jedoch das Ziel, EF verstärkt in die Projektentwicklung mit einzubeziehen.

Konzept und Maßnahmen

Organisatorisch waren die Gründung von solarcomplex und die Umsetzung der ersten Pilotprojekte in der Beteiligungsstruktur die ersten wichtigen Maßnahmen. Im Laufe der letzten Jahre, als das Interesse zugenommen hat und vermehrt Kapital akquiriert werden konnte, wurden auch Informationsangebote ausgeweitet. So werden Schulmaterialien erstellt und Erlebnistouren zu EE-Anlagen angeboten.

Vor allem im Bereich der Fotovoltaik-Anlagen wurde bereits sehr viel erreicht. Beispielsweise wurde im Laufe der ersten Umsetzungsjahre das Standardprodukt „6-kW-Solarkraftwerk“ entwickelt, wodurch der Aufwand zur Abwicklung dieser Projekte wesentlich reduziert werden konnte. Außerdem bietet solarcomplex Holzenergie-Contracting an, im Rahmen dessen bereits 12 Holzheizanlagen mit insgesamt 3 MW thermischer Leistung realisiert wurden. Zusätzlich wurde die erste Bürger-Biogasanlage mit 250 kW elektrischer Leistung realisiert. Die Wärme wird zur Beheizung eines Freizeitzentrums verwendet.[137] Und ein altes Wasserkraftwerk wurde revitali-

[137] www.solarcomplex.de

siert und wieder in Betrieb genommen. Insgesamt ist es das Ziel von solarcomplex, einen vielseitigen Energiemix zu generieren.

Wendland Elbtal[138]

Kurzbeschreibung

Die Idee einer 100% Energieversorgung aus erneuerbaren Energien kam zum ersten Mal in der 1997 gegründeten Agenda21-Arbeitsgruppe „Klimaschutz und Energie“ auf[139]. Im Jahr 2001 wurde vom Kreistag eine vom ALTENER-Programm geförderte Studie in Auftrag gegeben, welche prüfen sollte, inwieweit eine energetische Autarkie im Landkreis Lüchow-Dannenberg bis zum Jahr 2015 erreichbar ist. Das Ergebnis der Studie besagte, dass neben einem Mix aus erneuerbaren Energieträgern parallel eine Energieeinsparung von 21% erreicht werden muss.

Der 2001 gegründete Verein „Regionale Partnerschaft Wendland/Elbetal“ formulierte daraufhin für die gesamte Region Wendland Elbetal das Ziel, den Energiebedarf zu 100% mit EE zu decken. Mit u.a. dieser Zielsetzung bewarb man sich am Wettbewerb "Regionen aktiv - Land gestaltet Zukunft“. Die Bewerbung erfolgte in enger Abstimmung und Zusammenarbeit mit der regionalen LEADER-Aktionsgruppe[140]. Vor allem aufgrund des 100% Ziels erfolgte die Auswahl als eine der 19 deutschlandweiten Modellregionen.

Abbildung 11.4: Erste Biogastankstelle Deutschlands in Jameln
Quelle: www.biogastankstelle.de

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

In der Potenzialstudie auf Landkreisebene wird das Zielkonzept so definiert, dass bis 2015 der Energiebedarf um 21% reduziert und der verbleibende Bedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden soll. Dieses 100%-Ziel wurde 2001 mit dem Antrag zum Wettbewerb „Regionen aktiv“ auf regionale Ebene angehoben und ohne Zeitrahmen kommuniziert. Bei dieser Zielebenentransformation wurde auch das Effizienzziel nicht übertragen. Somit bestehen in den Publikationen verschiedene Definitionen zur Zielsetzung hinsichtlich Zeitrahmen und Effizienzmaßnahmen.

Wirkungsebene

Zur Region Wendland-Elbetal gehören der gesamte Landkreis Lüchow-Dannenberg sowie die elbnah gelegenen Kommunen des Landkreises Lüneburg. Die Region umfasst rd. 1.900 km² Fläche und rd. 88.000 Einwohner.

Ansatzpunkt im Energiesystem

In den Publikationen wird allgemein von der Deckung des Energiebedarfs zu 100% aus erneuerbaren Energien gesprochen. Es gibt keine Differenzierung zwischen Wärme, Strom oder Verkehrssektoren oder auch nicht zwischen Haushalte, Gewerbebetriebe oder Energieverbrauch in Industrieanlagen. Der Fokus bei der Strom- und Wärmeerzeugung liegt nach den verschiedenen Informationen schwerpunktmäßig bei Biomasse (Holz oder NawaRo) und Biogas. Vor allem durch das Fehlen einer Nah- und Fernwärmeversorgungsstruktur wird im Wärmebereich vor allem auf dezentrale Biomasse gesetzt. Im Bereich Mobilität soll neben der Erzeugung von Biokraftstoffen insbesondere auf Verkehrsvermeidung gesetzt werden.

---

[138] Die Informationen sind dem Internetportal www.wendland-elbetal.de, sowie dem Gespräch mit Hr. Wedler, Regionalmanager von „Regionen aktiv“ entnommen.

[139] 100 KOMMUNEN - RES Partnerschaft: LÜCHOW DANNENBERG http://www.energie-cites.org/db/luchow-dannenberg_140_de.pdf

[140] LEADER+ und „Regionen aktiv“ werden aus EU- bzw. Bundesmitteln gefördert und haben eine verbesserte Regionalentwicklung des ländlichen Raumes zum Ziel. Dies erfolgt vor allem auf Projektebene und in Form eines integrierten Regionalmanagements. Die Förderung von LEADER+ lief 2006 aus, wird aber als ein Bestandteil der neuen ELER-Verordnung für die Jahre 2007-2013 weitergeführt. „Regionen aktiv“ befindet sich derzeit in der zweiten Phase (2006-2007), in welcher die in der ersten Phase (2002-2005) initiierten Projekte in Wert gesetzt werden sollen. In der Region Wendland/Elbtalaue agieren die beiden Initiativen im Landkreis Lüchow-Dannenberg und fünf Samtgemeinden aus dem Landkreis Lüneburg

Charakter / Formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Da die Initiative im Rahmen des lokalen Agenda21-Prozesses entstand, gab es ein umfassendes Bürgerinteresse und eine entsprechende Beteiligung. Das dort definierte Ziel wurde dem Kreistag vorgestellt und im weiteren Schritt im Rahmen der ALTENER-Potentialstudie (Laufzeit: April 2001 bis September 2002) überprüft. Die Koordination dieser Studie übernahm der Landkreis, Partner waren die Niedersächsische Energieagentur, Avacon AG, Universität Lüneburg, GWBF, ReEnergie Wendland, Plambeck Neue Energien AG, Biogas Fachverband[141]. Nach Abschluss dieser Potenzialstudie wurde im September 03 durch den Kreistagsbeschluss das 100% EE-Ziel (erreichbar in 10 bis 15 Jahren) ins regionale Raumordnungsprogramm aufgenommen[142]. Mit dem Projektantrag zu Regionen aktiv und der Gründung des Vereins „Regionale Partnerschaft Wendland Elbetal e.V." wurde das Ziel zusätzlich auf regionaler Ebene über den Landkreis hinweg (einige Kommunen des Landkreises Lüneburg sind integriert) verankert.

Durch diese komplexe Entwicklungsgeschichte sowie durch die Geburt der Idee im Rahmen des Agenda-Prozesses sind viele Akteure an der Zielumsetzung direkt oder indirekt beteiligt. Die Einführung der Stelle eines Regionalmanagers (Herr Michael Wedler) hatte zum Ziel, eine zentrale Prozesssteuerung zu etablieren sowie Koordinierungs- und Vernetzungsaufgaben und Abstimmungsprozesse zentral zu organisieren.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

In der Potenzialstudie für den Landkreis Lüchow-Dannenberg wird erwähnt, dass der Energiebedarf nur dann zu 100% aus EE gedeckt werden kann, wenn mind. 21% eingespart werden können. Diese Definition ist vorerst die einzige, die ein verzahnendes Element aufweist. Auch bei der Anhebung des Ziels auf regionale Ebene (Region Wendland Elbetal) wird der Effizienz-Faktor in der Zielerreichung nicht weiter erwähnt.
Bis jetzt wurden auch vorrangig EE-Projekte umgesetzt. Effizienzmaßnahmen sollen vor allem durch die im Juli 2007 gegründete Energiemanagement-Agentur „EMMA" analysiert und realisiert werden.

Konzepte und Maßnahmen [143]

Zur Zielerreichung liegt kein Maßnahmenkonzept vor. Die Realisierung der Projekt erfolgt auf Einzelprojektbasis. Die parallel agierenden Programme und Vereine (Leader plus und Regionen aktiv sowie Wendenenergie e.V.) setzen Projekte um und fördern diese mit unterschiedlichen Systemen. Der Großteil der Projekte wurde im Bereich der Biomasse- oder Biogasnutzung realisiert (z.B. Studie zur Umrüstung von Landwirtschaftsmaschinen auf Biogas-Motoren, Vergleichsstudie zur Biomasseversorgung, Studie zur Biogas-Aufbereitungsanlagen etc.[144]). In einer Zusammenfassung der Potenzialstudie lassen sich folgende Aussagen oder übergreifende Maßnahmen finden: Um den Anteil der EE an der Stromerzeugung erhöhen zu können, wird der Ausbau der Windenergieanlagen gefordert. Im Wärmebereich besteht der Nachteil, dass kaum Nah- und Fernwärmenetze in der Region vorhanden sind. Deshalb setzt man hier auf den Aufbau einer Biomasse-Logistik und auf Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit. Zusätzlich sollen in öffentlichen Gebäuden vorbildhafte Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Durch die schlechte Finanzlage der öffentlichen Haushalte soll dies über Contracting-Projekte realisiert werden.

---

[141] http://209.85.129.104/search?q=cache:MVGkEPfZnfAJ:www.klimaschutz.de/download/luechow-dannenberg.pdf+marlene+sieck&hl=de&ct=clnk&cd=13&gl=de&lr=lang_de&client=firefox-a

[142] S.21f in: http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Regionale%20Wirtschftsimpulse/DNR_EE_Kommunen.pdf

[143] Hans Christian Lange (2005): Erhebung zum Stand der regenerativen Energien 2005 in der Region Wendland/Elbetal. http://www.wendland-elbetal.de/download.php?id=233309,207,3

[144] http://www.novainsttut.de/modellregionen/nachrichten.php?typ=70&phase=1&PHPSESSID=5a50d8d16222cda9b3ee0c72334

Landkreis Fürstenfeldbruck - ZIEL 21

Kurzbeschreibung

Aus dem Agenda 21-Prozess entstand das Ziel, die Bevölkerung und die Unternehmen des Landkreises bis 2030 durch erneuerbare Energien selbst zu versorgen. Dieses Ziel soll durch die schrittweise Reduzierung des Energieverbrauchs sowie den Einsatz Erneuerbarer Energien unter nachhaltiger Nutzung aller heimischer Ressourcen, erreicht werden. Zur praktischen Umsetzung wurde 2001 der Verein ZIEL 21 (Zentrum für Innovative Energien im Landkreis Fürstenfeldbruck e.V.) als ein breites Netzwerk von staatlichen (Landkreis, Bayrischer Gemeindetag) und nichtstaatlichen Mitgliedern (z.B. Stadtwerke, Erdgas Südbayern, Sparkasse Fürstenfeldbruck etc.) gegründet.[145]

Abbildung 11.5: **Z**entrum **I**nnovative **E**nergien im **L**andkreis Fürstenfeldbruck
Quelle: www.ziel21.de

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Bis 2030 will Fürstenfeldbruck Deutschlands erster Landkreis sein, der sich komplett aus regenerativen Energiequellen versorgt. Dieses Ziel soll erreicht werden durch

1. Senkung des Energieverbrauchs um 50 %,
2. Erhöhung der Energie-Effizienz und
3. Ausnutzung aller vorhandenen, erneuerbaren Energiequellen wie Sonnenenergie für Strom- und Wärmeproduktion, Biogas aus der Landwirtschaft, Abfall, Biomasse, Rapsöl sowie andere nachwachsende Rohstoffe, Geothermie und Wasserkraft.[7]

Wirkungsebene

Landkreis Fürstenfeldbruck umfasst 23 Gemeinden mit rd. 200.000 Einwohnern und einer Fläche von 430 km².

Ansatzpunkt im Energiesystem[146]

Anhand der ersten Recherchen zum Zielkonzept Fürstenfeldbruck sind keine Informationen darüber ersichtlich, ob der Verkehrssektor und somit die Treibstoffproduktion ebenfalls in die Zielsetzung integriert ist. Es gibt lediglich an einer Stelle den Hinweis, dass Diesel-Fahrzeuge auf Pflanzenöl umgerüstet werden sollen. Auch im Strom- und Wärmesektor bleibt es bei der allgemeinen Definition „Ausbau aller Erneuerbarer Energien bis zur Vollversorgung“.

