Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien im Gebäudebereich

Studie im Auftrag des Verbandes für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V.

Peter Mellwig, Dr. Martin Pehnt, Julia Lempik

Heidelberg 2021

ifeu Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 E-Mail ifeu@ifeu.de www.ifeu.de

Danksagung: Das ifeu bedankt sich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber VDPM. ifeu dankt zudem Martin Lohrmann für inspirierende Gespräche und Überlegungen im Zusammenhang mit Wärmenetz-Projekten zum Thema „Niedertemperatur-Wärme“.

1 Inhalt

1 Inhalt **2**

Abbildungsverzeichnis **4**

Tabellenverzeichnis **7**

2 Zusammenfassung **8**

3 Hintergrund **12**

3.1 Auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand: Balance aus erneuerbaren Energien und Energieeffizienz 12

3.2 Vorgehensweise 13

4 Türöffner-Funktion für erneuerbare Energien **14**

5 Wann ist ein Gebäude „fit für Erneuerbare“? **16**

5.1 Einfluss der Vorlauftemperatur auf Wärmepumpen 17

5.2 Einfluss der Vorlauftemperatur auf Wärmenetze 19

5.3 Einfluss der Brauchwassererwärmung auf die Vorlauftemperatur 21

5.4 „NT-ready“ – ein neuer Standard 21

6 Analyse von Maßnahmen zur Absenkung der Heiztemperaturen **22**

6.1 Auswahl von Praxisobjekten 22

6.2 Modellierung der Modernisierungsvarianten 26

6.2.1 Einfamilienhaus 1 27

6.2.2 Einfamilienhaus 2 29

6.2.3 Mehrfamilienhaus 1 32

6.2.4 Mehrfamilienhaus 2 33

6.3 Kostenvergleich 35

6.4 Definition von NT-Ready 37

7 Robustheit effizienter Gebäudehüllen: eine dynamische Modellierung **41**

7.1 Erfahrungen aus der Praxis 41

7.2 Resilienz durch Gebäudeeffizienz: Simulation 43

7.2.1 Auskühlungsverhalten von Gebäuden 44

7.2.2 Einfluss von Pufferspeichern 47

7.2.3 Robustheit gegen Fehlbedienung oder Defekt 48

8 Quercheck Graue Energie **50**

9 Drei Vorschläge für ein Maßnahmenpaket „NT-ready“ und „EE Fit“ **52**

9.1.1 Integration der NT-Readiness und EE Fitness als proaktives Beratungselement in den Sanierungsfahrplan und die Energieberatung 53

9.1.2 Erweiterung der Förderung 56

9.1.3 Anforderung EE Fit und NT-ready für die schlechtesten Gebäude 57

Literaturverzeichnis **59**

10 Anhang **60**

10.1 Checkliste NT-Ready und EE Fit 60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis Fraunhofer ISE (2020)) 9

Abbildung 2: Beispielhafte Abfolge einer Gebäudesanierung: gezielte Vorbereitung mit NT-ready-Maßnahmen, Wechsel zu erneuerbaren Energien, klimaneutrales Gebäude in der Zukunft 11

Abbildung 3: Zielsetzung und Narrativ des Projekts 13

Abbildung 4: Türöffner-Funktionen für erneuerbare Energien und zusätzliche Nutzen von Energieeffizienz 15

Abbildung 5: Sortierte Außentemperaturen im Jahresverlauf (eigene Darstellung auf Basis DWD) 17

Abbildung 6: Gemessene Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis Fraunhofer ISE) 18

Abbildung 7: Berechnete Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis VDI 4650) 18

Abbildung 8: Beispielhafter Temperaturverlauf in einem Wärmenetz vom Erzeuger bis zum Verbraucher (Quelle dme consult 2021) 19

Abbildung 9: Beispielhafte Leistungszahlen einer Großwärmepumpe in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur (Quelle: Lohrmann 2021) 20

Abbildung 10: Vergleich der Verluste und Kosten von Niedertemperatur-Wärmenetzen ausgehend von den Vorlauftemperaturen in den angeschlossenen Objekten (Quelle: Lohrmann 2021) 20

Abbildung 11: Beispielabbildung Einfamilienhaus 1 (IWU 2015) 23

Abbildung 12: Heizkörper im Einfamilienhaus 1 23

Abbildung 13: Abbildung des Beispielgebäudes Einfamilienhaus 2, Baujahr 1995 (Quelle: EEI (2021)) 24

Abbildung 14: Beispielgebäude Mehrfamilienhaus 1, Baujahr 1955 – vor und während der Modernisierung 25

Abbildung 15: Beispielgebäude Mehrfamilienhaus 2, Baujahr 1995 (Quelle: EEI 2021) 25

Abbildung 16: Vorgehensweise der Modellrechnungen 26

Abbildung 17: Verhältnis von Heizlast der Räume und Heizleistung der Heizkörper in einem Mehrfamilienhaus 27

Abbildung 18: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im EFH 1 29

Abbildung 19: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im EFH 2 31

Abbildung 20: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im MFH 1 33

Abbildung 21: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im MFH 2 34

Abbildung 22: Kostenvergleich (Investitionskosten Wärmeerzeuger und Dämm-Maßnahmen (energiebedingte Mehrkosten), Wartungs-, Heiz-, Hilfsenergiekosten der Varianten pro Nutzungsjahr 36

Abbildung 23: Zwei Handlungsfelder für NT-ready: Dämm-Maßnahmen und Wärmeverteilung 38

Abbildung 24: NT-ready als Zwischenschritt zum klimaneutralen Gebäude 39

Abbildung 25: Beispielhafte Abfolge einer schrittweisen Gebäudemodernisierung: gezielte Vorbereitung mit NT-ready-Maßnahmen, Wechsel zu erneuerbaren Energien, klimaneutrales Gebäude in der Zukunft 40

Abbildung 26: Häufigkeit der berichteten Probleme 42

Abbildung 27: Häufigkeit von Antworten, ob bessere Dämmung Probleme verhindert oder vermindert hätte 43

Abbildung 28: Beispiel einer Heizungsanlage im Simulationsmodell Polysun (Quelle: Vela Solaris) 44

Abbildung 29: Temperaturverlauf der Raum- und Außentemperatur in der Simulation des ungedämmten Ist-Zustands. Die Achse für die Raumtemperatur befindet sich links, die der Außentemperatur rechts 45

Abbildung 30: Auskühlung eines Einfamilienhauses bei Ausfall der Heizung für verschiedene Dämmzustände während der kältesten Wintertage 45

Abbildung 31: Auskühlung eines Einfamilienhauses bei Ausfall der Heizung für verschiedene Dämmzustände bei durchschnittlichen Temperaturen der Heizperiode 46

Abbildung 32: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland im Winter 2021; grün: Auskühlungsdauern von ungedämmten und hocheffizienten Gebäuden (Quelle: Agora-Energiewende 2021) 47

Abbildung 33: Auskühlung eines Einfamilienhauses mit gedämmter Außenwand (WDVS) bei Abschaltung der Heizung mit und ohne Speicher 47

Abbildung 34: Elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus bei einer Raumtemperatur von 23°C für verschiedene Dämm-Standards 49

Abbildung 35: Treibhausgas-Emissionen durch Modernisierungsmaßnahmen und durch den Betrieb der Heizungsanlage 51

Abbildung 36: Bewertung verschiedener Ideen zur Einführung von NT-Readiness und EE Fitness in das Gebäudeinstrumentarium auf dem 1. Workshop am 12.12.2020 53

Abbildung 37: Integration von NT-ready in den iSFP 54
Abbildung 38: Auszug aus dem Informationsblatt NT-Ready und EE fit 55
Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der Effizienzklassen nach Effizienzklassen des deutschen Wohngebäudebestandes; Quelle: BMWi 2020 nach dena/ifeu/prognos et al. 2019) 58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Berechnete Vorlauftemperaturen für die Modernisierungspakete im EFH 1	16 28
Tabelle 2:	Berechnete Vorlauftemperaturen für die Modernisierungspakete im EFH 2	16 31
Tabelle 3:	Berechnete Vorlauftemperaturen für die Modernisierungspakete im MFH 1	16 32
Tabelle 4:	Berechnete Vorlauftemperaturen für die Modernisierungspakete im MFH 2	16 34
Tabelle 5:	Auskühlungsdauer von 20°C auf 18°C in Stunden bei Abschaltung der Heizung bei verschiedenen Außentemperaturen	46
Tabelle 6:	Auskühlungsdauer von 20°C auf 18°C in Stunden bei Abschaltung der Heizung bei verschiedenen Außentemperaturen bei einem Einfamilienhauses mit gedämmter Außenwand (WDVS) mit Speicher und ohne Speicher	48
Tabelle 7:	Prüfpunkte für die EE Fitness und NT-Readiness	55
Tabelle 8:	Fördersätze für Einzelmaßnahmen im BEG	56
Tabelle 9:	Fördersätze für Einzelmaßnahmen im BEG: Neuer Vorschlag (geänderte Werte grau hinterlegt)	57

2 Zusammenfassung

Der Öl- oder Gaskessel geht kaputt, eine neue Heizung muss her. Schaut man auf die Klimaziele, ist klar, dass die neue Heizung erneuerbar sein muss. Die nächste Chance zum Wechsel kommt erst in 15 bis 20 Jahren. Doch in der Praxis ist längst nicht jedes Gebäude für Erneuerbare vorbereitet. Oft sind es die hohen erforderlichen Temperaturen im Heizungssystem, die den Wechsel blockieren.

Dabei muss ein Gebäude gar nicht vollständig modernisiert sein, um erneuerbar beheizt zu werden. Um die Chance zum Wechsel nicht zu verpassen, reichen oft wenige gezielte Maßnahmen – Dämmungen und Verbesserungen der Heizverteilung. Sie sind die Türöffner, die den Einbau erneuerbarer Heizsysteme ermöglichen. Das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung hat im Auftrag des VDPM diese „Enabler“ untersucht und sie zu einem neuen „NT-ready“-Standard zusammengeführt. NT steht dabei für Niedertemperatur.

Wenn ein Gebäude NT-ready ist, hat es noch weitere Vorteile über die Türöffner-Funktion hinaus. Die Robustheit gegenüber Fehlern steigt, die Systemdienlichkeit im Stromnetz nimmt zu und die Gesamtbilanz ist auch unter Einbeziehung der grauen Energie positiv.

Auf die Vorlauftemperatur kommt es an

Die Vorlauftemperatur des Heizungssystems – also die Temperatur, die der Wärmeerzeuger bereitstellen muss – ist eine zentrale Größe, wenn es um den Einbau von erneuerbaren Heizungen geht. Die Vorlauftemperatur wirkt sich auf die verschiedenen erneuerbaren Technologien unterschiedlich aus:

- **Wärmepumpen** funktionieren mit einer Vorlauftemperatur von 35°C um rund 14% Prozent effizienter als bei 55°C. Oberhalb von 55°C ist der Betrieb in der Regel weniger sinnvoll. Ein Energieberater oder erfahrener Heizungsbauer würde in diesen Fällen in der Regel von einer Wärmepumpe abraten.
- Der Kollektor-Wirkungsgrad von **Solarthermie-Anlagen** steigt, wenn sie bei niedrigen Temperaturen betrieben werden. Dadurch kann der Ertrag - besonders bei Flachkollektoren - um ein Vielfaches gesteigert werden.
- Die Vorlauftemperatur ist ein wesentlicher Einfluss auf die Verteilungsverluste von **Wärmenetzen** (Fernwärme) und damit auf ihre Wirtschaftlichkeit. Auch in Wärmenetzen können Wärmepumpen und Solarthermie bei niedrigen Temperaturen besser betrieben werden. Die Netztemperatur kann umso weiter abgesenkt werden, je niedriger die Temperaturanforderungen der einzelnen angeschlossenen Gebäude sind.
- In **Brennwert-Heizkesseln** setzt der Brennwertbetrieb erst unter 56°C (Erdgas) bzw. 47°C (Heizöl) ein. Bei höheren Temperaturen bleibt der effizienzsteigernde Effekt aus. Auch im Bereich fossiler Energieträger lohnt es sich also, wenn ein Gebäude NT-ready ist.
- Für **Holzheizungen** ist die Vorlauftemperatur nicht in erster Linie wichtig, da sie ohne Probleme hohe Temperaturen bereitstellen können. Allerdings werden die

nachwachsenden Energieträger künftig vor allem im Verkehr und in Hochtemperaturprozessen gebraucht. Wenn Gebäude also mit Holz heizen, sollten sie möglichst effizient sein.

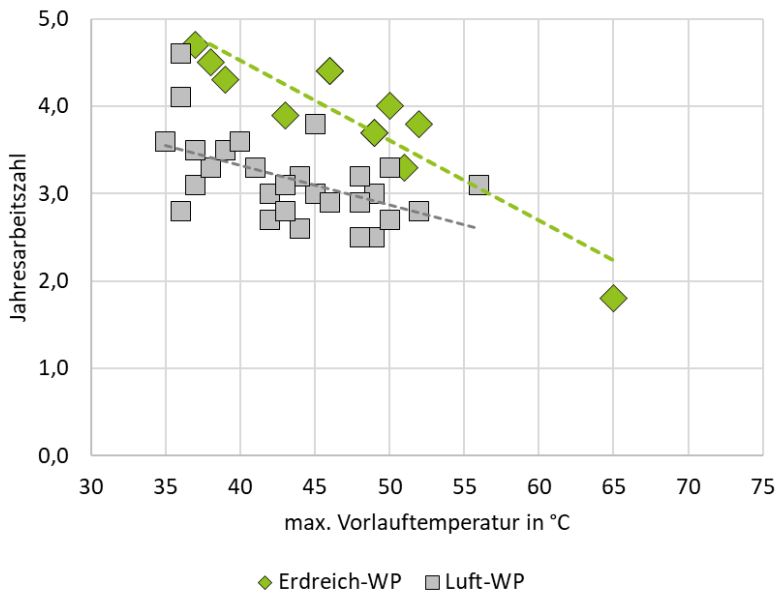

Abbildung 1: Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis Fraunhofer ISE (2020))

NT-ready – ein neuer Standard

NT-ready ist eine eindeutige Aussage, dass ein Gebäude für erneuerbare Energien vorbereitet ist. NT-ready ist die Eintrittskarte in die erneuerbare Welt, das heißt es ist der Mindeststandard, ab dem erneuerbare Wärme in der Regel sinnvoll ist. Natürlich können Gebäude auch ohne NT-ready erneuerbar beheizt werden, aber erst NT-ready sorgt dafür, dass Technik und Energieverbräuche (Kosten) im grünen Bereich bleiben. Gebäude, die NT-ready sind, können den nächsten anstehenden Austausch des Heizkessels für den Wechsel zu erneuerbaren Energien nutzen. NT-ready ist ein Zwischenziel für Gebäude, das den Weg hin zu einem klimaneutralen Zustand erleichtern soll.

Auch nach Erreichen von NT-ready müssen Gebäude weiter verbessert werden. NT-ready ist ausdrücklich kein klimaneutraler Zielzustand. Aber es ist die Mindestanforderung, die Eintrittsschwelle, um überhaupt den Umstieg auf erneuerbare Energie im Gebäudebereich zu ermöglichen. Durch künftige Verbesserungen der Gebäude kann die Vorlauftemperatur voraussichtlich noch weiter abgesenkt werden, so dass die erneuerbaren Wärmeerzeuger dann optimal betrieben werden können.

Ab wann ist ein Gebäude NT-ready?

Der NT-ready-Standard muss auf der einen Seite den einwandfreien und kostengünstigen Betrieb von erneuerbaren Heizungen gewährleisten und soll auf der anderen Seite für möglichst viele Gebäude möglichst einfach zu erreichen sein. Beide Voraussetzungen werden mit der Anforderung erfüllt: **Gebäude sind NT-ready, wenn Maßnahmen der Wärmedämmung, Heizkreisoptimierung oder effizienten Warmwasserbereitung soweit vollzogen sind, dass mit einer maximalen Heizwasser-Vorlauftemperatur von 55°C die von den**

Raumnutzern geforderte Raumtemperatur gewährleistet ist. Das bedeutet, dass im Jahresmittel eine deutlich niedrigere Vorlauftemperatur zu erwarten ist. **Dies erfordert ggf. auch ein Umdenken bei der Warmwasserbereitung. Auch dafür gibt es jedoch technische Lösungen.**

Wie erreicht man NT-ready?

Die Vorlauftemperatur einer Heizung hängt von zwei Größen ab:

- von der Heizlast der Räume
  Das ist die benötigte Leistung, damit der Raum am kältesten Tag warm bleibt. Sie ist abhängig von der Fläche und der Dämmung der Außenflächen.
- von der Heizleistung der Heizkörper
  Das ist die Wärmemenge, die ein Heizkörper oder eine Flächenheizung an den Raum abgeben. Sie ist abhängig von der Heizkörperart und -größe.

Grundsätzlich muss die Wärmeverteilung immer an den Wärmebedarf angepasst werden – nicht andersherum. Daher ist es stets sinnvoll, den Weg zum NT-ready-Standard mit Dämm-Maßnahmen zu beginnen. Abbildung 2 zeigt, wie die Vorlauftemperaturen an einem Beispielgebäude – einem Einfamilienhaus von 1977 - abhängig von den durchgeführten Maßnahmen sinkt.

1. Ist-Zustand

Dach und oberste Geschossdecke wurden bereits im Jahr 2010 gedämmt. Unter der Kellerdecke gibt es eine alte, dünne Dämmung. Die Heizkörper sind großzügig dimensioniert; eine Vorlauftemperatur von 63°C wäre ausreichend, jedoch hat das bisher niemand detailliert berechnet und so läuft die Heizung mit 70°C.

2. Dämmung der Außenwand

Die Fassade ist nach 44 Jahren unansehnlich und soll erneuert werden. Bei dieser Gelegenheit wird gleich ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht. Im Zuge der BEG-Förderung musste auch ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Eine Vorlauftemperatur von 57°C reicht nun aus.

3. Optimierung der Wärmeverteilung

Der hydraulische Abgleich ergibt, dass der Heizkörper im Bad die Höhe der Vorlauftemperatur vorgibt. Er wird gegen einen hohen Handtuchtrockner ausgetauscht. Die Heizkörper werden an den Thermostatventilen abgeglichen, Heizungsregelung und Pumpe auf die neuen Vorgaben eingestellt. Die Vorlauftemperatur sinkt auf 53°C; das Gebäude ist jetzt NT-ready.

4. Einbau einer Wärmepumpe

Die nächste Chance zum Umstieg auf erneuerbare Energien wird genutzt. Die Wärmepumpe läuft nur mit einer JAZ von 2,8, aber stößt damit schon 30% weniger CO_2 aus als ein Gasbrennwertkessel. Durch den künftig immer weiter wachsenden Anteil von erneuerbarem Strom steigen die Einsparungen jährlich weiter.

5. Klimaneutrales Gebäude

In den verbleibenden Jahren bis 2045 werden weitere Instandhaltungserfordernisse genutzt, um das Gebäude vollständig zu dämmen. Nun kann die Vorlauftemperatur auf 41°C gesenkt werden und die JAZ der Wärmepumpe steigt auf effiziente 3,4.

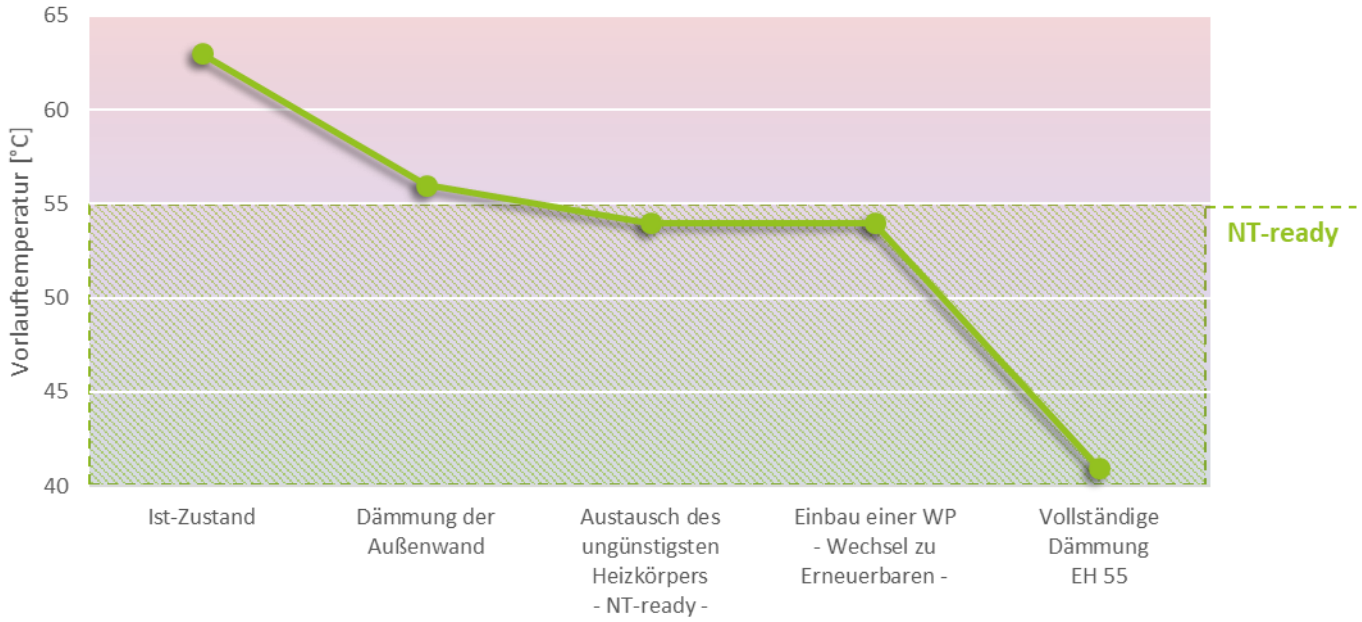

Abbildung 2: Beispielhafte Abfolge einer Gebäudesanierung: gezielte Vorbereitung mit NT-ready-Maßnahmen, Wechsel zu erneuerbaren Energien, klimaneutrales Gebäude in der Zukunft

NT-ready im instrumentellen Rahmen

Der NT-ready-Standard kann gut in den instrumentellen Rahmen aufgenommen werden:

- Beratung: NT-ready sollte als ein Zwischenziel formal in den individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) aufgenommen werden
- Förderung: denkbar ist ein NT-ready-Bonus in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ähnlich dem iSFP-Bonus
- Ordnungsrecht: NT-ready könnte ein Erfüllungstatbestand für Gebäude der beiden schlechtesten Effizienzklassen G und H werden und damit die absehbaren EU-Anforderungen an minimum energy performance standards (MEPS) erfüllen.

Langfristige Ziele wie die Klimaneutralität des Gebäudebestands erfordern langfristige Planung. NT-ready ist ein weiteres Hilfsmittel auf diesem Weg.

3 Hintergrund

3.1 Auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand: Balance aus erneuerbaren Energien und Energieeffizienz

Die Ambitionen der Klimaschutzziele im Gebäudebereich in Deutschland wurden durch den Klimaschutzplan 2050 im Jahr 2016 gegenüber dem Energiekonzept von 2010 nochmal gesteigert. Das Ziel für 2030, die Treibhausgas-Emissionen des Gebäudesektors auf 70 Mio. Tonnen zu senken, ist außerordentlich ambitioniert (BMU 2016). Die Europäische Gebäuderichtlinie verlangt für 2050 den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand (EPBD 2018). Der Klimapakt von 2021 hat die Ziele für 2030 weiter verschärft und eine vollständige Treibhausgasneutralität für das Jahr 2045 festgeschrieben (BMU 2021).

Es ist unstrittig, dass für dieses ambitionierte Ziel sowohl Verbrauchsreduktionen durch baulichen Wärmeschutz als auch erneuerbare Energien in großem Maßstab erforderlich sind. Über das möglichst kostenoptimale Verhältnis von Effizienz und erneuerbaren Energien gab es bisher jedoch noch keinen Konsens. So wurde auch die Meinung vertreten, man könne einen Mangel an Energieeffizienz mit erneuerbaren Energien und synthetischen Gasen (Power-to-Gas) ausgleichen. In extremerer Ausprägung war die Rede von „Dämmwahn“, „Volksverdämmung“ und vom Volk der „Dichter und Dämmer“.

Dass Energieeffizienz der Gebäudehülle volkswirtschaftliche Vorteile hat, wurde ausführlich von ifeu gemeinsam mit dem Fraunhofer IEE und Consentec in einer Studie für die Agora Energiewende untersucht (ifeu et al. 2018). Durch eine Kopplung von vier Modellen wurden die volkswirtschaftlichen Vorteile einer Kombination aus hoher Effizienz und erneuerbaren Energien herausgearbeitet: die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten sind günstiger, wenn man effiziente Gebäudestandards mit erneuerbaren Energien koppelt, Infrastruktur-Aufwendungen sind geringer, Importrisiken und Preisvolatilität werden reduziert und die nationale Wertschöpfung erhöht.

Da erneuerbare Energien nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, hat die Gesamtwärmenachfrage einen hohen Einfluss darauf, in welchem Maß und mit welcher Verbreitung sie eingesetzt werden können. Viele erneuerbare Energien können überhaupt nur in effizienten Gebäuden sinnvoll und wirtschaftlich eingesetzt werden. Das bedeutet, dass das Potenzial von erneuerbaren Energien im Gebäudebereich durch Effizienz erst erschlossen werden kann. Das gilt für die Gesamtpotenziale ebenso wie für den dynamischen Pfad zu ihrer Erschließung – also den Hochlauf der Märkte. Viele erneuerbare Heizungstechnologien müssen im Zuge der Wärmewende einen ambitionierten Markthochlauf vollbringen. Wenn nicht ausreichend effiziente Gebäude im Bestand sind, können die Steigerungsraten der Erneuerbaren nicht erreicht werden. Dämmungen haben jedoch einen Vorsprung vor den Erneuerbaren – sowohl hinsichtlich des zeitlichen Bestehens im Markt als auch der Marktdurchdringung. Aufgrund der bestehenden Kapazitäten könnten sie einen stark wachsenden Markt ohne Probleme abdecken. Dagegen gibt es manche Versorgungsalternativen bisher nur im

Pilotmaßstab. Ihr mittelfristiger Hochlauf und ihre Kosten sind ungewiss. Volkswirtschaftlich schafft Effizienz eine höhere Robustheit und Resilienz.

3.2 Vorgehensweise

Diese Studie verfolgt keinen volkswirtschaftlichen, sondern einen einzelwirtschaftlichen Ansatz. Sie untersucht aus Sicht des einzelnen Entscheiders – des Gebäudeeigentümers –, wie stark im einzelnen Gebäude eine Steigerung der Energieeffizienz die Nutzungsmöglichkeiten von erneuerbaren Energien und Niedertemperatur-Wärmenetzen steigern kann. Eine Dämmung der Gebäudehülle macht das Gebäude, zusammen mit einer Heizungsoptimierung, „**niedertemperatur-ready**“ (kurz: „NT-ready“). Das bedeutet, dass das Gebäude vorbereitet ist für den Einbau von erneuerbaren Energien. Wenn der Heizkessel das Ende seiner Nutzungszeit erreicht, kann die Chance zum Wechsel ergriffen werden.

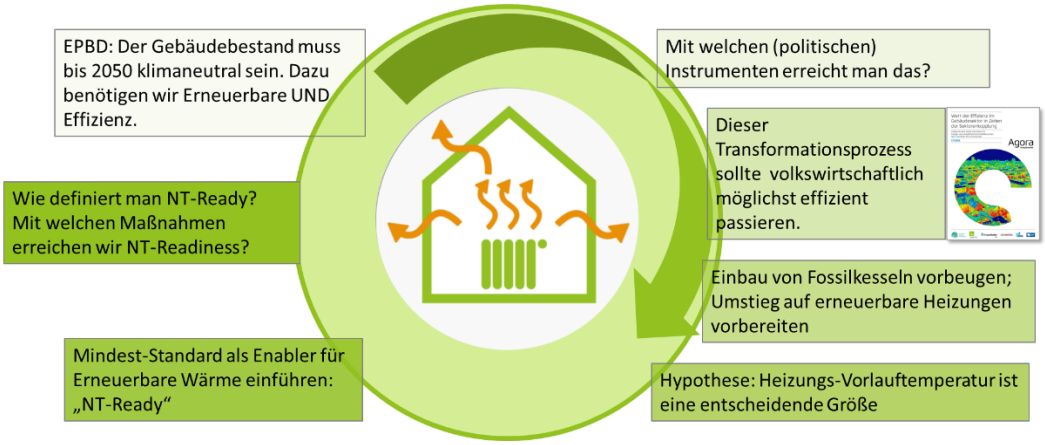

Abbildung 3: Zielsetzung und Narrativ des Projekts

Das Projekt zeigt auf Basis von Praxisobjekten, wie sehr die Effizienz der Gebäudehülle und die Dämmung der Außenwand den erneuerbaren Energien „die Tür öffnet“(Abbildung 4).

Die Studie stellt zunächst die technischen Zusammenhänge dar und zeigt, auf welche Weise die einzelnen erneuerbaren Energiequellen von einer höheren Gebäudeeffizienz profitieren. In Beispielberechnungen werden die limitierenden Faktoren für die einzelnen erneuerbaren Energien identifiziert und der jeweilige Einfluss der Gebäudeeffizienz herausgearbeitet. Der Einfluss unterschiedlicher Dämmniveaus wird aufgezeigt. Dies soll unter anderem klärend wirken in der Diskussion um eine Weiterentwicklung des Gebäudeenergiegesetzes für Bestandsgebäude (GEG).

Über die Türöffner-Funktion hinaus zeigt die Studie anhand von Modellberechnungen, dass effiziente Gebäude weniger fehleranfällig sind, dass sie Strom- und Wärmenetze entlasten können und dass die graue Energie, die in den Baustoffen steckt, durch die hohen Einsparungen bei weitem aufgewogen wird.

4 Türöffner-Funktion für erneuerbare Energien

Die Vorlauftemperatur des Heizungssystems – also die Temperatur, die der Wärmeerzeuger bereitstellen muss – ist eine zentrale Größe, wenn es um den Einbau von erneuerbaren Heizungen geht. Gebäudeeffizienz und Vorlauftemperatur stehen nur mittelbar in Zusammenhang. Die Vorlauftemperatur einer Heizung hängt von zwei Größen ab:

- von der Heizlast der Räume.
  Das ist die benötigte Leistung, damit der Raum am kältesten Tag warm bleibt. Sie ist abhängig von der Fläche und der Dämmung – also der Effizienz - der Außenflächen.
- von der Heizleistung der Heizkörper.
  Das ist die Wärmemenge, die ein Heizkörper oder eine Flächenheizung an den Raum abgibt. Sie ist abhängig von der Heizkörperart und -größe.

Die Vorlauftemperatur wird anhand der Heizkurve idealerweise so eingestellt, dass der Heizkörper genau so viel Wärme abgibt wie der Raum bei der gewünschten Innentemperatur verliert. Soll die Vorlauftemperatur gesenkt werden kann also entweder ein größerer Heizkörper installiert oder eine bessere Dämmung aufgebracht werden. Betrachtet man nicht nur einen einzelnen Raum, sondern ein ganzes Gebäude, so führt die ausgewogene Mischung aus Dämm- und Heizungsmaßnahmen am effektivsten zum Ziel. Ein Gebäude ist ein System aus Hülle und Haustechnik. Für eine Optimierung müssen beide Bereiche zusammenspielen.

Eine effiziente Gebäudehülle ermöglicht ein Absenken der Vorlauftemperatur und wirkt damit für viele erneuerbare Energien wie ein Türöffner:

- Ein Haupthindernis für den Einsatz von **Wärmepumpen** in Bestandsgebäuden ist die erforderliche **Vorlauftemperatur** im Heizungssystem. Wärmepumpen funktionieren mit einer Vorlauftemperatur von 35°C um rund 14% Prozent effizienter als bei 55°C. Oberhalb von 55°C ist der Betrieb in der Regel weniger sinnvoll. Durch eine Umrüstung von statischen Heizkörpern auf eine Flächenheizung kann die Vorlauftemperatur zwar grundsätzlich gesenkt werden, jedoch ist die Umrüstung aufwändig und die Heizleistung dieser Systeme reicht unter Umständen nicht aus, um ungedämmte Bestandsgebäude ausreichend zu beheizen. Durch Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle wird die Heizlast des Gebäudes vermindert. Je nach Ambitionsgrad der Dämm-Maßnahmen kann das Gebäude entweder mit einer Flächenheizung beheizt werden oder auch mit den vorhandenen Heizkörpern.
- Der Kollektor-Wirkungsgrad von **Solarthermie-Anlagen** steigt, wenn sie bei niedrigen Temperaturen betrieben werden. Das liegt daran, dass sie einen Teil der erzeugten Wärme wieder an die Umgebung verlieren. Je wärmer sie sind, desto höher sind die Verluste. Insbesondere bei Flachkollektoren steigt der Ertrag bei niedrigeren Temperaturen um ein Vielfaches. Gleichzeitig steigt auch der solare Deckungs-

grad. In ungedämmten Gebäuden beträgt er meist weniger als 10 Prozent. Je effizienter die Gebäudehülle ist, desto höher kann der Beitrag der Solarthermie für die Raumwärme sein. Auch ohne saisonale Speicher werden hier Deckungsgrade von 20 bis 30 Prozent erreicht. Gerade während der Übergangszeiten kann die Solarthermie die Beheizung dann weitgehend allein übernehmen.