Charakter / Formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes[147]

Die Entwicklung des Zielkonzeptes hat bereits einen lange Vorgeschichte. Bereits 1998 gab es eine Initiative „BRUCKER LAND Sonnenland“, in welcher über 600 Solaranlagen zur Warmwasserbereitung installiert wurden. Da lokale Handwerksbetriebe in diese Initiative einbezogen waren, blieb das Investitionsvolumen von damals rd. 6 Mio. DM im Landkreis. Dieses Projekt wurde 1999 mit dem deutschen und europäischen Solarpreis ausgezeichnet. Die Initiative wurde 2000, aufgrund der großen Erfolge, zu einem „1. Energie-Forum“ ausgeweitet, um weitere Ressourcenpotenziale in der Region ausschöpfen zu können. Im Vorfeld wurden die Potenziale der Region abgeschätzt. Auf diesen Daten aufbauend wurde am 8.4.2000 beim 1. Bruckerland Energieforum die Zielsetzung, bis 2030 den gesamten Energiebedarf durch EE zu decken, beschlossen. Bereits in dieser frühen Phase waren alle potenziellen Akteure an der Projektentwicklung beteiligt: Brucker Land Solidargemeinschaft, Sparkasse Fürstenfeldbruck, Innungen, Landkreis und die Stadt Fürstenfeldbruck, die Stadtwerke Fürstenfeldbruck sowie der Erdgaslieferant Südbayern, sowie Wirtschafts- und Landwirtschaftsverbände. Anhand der gereiften Zielvorstellung wurden zur Umsetzungsunterstützung 5 Arbeitsgruppen mit den Themen Wärme und Strom von der Sonne, Wärmedämmung, Pflanzenöl, Biogas sowie Neue Chancen für Kommunen und Stadtwerke gegründet. Als erste Initiative wurde 2001 der Verein ZIEL 21 gegründet, der zentral die praktische Umsetzung begleiten und fördern soll. Der Kreistag beschloss einstimmig die Unterstützung von ZIEL 21.

---

[145] ZIEL 21, Zentrum für innovative Energien im Landkreis Fürstenfeldbruck. http://www.ziel21.de/

[146] Landratsamt; Modell-Landkreis AGENDA 21, Projekte: http://www.lra-ffb.de/lkr/lkragenda21.shtml
http://www.lra-ffb.de/lra/bau/agenda.shtml

[147] Landratsamt, Informationen zu ZIEL21: http://www.lra-ffb.de/pdf/ziel21.pdf

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Die Zieldefinition beim 1. Energieforum im Jahr 2000 lautete „Wir wollen die Energiewende im Landkreis Fürstenfeldbruck herbeiführen. Wir setzen uns das Ziel, den Landkreis bis zum Jahr 2030 vollständig mit erneuerbaren Energien zu versorgen.“[9] Durch die Definition des Umsetzungsweges: Dies soll erreicht werden durch die schrittweise Reduzierung des Energieverbrauchs, durch den Einsatz der jeweils innovativsten Technologie und durch die Nachhaltige Nutzung aller heimischen Ressourcen, wird ein Verzahnungscharakter in der Zieldefinition hergestellt. Im Bereich der Maßnahmenumsetzung wurden hingegen keine expliziten Verzahnungsprojekte definiert.

Konzepte und Maßnahmen

In Fürstenfeldbruck wurden bereits eine Vielzahl von Projekten zur Nutzung von Erneuerbaren Energien umgesetzt. Das Spektrum reicht von Bürger-PV-Anlagen, Freiflächen-PV-Anlagen, Holzschnitzel-Heizwerken, Pflanzenöl-BHKW bis hin zu einer Biogasanlage. Im Landkreis wird zudem eine Ölmühle betrieben.

Zudem werden beim ZIEL 21 Beratungsangebote für innovative Sanierung oder Neubauprojekte angeboten. Es gibt kostenlose Erst-Energieberatungen landkreisweit sowie verschiedenste Veranstaltungen, wo sich die Bevölkerung und Unternehmen über die aktuellen Entwicklungen sowie über neue Technologien informieren kann.

Landkreis Ebersberg – 100% EE-Region

Kurzbeschreibung[148]

Ausgangspunkt ist das 1996 gestartete und im Laufe der Jahre erweiterte Projekt ‚Ebersberger Sonnenweg’ zur Nutzung von Solarthermie und Photovoltaik. Im Rahmen der 1999 gegründeten Landkreis-Agenda 21 entwickelten sich erste Leitsätze und Ziele. Deren konkrete Ausformulierung sowie Umsetzung begann Ende 2005, indem BAUM consult beauftragt wurde, ein Aktionsprogramm für die nachhaltige Entwicklung des Landkreises zu erarbeiten sowie eine tragfähige Struktur für das Regionalmanagement zu entwickeln. Darin ist unter dem Themenfeld Erneuerbare Energien und Energieeffizienz das Ziel festgeschrieben, bis 2030 unabhängig von fossilen und anderen endlichen Energieträgern zu werden.

Abbildung 11.6: Erstes Biogaskraftwerk zur Gaseinspeisung in Pliening im Landkreis Ebersberg
Quelle: www.schmack-biogas.de

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen[149]

Umstellung des Landkreises auf erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030, in dem:

- der Energiebedarf soweit gesenkt wird, dass der verbleibende Restenergiebedarf überwiegend durch regenerative Energiequellen abgedeckt werden kann,
- die regionalen Potentiale bzgl. Sonnenenergie, Windkraft, Wasserkraft genutzt werden,
- wobei der Schwerpunkt auf der Biomasse liegt, unter Beachtung einer Natur und landschaftsschonende Erzeugung.

Wirkungsebene

Landkreis Ebersberg umfasst 21 Gemeinden mit rd. 125.000 Einwohnern und 549 km² Fläche.

Ansatzpunkte im Energiesystem

Zur Einbeziehung des Sektors Verkehr gibt es aktuell noch keine Informationen. Allerdings wurde im Landkreis eine Mitfahrzentrale eingerichtet, die das Aufkommen im Individualverkehr reduzieren soll. Anhand der ersten Recherchen kann somit nicht quantifiziert werden, ob das bis 2030 festgelegte Unabhängigkeitsziel von fossilen Energieträgern auch die Mobilität einbezieht.

---

[148] Regionalmanagement: Entwurf der Leitlinien für das Aktionsprogramm, Anlage zum 34. Kreisausschuss: http://www.gruene-ebe.de/464cms/gruen/upload/download/kreistag/060717_leitlinien.pdf

[149] Leitsätze und Ziele Landkreis-Agenda21, Arbeitskreise: http://www.lra-ebe.de/DynDox/FF78F095-FD2F-4079-9D5B-E6505FD91D09/ak3_leitsaetze.pdf

Charakter / Formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Das Ziel, bis 2030 unabhängig von fossilen und anderen endlichen Energieträgern zu werden, wurde im Regionalmanagement des Landkreises Ebersberg definiert. Das Regionalmanagement dieses Landkreises übernimmt Dr. Martin Tischer, Baum Consult GmbH. Es liegen noch keine Informationen über den Integrationsprozess des Zielkonzeptes in die politische Zieldefinition vor. Die Teilnehmer des in der Landkreis-Agenda 21 definierten Arbeitskreis Energie und Ressourcen sehen jedoch die Notwendigkeit, dass sowohl die Politik als auch die Öffentlichkeit in die Zieldefinition mit eingebunden werden muss.

Rolle der Verzahnung von EE und EF[150]

In der Zielsetzung ist ein konkreter, wenn auch relativ allgemein definierter, Verzahnungsgedanke enthalten: Der Energieverbrauch wird so weit gesenkt, um diesen durch regionale Ressourcen decken zu können. Zu Verzahnungsaspekten in der Maßnahmenebene ist allen voran die Initiierung eines Wettbewerbes zum Nachhaltigen Bauen zu nennen. In diesem Wettbewerb wird ein Gesamtkonzept zum nachhaltigen Bauen prämiert, wo Kriterien wie Energieversorgung, Baumaterialien, Heizwärmebedarf und Wassernutzung bewertet werden.

Konzepte und Maßnahmen

In den vorhandenen Unterlagen war kein Maßnahmen- oder Umsetzungsplan zur Zielerreichung definiert. Es gibt Hinweise auf verschiedene Einzelmaßnahmen wie beispielsweise die Errichtung der Plattform „Sonnenweg“, die Erstellung des Sanierungswegweisers, die Umsetzung eines fifty:fifty-Projekts an einem Gymnasium sowie die Errichtung einer Mitfahrzentrale für den gesamten Landkreis.

11.1.3 Kommunale Zielkonzepte

Steckbrief Energieautarkes Güssing[151]

Kurzbeschreibung

Bereits 1990 hat der Gemeinderat beschlossen, dass in den Gebäuden der Stadtgemeinde Güssing Energie sowohl im Strom- als auch im Wärmesektor eingespart werden muss. Erst nach den Sanierungsanstrengungen im öffentlichen Gebäudebestand wurde das Ziel definiert, fossile Energieversorgungslösungen abzulösen und Alternativen zu suchen. Durch die Initiative einzelner Personen wurde 1991 das Biomasse-Ferwärmekonzept vorgelegt und im Gemeinderat beschlossen. Mit einem 27 km langen Fernwärmenetz werden seit Mitte der 90er alle öffentlichen Gebäude, gewerbliche Großabnehmer und viele Kleinabnehmer mit kostengünstiger Wärme aus Biomasse versorgt. [152]

Abbildung 11.7: Biomasse – Heizkraftwerk Güssing
Quelle: repotec

Erst nach diesen ersten positiven Erfolgen wurde die Idee geboren, den gesamten Energiebedarf (inkl. Strom und Kraftstoff) aus erneuerbaren Energien zu gewinnen und das Heizkraftwerk-Projekt wurde gemeinsam mit der TU Wien gestartet. Seit 2004 wird in Güssing mehr als der gesamte Energiebedarf (Wärme, Strom und Kraftstoffe) aus regionalen Rohstoffen erzeugt. Jährlich bleiben rd. 13 Mio. Euro in der Region, wodurch ein Strukturwandel eingeleitet werden konnte.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Als das Projekt bzw. die erste Maßnahme gestartet wurde, lagen weder Definitionen für ein Gesamtziel noch Zeitrahmen fest. Erst nach ersten erfolgreich umgesetzten Maßnahmen erfolgte 1996 die Zieldefinition „Energieautarkes Güssing“. Zu diesem Zeitpunkt war die Energieautarkie im Wärmebereich bereits zum Großteil erreicht.

---

[150] Internetauftritt des Regionalmanagements: http://www.region-ebersberg-aktiv.de/

[151] Die Inhalte des Steckbriefes sind zum Teil Gesprächen mit Herrn Vadasz (Bürgermeister von Güssing) und Frau Brunner (Europäisches Zentrum für erneuerbare Energie Güssing GmbH) entnommen.

[152] http://www.gussing.at/frame.asp?Bereich=Wirtschaft

Dieses Ziel wurde 2004 mit der Inbetriebnahme des Biomasse-Kraftwerks erreicht bzw. wird inzwischen mehr Energie als in der Stadt benötigt produziert.

Wirkungsebene

Regional für das Stadtgebiet Güssing mit rund 3.800 Einwohnern, wobei als Ressourcenquelle die Bilanzgrenze Bezirk Güssing gewählt wurde. Die Stadt Güssing ist nur sieben Kilometer von der ungarischen Grenze entfernt und war deshalb durch die Nähe zum Eisernen Vorhang eine der ärmsten Regionen in Österreich. Nächstes Ziel ist es, den gesamten Bezirk Güssing (rund 27.000 Einwohner) autark mit Energie versorgen zu können.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Energieautarkie für Strombedarf:

- Aufbau eines Biomasse-Heizkraftwerks
- Aufbau einer Biogas-Anlage
- Installation einer Groß-PV-Anlage

Energieautarkie im Wärmebedarf:

- Installation und sukzessive Erweiterung eines Fernwärmenetzes (27 km Länge)
- Wärme aus Biomasse-Heizkraftwerk
- Installation von Solarthermie-Anlagen
- Sanierung der öffentlichen Gebäude (Wärmedämmung / Fenstertausch)

Energieautarkie im Kraftstoff-Bereich:

- Ausbau einer bereits seit 1991 bestehenden Biodiesel-Anlage
- Installation einer Versuchsanlage zur Altspeiseöl-Umesterung

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Die Idee und Initiative zu diesem Projekt ging von einer kleinen Personengruppe innerhalb der Gemeinde aus, allen voran Herr Koch, der 1991 Technischer Leiter im Stadtamt war und heute das Europäische Zentrum für Erneuerbare Energien in Güssing leitet. Durch die schwierige wirtschaftliche Lage in Güssing (70% Wochenpendler, hohe Abwanderungszahlen und schlechte infrastrukturelle Gegebenheiten) wurde das Konzept aufgrund der regionalen Entwicklungschancen akzeptiert und umgesetzt. Gemeinsam mit diesen Konzepterstellern wurde dieses Erfolgskonzept bis zur Energieautarkie weiterentwickelt und umgesetzt.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Verzahnung auf der Zielebene

Auf der Zieldefinitionsebene gab es kein verzahnendes Element!

Verzahnung auf der Maßnahmenebene:

- Alle öffentlichen Gebäude im Gemeindezentrum wurden energetisch saniert (Wärmedämmung, Fenstertausch, und Sanierung der Heizungsverteilung) und an das Biomasse-Fernwärmenetz angeschlossen.
- Gründung von Weiterbildungszentren (z.B. Handwerker werden zu Solarteuren ausgebildet oder wurden zu Effizienzmaßnahmen im Installationsbereich geschult).
- Die Gemeinde Güssing hat für alle Endkunden, die den alten Ölkessel gegen einen FW-Anschluss ausgetauscht haben, Energiesparberatungen durchgeführt und zusätzlich den FW-Anschluss gefördert.

Konzept und Maßnahmen[153]

- Erstellung eines Energiekonzepts für die öffentlichen Gebäude zur Energieverbrauchsreduktion
- Durchsetzung des Gemeinderatsbeschlusses zur Wärmeversorgung aus EE
- Erstellung eines Maßnahmenplanes
- Sanierung der öffentlichen Gebäuden (Wärmedämmung, Fenstertausch, Heizungssanierung)
- Errichtung und ständige Erweiterung des FW-Netzes mit Bau des damals größten Biomasse-Heizwerkes Österreichs
- Start und Umsetzung des Projekts "Biomassevergasung aus Holz zum Zweck der Stromerzeugung" mit Wirbelschicht Dampfvergasungstechnologie
- Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten des Gases (Produktion von synthetischem Erdgas oder Kraftstoff), Start 2007

[153] http://www.eee-info.net/

2000 Watt Gesellschaft ZÜRICH[154]

Kurzbeschreibung

In Zürich gilt derzeit der Masterplan Energie, der Ziele zur Energieeinsparung und CO2-Emissions-Reduzierung bis 2010 vorsieht. Diese Ziele entsprechen den Zielen des

Bundes: bis 2010 den fossilen PE-Verbrauch um 10% sowie die CO2-Emissionen um 10% zu reduzieren. Zusätzlich hat Zürich un-abhängig vom Bund festgelegt, dass bis 2010 der Anteil an erneuerbarer Energieproduktion bei Wärme um 30 GWh und bei Strom um 15 GWh gegenüber dem Basisjahr 2000 gesteigert werden muss. Dieser Masterplan wird nach 2010 erweitert und mit den Zielen der 2000 Watt Gesellschaft in Einklang gebracht. Dadurch erhofft sich Zürich den Vorteil, mit bestehenden Organisationssystemen wie den Masterplan das ambitionierte Ziel 2000 Watt erreichen zu können.

Abbildung 11.8: Neubau des Bettenhauses des Stadtspitals Triemli im Minenergie-P-Standard
Quelle: www.stadt-zuerich.de

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Das Ziel 2000 Watt ist aktuell als Schwerpunktthema in die Legislaturpolitik aufgenommen worden[155]. Ziel ist es darin, bis 2010 eine Strategie bzw. ein Konzept „Die Stadt Zürich in die 2000 Watt Gesellschaft“ zu erstellen. Dann wird versucht, die bisherigen Anstrengungen in Richtung Nachhaltige Stadtentwicklung in Zukunft an die Ziele der 2000 Watt Gesellschaft anzugleichen. Durch die Anlehnung an den Masterplan (Laufzeit 10 Jahre) wird diesbezüglich in Zürich eine Formulierung eines Zwischenzieles bis 2020 notwendig sein.

Wirkungsebene

Die Stadt Zürich ist die größte Stadt in der Schweiz mit 370.000 Einwohnern.

Ansatzpunkt im Energiesystem

Die Beschlussfassung, dass die 2000 Watt Gesellschaft einer der Legislaturschwerpunkte sein wird, hat dazu geführt, dass im Stadtrat fünf Kernbereiche definiert wurden, die im Rahmen der Vorbereitungen für die 2000 Watt Gesellschaft untersucht werden: Konzept/Umsetzung/Implementierung, Nachhaltiges Bauen/Planen/Bewirtschaften, Mobilität, Umwelt- und gesundheitsbewusstes Handeln sowie Kooperationen mit externen und internen Partnern[16]. Beispielsweise werden im Bereich Bauen 2000 Watt kompatible Leuchtturmprojekte umgesetzt und präsentiert. Im Bereich Mobilität wird in Zürich zusätzlich zum Ausbau des ÖPNV auch Road Pricing diskutiert.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

Seit 2006 ist die 2000 Watt Gesellschaft Legislaturschwerpunkt in der Stadt Zürich bzw. des Stadtrates. In dieser Legislatur sollen die Weichen für die Umsetzung der 2000 Watt Gesellschaft gestellt werden und ein Konzept entwickelt werden, wie diese ambitionierte Zielsetzung umgesetzt werden kann. Erst im nächsten Schritt wird versucht, die Zielsetzung auch in die Gemeindeordnung aufzunehmen, wodurch eine höhere Verbindlichkeit für die Umsetzung erreicht werden würde. Ab 2010 soll die Zieldefinition 2000 Watt auch in alle Handlungsfelder des Masterplans Energie aufgenommen werden.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Im Kanton Zürich wurde ein Gebäude-Energieversorgungsgesetz beschlossen, welches konkrete Leitlinien für die Ausstattung von neuen Gebäuden fordert. So wird darin ein Mindestdämmstandard festgelegt und mit der Forderung verbunden, dass mind. 25% des Primärenergiebedarfs aus EE stammen müssen. Zusätzlich gibt es einen Züricher Stromsparfonds der EWZ (Elektrizitätswerke Zürich), in welchem die Förderhöhe für Wärmepumpen an den angegebenen COP gebunden ist. Ein weiteres Verzahnungs-Element haben die städtischen Bauherren im Rahmen einer Eigenverpflichtung definiert: Bei der Sanierung von öffentlichen Gebäuden müssen mindestens 25% der Fläche auf Minergie®-Standard gebracht werden sowie 25% der Primärenergie aus EE gedeckt werden.

---

[154] Die Informationen sind dem Internetportal www.novatlantis.ch, sowie dem Gespräch mit Herrn Bruno Bébié, Energiebeauftragter der Stadt Zürich entnommen.

[155] http://www.stadt-zuerich.ch/internet/lsp/home/legislaturschwerpunkte/nachhaltige_stadt.html

Konzept und Maßnahmen

Aktuell wird im Rahmen des Legislaturschwerpunktes ein Konzept entwickelt, wie die 2000 Watt Gesellschaft implementiert und die Maßnahmen zur Umsetzung eingeleitet werden können. Diese Maßnahmen werden anschließend in den Masterplan Energie aufgenommen um im Zeitrahmen zwischen 2010 und 2020 umgesetzt. Einen genauen Umsetzungspfad gibt es auch auf Themenebene noch nicht.

Zero-Emission-Village (ZEV) Verbandsgemeinde Weilerbach

Kurzbeschreibung[156]

Die Verbandsgemeinde Weilerbach hat in Zusammenarbeit mit dem Umweltcampus Birkenfeld der Fachhochschule Trier eine Machbarkeitsstudie für eine CO_2-neutrale Energieversorgung der Gemeinde durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie sollte festgestellt werden, welche Energieträger in der Region Weilerbach vorhanden sind, wie diese genutzt werden können und ob die CO_2-Neutralität grundsätzlich erreicht werden könnte. Diese Studie wurde vom IfaS (Institut für angewandtes Stoffstrommanagement) durchgeführt und 2003 abgeschlossen. Die Ergebnisse zeigen, dass nach erreichen von Energieeinsparungen im Stromsektor von 10% und im Wärmebereich von 40% die regional vorhandenen Energieressourcen quantitativ ausreichen, um den Energiebedarf zu decken.

Abbildung 11.9: 10MW Windpark des ZEV Weilerbach deckt 45% des Jahresstromverbrauchs
Quelle: www.ziel21.de

Seit 2004 wird ein ähnliches Projekt auf Landkreisebene (Kaiserslautern) durchgeführt und ein Stoffstrommanagement entwickelt. Die VG Weilerbach ist auch an diesem Projekt beteiligt und entwickelt in diesem Rahmen konkrete Maßnahmenpläne für die Umsetzung.

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Ziel des Projektes ist die CO_2-Neutralität in der Energieversorgung auf dem Gebiet der Verbandsgemeinde. Um dieses Ziel erreichen zu können müssen lt. IfaS-Studie im Stromsektor 10% und im Wärmesektor 40% des Energiebedarfs 1999 eingespart werden. Es ist noch keine Information zur zeitlichen Zielsetzung vorhanden.

Wirkungsebene

Verbandsgemeinde Weilerbach umfasst acht Ortsgemeinden mit rd. 14.000 Einwohnern und 72 km² Fläche.

Ansatzpunkt im Energiesystem[157]

- Stromsektor: Energiemix aus PV-Anlagen, Windkraft und Biomasse und Biogas
- Wärmesektor: Solarthermie, Biomasse- und Biogasanlagen KWK mit Nahwärmenetzen
- Der Verkehrssektor wurde nicht in die Studie einbezogen.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzeptes

Die Machbarkeitsstudie wurde vom Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz initiiert und gefördert. Die Projektleitung und die Betreuung lag beim Institut für angewandtes Stoffstrommanagement der Fachhochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld.

Die Zielsetzung „CO2-Neutrale VG Weilerbach“ wurde noch nicht politisch verankert und ist somit noch zwischen Konzeptphase und Implementierungsphase.

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Da es sich bei diesem Konzept vorerst um das Ergebnis einer Studie handelt und noch keine Implementierung in die Verbandsgemeinde-Politik stattgefunden hat, ist auch noch keine Zieldefinition vorhanden. Das Ergebnis der Stoffstromanalyse besagt, dass der Energiebedarf nur dann durch regionale Ressourcen gedeckt werden kann, wenn Energieeinsparungen von 10 und 40% im Strom- und Wärmesektor gegenüber 1999 erreicht werden. Sollte

[156] http://www.weilerbach.de/
[157] http://www.zero-emission-village.de/

das Projekt Zero Emission Village in der VG Weilerbach umgesetzt werden, müsste ein verzahnendes Ziel definiert werden.

Trotz des noch nicht definierten Zieles sind bereits einige Maßnahmen in Planung bzw. in der Umsetzungsphase. Hier sind auch Verzahnungsprojekte zu finden, wie beispielsweise die Errichtung eines Holzhackschnitzelheizwerken mit Anschluss an ein Nahwärmenetz.

Konzept und Maßnahmen [158]

Technische Maßnahmen und Konzeptionen:

- 2002 Installation einer 10 MW Windkraftanlage
- Installation von Photovoltaikanlagen (2002 bis 2005): 87 kWp (auf Dächern der Gemeinde und gemeindeeigener Betriebe)
- 40 kW Holzpelletsheizung an einer Grundschule und zusätzlich private Anlagen
- Bau und Inbetriebnahme von drei Holzhackschnitzelheizwerke mit Nahwärmenetz; eines davon ist bereits in Betrieb (thermischen Leistung von 800 kW)[159]

Organisatorische Maßnahmen:

- Initiierung der Stoffstromanalyse
- Einrichtung eines ZEV-Gesprächs- und Informationskreises
- Einrichtung eines ZEV-Büros für die Dauer des Pilotprojektes
- Informationsveranstaltungen in den Gemeinden, an Schulen und bei Veranstaltungen
- Teilnahme an überregionalen Wettbewerben und Ausschreibungen
- der ZEV-Gedanke wird seit November 2004 auf Landkreisebene fortgesetzt, in dem neun Kommunen unter Führung der Kreisverwaltung Kaiserslautern ein gemeinsames Stoffstrommanagementsystem auf der Basis der ZEV-Strategie entwickeln und errichten
- Entwicklung eines Maßnahmen- und Umsetzungsplanes im Rahmen des ZEV-Projekts Landkreis Kaiserlautern

Gemeinde Ascha, Landkreis Straubing-Bogen

Kurzbeschreibung

Ausgehend von weitreichenden Strukturproblemen wurde 1988 unter besonderer Berücksichtigung der Bürgermitwirkung mit der Dorferneuerung begonnen. Dazu wurden verschiedene Arbeitskreise mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten gegründet. Deren Arbeiten wurden durch den lokalen Agenda21-Prozess zusätzlich unterstützt. Bei der Erstellung eines Energiekonzeptes war das Thema eigenständige Energieversorgung von Anfang an zielgebend. Im Rahmen einer Bestandsaufnahme wurde unter Anderem die energetische Situation in Ascha in den verschiedenen Wohn- und Gemeindegebieten ermittelt. Zusätzlich zu den Potenzialen erneuerbarer Energien wurden Maßnahmen zum Energiesparen umgesetzt. Verwirklicht wurden lt. den Veröffentlichungen der Gemeinde u.a. private PV- und Solarthermie-Anlagen, ein Bürgersolarkraftwerk und ein Biomasseheizwerk mit Nahwärmenetz. Ascha weist somit nach eigenen Angaben eine „positive Energiebilanz“ auf.[160] [161]

Abbildung 11.10: Biomasseheizwerk Ascha
Quelle: www.landentwicklung.bayern.de

[158] http://www.bioregio.info/cms/upload/pdf/Pras_PeterHeck_IfaS_RegKonf_kurz.pdf

[159] Dt. Solarpreis 2005: http://www.eurosolar.de/de/index.php?option=com_content&task=view&id=554&Itemid=

[160] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (2007): Ländliche Entwicklung in Bayern, Aktionsprogramm Dorf vital. S.8f. http://www.landentwicklung.bayern.de/publikationen/15810/linkurl_1_9_0_0.pdf

[161] Deutsche Umwelthilfe (2006): Wettbewerb „Bundeshauptstadt im Klimaschutz“, Sonderpreis für die zweitkleinste Klimaschutzkommune. http://www.duh.de/uploads/media/Ascha.pdf

Quantitative Zielsetzung und Zeitrahmen

Das Ziel der Energieautarkie wurde anfangs sehr lose definiert: „Wünschenswert wäre eine autarke Energieversorgung der Bürgerinnen und Bürger mit regenerativen Energien“[162]. In einem relativ detaillierten Maßnahmenplan wurde das Jahr 2020 als Zieljahr für die eigenständige Energieversorgung definiert. Die Notwendigkeit des Energiesparens wird explizit erwähnt und die Potenziale in den Haushalten mit 30% bewertet, jedoch wird kein Einsparziel definiert. Zu den Zielen im Bereich Verkehr gibt es noch keine Angaben.