- In **Brennwert-Heizkesseln** setzt der Brennwertbetrieb erst unter 56°C (Erdgas) bzw. 47°C (Heizöl) ein. Bei höheren Temperaturen bleibt der effizienzsteigernde Effekt aus. Deshalb ist es auch im Bereich fossiler Energieträger (Gas, Öl) sinnvoll, dass Gebäude NT-ready sind.
- **Niedertemperaturwärmenetze** machen erneuerbaren Energien und Abwärmequellen für viele Gebäude überhaupt erst nutzbar. Gleichzeitig sind die thermischen Verteilungsverluste weit geringer als in konventionellen Fernwärmenetzen. Limitierender Faktor für das bereitzustellende Temperaturniveau ist jedoch die Temperaturanforderung in den einzelnen angeschlossenen Gebäuden. Ohne effiziente Gebäudehüllen sind niedrige Heizungstemperaturen und Niedertemperaturwärmenetze nicht umsetzbar.
- Für **Holzheizungen** ist die Vorlauftemperatur nicht in erster Linie wichtig, da sie ohne Probleme hohe Temperaturen bereitstellen können. Allerdings werden die nachwachsenden Energieträger künftig vor allem im Verkehr und in Hochtemperaturprozessen gebraucht. Wenn Gebäude also mit Holz heizen, sollten sie möglichst effizient sein.

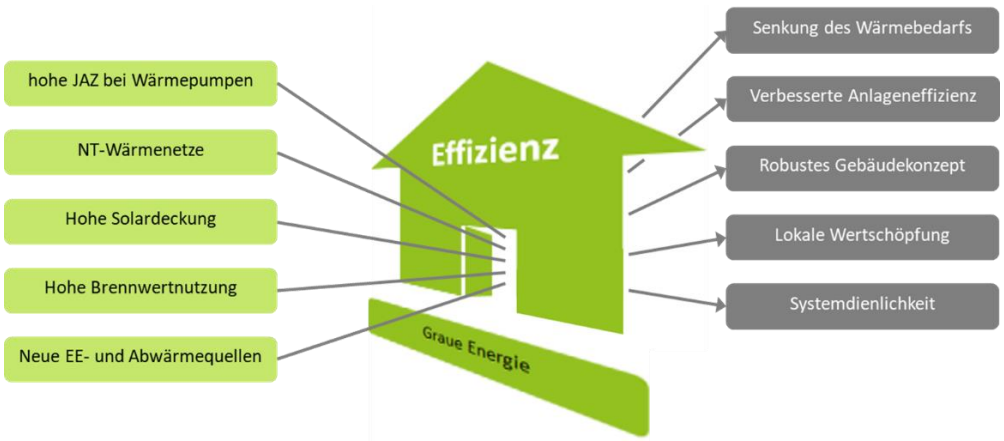

Abbildung 4: Türöffner-Funktionen für erneuerbare Energien und zusätzliche Nutzen von Energieeffizienz

5 Wann ist ein Gebäude „fit für Erneuerbare“?

Eine klare Abgrenzung, ab wann ein Gebäude fit für Erneuerbare ist, ist hilfreich für die Kommunikation mit Bauherren, für die Gewährung von Fördermitteln oder auch um rechtliche Anforderungen daran zu knüpfen. Aus technischer Perspektive ist diese Grenze weniger scharf, sondern eher ein Übergangsbereich. Wenn im Folgenden eine eindeutige Grenze für den Einbau von erneuerbaren Energien hergeleitet wird, darf sie also nicht als Ausschlusskriterium verstanden werden. Gebäude sind individuell verschieden und es sind Fälle denkbar, in denen erneuerbare Energien auch oberhalb des Grenzwertes sinnvoll eingesetzt werden können. Der Grenzwert ist vielmehr als Hilfestellung und Orientierung zu verstehen, damit erneuerbare Anlagen in der überwiegenden Mehrzahl der Gebäude in einem technisch und wirtschaftlich zufriedenstellenden Bereich laufen.

Der Grenzwert muss auf der einen Seite den einwandfreien und kostengünstigen Betrieb von erneuerbaren Heizungen gewährleisten und soll auf der anderen Seite für möglichst viele Gebäude möglichst einfach zu erreichen sein, damit sie den Wechsel vollziehen.

Infobox: Auslegungstemperatur und tatsächliche Temperatur im Heizungssystem

Wie in Kapitel 4 gezeigt, ist die Vorlauftemperatur des Heizungssystems eine sehr aussagekräftige Größe für den Einbau von erneuerbaren Energien. In den meisten Heizungssystemen wird sie jedoch in Abhängigkeit von der Außentemperatur erhöht oder abgesenkt. Es ist also zunächst zu spezifizieren, welche Vorlauftemperatur genau gemeint ist.

Heizungsplaner legen die Anlagen so aus, dass alle Räume auch am kältesten Tag des Jahres warm werden. Die Berechnungsnorm DIN EN 12831 gibt für alle Postleitzahlenbereiche in Deutschland die jeweiligen Auslegungsaußentemperaturen vor. Sie stellen den Zwei-Tages-Mittelwert der neun kältesten Tage in den Jahren 1995 bis 2012 dar. Weil die Heizungsanlagen auf diese seltenen Außentemperaturen ausgelegt sind, sind sie für durchschnittlich kalte Wintertage überdimensioniert. Die Heizungsregelungen reagieren darauf, indem sie die Vorlauftemperatur entsprechend absenken. Das bedeutet, die Heizungsanlagen laufen über 97% der Zeit mit deutlich geringeren Temperaturen.

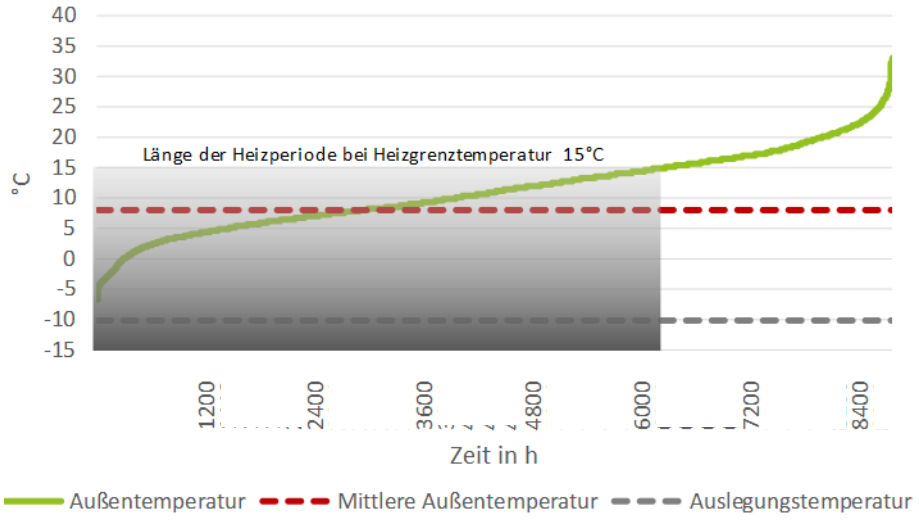

Abbildung 5: Sortierte Außentemperaturen im Jahresverlauf (eigene Darstellung auf Basis DWD)

Wenn in diesem Projekt von der Vorlauftemperatur gesprochen wird, ist die Auslegungstemperatur bei Normbedingungen gemeint. Sie ist eine eindeutig normierte Größe und damit eine gute Grundlage für rechtliche Instrumente. Es ist aber zu beachten, dass die tatsächlichen Vorlauftemperaturen im Jahresmittel deutlich geringer sind.

5.1 Einfluss der Vorlauftemperatur auf Wärmepumpen

Wärmepumpen nutzen Umweltwärme aus der Luft, dem Erdreich oder dem Grundwasser mit Temperaturen zwischen -2 und 12°C. Sie heben diese niedrigen Temperaturen unter Einsatz von Strom auf ein Temperaturniveau, das für Heizung und Warmwasserbereitung nutzbar ist, an. Je höher sie die Temperatur anheben müssen, desto ineffizienter funktionieren sie. Das durchschnittliche Verhältnis von erzeugter Wärme zu eingesetztem Strom wird als Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet. Je geringer der Temperaturhub, desto höher die JAZ und desto effizienter läuft die Wärmepumpe.

In einem Forschungsprojekt wurden 56 reale Wärmepumpen vermessen (ISE 2020). Abbildung 6 zeigt die gemessenen JAZ in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur. Es wird deutlich, dass die höchsten JAZ bei niedrigen Temperaturen erreicht werden. Mit jedem Grad mehr verschlechtert sich die JAZ um rund 0,1. Die Grafik zeigt aber auch, dass Wärmepumpen technisch gesehen auch mit höheren Temperaturen betrieben werden können, wobei eine JAZ von 2,0 einen doppelt so hohen und damit meist unwirtschaftlichen Stromverbrauch bedeutet wie eine JAZ von 4,0.

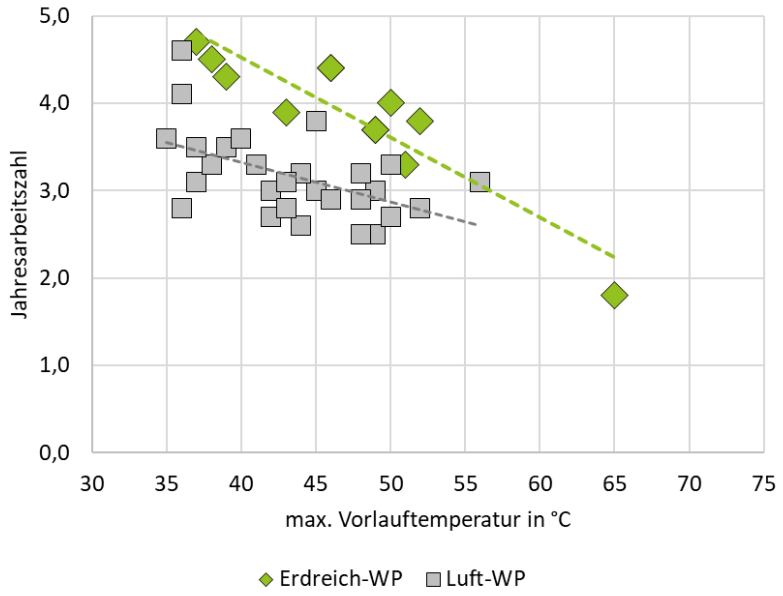

Abbildung 6: Gemessene Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis Fraunhofer ISE)

Dieser Zusammenhang wird auch in der Berechnungsvorschrift für Wärmepumpen, VDI 4650, dargestellt. Abbildung 7 zeigt die berechnete Abhängigkeit der JAZ von der Vorlauftemperatur für zwei Beispiel-Wärmepumpen. Die Unterschiede zu den gemessenen Werten in Abbildung 6 ergeben sich daraus, Abbildung 7dass im Feldtest unterschiedliche Wärmepumpen-Typen in unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen untersucht wurden. Die Erdreich-Wärmepumpe mit einer Vorlauftemperatur von 65°C hat nicht bestimmungsgemäß funktioniert und wurde auf Grund von technischen Problemen in der Studie von ISE 2020 nicht ausgewertet.

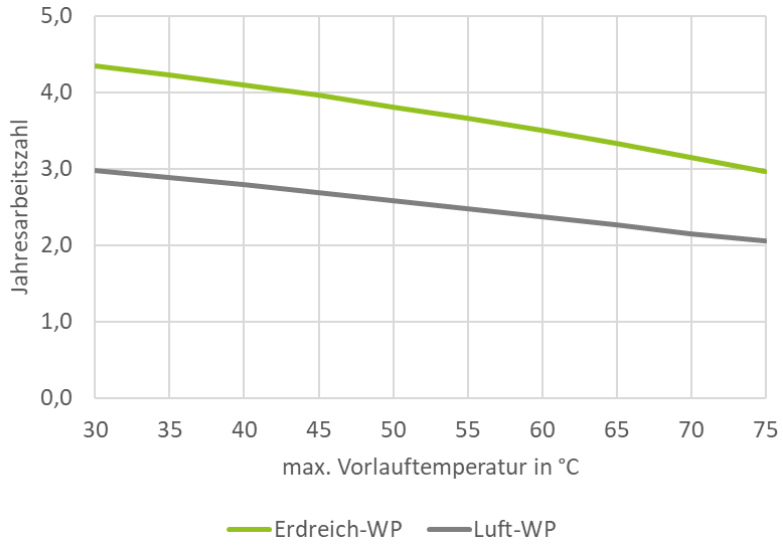

Abbildung 7: Berechnete Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur (eigene Darstellung auf Basis VDI 4650)

In beiden Abbildungen ist die Temperaturabhängigkeit nahezu linear. Es sind keine Brüche zu erkennen, die ggf. eine Grenz-Vorlauftemperatur anzeigen würden. Auffällig ist jedoch, dass alle Wärmepumpen im Feldtest bis auf eine (und den nicht gewerteten Ausreißer) unterhalb von 55°C betrieben werden. Rechnerisch ist ihre JAZ bei 55°C um 14% geringer als bei 35°C – und damit der Verbrauch um 14% höher.

5.2 Einfluss der Vorlauftemperatur auf Wärmenetze

In der Vergangenheit wurden Wärmenetze häufig mit Temperaturen von 95 bis 120°C betrieben. Die hohen Temperaturen ermöglichen es, hohe Wärmemengen und Leistungen zu übertragen. Die Wärmeerzeuger – vornehmlich fossile Heizwerke und Heizkraftwerke – konnten diese hohen Temperaturen leicht bereitstellen. Nachteil sind die hohen Verteilungsverluste von rund 15%.

Erneuerbare Wärmenetze werden mit solarer Nahwärme, Tiefengeothermie oder Großwärmepumpen betrieben. Niedrige Systemtemperaturen erhöhen bei all diesen Wärmeerzeugern die Wirkungsgrade bzw. ermöglichen erst ihren Einsatz. Die Systemtemperaturen richten sich stets nach den Temperaturanforderungen in den angeschlossenen Gebäuden. Gelingt es, die Vorlauftemperatur in den Gebäuden auf 55°C zu begrenzen, müssen die Wärmeerzeuger nur etwa 70°C bereitstellen. Viele erneuerbare Energiequellen können auf diesem Temperaturniveau hocheffizient genutzt werden. Beispielhaft zeigt Abbildung 9, wie die Leistungszahlen einer Großwärmepumpe bei steigenden Temperaturen abnehmen. Die Verteilungsverluste sind in einem Niedertemperaturnetz ebenfalls geringer.