Wirkungsebene

In der Gemeinde Ascha im Landkreis Straubing-Bogen wohnen rund 1540 Personen. Die Gemeinde umfasst eine Fläche von 19,54 km².

Ansatzpunkt im Energiesystem

Die Maßnahmen der Steigerung der Energieeffizienz und des Energiesparens waren hauptsächlich auf den privaten Haushaltssektor abgestimmt (Stromsparmaßnahmen, Wärmedämmung, Aufklärungskampagnen). Die Stromproduktion sollte auf Basis von privaten Photovoltaikanlagen, Bürgersolarkraftwerken und Biogasanlagen aufgebaut werden. Im Wärmesektor setzt Ascha auf Altbausanierung, Sonnenenergienutzung, Niedrigenergiestandard im Neubau sowie den Ausbau des Biomasse-Nahwärmenetzes.

Charakter / formaler Integrationsprozess / Protagonisten des Zielkonzepts

1998 fasste der Gemeinderat in Ascha den einstimmigen Beschluss, eine lokale Agenda 21 zu erarbeiten. In einem Zeitrahmen von zwei Jahren wurde ein Aktionsprogramm erstellt, welches 2000 dazu führte, dass das Zukunftsforum Ascha gegründet wurde. Dieses ZFA hat einen Steuerungskreis, der im ständigen Austausch mit den Arbeitsgruppen steht. Energie steht gemeinsam mit der Siedlungs- und Dorfentwicklung und Wirtschaft an vorderster Stelle. Bereits im Entwicklungsprozess wurde die Bevölkerung, ansässige Unternehmen und Investoren von Ascha partizipativ mit einbezogen. Vorsitzender des Steuerungsteams ist der Bürgermeister von Ascha (Hr. Zirngibl)[163].

Rolle der Verzahnung von EE und EF

Im Agendaprozess wurde das Ziel der Energieautarkie beschrieben unter der Prämisse, dass der Stromverbrauch reduziert wird. In den Haushalten wird hier ein Einsparpotenzial von 30% aufgezeigt. Auf der Maßnahmenebene ist das sog. Ökopaket[164] zu nennen – eine Informationsbroschüre für Bauherren und Interessierte zu allen Themen der effizienten Nutzung von Energie und zum Einsatz von EE in neuen Gebäuden.

Konzept und Maßnahmen

In Ascha sind bereits eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt worden. Zu den technischen Maßnahmen zählen vor allem das realisierte Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Nahwärmenetz, welches das Rathaus, die Kirche, die Schule sowie Wohngebäude und Gewerbebetriebe mit Energie versorgt. Bei der Sanierung der städtischen Kläranlage wurde ein Demonstrationsprojekt Pflanzenkläranlage realisiert. Im privaten Bereich wurden mehrere PV- und Solarthermie-Anlagen installiert. Kommunale Gebäude werden prinzipiell in Niedrigenergiebauweise erreichtet. Auf der konzeptionellen Ebene wurden unter dem Titel "Ein Dorf spart Energie" Energieberatungen bei Haushalten angeboten. Zur Förderung der Ausbauentwicklungen bei Solaranlagen wurde eine Solarthermie-Einkaufsgemeinschaft gegründet, um günstigere Preise zu erzielen. Im Rahmen von mehreren Infoveranstaltungen wurde auf das Thema Altbausanierung oder Biotreibstoffe für die Landwirtschaft hingewiesen. Durch die hohe Bürgerbeteiligung bei der Konzeption dieser Maßnahmen wurden diese sehr gut angenommen. Der Wärmeenergieverbrauch konnte bereits um 44% reduziert werden. Mittelfristig ist die Gründung eines dorfeigenen Energieversorgungsunternehmens geplant.

[162] http://www.ascha.de/seiten/a10agenda21/pdf/agenda21_teil3.pdf

[163] http://www.ascha.de/seiten/a10agenda21/pdf/agenda21_teil2.pdf

[164] http://www.ascha.de/seiten/a11oekopaket/pdf/oekopaket.pdf

11.2 Weitere Annahmen für die Berechnungen der Biogas-Anlagen

Weitere Annahmen für die Berechnung von Kapitel 7.

Treibhausgasemissionen Vorlager. Die Treibhausgasemissionen aus dem Vorlager berechnen sich bei Gülle mit 10% der Emissionen, die aus der Lagerung von Rohgülle anfallen würden (v.a. Methanemissionen, daneben Lachgas), bei NawaRo mit 10% der Emissionen aus dem Gärrestlager (nur Lachgas). Dies ist eine Annahme, konkrete Messergebnisse hierzu sind nicht bekannt.

Lagerung der Rohgülle. Die Methanemissionen aus der Lagerung von Rohgülle sind nach BMVEL/UBA 2002 (S.151) berechnet. "Die Quantifizierung dieser Methan-Quelle ist mit großen Unsicherheiten behaftet". Es wird von einem Methanbildungspotenzial der Exkremente ausgegangen (für Rinder 162 kg CH4/Tier*a) und einem Konversionsfaktor (für Rinder-Flüssigmistsysteme 15%). Zur Umrechnung auf Emissionen pro Tonne Gülle wird der mittlere Gülleanfall pro Rind berechnet, aus Daten nach Rinderart (Kuh, Kalb, Bulle etc.) und dem Viehbestand in Deutschland nach (StBA 2006). Daraus ergibt sich ein Methanemissionsfaktor für die offene Lagerung von Rindergülle von rd. 1,8 kg CH_4/m³ Rindergülle (bei Rinder-Festmist berechnen sich nur 0,3 kg CH_4/m³; bei Schweinegülle 1,4 kg CH_4/m³ Gülle, bei Geflügel 3,3 kg CH_4/m³ Geflügelmist). Es ist also ganz entscheidend, dass es sich bei den Berechnungen um Rinder-Flüssigmist handelt. Für die so berechneten Emissionen kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese überschätzt sind.

Methan- und Lachgasemissionen bei der Ausbringung. Im Vergleich zu den Methanemissionen der offenen Lagerung sind Methanemissionen der Ausbringung von geringer Bedeutung. Sie liegen bei der Ausbringung von vergorener Gülle gegenüber unvergorener Gülle nochmals niedriger. Der Hauptbeitrag zu klimawirksamen Emissionen der Ausbringung wird durch Lachgasemissionen verursacht. Die Freisetzung von Lachgas ist stark abhängig von den örtlichen Randbedingungen für die am Bildungsprozess beteiligten Mikroorganismen. Die wesentlichen steuernden Größen sind pH, Temperatur, Nitrat- und Ammoniumkonzentration, Bodenfeuchte, Sauerstoffverfügbarkeit im Boden und Verfügbarkeit von organischem Kohlenstoff. Verschiedene Ausbringungstechniken ergeben keine nennenswerte Minderung der Lachgasemissionen. Allerdings führt umgekehrt die Injektion von Gärresten zu einer Erhöhung der Lachgasemissionen um den Faktor 2 bis 3 (Wulf 2002). Diese Ausbringungstechnik sollte entsprechend nicht angewandt werden. Darüber hinaus lassen sich aus Klimaschutzsicht keine weiteren Anforderungen ableiten. Die Vorgabe bestimmter Ausbringungstechniken ist dagegen aus Immissionsschutzsicht relevant zur Minderung von bei der Ausbringung in relevantem Umfang anfallenden Ammoniakemissionen. Hier empfiehlt sich eine direkte Einarbeitung ausgebrachter Gärreste (innerhalb einer Stunde) oder die Ausbringung mit Schleppschuh. In den Treibhausgasbilanzen wurden die Lachgasemissionen der Ausbringung nach (IPCC 2006, S.11.11) mit 1% der ausgebrachten Stickstoffmenge berechnet (Stickstoffgehalt im Gärrest abzgl. Ammoniakverluste). Nach nationalen Untersuchungen zu Lachgasemissionen der Ausbringung lagen Lachgasemissionen immer unterhalb 0,5% bezogen auf den ausgebrachten Stickstoff (Wulf 2002).

Biogasaufbereitung. Für die Aufbereitung des Biogases zu Biomethan kommen verschiedene CO_2-Abtrennungsverfahren in Frage: Druckwechseladsorption (PSA), Druckwasserwä-

sche (DWW) und Aminwaschverfahren (z.B. Fa. DGE oder Fa. Cirmac). Die CO_2-Abtrennung ist mit Methanverlusten verbunden ("CH_4-Aufbereitung") und benötigt weitere Energie.

Brennstoffzelle: Die BZ ist in Anlehnung an die Vergärungsanlage Leonberg mit eta el 47% und eta th 23% gerechnet.

ORC: Der hier berechnete ORC Prozess nutzt nur die Abgaswärme (nicht Kühlwasserwärme). Das angesetzte Modul (nach Firmenangebot: Klemmleistung 65 kW_{el}, Eigenbedarf 12 kW_{el}, Wärmeinput 300 kW_{th}) nutzt dann rd. 52% der produzierten Wärme mit einem Nettonutzungsgrad von 0,177 kW_{el}/kW_{th}, dadurch erhöht sich der Stromwirkungsgrad des 500 kW_{el} BHKW (37,5%) um 4%.

BHKW-Größe: Das 100 kW_{el} Motor BHKW wurde mit eta el = 32% und eta th = 52% gerechnet, das 2000 kW_{el} Motor BHKW mit eta el = 41% und eta th = 43%.

11.3 Dokumentation des Wettbewerbs „Gut verzahnt geplant“

Abbildung 11.11: Internetseite des Wettbewerbs

Wettbewerbsbroschüre: Download unter www.ifeu.de/energiebalance

Auswahl der Berichterstattung:

Wettbewerb: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

„Gut verzahnt geplant"

VDI nachrichten, Düsseldorf, 23. 11. 07, swe –

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Erhöhung der Energieeffizienz müssen zukünftig Hand in Hand gehen – sie sind der Schlüssel für mehr Klimaschutz. Ein Ideenwettbewerb, initiiert vom Bundesumweltministerium, soll Kenntnisse und Entwicklungen auf diesem Gebiet vorantreiben.

Unter dem Wettbewerbsmotto „Gut verzahnt geplant" suchen das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu) und das Wuppertal Institut Entwicklerinnen und Entwickler, die in beispielhafter Weise den effizienten Umgang mit Energieressourcen und die Nutzung erneuerbarer Energien miteinander verzahnen.

„Seit dem Meseberg-Papier der Bundesregierung ist klar, dass sowohl bei den erneuerbaren Energie wie auch bei der Energieeffizienz viel getan werden muss, möchte man diese Ziel erreichen", erläutert Martin Pehnt, Projektleiter beim Ifeu den Hintergrund des Wettbewerbs. „Während die erneuerbaren Energien viel Beachtung finden, ist das beim Thema Energieeffizienz noch anders. Dadurch, dass beide Themen miteinander verzahnt werden, hoffen wir, dass auch die Energieeffizienz mehr Beachtung findet."

Der Wettbewerb findet im Rahmen des Forschungsvorhabens „Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz" des Bundesumweltministeriums statt. Es sollen besonders wegweisende Produkte, Anlagen und Konzepte gefördert werden, die erneuerbare Energien und Energieeffizienz verbinden.

„Zum einen geht es um die Förderung der Energieeffizienz bei der Nutzung erneuerbarer Energien. So lässt sich z. B. Biomasse durch Kraftwärmekopplung noch besser nutzen", erklärt Projektleiter Pehnt. Zum anderen gehe es um die Wechselbeziehungen zwischen beiden Themen. Es sei viel einfacher, den Anteil erneuerbarer Energien zu erhöhen, wenn vorher der Energiebedarf durch mehr Energieeffizienz schon gesenkt worden sei.

„Der Wettbewerb ist offen für alle", erklärt Pehnt, „aber wir denken, dass sich eher kleine und mittelgroße Projekte und Unternehmen dadurch angesprochen fühlen werden." Die Sieger werden durch die Forschungsinstitute in einer Broschüre porträtiert, ihnen winkt ein Preisgeld von insgesamt 6000 €.

Partner des Wettbewerbs sind der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik (BDH) sowie die VDI nachrichten. swe

Wettbewerb
„Energiebalance"

- **Informationen:** im Internet (s. u.)
- **Auftraggeber:** Bundesumweltministerium
- **Projektpartner:** Wuppertal Institut
- **Bewerbungen:** ausschließlich per E-Mail oder schriftlich an das Ifeu-Institut, Heidelberg, zu richten (s. Fußnote)
- **Einsendeschluss:** 31. 12. 2007

@ www.ifeu.de/energiebalance

Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Stichwort „Wettbewerb Energiebalance"
Wilckensstraße 3; 69120 Heidelberg
E-Mail: energiebalance@ifeu.de

Bau: NRW-Vorzeigeobjekt „Solarsiedlung" Ossendorf

Energetische Sanierung braucht integrierte Planung

VDI nachrichten, Düsseldorf, 18. 7. 08, rok –

Mit seiner Initiative „50 Solarsiedlungen" sieht sich das Land NRW europaweit an der Spitze. Die energetische Sanierung der Kölner Sozialbausiedlung Ossendorf ist dafür ein Lehrmodell: Es rechnet sich für Mieter und Vermieter, es fördert die Binnenkonjunktur, und es zeigt Wege aus der Energielücke – freiwillig oder politisch verordnet.

Aloys Graw hat sein 1991 in Osnabrück gegründetes Planungsbüro auf zukunftsträchtige Felder ausgerichtet: energetisch nachhaltige Gebäudeausrüstung, Solartechnik und Energiemanagement. Und hat damit, wie seine maßstabsetzenden Projekte im Industrie- und Wohnungsbau zeigen, durchgreifenden Erfolg.

So konnte Graw Anfang des Monats auf dem vom BMU ausgeschriebenen Wettbewerb „Energiebalance", der eine systematisch engere Verzahnung der Energieeffizienz mit der Nutzung erneuerbarer Energien prämieren sollte, unter 56 eingereichten Vorschlägen den ersten Preis gewinnen: für seine energetisch vorbildliche Sanierung der Kölner Sozialbausiedlung Ossendorf, die sich damit für das Prädikat „NRW Solarsiedlung" qualifiziert hat.

Vor der Sanierung, so Graw, war Ossendorf ein trister, grauer, vierstöckiger Komplex aus fünf Gebäuden mit 144 Wohneinheiten im Stil des Wirtschaftswunderjahrs 1963: Massivbauweise, keine Wärmedämmung, die Fenster meist mit Einfachverglasung oder nachträglich unzureichend aufgedoppelt.

„Die Mieter waren alle unzufrieden", sagt Graw. „Man sah Schimmel an Decken und Fenstern fast aller Wohnungen, in den Bädern und an den Kältebrücken der auskragenden Balkone." Geheizt wurde mit Kohleöfen oder elektrisch. Warmwasser kam aus Durchlauferhitzern – zu kaum mehr tragbaren Kosten.

Nach einem Vortrag im Wissenschaftspark Gelsenkirchen, einem von NRW geförderten Gründerzentrum, wurde Graw bei der GAG Immobilien AG in Köln vorstellig, mit einem ersten Sanierungskonzept, gezielt auf die Solarsiedlungs-Initiative. „Dabei war klar, dass dies mit dem GAG-eigenen Planungsstab nicht zügig zu realisieren war." Also präsentierte Graw sein Konzept dem Wirtschaftsministerium – und es wurde akzeptiert.

Dann ging es Schlag auf Schlag: Mit moderater Förderung von 70 000 €, so Graw, war die GAG bereit, mehr als 8 Mio. € zu investieren. Der modellhafte Grundsatz: Die Mieter werden per Umlage an den Umbaukosten beteiligt, über die Erhöhung der Kaltmieten. Trotzdem vermindert sich, wegen der drastisch verringerten Betriebskosten für Heizung und Warmwasser, die Gesamtmiete deutlich. Wie ein Mieter in einer WDR-Sendung berichtete, sind seine monatlichen Nebenkosten von 200 € auf 33 € gesunken – mit einer insgesamt um 31 € niedrigeren Gesamtmiete.

Dass die Sanierung des Altbaubestandes so geht, und so gehen muss, davon ist auch das NRW-Wirtschaftsministerium überzeugt: „Die sanierten Wohnungen verbrauchen nur mehr einen Bruchteil der vorherigen Energiemenge." Nach vorher 3 €/m² jährlich liegen die Heizkosten jetzt bei 0,21 €/m² pro Jahr, eine Einsparung von 90 %.

Natürlich war es nicht einfach, die Bewohner, unter ihnen viele Sozialhilfeempfänger, richtig anzusprechen und zu gewinnen. Auch das übernahm das Team von Graw als Teil seiner „integrierten Planung". Unter anderem mit der Einrichtung eines Baubüros vor Ort für Fragen und Beschwerden und umfassender Qualitätssicherung der Handwerkerarbeiten.

Die beiden Südblocks, mit 48 Wohnungen, wurden innerhalb von drei Monaten komplett saniert: äußere Gebäudehülle mit 14 cm Dämmung, vorgesetzte Außenbalkone, Holzpellet-Heizung mit je 30 kW (40 kW für die größeren Blocks), neue Badezimmer, neue Fenster und Türen mit Feuchtegesteuerten Lüftungsklappen. Damit sank der Heizwärmebedarf von 250 kWh/m² jährlich auf 50 kWh/m² pro Jahr. Der CO_2-Ausstoß wurde um 80 % auf 20 kg/m²/Jahr reduziert. Mit Sonnenkollektoren (insgesamt 120 m²) und Photovoltaik (26 kWp) qualifizieren sich die beiden Südblocks seit Mitte 2007 als 17. Solarsiedlung in NRW.

WERNER SCHULZ

Südblocks der Solarsiedlung Ossendorf nach der Komplettsanierung mit Photovoltaik und solarthermischen Dachkollektoren, wärmetechnisch isolierten vorgesetzten Balkonen und „sonnigem" Fassadenanstrich. Foto: Graw/GAG

Energiebalance 2008: Ideen-Wettbewerb „Energiebalance – Gut verzahnt geplant!" – Energieeffizienz und erneuerbare Energien gehören zusammen

„Sonnenkollektoren mit uralten Pumpen"

VDI nachrichten, Berlin, 9. 5. 08, swe –

Der Ideenwettbewerb des BMU zum bewusst effizienten Einsatz erneuerbarer Energien – Stichwort: „Energiebalance" – ging am 6. Mai zu Ende. Sechs Preisträger wurden für ihre energetisch effizient verzahnten Gebäude-, Produkt- und Infrastrukturkonzepte ausgezeichnet. Als Medienpartner in der Jury: die VDI nachrichten.

Jeder Einsatz erneuerbarer Energien braucht eine Analyse und Optimierung der Effizienz. Trivial? Nein, sagt Martin Pehnt vom Institut für Energie- und Umweltforschung (Ifeu) in Heidelberg; „In einer zielführenden Klimaschutzstrategie brauchen wir beides. Immer noch laufen Sonnenkollektoren mit uralten Pumpen."

Höchste Zeit, die Kreativität von Produktentwicklern, Stadtplanern und Architekten anzustacheln. Der Wettbewerb „Energiebalance", organisiert vom Ifeu und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie zusammen mit dem Bundesverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik (BDH), hat das eindrucksvoll belegt. 60 Firmen und Gruppen aus fünf Ländern waren dabei – mit Konzepten und realisierten Projekten. Entsprechend schwer war es für die Jury, nach den Kriterien Verzahnungsgrad, Einspareffekt, Marktpotenzial, Wirtschaftlichkeit und Innovation die Gewinner zu küren.

Der erste Preis ging an das Osnabrücker Planungsbüro Graw: für die vorbildliche energetische Modernisierung einer 1963 erbauten Sozialwohnungssiedlung in Ossendorf. Vorbildlich, so die Jury, wegen der Senkung des CO_2-Ausstoßes sowie der Energiekosten um 90 %.

Das Ossendorfer Modell hat Vorbildfunktion für die anstehende Sanierung des deutschen Mietwohnungsbestands. Innerhalb von drei Monaten, sagt Aloys Graw, wurden alle Kohle- und Nachtspeicheröfen durch eine zentrale, solar gestützte Heizung ersetzt, die Bäder erneuert und Fenster ausgetauscht. Das musste, unter den Augen der Mieter, in jeweils einer Woche vonstatten gehen.

Eine Logistik, so Graw, die gebündelte Ressourcen und Kompetenzen bedingt: Technik, Architektur und Sozialarbeit. Typische Wohnungsgesellschaften, mit Zehntausenden von Mietobjekten, sind da überfordert. Die Zähligkeit externer Dienstleister ist gefragt – auch das eine zukunftsweisende Erkenntnis.

Einen Sonderpreis sprach die Jury Markus Patschke von 3E-Consult für das Konzept eines „kalten Nahwärmenetzes" in Neubaugebieten zu. Es arbeitet mit sehr geringen Verteilverlusten bei niedriger Temperatur (6 °C bis 7 °C) und großvolumigem Kieswasserreservoir zur Wärmespeicherung.

Den zweiten Preis verdiente sich die Makatec GmbH für die Entwicklung eines mikroporösen Polymermembran-Kontaktors auf der Basis von Nanoröhren mit integriertem Wärmetauscher. Das, so die Jury, könnte über die Nutzung der Abwärmeströme kleinen Absorptionsanlagen zur Heizung und Kühlung mit Solarsystemen zum Durchbruch verhelfen.

Ebenfalls einen zweiten Preis erhielt die Berliner Architektengruppe THP für ihr Sanierungsprojekt des Stadtgutes Blankenfelde im Sinne der „2000-Watt-Gesellschaft". Für das historische, denkmalgeschützte Ensemble soll der Primärbedarf mit energetischer Verzahnung hochwertig sanierter Gebäudehüllen, effizienter Geräte und regenerativer Energieträger nur 80 kWh/m² pro Jahr betragen. Einschließlich nachhaltiger lokaler Wasseraufbereitung.

Die Viessmann Werke erhielten einen dritten Preis für das Projekt „Effizienz Plus": Es senkt mit eigener Biomasse, Stirlingmaschinen, Abwärmenutzung, Dämmung der Gebäudehüllen und anderen Maßnahmen den Verbrauch in Werk im hessischen Allendorf um 40 %. Ein weiterer dritter Preis ging an das Hochbauamt Frankfurt/Main: für die Anwendung des Passivhausstandards auf ein Schulgebäude. Mit regenerativen Energiesystemen liegt der jährliche Primärbedarf unter 60 kWh/m² – bei Mehrkosten von nur 5 % ein Vorreiter für andere öffentliche Gebäude.

WERNER SCHULZ

Die Preisträger des Wettbewerbs „Energiebalance" (von links nach rechts): Axel Bretzke, Hochbauamt Frankfurt/Main (3. Preis, Gebäudekonzepte); Dimitrios Rossidis, Viessmann Werke (3. Preis, Industrie und Infrastruktur); Markus Paschke, 3E-Consult (Sonderpreis der Jury); Aloys Graw, Planungsbüro Graw (1. Preis, Solarsiedlung Köln-Ossendorf); Andreas Hoffmann, THP Architekten (2. Preis, Gebäudekonzepte) und Thomas Weimer, Makatek GmbH (2. Preis, Industrie und Infrastruktur). Foto: Mike Schmidt

Die Notierung für Rohöl der Sorte Brent ist am Dienstag an der Ölbörse ICE Futures in London merklich gestiegen. Nachrichten über einen bevorstehenden Streik am größten französischen Ölhafen in Marseille trugen wesentlich zur Preiserhöhung bei, hieß es im Markt. djswe

1. Preis für Solarsiedlung Ossendorf

Sieger des vom Bundesumweltministeriums ausgerufenen Wettbewerbs „Gut verzahnt geplant!" wurde die Solarsiedlung Köln-Ossendorf.

Der Wettbewerb hatte zum Ziel, ein besonders gelungenes Beispiel für die Verknüpfung von Energieeffizienz mit erneuerbaren Energien zu prämieren. Insgesamt 50 Beiträge nahmen an dem Wettbewerb teil. Die Solarsiedlung Köln-Ossendorf ist eine Modernisierung von Altbauten aus dem Jahr 1963. Die Siedlung umfasst 48 Wohneinheiten in viergeschossigen Mehrfamilienhäusern. Sie ist im Besitz der GAG Immobilien AG. Bei der Sanierung wurde durch Verbesserung des Dämmstandards der Heizwärmebedarf von 250 kWh/m²a auf 50 kWh/m²a gesenkt, eine Pelletszentralheizung ersetzt das Heizen mit Strom. Der Warmwasserbedarf wird zu 60 Prozent solar abgedeckt. Die Siedlung ist ein Leitprojekt des von der damaligen rot-grünen Landesregierung vor 12 Jahren begonnenen Programm „50 Solarsiedlungen in NRW". ❸ *diko*

11.4 Kalte Nahwärme

In den folgenden Tabellen sind bereits realisierte sowie geplante Kalte-Nahwärme-Projekte zusammengestellt. Die Daten (insbesondere zu JAZ und vermiedenen CO_2-Emissionen) beruhen auf Angaben der Betreiber bzw. Planer und sind daher nicht als unabhängig evaluierte Daten zu verstehen.