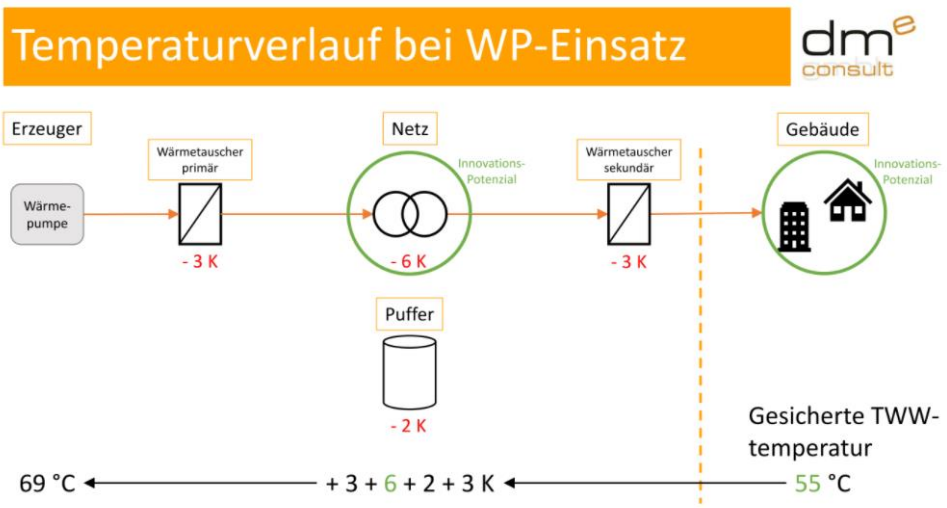

Abbildung 8: Beispielhafter Temperaturverlauf in einem Wärmenetz vom Erzeuger bis zum Verbraucher (Quelle dme consult 2021)

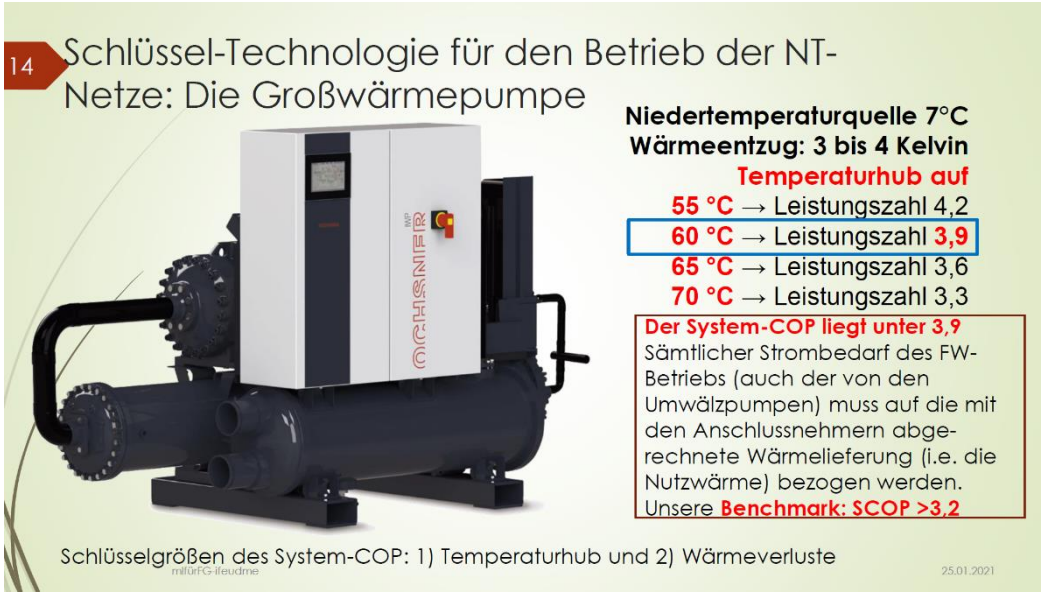

Abbildung 9: Beispielhafte Leistungszahlen einer Großwärmepumpe in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur (Quelle: Lohrmann 2021)

Abbildung 10 zeigt eine überschlägige Kalkulation für ein Niedertemperatur-Wärmenetz. Die Vorlauftemperaturen in den angeschlossenen Gebäuden werden variiert. Bei 65°C summieren sich die höheren Verteilverluste und die schlechtere JAZ zu einem 23 Prozent höheren Wärmepreis auf im Vergleich zu einem Netz, das nur 55°C bereitstellt.

Der „Preis" der geforderten Vorlauftemperaturen

System-COP und, Stromkosten und Wärmegestehungskosten				
Heizwasser-VL im Anschlussobjekt		°C	65	55
Wärmenetzvorlauf		°C	75	65
WP-Heizwasserlieferung		**°C**	**80**	**70**
Wärmeerzeugung für den Netzbetrieb			100%	100%
Netzverluste			14%	12%
Speicherverluste			2%	2%
Verluste in der Energiezentrale			1%	1%
Wärmeverluste insgesamt			**17%**	**15%**
Wärmeabgabe an Verbraucher			83%	85%
JAZ der WP	Quelltemperatur Ø 4,0 °C		3,0	3,6
JAZ bezogen auf die verkaufte Wärme			2,49	3,06
Stromkosten bei Netzbezug		**Ct/kWh**	**18,0**	**18,0**
Stromkosten im Arbeitspreis		**Ct/kWh**	**7,23**	**5,88**
inkl. MwSt.	**19%**	**Ct/kWh**	**8,60**	**7,00**

Abbildung 10: Vergleich der Verluste und Kosten von Niedertemperatur-Wärmenetzen ausgehend von den Vorlauftemperaturen in den angeschlossenen Objekten (Quelle: Lohrmann 2021)

In einem Niedertemperatur-Wärmenetz kann es erforderlich sein, dass es im Sommer, wenn aufgrund der geringen Wärmeabnahme die Umlaufgeschwindigkeit des Kreislaufwassers langsam und der Temperaturverlust auf dem Weg zum letzten Anschlussnehmer etwas höher ist, mit höheren Temperaturen betrieben wird. Im Winter, wenn die Wärmeabnahme

und damit auch die Umlaufgeschwindigkeit höher ist, kann es mit etwas geringerer Vorlauftemperatur betrieben werden. Um die Vorlauftemperaturen in den angeschlossenen Gebäuden zu senken, müssen die Einstellungen der Heizkurven geprüft werden. Es kann auch ein Austausch von kritischen Heizkörpern nötig werden.

5.3 Einfluss der Brauchwassererwärmung auf die Vorlauftemperatur

Neben der Erzeugung von Raumwärme erwärmen die Wärmeerzeuger auch das Brauchwasser. Der Anteil des Brauchwassers an der gesamten Wärmeerzeugung liegt in ungedämmten Altbauten bei etwa 18 Prozent. In zukunftsorientierten Gebäuden dagegen ist der Raumwärmebedarf so gering, dass das Brauchwasser bis zu 50 Prozent ausmacht. Die Temperatur des Brauchwassers hängt einerseits von den Bedürfnissen der Nutzer ab. In der Regel reichen ihnen 45°C aus. In sehr vielen Anlagen muss die Temperatur jedoch mindestens 60°C betragen, damit das Wasser hygienisch einwandfrei bleibt. Damit besteht die Gefahr, dass die NT-ready-Bemühungen für niedrige Heizungstemperaturen von der Brauchwassererwärmung zunichtegemacht werden.

Es stehen aber mehrere technische Lösungen bereit, um die Brauchwassertemperatur abzusenken: Mikrofiltration, Frischwasserstationen, elektrische Nacherhitzung oder – bei geringem Wasserverbrauch – auch elektrische Durchlauferhitzer sind Maßnahmen, die je nach individuellen Erfordernissen eingesetzt werden können. Auch die regelmäßige Legionellenschutz-Schaltung in Mehrfamilienhäusern kann effizient durch eine Nacherhitzung erfolgen. Es kann wesentlich effizienter sein, den Hauptwärmeerzeuger oder ein Wärmenetz nicht auf diese Spitzentemperatur auszulegen, sondern sie mit anderen Maßnahmen zu gewährleisten.

5.4 „NT-ready“ – ein neuer Standard

Um die technischen Anforderungen an die maximale Vorlauftemperatur griffiger auszudrücken und auch für Laien verständlich zu machen, definieren wir in dieser Studie einen neuen Standard: „Niedertemperatur-ready“ oder kurz „NT-ready“.

NT-ready ist eine eindeutige Aussage, dass ein Gebäude für erneuerbare Energien, insbesondere Wärmepumpen, vorbereitet ist. Gebäude, die NT-ready sind, können den nächsten anstehenden Austausch des Heizkessels für den Wechsel zu erneuerbaren Energien nutzen. NT-ready ist ein Zwischenziel für Gebäude, das den Weg hin zu einem klimaneutralen Zustand erleichtern soll. Auch nach Erreichen von NT-ready müssen Gebäude weiter verbessert werden. NT-ready ist ausdrücklich kein Zielzustand. Durch künftige Verbesserungen der Gebäude kann die Vorlauftemperatur voraussichtlich noch weiter abgesenkt werden, so dass die erneuerbaren Wärmeerzeuger dann optimal betrieben werden können.

In Kapitel 6 werden Musterrechnungen an vier Bestandsgebäuden gezeigt. Damit wird die Grenze, ab der NT-Readiness erreicht wird, abgeleitet.

6 Analyse von Maßnahmen zur Absenkung der Heiztemperaturen

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze:

Die Vorlauftemperaturen lassen sich bereits durch wenige Dämm-Maßnahmen und gezielten Heizungsaustausch senken. Die Vorlauftemperaturen im Ausgangszustand und nach Durchführung von Maßnahmen hängen stark von den Gegebenheiten des einzelnen Gebäudes ab: Dabei ist entscheidend, ob die installierten Heizflächen knapp oder großzügig bemessen sind und wie der Modernisierungszustand der Hüllflächenbauteile ist. In Mehrfamilienhäusern hat die Außenwanddämmung eine deutlich höhere Relevanz für die NT-Readiness. In Einfamilienhäusern sind auch andere Maßnahmen recht wirksam (Dach, Kellerdecke, …). Durch die Senkung der Vorlauftemperatur ist der Einsatz z. B. einer Wärmepumpe auch bei bestehenden Heizkörpern möglich.

6.1 Auswahl von Praxisobjekten

Für die Berechnungen und Modellierungen, die in diesem Projekt durchgeführt wurden, wurden vier reale Bestandsgebäude ausgewählt. Sie stehen beispielhaft für einen hohen Anteil des deutschen Gebäudebestands und zeigen reale Probleme auf, mit denen die Akteure in der Praxis konfrontiert sind. Die relevanten Basisdaten der Beispielgebäude wurden zusammengestellt (U-Werte, Flächen, Heizkörperflächen usw.) und damit die Grundlagen für die Modellberechnungen geschaffen.

Einfamilienhaus 1

Das Gebäude wurde im Jahr 1978 errichtet (Abbildung 11). Es wurden noch keine energetischen Modernisierungen durchgeführt. Die Gebäudehülle entspricht dem typischen Wärmeschutz-Standard dieser Zeit. Die Außenwände bestehen aus Mauerwerk und sind innen und außen verputzt. Die Fenster sind Isolierglasfenster mit Holzrahmen. Das Satteldach hat raumseitig eine Holzschalung mit Putzträger und Putz. Eine eigens eingebaute Dämmschicht gibt es nicht. Der Spitzboden ist beheizt. Er wurde mit Gipskarton und einer dünnen Zwischensparrendämmung ausgebaut. Der Wärmeschutz entspricht etwa dem der übrigen Dachflächen. Das Gebäude ist nicht unterkellert. Auf der Bodenplatte aus Beton ist eine zwei Zentimeter starke Polystyroldämmung und eine Estrichschicht. Das Einfamilienhaus wurde bislang mit einem Ölkessel beheizt, der auch das Trinkwasser erwärmt. Die Wärme wird mit Plattenheizkörpern aus dem Errichtungsjahr an die Räume abgegeben. Der Heizkessel soll durch eine Wärmepumpe ersetzt werden. Alternativ wird ein Gas-Brennwertkessel mit Solarthermie dargestellt, der mittelfristig mit synthetischem Gas (Power to Gas - PtG) betrieben wird.

Dieser Gebäudetyp ist repräsentativ für 6 % der Wohnfläche in Deutschland.

Abbildung 11: Beispielabbildung Einfamilienhaus 1 (IWU 2015)

Abbildung 12: Heizkörper im Einfamilienhaus 1

Einfamilienhaus 2

Das freistehende Einfamilienhaus wurde 1995 gebaut und entspricht diesem Wärmestandard[1]. Es fanden noch keine Modernisierungen am Gebäude statt. Das Gebäude hat zwei Geschosse und ist nicht unterkellert. Das Pultdach sowie die verputzten Außenwände haben eine Dämmschicht, die dem Standard des Baujahres entspricht. Die Südfassade ist großflächig verglast. Das Einfamilienhaus wurde bislang mit einem 1995 eingebauten Gas-Brennwertkessel beheizt, der auch das Trinkwasser erwärmt. An den Außenwänden sind Plattenheizkörpern angebracht.

Der Außenputz ist bereits beschädigt zum Teil verfärbt. Außerdem zeigen die Fenster Undichtigkeiten, sodass mindestens die Dichtung ersetzt werden muss. Der Heizkessel soll

[1] Quelle: EEI Energie Effizienz Institut 2021

durch eine Wärmepumpe ersetzt werden. Für das Gebäude wird durch einen Energieberater ein Sanierungsfahrplan erstellt.

Dieser Gebäudetyp ist repräsentativ für 4 % der Wohnfläche in Deutschland.

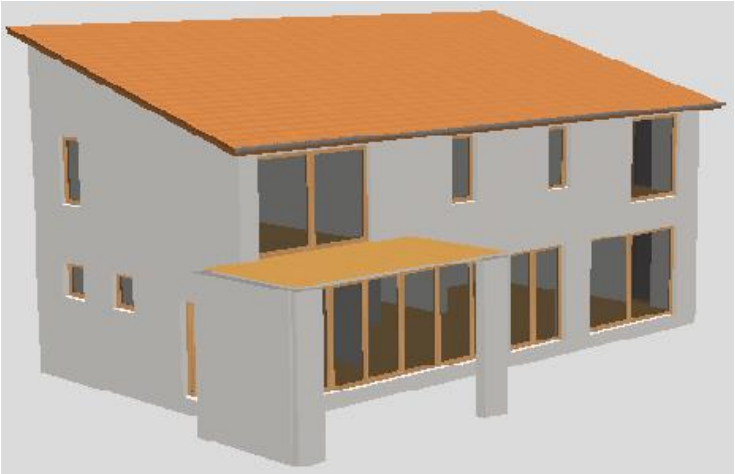

Abbildung 13: Abbildung des Beispielgebäudes Einfamilienhaus 2, Baujahr 1995 (Quelle: EEI (2021))

Mehrfamilienhaus 1

Das Gebäude wurde 1955 als Mehrfamilienhaus erbaut. Der bauliche Wärmeschutz entspricht der Baualtersklasse. Die Außenwände bestehen aus monolithischem Mauerwerk und sind außen und innen verputzt. Das Flachdach mit Bitumenbahnen ist in einem guten Zustand, jedoch noch ohne Dämmschicht. Das Gebäude hat Stahlbetondecken mit Trittschalldämmung und Estrich im ursprünglichen Zustand. Es ist voll unterkellert. Der Keller ist nicht beheizt und wird für die Haustechnik und als Lager-/Mieterkeller genutzt. Das 5. Obergeschoss ist als Staffelgeschoss ausgebildet und wird als Wohnfläche und als Waschküche sowie Trockenraum genutzt. Die Wohnfläche umfasst ca. ein Drittel der Grundfläche. Bei den Fenstern handelt es sich um Verbundfenster mit Holzrahmen, die ebenfalls 1955 eingesetzt wurden und nicht modernisiert wurden. Die Fenster sind in einem guten Zustand, haben aber keine Dichtungen. Das Treppenhaus sowie Teile des 5. Obergeschosses sind teilweise einfachverglast. Die Eingangstür ist eine gealterte Holztür mit einem großen verglasten Bereich, die ebenfalls 1955 eingebaut wurde. An dem Gebäude befinden sich einige Wärmebrücken. Besonders hervorzuheben sind die Rollladenkästen an den meisten Fenstern und die Balkonplatten ohne thermische Trennung. Es gibt keine Heizkörpernischen.

Die Beheizung erfolgt über den zentralen Konstanttemperatur-Kessel mit Heizöl. Die Brauchwassererwärmung erfolgt dezentral mit elektrischen Durchlauferhitzern. Außer einem Austausch des Brenners wurden noch keine wärmetechnischen Verbesserungen durchgeführt. Der Heizkessel soll aufgrund seines Alters durch einen Nahwärmeanschluss ersetzt werden. Das Stadtwerk plant ein Nahwärmenetz mit einem niedrigen Temperaturniveau von 60°C, weil dadurch die Abwärme eines nah gelegenen Produktionsbetriebs genutzt werden kann. Zusätzlich ist eine Luft-Großwärmepumpe vorgesehen, die in diesem Temperaturbereich besonders effizient funktioniert.

Das Gebäude repräsentiert ca. 4 % der Wohnfläche in Deutschland.

Abbildung 14: Beispielgebäude Mehrfamilienhaus 1, Baujahr 1955 – vor und während der Modernisierung

Mehrfamilienhaus 2

Das Mehrfamilienhaus wurde 1995 gebaut. Es handelt sich um ein freistehendes Gebäude mit Fenster- und Türöffnungen nach Osten und Westen. Auf der Westseite (lärmgeschützte Hof-Seite) sind Balkone angebracht. Diese wurden wärmebrückenarm nach damaligem Stand der Technik eingebaut. Alle anderen Bauteile entsprechen dem Baustandard aus dem Baujahr. Die Fenster sind 2-fach verglast. Die Außenwände bestehen aus monolithischem Mauerwerk. Sie sind nach außen gedämmt und außen und innen verputzt. Das Satteldach ist gedämmt. Der Boden ist vollständig unterkellert, der Keller ist nicht beheizt. Ein Gas-Brennwertkessel beheizt das Gebäude und erzeugt das Trinkwarmwasser. Es soll zukünftig an ein nahgelegenes Niedertemperatur-Nahwärmenetz angeschlossen werden und muss dafür vorbereitet werden.