11.4.1 Bereits realisierte Projekte

Tabelle 11.1: Liste bereits realisierter Projekte (Teil 1 von 2)

Projekt	**Stiegelpotte** (Spenge, Kreis Herford, NRW)	**Sattlerweg** (Herford, NRW)	**Obstanger** (Herford, NRW)
Wohngebiet	Neubaugebiet, 140 WE	Neubaugebiet, 240 WE	200 WE, Neubaugebiet
Wärmequelle	vormals industrielle Abwärme (Weberei Delius), jetzt Erdwärme und Erdgas	industrielle Abwärme (Kühlturmwärme Milchwerk Humana)	Erdwärme (19 Sonden in 100 m Tiefe) und Umgebungsluft
thermische Leistung	700 kW	keine Angaben	keine Angaben
Wärmemenge	734 MWh/a	keine Angaben	keine Angaben
Vorlauftemperatur	20 °C	23 °C	10 - 15°C
Rücklauftemperatur	5 °C	keine Angaben	keine Angaben
Wärmespeicher	-	-	-
Wärmepumpe	Tandem-WP (bis ca. 40 kW): zwei Wärmetauscher zur getrennten Brauch- & Heizwassererwärmung, errechnete JAZ: 4,9	16 dezentrale Tandem-WP (15 kW bis 105 kW): zwei Wärmetauscher zur getrennten Brauch- & Heizwassererwärmung, errechnete JAZ: 4,6	WP-Kaskade: zwei zentrale WP (250 kW) heben Vorlauftemperatur auf 15 °C, JAZ der dezentralen WP (5 bis 20 kW): 4,7; JAZ der gesamten Kaskade > 4
Betreiber des Netzes	E.ON Westfalen Weser, Anschluss-Selbstverpflichtung der Bauherren	E.ON Westfalen Weser, Anschluss-Selbstverpflichtung der Bauherren	E.ON Westfalen Weser, Anschluss-Selbstverpflichtung
Betreiber der WP	E.ON Westfalen Weser	E.ON Westfalen Weser	E.ON Westfalen Weser

Projekt	Stiegelpotte (Spenge, Kreis Herford, NRW)	Sattlerweg (Herford, NRW)	Obstanger (Herford, NRW)
Rohrnetzlänge	keine Angaben	700 m	keine Angaben
CO_2-Einsparung[165]	220 t/a (keine Angaben zum Referenzsystem)	230 t/a (keine Angaben zum Referenzsystem)	90 t/a (keine Angaben zum Referenzsystem)
Kosten	Investitionskosten für die gesamte Siedlung 1,33 Mio. €	keine Angaben	keine Angaben
Anmerkung	• Das Netz wird mit Erdwärme und Erdgas betrieben, seitdem die Weberei Delius ihre Produktion eingestellt hat • Das Projekt wurde mit dem Umweltpreis des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) in der Kategorie „Umweltfreundliche Technologien“ 1994 ausgezeichnet		
Bild / Skizze	Siehe **Abbildung 11.13 Anlagenskizze Projekte „Stiegelpotte & Sattlerweg**		siehe **Abbildung 11.12 Anlagenskizze Projekt „Obstanger"**
Quellen	(WP aktuell 2000), (Agenda Transfer 2006), (Innovation Energie 2001)	(WP aktuell 2000), (Innovation Energie 2001)	(WP aktuell 2000)

[165] Basierend auf Angaben der Betreiber; dabei werden verschiedene Berechnungsgrundlagen und Referenzsysteme genutzt, so dass diese Werte nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind.

Tabelle 11.2: Liste bereits realisierter Projekte (Teil 2 von 2)

Projekt	**Solarsiedlung am Ohrberg** (Emmerthal, Niedersachsen)	**Neumatten** (March-Hugstetten, Baden-Württemberg)	**Oberwald** (Kanton Wallis, Schweiz)
Wohngebiet	Neubau-Solarsiedlung, 82 Gebäude, 11.000 m^2 Wohnfläche,	Neubaugebiet, 55 Gebäude	Netz im bestehenden Dorf gelegt, alle Neubauten angeschlossen, teilweise Umrüstung bestehender Heizungssysteme
Wärmequelle	Wasser der Weser Abkühlung um 4 K; Auslegungstemp. 5°C	Grundwasser aus geringer Tiefe	Flusswasser, tritt durch Züge erwärmt aus dem Furka-Tunnel aus
thermische Leistung	zentrale WP: 2x 185 kW, dezentrale WP: individuell dimensioniert (8-24 kW)	760 kW	ca. 1.000 kW
Wärmemenge	keine Angaben	1,6 GWh/a	k. A.
Vorlauftemperatur	12 °C (1. Stufe) , 45 - 55 °C (2. Stufe)	12 °C	16 °C
Rücklauftemperatur	keine Angaben	8 °C	4 °C
Wärmespeicher	400 l-Warmwasserspeicher für Spitzenlast	-	-
Wärmepumpe	2-Stufiges WP-Kaskadensystem: zentrale WP: JAZ 12 - 14 dezentrale WP (8 bis 24 kW): JAZ 3,7 - 4	sollen von den Hauseigentümern dimensioniert und betrieben werden, daher keine allgemeinen Angaben möglich	von den Hauseigentümer individuell dimensioniert
Betreiber des Netzes	E.ON Westfalen Weser	EnBW Regional AG	Gemeinde Oberwald
Betreiber der WP	Wahlweise: Betrieb der WP durch Hausbesitzer oder Betrieb durch Netzbetreiber	Hauseigentümer, Anschlusszwang an das Nahwärmenetz	Hauseigentümer

Projekt	Solarsiedlung am Ohrberg (Emmerthal, Niedersachsen)	Neumatten (March-Hugstetten, Baden-Württemberg)	Oberwald (Kanton Wallis, Schweiz)
Rohrnetzlänge	keine Angaben	2,5 km ohne Hausanschlussleitungen	1,6 km für Hauptverteilung, ca. 500 m für Feinverteilung
CO_2-Einsparung[166]	145 t/a	325 t/a im Vergleich zu Gasheizung	k. A.
Kosten	keine Angaben		Basiserschließung: 750.000 Fr (450.000 €)
Anmerkung	• Kombination mit Solarthermie, optimierte Abstimmung • gesamte WP-Technik (inkl. Speicher) als Modul	• Das Nahwärmenetz ist betriebsbereit, bisher sind jedoch keine Häuser angeschlossen (Voraussichtlich ab Frühjahr 2009) • massive Kritik wegen Anschlusszwang	• Baubeginn bereits 1991 • in Betrieb seit 1992 • wegen Höhenunterschied keine Pumpe zur Verteilung des Wassers notwendig
Bild / Skizze	siehe **Abbildung 11.14 Projekt „Solarsiedlung am Ohrberg"**	siehe **Abbildung 11.15 Nahwärmenetz March**	siehe **Abbildung 11.16 Nahwärmenetz Oberwald**
Quellen	(Vanoli 1998)	(EnBW 2008 (1)), (EnBW 2008 (2)), (March 2008)	(Nanzer 1996), persönliche Informationen

[166] Basierend auf Angaben der Betreiber; dabei werden verschiedene Berechnungsgrundlagen und Referenzsysteme genutzt, so dass diese Werte nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind.

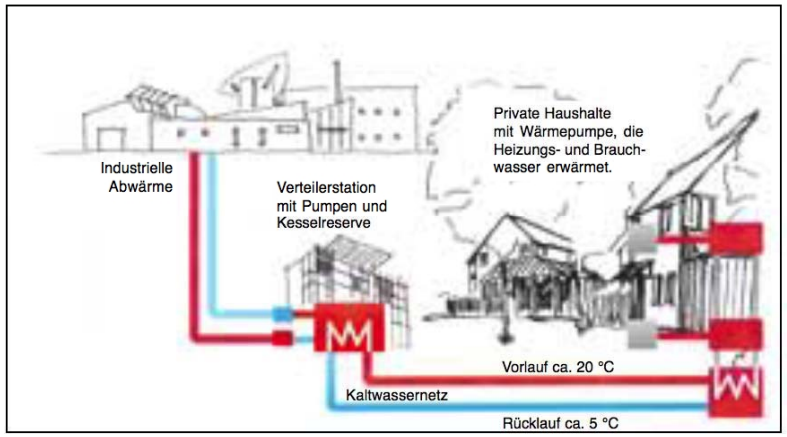


Abbildung 11.12 Anlagenskizze Projekt „Obstanger"

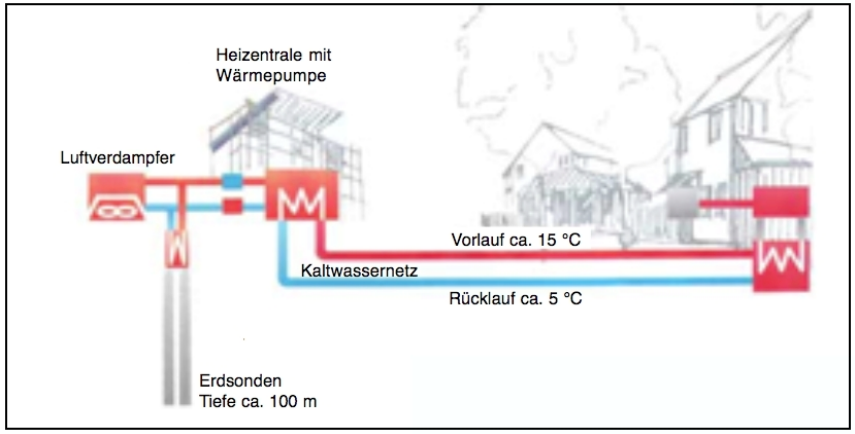


Abbildung 11.13 Anlagenskizze Projekte „Stiegelpotte & Sattlerweg“

Abbildung 11.14 Projekt „Solarsiedlung am Ohrberg"

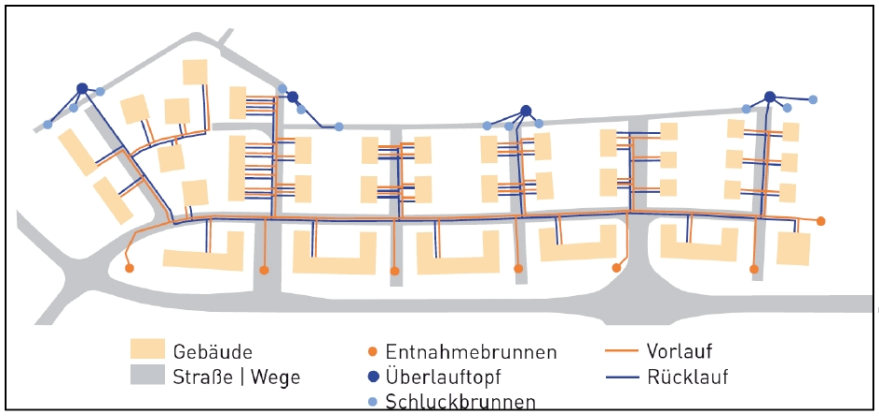


Abbildung 11.15 Nahwärmenetz March

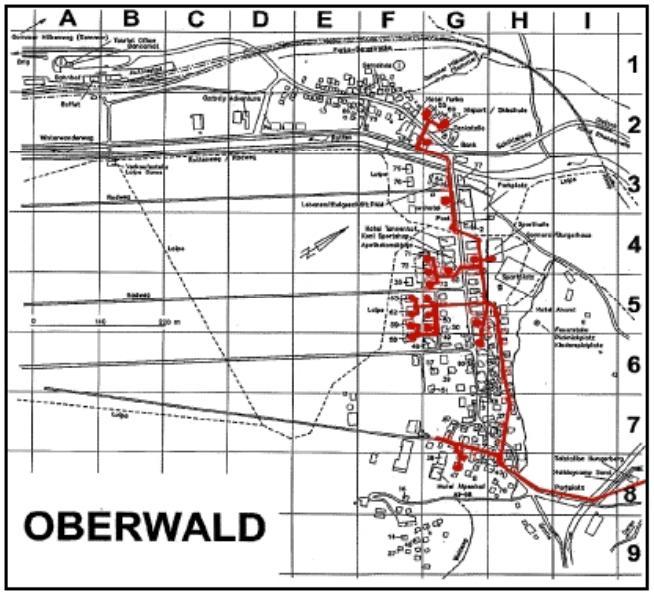


Abbildung 11.16 Nahwärmenetz Oberwald

11.4.2 Geplante Projekte

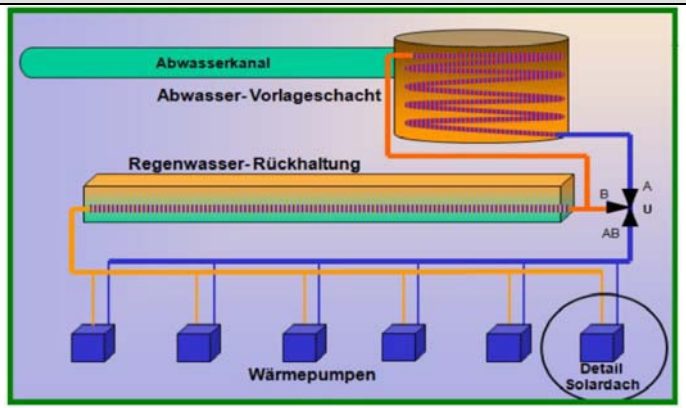
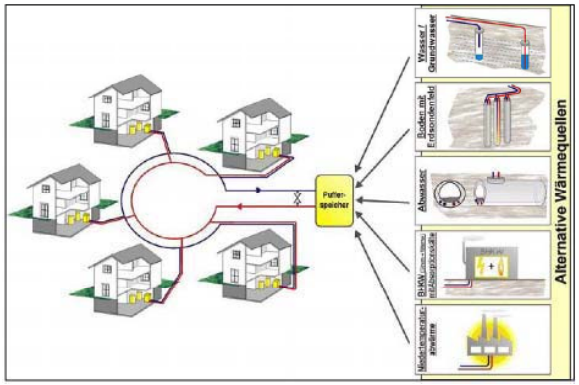
Zurzeit sind folgende Projekte geplant / angedacht in

- Dornhege (Nordkirchen, NRW) (s. u.)
- Hinterer Rinderberg (Simmern, Rheinland-Pfalz) (s.u.)
- Oberderdingen-Sickingen (Baden-Württemberg)
- Reichenbach an der Fils (Baden-Württemberg)
- Esslingen am Neckar (Baden-Württemberg)
- Riesweiler (Hunsrück, Rheinland-Pfalz)

Tabelle 11.3: Liste geplanter Projekte (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Projekt	**Dornhege** (Nordkirchen, NRW)	**Hinterer Rinderberg** (Simmern, Rheinland-Pfalz)
Wohngebiet	Neubausiedlung, 30 EFH	115 Gebäude
Wärmequelle	Abwasser, Regenwasser und durch Solarabsorber erwärmtes Solewasser beheizen Speicher, aus dem das Netz gespeist wird	3 Varianten untersucht: Erdwärme (Sondenfeld), Pflanzenöl-BHKW ohne und mit Kältemaschine
thermische Leis-tung	120 kW	760 kW
Wärmemenge	217 MWh/a	1.100 MWh/a
Vorlauftemperatur	6 - 7°C	10 °C
Rücklauftemperatur	k. A.	9 °C
Wärmespeicher	Kies-Wasser-Speicher (1.200 m^2, 40.000 kWh, ausreichend für mind. 14 Tage)	-
Wärmepumpe	k. A.	Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (berechnet): Variante Erdwärme: JAZ 3,6 Variante BHKW: JAZ 3,8
Rohrnetzlänge	1.200 m Leitungen, 500 m Wärmetauscherrohre	1.300 m zzgl. Hausanschlussleitungen
CO_2-Einsparung[167]	k. A.	im Vergleich zum Erdgas-Brennwertkessel: Variante Erdwärme: 20 % CO_2-Einsparung; Variante BHKW: 35 % CO_2-Einsparung
Kosten	Baukosten 140.000 €, Nutzung nach einmaliger Umlage nahezu kostenlos	k. A.
Anmerkung	• Sonderpreis im Wettbewerb Energiebalance für 3E-Consult • Umsetzung war geplant für 2008, Projekt wurde jedoch von der Gemeinde bislang (Stand: Dez. 08) noch nicht umgesetzt	• Brauchwasserbereitung durch Solarkollektoren

[167] Basierend auf Angaben des Betreibers, dabei werden verschiedene Berechnungsgrundlagen und Referenzsysteme genutzt, so dass diese Werte nicht direkt vergleichbar sind.