Das Gebäude repräsentiert ca. 3 % der Wohnfläche in Deutschland.

Abbildung 15: Beispielgebäude Mehrfamilienhaus 2, Baujahr 1995 (Quelle: EEI 2021)

6.2 Modellierung der Modernisierungsvarianten

Die ausgewählten Beispielgebäude werden modellhaft mit verschiedenen Varianten modernisiert, um festzustellen, wie weit und mit welchen Maßnahmen die Vorlauftemperatur abgesenkt werden kann. Das Ziel ist, aus diesen Versuchen heraus, den NT-ready Standard zu definieren.

Abbildung 16 zeigt die einzelnen Schritte der Modellrechnung. In Schritt 1 wird nach VDI 4650 die Wärmepumpe ausgelegt mit dem Ziel die mögliche NT-ready-Vorlauftemperatur möglichst einzugrenzen. In Schritt 2 wird die Gebäudehülle modernisiert und Maßnahmen an der Wärmeverteilung vorgenommen, um die Auswirkungen auf die Vorlauftemperatur abzubilden. In Schritt 3 wird der Energiebedarf berechnet, um den Einfluss von NT-ready zu zeigen.

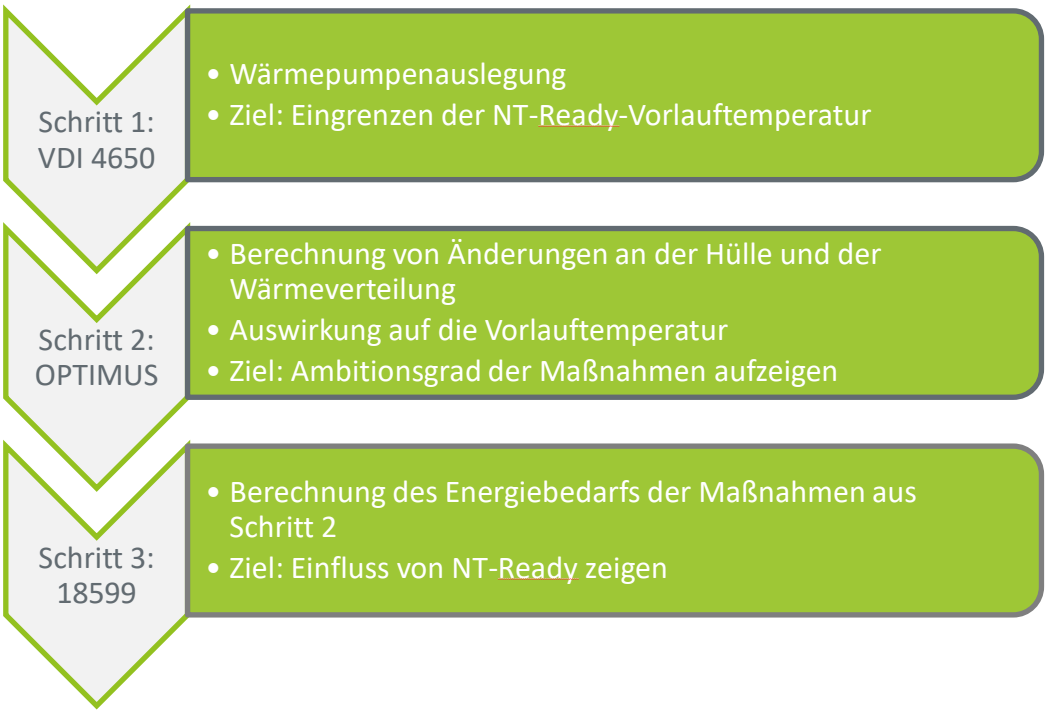

Abbildung 16: Vorgehensweise der Modellrechnungen

Für die Modellgebäude werden 16 verschiedene Modernisierungsmaßnahmen (Dämmung der Außenwand, Austausch der Fenster, Kellerdeckendämmung, Dämmung der obersten Geschossdecke) definiert und anschließend die Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf des Gebäudes, der Heizlast des Raumes und das erforderliche Vorlauf-Temperaturniveau der vorhandenen Heizkörper berechnet. Die einzelnen Modernisierungsmaßnahmen werden unterschiedlich kombiniert. Alle Modernisierungsvarianten werden in zwei verschiedenen Dämmstandards gerechnet: Entweder entsprechen die U-Werte der Bauteile den Anforderungswerten im GEG oder denen der KfW/BEG-Einzelmaßnahmen.

Im Ergebnis dieser Berechnungen kann ein NT-ready-Maßnahmenpaket definiert werden, ein erforderliches Paket an Maßnahmen für die Beheizung des Gebäudes mit niedrigen Temperaturen, ohne neue Flächenheizungen verlegen zu müssen, was vielfach in Bestandsgebäuden nicht möglich ist.

Im nächsten Schritt wird die Effizienzsteigerung für verschiedene Heizungssysteme quantifiziert. Mit dieser Analyse kann die Frage beantwortet werden: „Um wie viel effizienter können erneuerbare Energien durch Energieeffizienz genutzt werden?“ Damit wird insgesamt die doppelte Kosteneinsparung durch Effizienz transparent gemacht: Energieeinsparung durch Senkung des Nutzwärmebedarfs und Energieeinsparung durch Steigerung der Effizienz der Heizung.

Abbildung 17 zeigt Heizlast und Heizleistung für die Räume von Mehrfamilienhaus 1. In einem idealen Gebäude hätten alle Heizkörper genau die Leistung, die der Heizlast des Raums entspricht. Im Diagramm würden sie genau auf der Linie liegen. In der Praxis sind die Heizkörper meist größer. Sie liegen im Diagramm unterhalb der Linie. Sie könnten ihren Raum auch mit einer geringeren Vorlauftemperatur heizen. Es gibt jedoch stets einige Heizkörper, deren Leistung nur wenig größer als die Last ist – oder sogar kleiner (oberhalb der Linie). Diese ungünstigsten Heizkörper sind der Flaschenhals, der die Vorlauftemperatur für das gesamte Heizungssystem bestimmt.

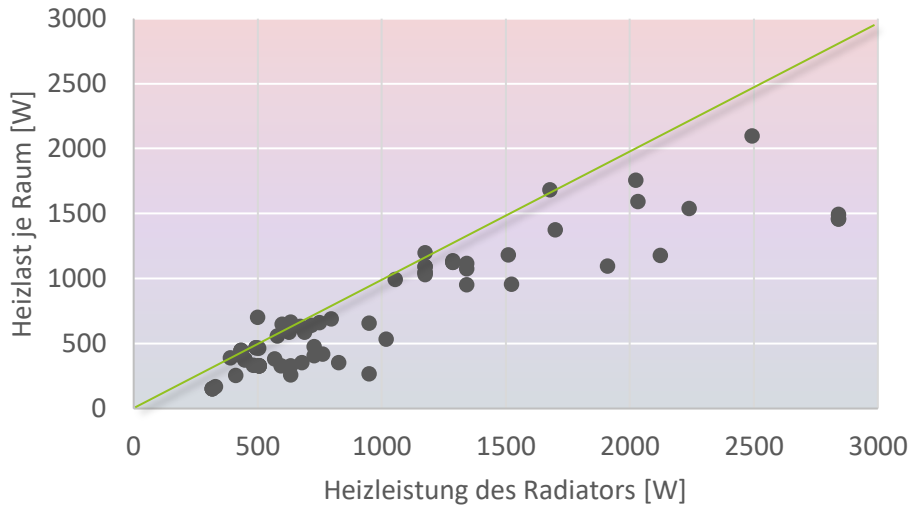

Abbildung 17: Verhältnis von Heizlast der Räume und Heizleistung der Heizkörper in einem Mehrfamilienhaus

In den Modellrechnungen werden die Heizkörper stufenweise ausgetauscht: zuerst der ineffizienteste/neuralgischste Heizkörper, dann die fünf schlechtesten. In den Mehrfamilienhäusern befinden sich mehr Heizkörper als in den Einfamilienhäusern, daher wird hier zusätzlich das schlechteste Drittel der Heizkörper ausgetauscht.

6.2.1 Einfamilienhaus 1

Das Einfamilienhaus 1 wird modellhaft mit verschiedenen Maßnahmen an der Gebäudehülle modernisiert. Diese werden mit einem gezielten Heizungsaustausch und einem hydraulischen Abgleich kombiniert. Tabelle 1 zeigt die berechneten Vorlauftemperaturen, die sich nach den Modernisierungen einstellen. Die vier Modernisierungsmaßnahmen (Außenwand, Außenwand und Fenster/Türen, Dach/oberste Geschossdecke, Keller/unterer Gebäudeabschluss) werden unterschiedlich kombiniert.

Im unsanierten Ist-Zustand erreicht das Gebäude eine Vorlauftemperatur von 63°C. Dabei wird unterstellt, dass die Heizkörper hydraulisch abgeglichen sind und die Heizkurve korrekt

eingestellt wurde. Im Realbetrieb ohne hydraulischen Abgleich ist die Vorlauftemperatur jedoch höher und liegt bei ca. 70°C.

Eine Dämmung der Außenwand mit U-Werten nach GEG lässt die Vorlauftemperatur um 6 K auf 57°C absinken. Eine bessere Dämmung nach BEG-Standard senkt die Temperatur auf 56°C ab. Eine Kombination der Modernisierungsmaßnahmen Außenwand und Fenster/Türen und einer Dämmung des Satteldachs lässt die Temperatur auf 48°C (GEG) oder 46°C (BEG) sinken. Den größten Effekt erzielt eine Dämmung der gesamten Hüllfläche. Die Temperatur sinkt auf 47°C (GEG) oder 45°C (BEG). Das Gebäude erreicht nach der Dämmung nach BEG den Effizienzhaus-55-Standard.

In einem zweiten Schritt wird gemessen, wie hoch die Absenkung der Vorlauftemperatur ist, wenn die Heizkörper hydraulisch abgeglichen werden und einzelne Heizkörper ausgetauscht werden.

Der ungünstige Heizkörper befindet sich im EFH 1 im Badezimmer im ersten Obergeschoss. Die Heizlast des Raumes ist zu hoch für den Heizkörper - er ist unterdimensioniert. Durch einen Wechsel, z B. zu einem hohen Handtuchtrockner, sinkt die Vorlauftemperatur bei allen Modernisierungsmaßnahmen um durchschnittlich 2 K. Werden noch weitere vier Heizkörper (die fünf ungünstigsten Heizkörper) ausgetauscht sinkt die Temperatur gegenüber dem Ist-Zustand um durchschnittlich 6 K.

Varianten	Effizienz-niveau	Außenwand, Fenster, Türen	Dach, Dachfenster, Gauben, oberste Geschoss-decke	Kellerdecke, Kellerwände, Bodenplatte	Außenwand	keine Anlagen-maßnahmen	Austausch des un-günstigsten Heizkörpers	Austausch der fünf un-günstigsten Heizkörper
		Modernisierungspakete			Einzelp.	Vorlauftemperatur [°C]		
Ist-Zustand	unsaniert					63	59	55
1	EnEV / GEG	x				54	53	48
2			x			59	57	51
3				x		63	58	54
4		x	x			47	47	44
5			x	x		55	54	51
6		x		x		54	53	48
7		x	x	x		47	42	42
8					x	56	54	51
9	KfW / BEG Einzelmaßnahmen	x				53	53	47
10			x			58	56	51
11				x		63	58	54
12		x	x			46	45	41
13			x	x		54	54	50
14		x		x		53	53	45
15		x	x	x		45	41	41
16					x	56	54	51

Tabelle 1: Berechnete Vorlauftemperaturen für die 16 Modernisierungspakete im EFH 1

Die maximale Absenkung der Vorlauftemperatur ist möglich, wenn Dämm-Maßnahmen und Austausch der fünf ungünstigsten Heizkörper kombiniert werden. Das Gebäude erreicht den Effizienzhaus-55-Standard und die Vorlauftemperatur sinkt um 22 K auf 41°C.

Abbildung 18 ist eine grafische Übersetzung von Tabelle 1 und zeigt den Einfluss der Dämm-Maßnahmen und des Heizkörper-Austauschs auf die Vorlauftemperatur. Die einzelnen

Punkte zeigen die Vorlauftemperatur ohne Anlagenmaßnahmen, mit Austausch des ungünstigsten Heizkörpers und mit Austausch der fünf ungünstigsten Heizkörper (von links nach rechts). Die unterschiedlichen Farben zeigen die Modernisierungspakete (1-16). Die Linien verbinden jeweils ein Modernisierungspaket. Der Pfeil symbolisiert, dass die reale Vorlauftemperatur im Ist-Zustand höher sein kann als die berechnete.

Nur durch Dämm-Maßnahmen sinkt die Temperatur auf 45°C ab (vertikal). Ein zusätzlicher Austausch der Heizkörper reduziert bei allen Modernisierungsmaßnahmen die Vorlauftemperatur zusätzlich (von links nach rechts).

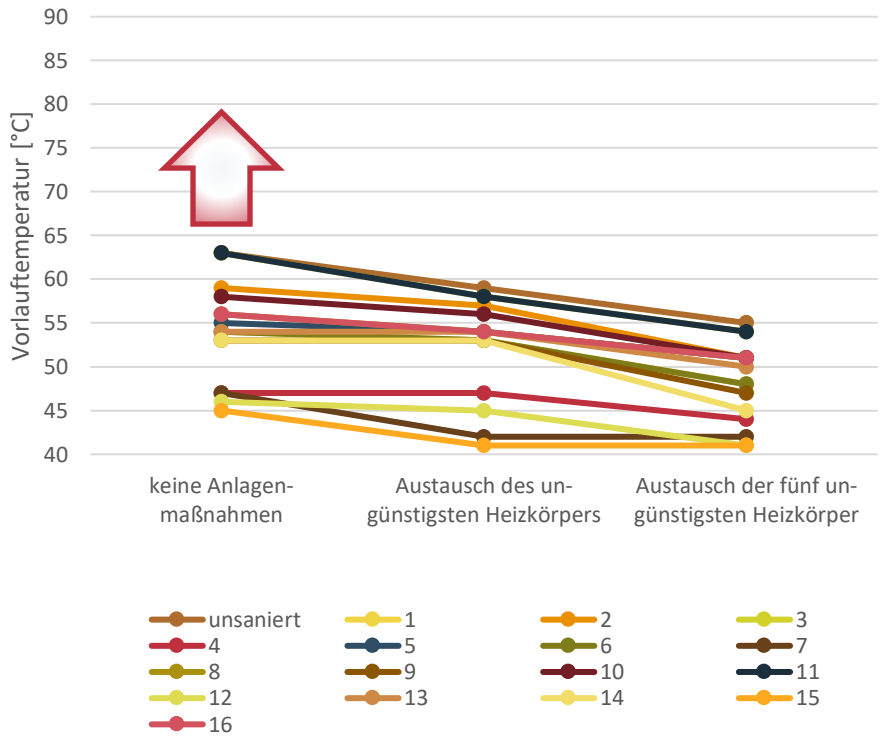

Abbildung 18: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im EFH 1

Neben einer Reduzierung der Vorlauftemperatur, verringern sich die CO_2-Emissionen nach der Dämmung der Außenwand bereits um 22 %. Dämmt man das gesamt Gebäude auf den Effizienzhaus-55-Standard, verringern sich die Emissionen um 55 %.

6.2.2 Einfamilienhaus 2

Das Einfamilienhaus 2 braucht trotz seines Baujahres und entsprechenden Dämmstandards eine Vorlauftemperatur von 81°C. Die Heizkörper in dem Gebäude sind sehr knapp dimensioniert. Der ungünstigste Heizkörper befindet sich im ersten Obergeschoss im Badezimmer.

Durch eine Dämmung der Außenwand reduziert sich die Vorlauftemperatur um 10 K auf 71°C, wird diese Dämmung durch einen Austausch der Fenster und Türen ergänzt, verringert sich die Vorlauftemperatur auf 68°C (U-Werte nach BEG Einzelmaßnahmen). Dämmt man das Gebäude weiter, sodass der Effizienzhaus-55-Standard erreicht wird, sinkt die Temperatur um weitere 8 K auf 63°C. Der Heizwärmebedarf verringert sich von 130 kWh/m² auf 81 kWh/m² und die CO_2-Emissionen sinken um insgesamt 26 %.

Eine Dämmung der Kellerdecke und des Dachs haben bei diesem Einfamilienhaus einen geringeren Einfluss, da sie einen geringen Anteil der Hüllfläche ausmachen. Werden Dach und Keller in Kombination gedämmt, fällt die Vorlauftemperatur nur um 4 K auf 77°C (U-Werte nach BEG-Einzelmaßnahmen).