Projekt	**Dornhege** (Nordkirchen, NRW)	**Hinterer Rinderberg** (Simmern, Rheinland-Pfalz)
Bild / Skizze		
Quellen	(Patschke 2008)	(Siekmann 2008), persönliche Informationen

11.5 Technologieradar

Tabelle 11.4: Folgeseite: Übersicht über Auswahl verzahnender Technologien

Technologie/ Systemlösung/ Dienstleistung	Potentielle Relevanz/ Beitrag zur CO2-Freiheit		Zeitliche Dimension	Verzahnung (Art + Grad)	Chancen + Risiken / Besonderheiten / Vor- + Nachteile / Hemmnisse + Umsetzungsbedingungen
	Tiefe: *)	Breite: **)	Status		
A) WÄRME/KÄLTE					
Wärmepumpen (in Niedrigenergie- / Passivhäusern)				Effiziente Anwendung bei Gebäuden mit geringem Energiebedarf und NT-Heizsystem (Flächenheizung) in Verbindung mit reg. Umgebungs- bzw. Solarwärme	Insbesondere Elektro-WP gut geeignet für sehr kleine Leistungen (z.B. als Kompaktaggregate in Passivhäusern mit WRG), Erd-WP im Sommer auch zur effizienten Kühlung einsetzbar
a) **Elektro**-Wärmepumpe	gering bis hoch (je nach Einsatzbereich, Ausführung und Erzeugungsform des WP-Stroms)	mittel	verfügbar		Vorteile: - kein Gasanschluss, Schornstein oder Lagerraum erforderlich - keine lokalen Emissionen - bei guter Planung und Ausführung (hohe Arbeitszahl) deutliche PE-Einsparungen ggü. Referenzsystem möglich - CO2-Einsparung abhängig von Arbeitszahl und Erzeugungsform des WP-Stroms (unterschiedliche Ansätze z.B. Strommix oder Grenzstromerzeugung in fossilen KW)
a) **Gas**-Wärmepumpe	mittel (je nach Einsatzbereich und Ausführung)	gering bis mittel	verfügbar (mittlere Leistung) bzw. Pilotanlagen (kleine Leistung)		Vorteile gegenüber Elektro-WP: - geringere CO2-Emissionen (bei Ansatz Grenzstromerzeugung aus fossilen KW) - aufgrund Nutzung von Verbrennungswärme ca. bis zu 40% kleinere WT-Flächen (Sonde/Kollektor) erforderlich - geringerer Leistungsabfall bei niedrigen Außentemp. (Luft-WP) - kurze Anlaufzeiten - Abtauphasen entfallen (nur relevant bei elektr. Luft-WP) - keine Erhöhung der elektr. Anschlussleistung
Pflanzenöl-Brenner (Brennwerttechnik, ggf. + Solarenergie)	gering bis mittel	gering	verfügbar (teilweise nur Beimischung)	Effiziente Technologie (BWT) in Verbindung mit reg. Energie (Pflanzenöl / ggf. Solar)	Vorteile: relativ einfache Umrüstung bestehender / neuer Heizölanlagen auf reg. Brennstoff Nachteile: nur mäßige CO2- und KEA-Umweltbilanz; starker Konkurrenzdruck (Treibstoff- bzw. KWK-Nutzung, Flächenkonkurrenz zu Nahrungsmitteln u.a. Bioenergieträgern sowie ggf. zu PV), daher besser Priorisierung auf geringe Energieverbräuche (Passivhäuser) bzw. effizientere KWK-Lösung; ggf. Probleme mit Korrosion, Verstopfung, erhöhter Wartungsaufwand
Solare Speisewasservorwärmung (im konv. Dampfkraftwerk)	gering	gering	Pilotanlage	Technologie zur Steigerung der Kraftwerkseffizienz (Speisewasservorwärmung) in Verbindung mit solarthermischer Energie	Substitution von Anzapfdampf aus Turbine erhöht Stromausbeute im konv. Kraftwerksteil, derzeit nur kleine Demoanlage mit konzentrierenden Fresnel-Solarkollektoren (solar: 1,2 MW_{th} ist bzw. 36 MW_{th} Endausbau / konventionell: 2.000 MW_{th}); nur sehr geringer solarer Anteil, jedoch gute Demonstration für späteren Einstieg in solare CSP-Kraftwerke
Kalte Nahwärme	mittel	mittel	Pilotprojekte	Effiziente Wärmeverteilung und -bereitstellung in Verbindung mit Solarenergie / Abwärme	Zentrale Bereitstellung solarer Wärme und Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau (geringe Verluste, günstige Verlegepreise) und Verteilung an dezentrale Wärmepumpen (hohe Arbeitszahlen) -> zukünftige Option, auch hochgedämmte Siedlungen effizient zu versorgen
Innovative Kälteversorgung (Gebäuden, Fabriken, Rechenzentren) (groß > 12 kW / klein < 12 kW)	hoch	mittel (perspektivisch zunehmende Bedeutung der Klimatisierung)	verfügbar aber noch zu teuer und noch Forschungsbedarf	Ersatz stromintensiver Kompressor-Kältemaschinen in Kombination mit reg. Energie (Umweltwärme/Kälte / Solar / Biomasse)	s.u.
a) freie Kühlung Nachtlüftung, Erdreich, U-Bahn-Dükerwasser (s. BMWi-Projekt) etc.	s.o.	mittel	verfügbar		Vorhandensein pot. Wärmesenke erforderlich; ggf. höherer Planungsaufwand (individuelle Planung); ggf. höhere Investitionskosten; Abhilfe für noch fehlende Verbreitung durch Informationskampagnen und Akteurs-Schulung; Einführung / Anpassung kommunaler Weisungen / Bauvorschriften
b) Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (s.a. unter Strom/KWK) Wärmeauskopplung und Kälteproduktion via Absorption/Adsorption	hoch	mittel	verfügbar aber noch relativ teuer	Effiziente KWK-Technologie in Verbindung mit regenerativen Brennstoffen (Biogas, Biomasse, Pflanzenöl, Holz, Solarenergie, geotherm. Energie)	Hohe Anfangsinvestitionskosten, höheres kalk. Risiko, fehlender Bekanntheitsgrad, Interesse und Know-How bei Akteuren (Planer, Handwerker, Architekten, Bauherren, Kommunen..); Informationskampagnen und Akteurs-Schulung; Einführung / Anpassung kommunaler Weisungen / Bauvorschriften
c) Solare Kühlung via Absorption/Adsorption	hoch	mittel (zukünftig sehr großes Exportpotenzial)	verfügbar aber noch zu teuer und noch Forschungsbedarf	Effiziente Absorptions-/Adsorptions-Technologie in Verbindung mit solarer Energie	Höhere Anfangsinvestitionskosten und höherer Planungsaufwand; noch keine kommerzialisierte Technologie; perspektivisch zunehmende Bedeutung der Klimatisierung; Forschungsförderung für Prototypen und Pilotprojekte; Informationskampagnen und Akteurs-Schulung
d) Desiccant Cooling / Adiabate Kühlung (Solare oder Abwärmenutzung)	hoch	mittel (zukünftig sehr großes Exportpotenzial insbesondere für feucht-warme Regionen!)	Pilotanlagen	Effiziente Kühl- und Entfeuchtungs-Technologie in Verbindung mit solarer Energie/Abwärme	Höhere Anfangsinvestitionskosten und höherer Planungsaufwand; noch keine kommerzialisierte Technologie; perspektivisch zunehmende Bedeutung der Klimatisierung; Forschungsförderung für Prototypen und Pilotprojekte; Informationskampagnen und Akteurs-Schulung
B) STROM/KWK					
Kraft-Wärme-Kopplung (Fernwärme, Nahwärme, Objektversorgung, Mikro-KWK)	mittel bis hoch	mittel bis hoch	je nach Technologie bereits etabliert bis hin zu noch Entwicklungsbedarf	Effiziente KWK-Technologie in Verbindung mit regenerativen Brennstoffen (Biogas, Biomasse, Pflanzenöl, Holz, Solarenergie, geotherm. Energie)	Hohe Anfangsinvestitionskosten, höheres kalk. Risiko, fehlender Bekanntheitsgrad, Interesse und Know-How bei Akteuren (Planer, Handwerker, Architekten, Bauherren, Kommunen..); Informationskampagnen und Akteurs-Schulung; Einführung / Anpassung kommunaler Weisungen / Bauvorschriften
a) Biogas-/Pflanzenöl-BHKW	hoch	mittel bis hoch	weitgehend verfügbar	EE: Biogas / Pflanzenöl	Sehr effiziente Methode der Biomassenutzung (in BHKWs); Probleme bei Potenzialen und Umweltauswirkungen insbesondere bei Pflanzenöl / Palmöl
b) Holz-Heizkraftwerk	hoch	gering bis mittel	verfügbar	EE: Holz	Sehr effiziente Methode der Nutzung fester Biomasse (in großen Dampfkraftwerken); Altholzmarkt-Potenziale jedoch nahezu erschöpft
c) Holzvergasung	hoch	gering bis mittel	noch Forschungsbedarf	EE: Holz	Effiziente Methode der Nutzung fester Biomasse (in BHKWs), jedoch technische Probleme (Verkrustung); Potenziale begrenzt
d) Holz-Dampfschraubenmotor	mittel	gering bis mittel	Prototyp verfügbar	EE: Holz	für mittelgroße Anlagen geeignet; nur mäßiger elektr. Wirkungsgrad
e) Holzpellet-Dampfmotor	mittel	mittel	Prototyp verfügbar	EE: Holz	Fortschritt ggü. reiner Pelletheizung; für kleine Anlagen geeignet; nur mäßiger elektr. Wirkungsgrad; noch technische Probleme (Verkrustung)
f) Holzpellet-Stirlingmotor	mittel	mittel	Prototyp verfügbar	EE: Holz	Fortschritt ggü. reiner Pelletheizung; für kleine Anlagen geeignet; nur mäßiger elektr. Wirkungsgrad; noch technische Probleme (Verkrustung)
g) Klärgas-Mikrogasturbine	hoch	gering bis mittel	verfügbar	EE: Klärgas / Deponiegas	Toleranter in Bezug auf Gasqualität als BHKWs; Verzicht auf mech. Getriebe möglich; durch Einsatz von Rekuperatoren relativ gute elektr. Wirkungsgrade (speziell im Teillastbereich)
h) Biogas-/H2-Brennstoffzelle	hoch	mittel bis hoch	Prototyp verfügbar	EE: Biogas / H2 aus reg. Strom (Elektrolyse)	Potenzial für sehr hohe elektr. Wirkungsgrade (hohe Stromkennzahl); jedoch noch nicht marktreif (Probleme u.a. mit Degradation und Kosten)
i) Geothermie-Kraftwerk (ORC- / Kalina-Prozess)	hoch	Nur an geeigneten Standorten wirtschaftlich möglich	Pilotprojekte	Effiziente Technologie (ORC i.d.R. mit KWK) ermöglicht / erweitert Nutzungspotenzial erneuerbarer geotherm. Energie	Bohrrisiko, hohes Investitionsvolumen am Anfang; Anreizwirkung durch Teilabdeckung Bohrrisiko und verbesserte Konditionen im EEG
ORC-Stromerzeugung aus Niedertemperaturwärme (Geothermie / Biomasse / industrielle / BHKW-Abwärme / Solar)	mittel	mittel	verfügbar (teilweise Prototypen)	Effiziente Technologie (ORC- bzw. Kalina-Prozess) ermöglicht Nutzung von reg. Abwärme auf niedrigem Temp.-Niveau zur Stromerzeugung	Elektr. Wirkungsgrade ca. 6,5% bei 100 °C / 9% bei 120 °C / 13 % bei 200 °C; auch Nachverstromung von BHKW-Abwärme möglich; Prototypen für geothermische und solare ORC-Anlagen; Bsp.: Saguaro-Projekt in Red Rock Arizona/USA; 1 MW-Parabolrinnenkraftwerk mit ORC (Betreiber: Arizona Power Service(s) seit Jan. 2006
Windkraft					
a) große Windkraftanlagen (>2MW): Drehzahlvariables, hydrodynamisches Getriebe (Voith Turbo WinDrive)	gering	mittel	verfügbar	Effiziente Technologie in Verbindung mit Windenergie	Kostengünstige mechanische Alternative zu Frequenzumrichter-Konzept: Konstante Drehzahl unabhängig von Windgeschwindigkeit, netzstabilisierende Eigenschaften; Glättung von Lastspitzen
b) kleine Windkraftanlagen (0,5 bis 10kW): Getriebeloser Synchron-Scheibengenerator (RMT-Generator)	hoch	mittel (Technik prinzipiell auf größere Anlagen skalierbar)	Pilotanlagen	Effiziente Technologie in Verbindung mit Windenergie	Nutzung von Kupfer-Luft-Spulen statt Eisenkernen -> geringeres Anlaufmoment -> bessere Potenzialausnutzung im Schwachwindbereich (Betrieb ab 2-3 statt 5-6 m/s), kein Getriebe erforderlich, prinzipiell auch für BHKW, Wasserkraftanlagen und Radnabenantriebe anwendbar
Beleuchtung					
Getaktetes LED-Rotorblatt-Hindernisfeuer für Windkraftanlagen (EST 10 von Enertrag)	hoch	gering	verfügbar	Effiziente und bedarfsgerechte Beleuchtung in Verbindung mit Windenergie	Statt 1.600 Candela (herkömmliche Gefahrenfeuer) nur 10 cd, dadurch Energieeinsparung, Reduktion der Lichtemission um 99% und Erhöhung der WKA-Akzeptanz
LED Solarleuchten / Solar Home Systems	hoch	gering bis hoch (je nach Netzanbindung)	verfügbar	Hocheffiziente Beleuchtung (LED/ESL) in Verbindung mit Solarenergie	Insbesondere geeignet zur Versorgung netzferner Gebiete
Stromsparende **Solarpumpen**	hoch	mittel	verfügbar	Hocheffiziente Pumpen in Verbindung mit Solarenergie	EC-(elektronisch kommutierte) Motoren mit geregelter Spannungsversorgung sparen ca. 50% Strom ggü. Standard-Heizungspumpen
C) MOBILITÄT					
Energieeffiziente Solarmobile (Bsp. Solar World No.1)	hoch	gering	Prototypen	Hocheffizienter Antrieb (Motor, Getriebe) und Fahrzeugbau (Leichtgewicht, Roll- und Luftwiderstand) in Kombination mit autarker PV-Stromversorgung als Antriebsenergie	Dreirädriges Leichtfahrzeug mit komplett emissionsfreier Antrieb, bis zu 85 km/h (mit Akkus 120 km/h) schnell; 6 m^2 Zellenfläche für 3,75 kW_p Motor
Plug-In-Hybrid = Hybridfahrzeug mit Anschluss an Stromnetz	mittel	mittel	Prototypen	Effizienter Hybrid-Antrieb (Motoren Getriebe) und Fahrzeugbau (Leichtgewicht, Roll- und Luftwiderstand) in Kombination mit Regenerativ-Strom aus Stromnetz	Vorteile: höhere Effizienz speziell im Stadtverkehr, leise, drehmomentstark, lokal ohne Emissionen, Bremsenergierückspeisung (Elektromotor), Massenhafte Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen könnten als dezentraler Stromspeicher eingesetzt werden (für fluktuierenden Reg-Strom) Offen: Umweltwirkungen in hohem Maße von Art der zusätzlichen Kraftwerkskapazität abhängig, Batterien noch teuer, schwer und relativ geringe Kapazität und Zyklenfestigkeit
Brennstoffzellen-Fahrrad (BZ-Pedelec)	mittel (je nach Referenz)	mittel	Prototypen	Effizienter Elektroantrieb und Leichtgewicht in Kombination mit Muskelkraft und H_2-PEM-Brennstoffzelle (H_2 aus reg. Energien)	Vorteile: Mit H_2 bis zu fünffach höhere Reichweite als Batteriespeicher, Offen: Unter welchen Umweltwirkungen wird H_2 produziert?
Solarwanderboot „Swan"	mittel (je nach Referenz)	gering	Prototypen	Effizienter Elektro-Antrieb und Rumpfform (geringer Wasserwiderstand) in Kombination mit autarker PV-Stromversorgung als Antriebsenergie	bis zu 5 kW PV-Module versorgen Bordnetz und Antrieb (2 x 7,5 kW) autark mit Strom; L x B = 11,6m x 3,5m