Wenn der ungünstigste Heizkörper ausgetauscht wird, sinkt die Vorlauftemperatur um durchschnittlich 5,5 K ab. Bei einem Austausch der fünf ungünstigsten Heizkörper sinkt die Vorlauftemperatur um durchschnittlich 11 K ab. Erreicht das Gebäude den Effizienzhaus-55-Standard, wird es gleichzeitig NT-ready.

Varianten	Effizienz-niveau	Außenwand, Fenster, Türen	Dach, Dachfenster, Gauben, oberste Geschoss-decke	Kellerdecke, Kellerwände, Bodenplatte	Außenwand	keine Anlagen-maßnahmen	Austausch des un-günstigsten Heizkörpers	Austausch der fünf un-günstigsten Heizkörper
		Modernisierungspakete			Einzelp.	Vorlauftemperatur [°C]		
Ist-Zustand	unsaniert					81	75	72
1	EnEV / GEG	x				71	65	61
2			x			80	73	66
3				x		81	75	67
4		x	x			69	63	61
5			x	x		80	73	66
6		x		x		71	65	61
7		x	x	x		69	63	60
8					x	72	69	64
9	KfW / BEG Einzelmaßnahmen	x				68	62	56
10			x			77	72	64
11				x		81	75	67
12		x	x			63	58	53
13			x	x		77	71	64
14		x		x		68	62	56
15		x	x	x		63	58	53
16					x	71	69	63

Tabelle 2: Berechnete Vorlauftemperaturen für die 16 Modernisierungspakete im EFH 2

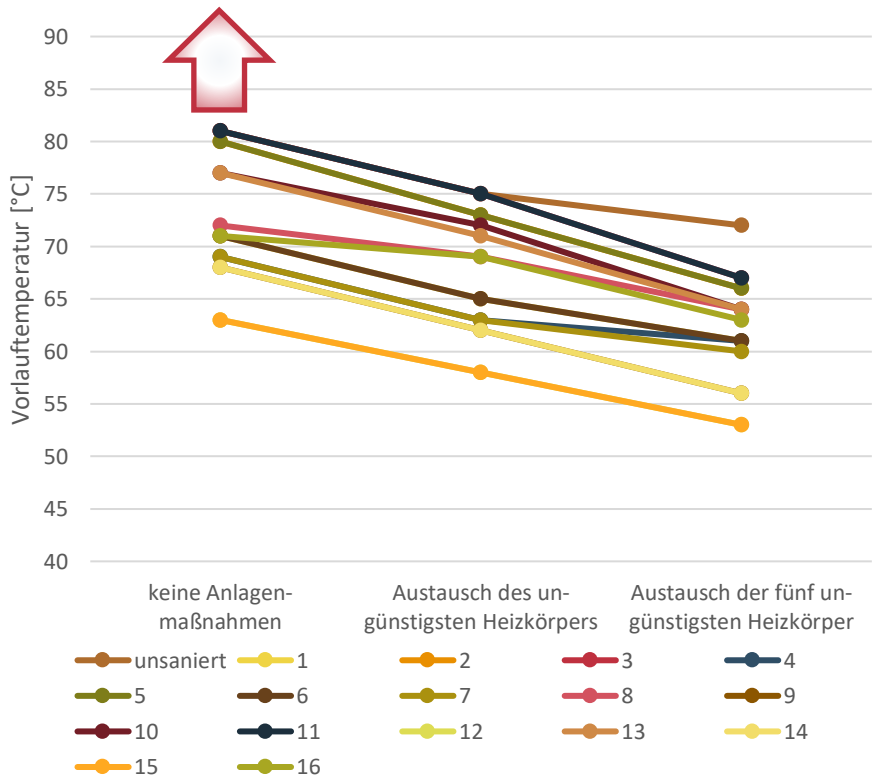

Abbildung 19: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im EFH 2

6.2.3 Mehrfamilienhaus 1

Bei dem Mehrfamilienhaus 1 wird die Vorlauftemperatur am stärksten durch eine Dämmung der Außenwand reduziert. Der Anteil der Außenwand ist bei dem Mehrfamilienhaus hoch, der U-Wert im Ist-Zustand nur mäßig, sodass die Dämmung eine Reduktion der CO_2-Emissionen um fast 30 % bewirkt.

Die Vorlauftemperatur reduziert sich bei einer Dämmung der obersten Geschossdecke oder der Kellerdecke nur um ca. 1 K. Bei einer Dämmung der Außenwand und Fenster/Türen reduziert sich die Vorlauftemperatur um 15 K auf 64°C (GEG) oder 63°C (BEG). Erreicht das Gebäude durch seine Dämmung den Effizienzhaus-55-Standard, sinkt die Vorlauftemperatur auf 63°C und die CO_2-Emisisonen sinken um fast 40 %.

In dem Gebäude befinden sich insgesamt 67 Heizkörper. Die meisten stammen noch aus dem Errichtungsjahr und sind oft sehr knapp ausgelegt. Der ungünstigste Heizkörper ist schwerer zu identifizieren. Die Vorlauftemperatur sinkt weniger stark, wenn ein oder fünf Heizkörper ausgetauscht werden, als bei den Einfamilienhäusern. Bei einem Tausch von 1/3 aller Heizkörpern sinkt die Vorlauftemperatur um durchschnittlich 20 K ab.

Das Gebäude erreicht eine Vorlauftemperatur von 51 °C und konnte die Vorlauftemperatur um 28 K im Vergleich zum unsanierten Ist-Zustand senken.

Varianten	Effizienz-niveau	Außenwand, Fenster, Türen	Dach, Dachfenster, Gauben, oberste Geschoss-decke	Kellerdecke, Kellerwände, Bodenplatte	Außenwand	keine Anlagen-maßnahmen	Austausch des un-günstigsten Heizkörpers	Austausch der fünf ungünstigsten Heizkörper	Austausch 1/3 Heizkörper
		Modernisierungspakete			Einzelp.	Vorlauftemperatur [°C]			
Ist-Zustand	unsaniert					79	77	77	73
1	EnEV / GEG	x				64	63	60	55
2			x			77	77	76	69
3				x		79	77	77	71
4		x	x			64	62	57	52
5			x	x		77	77	74	69
6		x		x		64	63	60	53
7		x	x	x		64	62	56	52
8					x	68	67	64	58
9	KfW / BEG Einzelmaßnahmen	x				63	61	60	54
10			x			77	77	76	69
11				x		79	77	77	71
12		x	x			63	61	56	51
13			x	x		77	77	74	69
14		x		x		63	61	58	51
15		x	x	x		63	61	55	51
16					x	67	67	64	57

Tabelle 3: Berechnete Vorlauftemperaturen für die 16 Modernisierungspakete im MFH 1

Abbildung 20 zeigt deutlich, wie hoch der Einfluss der Außenwand ist. Die Kurven teilen sich in Dämm-Maßnahmen, welche die Außenwand betreffen (untere Kurven) und die das Dach bzw. Keller betreffen.

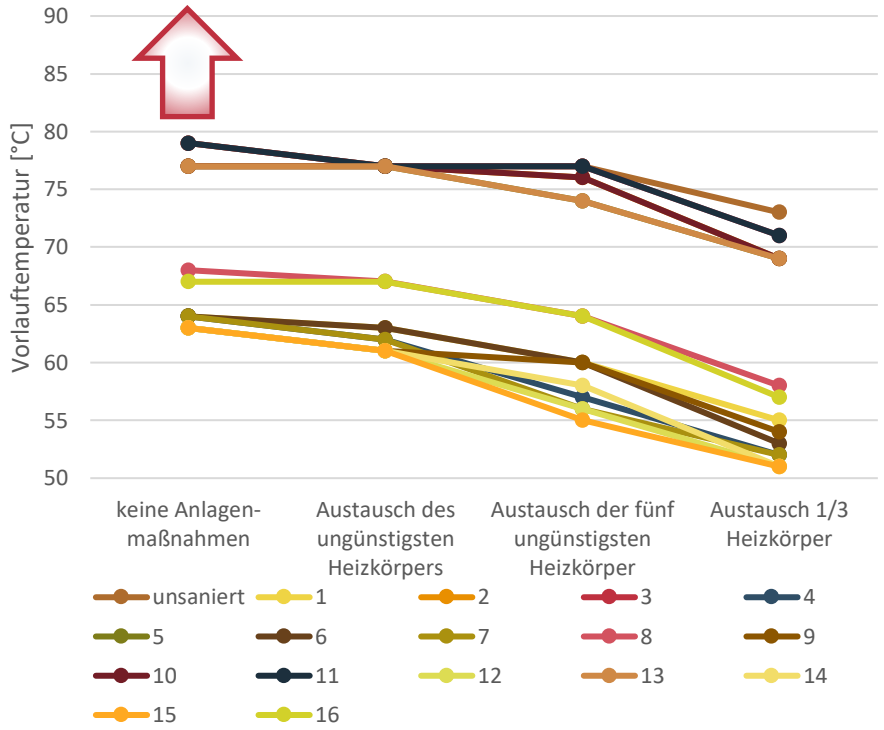

Abbildung 20: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im MFH 1

6.2.4 Mehrfamilienhaus 2

Auch beim Mehrfamilienhaus 2 tritt der gleiche Effekt wie beim Mehrfamilienhaus 1 ein: die Außenwand, als Bauteil mit der größten Hüllfläche, sorgt für den stärksten Rückgang der Vorlauftemperatur. Im Ist-Zustand liegt die Vorlauftemperatur bei 76°C, nach einer Modernisierung der Außenwand (nach BEG) sinkt sie auf 72°C. Bei einer Dämmung des Dachs oder der Kellerdecke stagniert die Vorlauftemperatur (76°C oder 74°C). Eine vollständige Dämmung der Hüllfläche reduziert die Vorlauftemperatur um 11 K auf 65°C.

Damit das Gebäude NT-ready wird, muss es vollständig gedämmt werden und es müssen ein Drittel der Heizkörper ausgetauscht werden. Die Vorlauftemperatur erreicht dann 55°C.

Varianten	Effizienz-niveau	Außenwand, Fenster, Türen	Dach, Dachfenster, Gauben, oberste Geschoss-decke	Kellerdecke, Kellerwände, Bodenplatte	Außenwand	keine Anlagen-maßnahmen	Austausch des un-günstigsten Heizkörpers	Austausch der fünf un-günstigsten Heizkörper	Austausch 1/3 Heizkörper
		Modernisierungspakete			Einzelp.	Vorlauftemperatur [°C]			
Ist-Zustand	unsaniert					76	74	71	67
1	EnEV / GEG	x				69	64	62	59
2			x			76	74	70	67
3				x		74	74	70	67
4		x	x			69	64	61	58
5			x	x		74	74	70	67
6		x		x		68	64	61	58
7		x	x	x		68	63	61	58
8					x	72	67	65	62
9	KfW / BEG Einzelmaßnahmen	x				67	62	59	57
10			x			76	73	70	66
11				x		74	74	70	66
12		x	x			67	62	59	55
13			x	x		74	74	70	66
14		x		x		65	60	58	57
15		x	x	x		65	60	57	55
16					x	72	66	64	61

Tabelle 4: Berechnete Vorlauftemperaturen für die 16 Modernisierungspakete im MFH 2

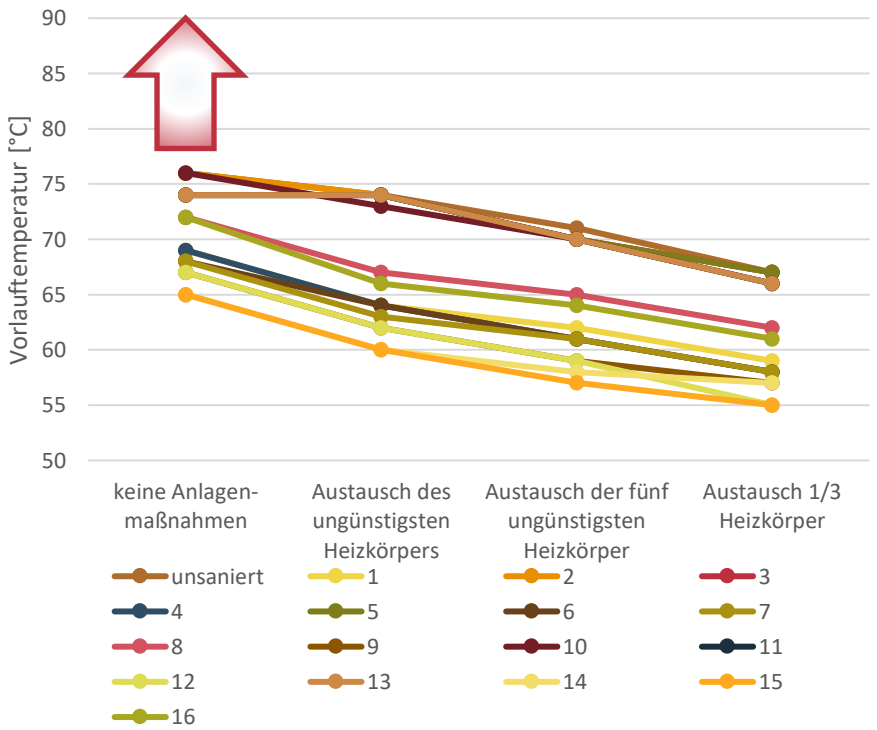

Abbildung 21: Abhängigkeit der Vorlauftemperatur von den Modernisierungspaketen 1 – 16 (Tabelle 1) und Heizkörpern im MFH 2

6.3 Kostenvergleich

Für die Modernisierungsmaßnahmen, die in Kapitel 6.2 gezeigt wurden, wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.

Dazu werden die jährlichen Gesamtkosten von verschiedenen Modernisierungs-Varianten für EFH 1 verglichen. Die Gesamtkosten ergeben sich aus der annuisierten Summe der Energie-, Investitions- und Wartungskosten. Die Nutzungsdauer von Dämm-Maßnahmen wurde mit 40 Jahren angesetzt, die von Anlagenmaßnahmen mit 20 Jahren. Die untersuchten Varianten sind:

1. Ist-Zustand
2. Außenwanddämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) nach BEG und Luft-Wasser-Wärmepumpe
3. Modernisierung auf Effizienzhaus-55-Standard mit Luft-Wasser-Wärmepumpe

Der Strompreis für die Wärmepumpe wurde mit 21 ct/kWh und der Ölpreis mit 6,5 ct/kWh angesetzt.

Ist-Zustand

Es fallen keine Investitionskosten für bauliche Maßnahmen an. Die Kosten für den Öl-Heizkessel betragen 13.000 Euro. Diese führen bei einer Nutzungszeit von 20 Jahren zu einer jährlichen Belastung von ca. 650 €.

Zur Berechnung der Energiekosten wird ein Ölpreis von 6,5 ct/kWh und ein CO_2-Emissionsfaktor von 288 g/kWh gemäß EBeV angenommen. Zu den Energiekosten wird ein CO_2-Preis addiert. Er startet mit 25 €/t (2021), 2025 liegt er bei 65 €/t, 2030 bei 130 €/t und 2041 bei 180 €/t. Der CO_2-Preis wird zwischen den Stützjahren interpoliert. Die mittleren Betriebskosten liegen inkl. Hilfsenergie (Stromkosten: 31 ct/kWh) bei 6.800 €/a. Zusätzlich muss ein jährlicher Beitrag für Wartung und Schornsteinfeger eingeplant werden.

Insgesamt liegen die jährlichen Gesamtkosten bei 7.500 €/a.

Außenwanddämmung (BEG) und Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die Außenwand des EFH 1 wird gedämmt (gemäß den Anforderungen an BEG-Einzelmaßnahmen) und der Öl-Kessel wird durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht. Zusätzlich erfolgt ein hydraulischer Abgleich. Die Vorlauftemperatur sinkt auf 51°C.

Durch die Dämmung der Außenwand reduziert sich der Energiebedarf. Die Wärmepumpe benötigt eine geringe Leistung als der Wärmeerzeuger im Ist-Zustand und hat Investitionskosten in Höhe von ca. 20.800 €. Die Kosten beinhalten alle betriebswirtschaftlich Kostenpunkte. Die Wärmepumpe wird mit 45 % der Investitionssumme gefördert, sodass sich die Kosten auf ca. 11.500 € reduzieren.

Die Außenwand des EFH 1 ist stark modernisierungsbedürftig und muss unabhängig von Dämm-Maßnahmen ohnehin modernisiert werden. Deswegen werden nur die energiebedingten Mehrkosten bei der Dämmung der Außenwand angerechnet. Die Mehrkosten für die Außenwanddämmung liegen bei ca. 8.000 €. Die Förderhöhe beläuft sich auf 20 %, so-

dass ca. 6500 € auf die Gesamtkosten gerechnet werden. Die Annuitäten der Investitionskosten belaufen sich auf 735 €/a (Nutzungszeit der Dämm-Maßnahmen 50 Jahre, Nutzungszeit der Luft-Wasser-Wärmepumpe 20 Jahre).

Die Betriebskosten sind abhängig von dem Strompreis, der sich im Betrachtungszeitraum nicht ändert. Inkl. einer Wartungspauschale und den Kosten der Hilfsenergie liegen die Betriebskosten bei 3.500 €/a und sind im Vergleich zum Ist-Zustand bereits halbiert.
Die Gesamtkosten (Betrieb- und Investitionskosten) liegen bei 4.200 € pro Jahr.

Modernisierung auf Effizienzhaus-55-Standard mit Luft-Wasser-Wärmepumpe

Durch die umfassende Dämmung des Gebäudes reduziert sich der Energieverbrauch weiter. Das führt dazu, dass eine Wärmepumpe mit geringerer Leistung und geringeren Kosten installiert werden kann. Im Vergleich zur Außenwanddämmung in Variante 2 reduzieren sich die Investitionskosten der Wärmepumpe auf 14.200 €. Die Vorlauftemperatur reduziert sich auf 41°C.

Damit das Gebäude den Effizienzhaus-55-Standard erreicht, erfolgt eine Dämmung des Dachs, der Außenwand, der Kellerdecke und zusätzlich ein Austausch der Fenster und Türen. Die energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmen belaufen sich auf ca. 56.000 €. Diese Summe reduziert sich um 40 % durch die Förderung auf ca. 33.000 €. Die Investitionskosten belaufen sich auf 1.200 €/a.

Durch diese Maßnahmen reduzieren sich die Heizkosten erheblich auf 1.100 €/a. Inkl. Wartung und Hilfsenergiekosten liegen die jährlichen Betriebskosten bei 1.460 €/a.

Vergleich

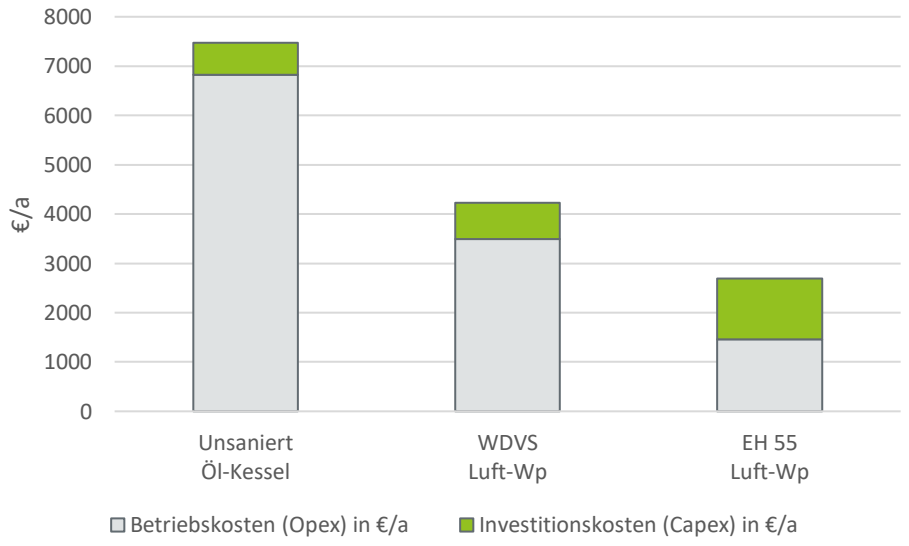

Abbildung 22: Kostenvergleich (Investitionskosten Wärmeerzeuger und Dämm-Maßnahmen (energiebedingte Mehrkosten), Wartungs-, Heiz-, Hilfsenergiekosten der Varianten pro Nutzungsjahr

Abbildung 22 zeigt die jährlichen Gesamtkosten der Varianten im Vergleich. Trotz der hohen Investitionskosten in die Dämmung ist das Effizienzhaus 55 mit Wärmepumpe die wirt-

schaftlichste Variante. Der Wärmebedarf ist im Vergleich zu den anderen Varianten am geringsten, sodass die Heizkosten dementsprechend gering ausfallen. Durch den CO_2-Preis steigen die Energiekosten im Ist-Zustand stark an.

6.4 Definition von NT-Ready

Der NT-ready-Standard muss auf der einen Seite den einwandfreien und kostengünstigen Betrieb von erneuerbaren Heizungen gewährleisten und soll auf der anderen Seite für möglichst viele Gebäude möglichst einfach zu erreichen sein. Beide Voraussetzungen werden mit der Anforderung erfüllt: **Gebäude sind NT-ready, wenn ihre Heizungs-Vorlauftemperatur 55°C oder weniger beträgt.** Die einzelnen erneuerbaren Energien Wärmepumpen, Wärmenetze und Solarthermie reagieren unterschiedlich auf Höhe der Vorlauftemperatur. Die gewählte Grenztemperatur vereinfacht diese Komplexität und ist für die Akteure leicht verständlich. Sie orientiert sich stärker an den erneuerbaren Technologien, die künftig große Anteile des Wärmeverbrauchs decken können, insbesondere Wärmepumpen. Diese Anforderung bezieht sich auf die Auslegungstemperatur, das heißt im Jahresmittel liegt die Vorlauftemperatur – je nach Heizungssystem – deutlich niedriger.

Eine Definition von NT-Ready kann auf die maximale Vorlauftemperatur abheben, alternativ aber auch über durchgeführte Maßnahmen definiert werden.

Beispiel: ***„Ein Gebäude ist NT-Ready, wenn***

1. ***im Rahmen eines Sanierungsfahrplans Maßnahmen der Wärmedämmung, Heizkreisoptimierung oder effizienten Warmwasserbereitung so weit vollzogen sind, dass mit einer maximalen Heizwasser-Vorlauftemperatur von 55°C die von den Raumnutzern geforderte Raumtemperatur gewährleistet ist und wenn***
2. ***die Warmwasserbereitung technisch so angeordnet ist, dass sie hygienisch einwandfrei mit diesem Temperaturniveau funktioniert oder ein weiterer Temperaturhub zur Gewährleistung einer über 55°C liegenden Zirkulationseintrittstemperatur unabhängig von der Zentralheizung erfolgt.***

Satz 1 gilt auch als erfüllt, wenn folgende Randbedingungen erfüllt sind:

- ***hydraulischer Abgleich nach Verfahren B und***
- ***Austausch der thermisch ungünstigsten 10% der Heizkörper und***
- ***min. 75% der Außenwandfläche haben einen U-Wert <= 0,24 W/m²K und***
  - ***in EZFH: Dach oder oberste Geschossdecke haben einen U-Wert <= 0,24 W/m²K und***
  - ***in EZFH: der untere Gebäudeabschluss hat einen U-Wert <= 0,40 W/m²K“***

Als abschließende Vorbereitung auf den Einbau erneuerbarer Heizungsanlagen könnte es erforderlich sein, wenn die Gebäude zusätzlich zum NT-Ready-Standard auf ihre Eignung für Erdsonden, Luft-Wärmetauscher, Wärmenetz-Übergabe oder Holzheizung geprüft werden. Dies kann als EE-fit bezeichnet werden.

Beispiel: ***„Ein Gebäude ist EE fit,***

- ***wenn es NT-ready ist***
- ***und zudem eine vorbereitende Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzanschlusses oder einer dezentralen Heizung mit erneuerbaren Energieträgern erfolgt ist. Hierzu zählt eine Überprüfung,***
  - ***ob ein Wärmenetz im Baugebiet liegt oder in Abstimmung mit der zuständigen Kommune auf den Weg gebracht wird, an welches das Gebäude mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand angeschlossen werden kann.***
  - ***falls die Voraussetzungen für eine EE-Wärmenetzversorgung nicht gegeben sind, ob die Bohrung von Erdsonden,***
  - ***die Verlegung von Erdkollektoren,***
  - ***die Installation eines Außengerätes einer Luft-WP,***
  - ***die Installation von Luftkollektoren für eine Luft-WP,***
  - ***die Errichtung eines Pelletlagers***

oder andere Voraussetzungen für die Installation einer EE-Heizung zum Zeitpunkt eines notwendigen Kesselaustauschs vorliegen.“

Das Zusammenspiel von Gebäudehülle und Anlagentechnik ist von zentraler Bedeutung für den NT-ready-Standard. Abbildung 23 zeigt für ein Beispielgebäude, wie Verbesserungen der Dämmung oder der Heizkörper jeweils die Vorlauftemperatur senken. In beiden Fällen sind umfangreichere Maßnahmen erforderlich, um die Vorlauftemperatur unter 55°C zu senken. Durch eine Kombination von Dämmungs- und Heizungsmaßnahmen kann die Grenze mit geringerem Aufwand erreicht werden. Dabei sollte aber auf eine sinnvolle Reihenfolge geachtet werden, um doppelte Aufwände – zum Beispiel mehrfachen hydraulischen Abgleich - zu vermeiden.

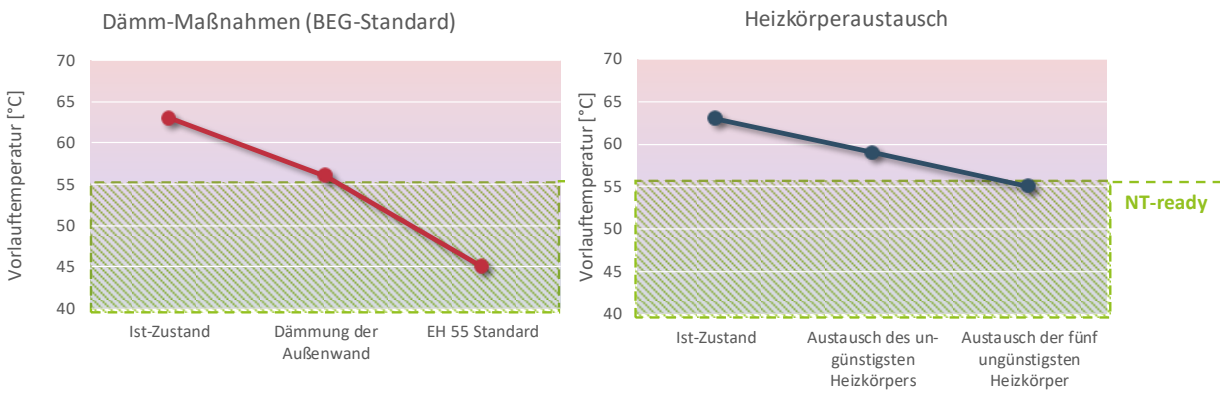

Abbildung 23: Zwei Handlungsfelder für NT-ready: Dämm-Maßnahmen und Wärmeverteilung

Grundsätzlich muss die Wärmeverteilung immer an den Wärmebedarf angepasst werden – nicht andersherum. Daher ist es sinnvoll, den Weg zum NT-ready-Standard mit Dämm-Maßnahmen zu beginnen. Im Einzelfall kann von dieser Reihenfolge abgewichen werden.

Abbildung 24: NT-ready als Zwischenschritt zum klimaneutralen Gebäude

Abbildung 25 zeigt, wie die Vorlauftemperatur in EFH 1 in Abhängigkeit von den durchgeführten Maßnahmen mit der Zeit beispielhaft sinken könnte.

1. Ist-Zustand

Die Heizkörper sind großzügig dimensioniert; eine Vorlauftemperatur von 63°C wäre ausreichend, jedoch wurde sie bis dahin noch nicht detailliert berechnet und so läuft die Heizung mit 70°C.

2. Dämmung der Außenwand

Die Fassade soll erneuert werden. Bei dieser Gelegenheit wird gleich ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht. Im Zuge der BEG-Förderung muss dabei auch ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Eine Vorlauftemperatur von 57°C reicht nun aus.

3. Optimierung der Wärmeverteilung

Der hydraulische Abgleich ergibt, dass der Heizkörper im Bad die Höhe der Vorlauftemperatur vorgibt. Er wird gegen einen hohen Handtuchtrockner ausgetauscht. Die Heizkörper werden an den Thermostatventilen abgeglichen, Heizungsregelung und Pumpe auf die neuen Vorgaben eingestellt. Die Vorlauftemperatur sinkt auf 53°C; das Gebäude ist jetzt NT-ready.

4. Einbau einer Wärmepumpe

Die nächste Chance zum Umstieg auf erneuerbare Energien wird genutzt. Die Wärmepumpe läuft bei der Vorlauftemperatur von 53°C mit einer JAZ von 2,8, aber stößt damit schon 30% weniger CO_2 aus als ein Gasbrennwertkessel. Durch den künftig immer weiter wachsenden Anteil von erneuerbarem Strom steigen die THG-Einsparungen jährlich weiter.

5. Klimaneutrales Gebäude

In den verbleibenden Jahren bis 2045 werden weitere Instandhaltungserfordernisse genutzt, um das Gebäude vollständig zu dämmen. Nun kann die Vorlauftemperatur auf 41°C gesenkt werden und die JAZ der Wärmepumpe steigt auf effiziente 3,4.

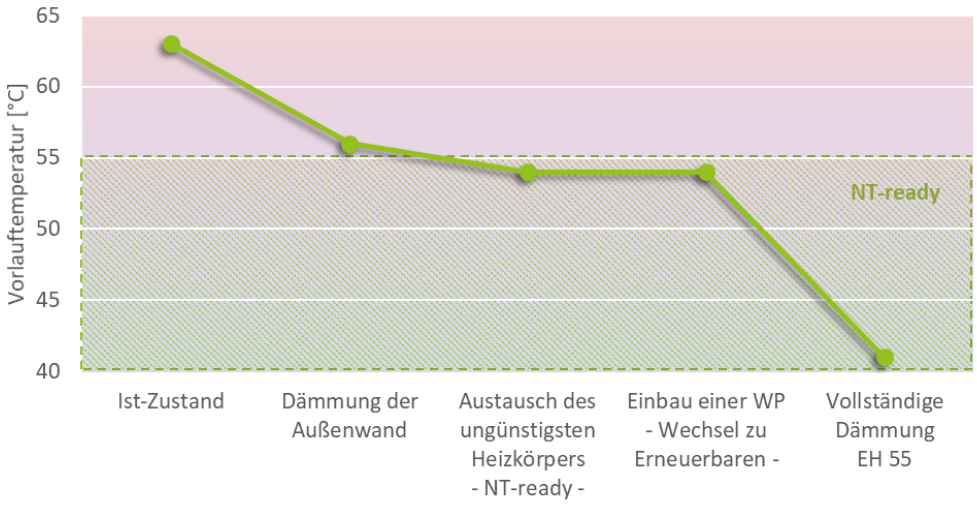

Abbildung 25: Beispielhafte Abfolge einer schrittweisen Gebäudemodernisierung: gezielte Vorbereitung mit NT-ready-Maßnahmen, Wechsel zu erneuerbaren Energien, klimaneutrales Gebäude in der Zukunft

7 Robustheit effizienter Gebäudehüllen: eine dynamische Modellierung

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze:

Gut gedämmte Gebäude können Wärme besser speichern. Fehler oder Fehlbedienungen der Heizungsanlage werden dadurch gedämpft. Die Gebäude sind resilienter. Auch ohne Heizung bleiben sie um ein Vielfaches länger warm als ungedämmte Gebäude. Das nicht nur ein Vorteil bei Reparaturarbeiten an der Heizung, sondern es hilft auch, die Strom- und Wärmenetze zu entlasten. In Hochlastzeiten oder während einer „kalten Dunkelflaute“ können sie ohne Komforteinbußen systemdienlich abgeschaltet werden.

Dieses Kapitel zeigt, wie unterschiedlich gedämmte und ungedämmte Gebäude auf technische oder Bedienungsfehler reagieren und wie sie zu einer Entlastung der Strom- und Wärmenetze beitragen können.

Die **Robustheit** und die **Resilienz** von Systemen stehen ganz allgemein für die Widerstandskraft gegenüber Störungen und – falls doch eine Störung auftritt – für die Fähigkeit nicht vollständig zu versagen, sondern die Funktion möglichst weitgehend aufrecht zu erhalten. Bezogen auf Gebäudewärme heißt das, dass eine einmal installierte Dämmschicht ihre Funktion für viele Jahrzehnte behält. Eine Wartung ist nicht erforderlich. Fehlbedienungen sind ausgeschlossen. Schäden treten in den meisten Fällen nur lokal auf. Selbst wenn eine Dämmschicht teilweise beschädigt wird, behält sie in der Regel überwiegend ihre wärmedämmende Funktion.