11.6 Gebäudeworkshop

Teilnehmerliste
Expertenworkshop
„Erneuerbare plus Energieeffizienz im Gebäudebereich Gebäudevision 2020“
am 15.01.2008, Kassel

Name	Unternehmen
Andreas Deppe	Planungsbüro Entech
Markus Duscha	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Johannes Gerstner	Architekturbüro Johannes Gerstner
Aloys Graw	Planungsbüro Graw
Thomas Hanke	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Hans Hertle	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Olaf Hildebrandt	ebök Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte
Andreas Hoffmann	THP Architekten
Axel Hoffmann	Hoffmann - Thiele
Dieter Johann	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Reiner Kuklinski	Volkswohnung GmbH
Frank Merten	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Martin Müller	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Philipp Otter	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Angelika Paar	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Dr. Martin Pehnt	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Jörg Petzold	aip – Architekt Jörg Petzold
Folkmer Rasch	Faktor 10 GmbH
Angela Rohr	Planungsbüro Graw
Karin Rumming	Landeshauptstadt Hannover Bereich Umweltschutz
Gerhard Schallenberg	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Jens Schuberth	Umweltbundesamt
Dr. Burkhard Schulze Darup	Architekturbüro Schulze Darup & Partner
Dietmar Schüwer	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
René Schweyen	Gesellschaft für Bauen und Wohnen Hannover mbH

Programmentwurf für Expertenworkshop

Erneuerbare plus Energieeffizienz im Gebäudebereich
Gebäudevision 2020

Anthroposophisches Zentrum Kassel, Wilhelmshöher Allee 261, 34131 Kassel,
am 15. Januar 2008

11:00 – 11:10	Begrüßung	
11:10 – 11:20	Projektvorstellung Dr. Pehnt, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg	
11:20 – 11:30	Vorstellungsrunde	
11:30 – 12:15	Impulsvorträge	
	Olaf Hildebrandt, ebök:	Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz durch innovative Haustechnik
	Dr. Schulze Darup:	Integrierte Planung – Praxisaspekte aus der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz
	Hans Hertle, ifeu:	Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in den politischen Instrumenten
12:15 – 12:30	Fragen und Diskussion	
12:30 – 13:30	Mittagspause und Mittagessen	
13:30 – 15:00	Arbeitsgruppenphase	

1. Technologie: Innovative Technologien und Systeme für die Verzahnung
2. Akteure: Gebäudevision 2020: integriert geplant?
3. Instrumente: Energieeinsparverordnung, KfW-Kredite, Marktanreizprogramm und Erneuerbare Energien Wärmegesetz – Verzahnung pro und contra

15:00 – 15:45	Zusammenführung der Ergebnisse im Plenum	
15:45 – 16:00	Kaffeepause	
16:00 – 16:50	Welche politischen Rahmenbedingungen tragen zur verbesserten Förderung der Verzahnung bei? – gemeinsame Diskussion	
16:50 – 17:00	Weiteres Vorgehen und Ausblick	

Ende der Veranstaltung

Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

ifeu Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

11.7 Workshop Zukünftige Instrastruktur

Teilnehmerliste Expertenworkshop

Zukünftige Technologien und Infrastrukturen zur Energieversorgung hocheffizienter Gebäude und Siedlungen

am 29. Oktober 2008 in Wuppertal

Name	Vorname	Institution
Bargel	Stefan	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
Baschek	Hendrik	Gelsenwasser
Böhm	Karsten	Bosch Thermotechnik GmbH
Daubner	Thomas	WSW Energie & Wasser AG
Feldmann	Markus	Energieagentur NRW
Gailfuß	Markus	BHKW-Consult
Gleim	Christian	Stadt Wuppertal - Gebäudemanagement
Graw	Aloys	Planungsbüro Graw
Hanke	Thomas	Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie
Heinze	Mira	Bergische Universität Wuppertal - Lehrstuhl für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung
Hertle	Hans	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Holtgrave	Andreas	Energieberatung Holtgrave
Huther	Heiko	AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
Jentsch	Andrej	Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen
Jung	Armin	Jung Stadtkonzepte
Kampert	Gerald	Stadt Dortmund - Stadtplanungsamt
Lohmann	Jessica	GERTEC GmbH
Merten	Frank	Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie
Murken	Werner	GERTEC GmbH
Musall	Eike	Bergische Universität Wuppertal - Lehrstuhl für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung
Paar	Angelika	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Pehnt	Martin	ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Richter	Klaus	Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie
Schüle	Ralf	Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie
Schüwer	Dietmar	Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie
Strauß	Rolf	Hochschule Bremen
Theurich	Angela	Stadt Bocholt
vom Sein	Jörg	Energiebüro vom Stein
Voss	Mike	Planungsbüro Graw
Ziegler	Roland	GEF Ingenieur AG

Erneuerbare plus Energieeffizienz

Workshop-Einladung zum Thema:

Zukünftige Technologien und Infrastrukturen zur Energieversorgung hocheffizienter Gebäude und Siedlungen

Synergien / gegenläufige Effekte / Hemmnisse und notwendige Veränderungen

Koordinaten:

Datum:	Mittwoch, **29. Oktober 2008**
Zeitraum:	10:00 - 16:15 Uhr
Ort/Raum:	**Wuppertal Institut** / Aula
Adresse:	Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
Anfahrt:	www.wupperinst.org/kontakt

Ansprechpartner:
Frank Merten, Wuppertal Institut, Tel.: 0202-2492-126, frank.merten@wupperinst.org

Ziele:
- Kritisch konstruktiver inhaltlicher Austausch sowie qualitative und/oder quantitative Antworten und Ergebnisse zu nachfolgenden Leitfragen

Leitfragen:
- Wie können hocheffiziente Gebäude und Siedlungen zukünftig ökologisch-ökonomisch sinnvoll versorgt werden?
- (Wie) Können Fernwärme-Strukturen auf den zukünftig verminderten Energie- und Temperaturniveau-Bedarf angepasst werden, um sie zukunftsfähig zu machen? Welche technischen, infrastrukturellen und organisatorische Lösungskonzepte müssten hierzu entwickelt und angewandt werden?
- Wo liegen die technischen, energiepolitischen und rechtlichen Stellschrauben im Wechselspiel zwischen Effizienz und Erneuerbaren?

Zielgruppe:
Experten aus der Wohnungswirtschaft, Stadtplanung und kommunalen bzw. gebäude-/siedlungstechnischen Energieversorgung wie z.B. Versorgungstechniker, Planer, Bauleiter Architekten, Ingenieure, Energieberater

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

ifeu Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Ablaufplan (vorläufig)

10:00	Begrüßung & Organisatorisches, aktueller rechtlicher Rahmen	
10:00	0:20	Kurze Vorstellungsrunde & Stimmungsbild
10:20	0:20	Vorstellung des Forschungsprojektes "Energiebalance"
10:40	1. Block: Impulsreferate (Plenum)	
10:40	0:30	1. Vortrag: Einzel- versus Nah- versus Fernwärmeversorgung – Versorgungsvarianten im Vergleich Ergebnisse der Vergleichsstudie im Energiebalance-Projekt
11:10	0:10	kurze Fragen- und Diskussionsrunde
11:20	0:15	Kaffeepause
11:35	0:20	2. Vortrag: Zukünftige Wärmeinfrastrukturen für hocheffiziente Gebäude und Siedlungen – Anpassungsfähigkeit von Fernwärmelösungen
11:55	0:10	kurze Fragen- und Diskussionsrunde
12:05	0:20	3. Vortrag: Versorgungstechnische Siedlungs- und Quartiersplanung aus kommunaler Sicht – Entscheidungsabläufe und –spielräume in Kommunen
12:25	0:10	kurze Fragen- und Diskussionsrunde
12:35	0:05	Einteilung und Organisatorisches zur Kleingruppenaufteilung nach dem Mittagessen
12:40	0:50	Mittagspause
13:30	2. Block: Arbeiten in Kleingruppen (parallel)	
	1:00	Gruppe A: Versorgungslösungen im technologischen Fokus Bestehende technische Probleme und Lösungsansätze, notwendige Entwicklungen und Modellansätze, Verzahnungsaspekte von EE und EF
	1:00	Gruppe B: Politische Instrumente Welche Instrumente gibt es zur Zeit, wie können diese überarbeitet werden, welche Änderungen sind notwendig, um ökologisch sinnvolle Optionen zu forcieren?
14:30	0:15	Kaffeepause
14:45	3. Block: Diskussion und Zusammentragen der Ergebnisse (Plenum)	
14:45	1:00	Zusammentragen und Kopplung der Ergebnisse aus den beiden Kleingruppen (welche technischen Lösungen sind notwendig, wie können diese durch politische Maßnahmen forciert werden) Resümee zur zukünftigen Versorgung hocheffizienter Gebäude / Siedlungen und Identifikation politischer Empfehlungen für die Versorgung von hocheffizienten Gebäuden
15:45	0:15	Resümee der TN & Erneutes Stimmungsbild zur Eingangs-Frage
16:00	0:15	Resümee und Ausblick der Veranstalter
16:15	Ende der Veranstaltung	