Bei einem Ausfall der Heizungsanlage kühlen Gebäude mit einer effizienten Gebäudehülle weniger schnell aus als ungedämmte Gebäude. Zeiten ohne Wärmeversorgung (Installationsarbeiten oder Einbau eines neuen Wärmeerzeugers) können mit geringeren Komforteinbußen überbrückt werden. Dauert eine Havarie länger, können gut gedämmte Gebäude mit geringerem Aufwand provisorisch beheizt werden.

7.1 Erfahrungen aus der Praxis

Mit einer Umfrage unter Planern und Energieberatern wurden Erfahrungen über praktische Probleme und den Einfluss der Gebäudeeffizienz gesammelt. Die Zielgruppen wurden in Zusammenarbeit mit der Fachzeitschrift „Gebäude Energieberater“ aufgerufen, Ihre Erfahrungen einzubringen.13 Energieberaterinnen und Energieberater haben teilgenommen. Die beschriebenen Gebäude waren zu gleichen Teilen Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser sowie ein Pflegeheim. Neun Objekte waren modernisierte Bestandsgebäude, vier waren Neubauten. Sieben der gemeldeten Probleme bezogen sich auf Wärmepumpen, drei auf Gasheizungen, zwei auf Pelletkessel und eins auf eine Solarthermieanlage.

Sieben der berichteten Probleme gingen auf falsche Einstellungen der Heizungsregelung zurück. Dies führte zu einem höheren Energieverbrauch als berechnet und in der Folge zu höheren Heizkosten. Auch zu kleine Heizkörper und Fehlbedienungen durch die Nutzer wurden berichtet. Die Probleme entstanden überwiegend in der Nutzungsphase, zum Teil aber auch schon bei der Planung. In den meisten Fällen konnten die Probleme durch nachträgliche Änderung der Regelungseinstellungen, durch Aufklärung der Nutzer oder Austausch einzelner Komponenten - wie zum Beispiel Heizkörper - behoben werden; in vier Fällen blieb das Problem bestehen bzw. musste der Wärmeerzeuger nochmals getauscht werden. Sechs Befragte gaben an, dass eine bessere Dämmung des Gebäudes das Problem nicht beeinflusst hätte, sieben meinten, eine Dämmung hätte sich positiv ausgewirkt und die Probleme vermindert oder verhindert (Abbildung 27). Acht Befragten sagten, sie hätten das berichtete Problem bereits bei mehreren Gebäuden beobachtet.

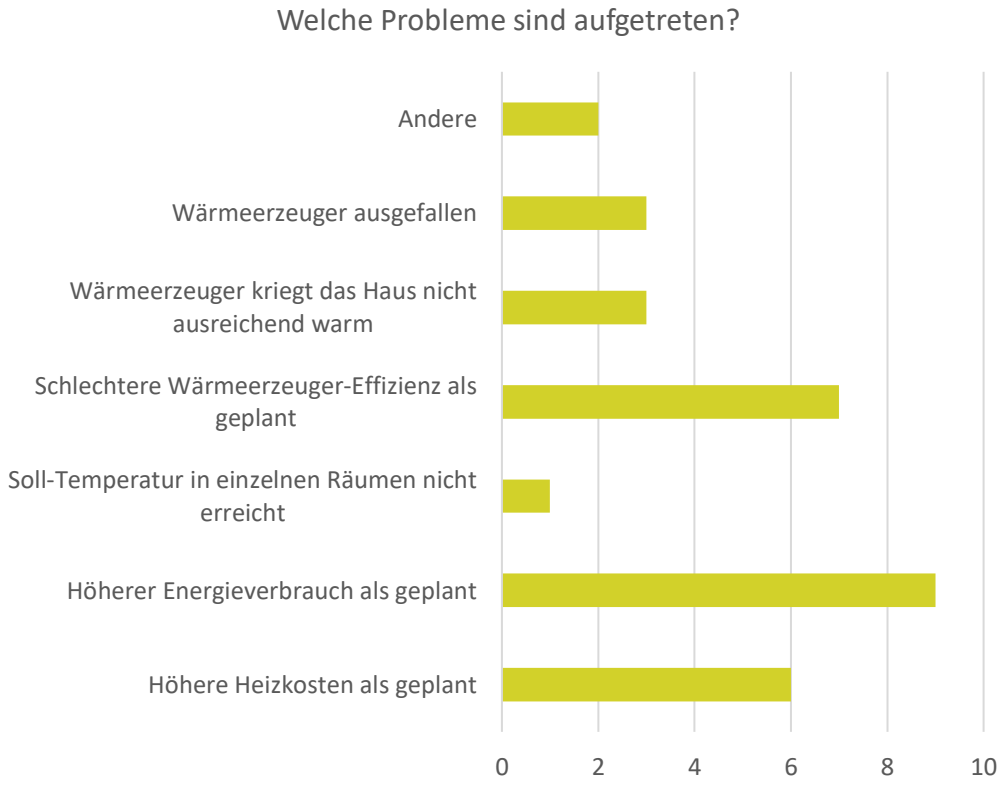

Abbildung 26: Häufigkeit der berichteten Probleme

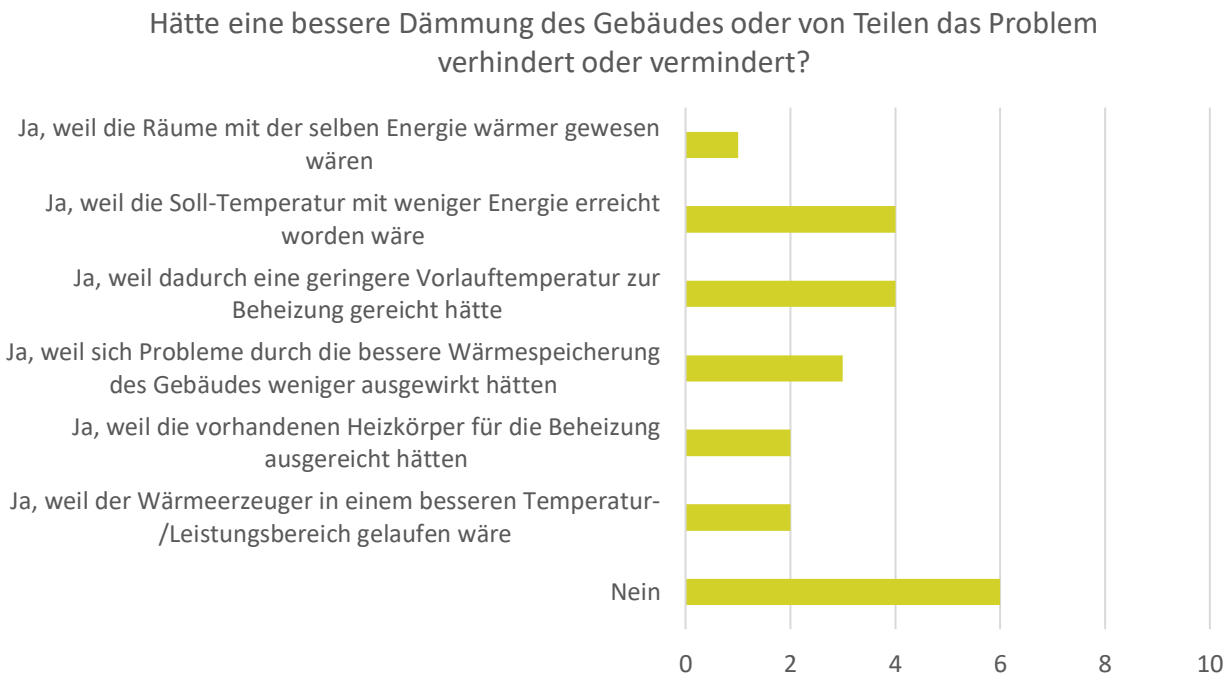

Abbildung 27: Häufigkeit von Antworten, ob bessere Dämmung Probleme verhindert oder vermindert hätte

Dieses Meinungsbild ist zwar keine repräsentative Umfrage, es zeigt aber, dass es einen starken Zusammenhang zwischen der Gebäudeeffizienz und der Fehlertoleranz der Anlagentechnik gibt.

7.2 Resilienz durch Gebäudeeffizienz: Simulation

Für das Modellgebäude EFH 1 und seine Modernisierungsvarianten (siehe Kapitel 6.1) werden unterschiedliche Betriebsstörungen bzw. Abweichungen vom regulären Betrieb simuliert. Die Simulationsrechnungen wurden mit dem Programm Polysun Standard von der Firma Vela Solaris durchgeführt. Polysun ist eine Software, die eine digitale Simulation von Energiesystemen und die Optimierung von Gebäude ermöglicht. Dabei werden solarthermische, photovoltaische und geothermische Systeme simuliert. Es bietet eine stundenscharfe Wärmebedarfsberechnung auf Grundlage aufgelöster Witterungsdaten. Heizungsanlagen können detailreich abgebildet werden (siehe Abbildung 28). Raumtemperaturanforderungen, Regelungseinstellungen und weitere Parameter können variiert werden.

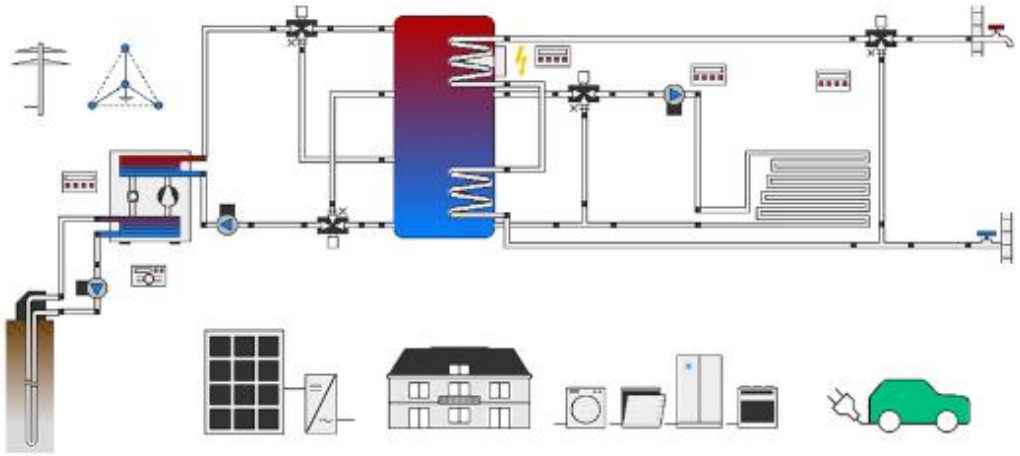

Abbildung 28: Beispiel einer Heizungsanlage im Simulationsmodell Polysun (Quelle: Vela Solaris)

7.2.1 Auskühlungsverhalten von Gebäuden

Wenn die Heizung nicht läuft, kühlt ein Gebäude aus. Die Dämmung der Gebäudehülle bestimmt ganz wesentlich, wie schnell oder langsam dies geschieht. Eine langsame Auskühlung - oder andersherum formuliert eine hohe Speicherfähigkeit – bietet viele Vorteile: bei Defekten oder Arbeiten an der Heizung, aber auch für die Strom- und Wärmenetze. Beide müssen mittelfristig auf erneuerbare Energien umgestellt werden, die gewissen Schwankungen unterliegen. Der ungünstigste Fall ist die so genannte „kalte Dunkelflaute“ – Wind und Sonne liefern keine Energie und gleichzeitig ist der Bedarf hoch. Dieser Fall tritt zwar selten ein, aber er bestimmt die Auslegung der Versorgungssysteme. Der Strompreis steigt in den dann auftretenden Lastspitzen stark an. Im Jahr 2020 war er rund dreimal so teuer wie im Jahresdurchschnitt (EWI 2020). Aus diesem Grund sehen die Tarife für Wärmepumpen und früher auch für Nachtspeicherheizungen spezielle Abschaltzeiten durch den Stromversorger während der Hochlastzeiten bereits seit Jahrzehnten vor. In der Regel dürfen die Wärmeerzeuger maximal drei Mal täglich für zwei Stunden abgeschaltet werden. Längere Abschaltzeiten sind aus Sicht der Versorgungsunternehmen vorteilhaft, weil sie die Gleichzeitigkeit der Energienachfrage vermindern und somit die nachgefragte Spitzenlast gesenkt wird.

Eine Gebäudesimulation zeigt, wie lange es dauert, bis die Raumtemperatur in EFH 1 von 20 auf 18°C absinkt. Der Effizienzstandard wurde variiert vom ungedämmten Ist-Zustand, über eine Dämmung der Außenwände bis zu einer vollständigen Modernisierung auf den Effizienzhaus-55-Standard. Dies wurde untersucht für einen besonders kalten Zeitraum mit Außentemperaturen bis -10°C und einen zweiten Zeitraum mit durchschnittlichen Außentemperaturen während der Heizperiode von rund 7°C. Abbildung 29 zeigt die Verläufe der Raum- und der Außentemperatur.

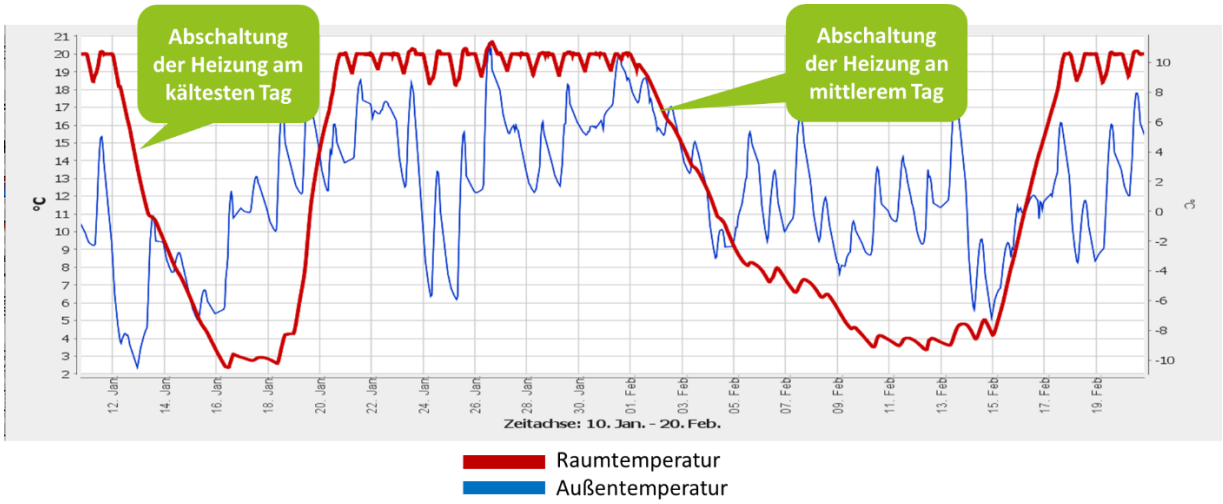

Abbildung 29: Temperaturverlauf der Raum- und Außentemperatur in der Simulation des ungedämmten Ist-Zustands. Die Achse für die Raumtemperatur befindet sich links, die der Außentemperatur rechts

Abbildung 30 und Abbildung 31 sind Ausschnittvergrößerungen aus Abbildung 29. Sie zeigen die Auskühlungskurven für die drei untersuchten Dämm-Standards.

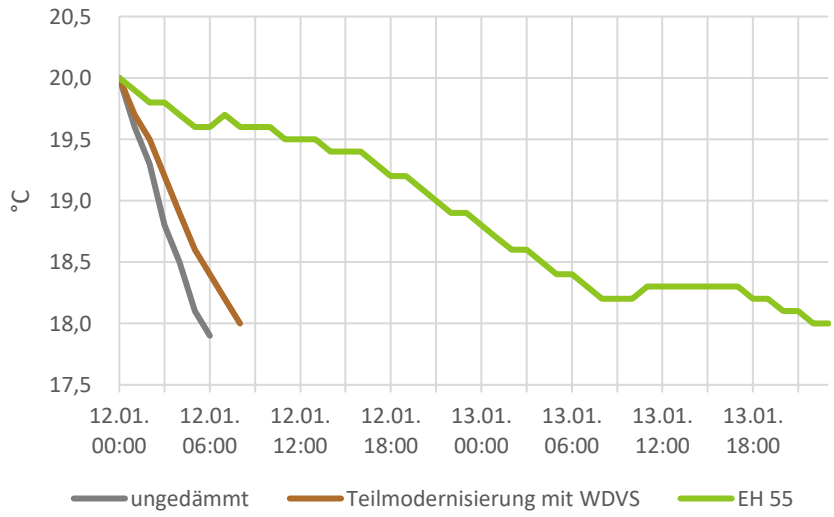

Abbildung 30: Auskühlung eines Einfamilienhauses bei Ausfall der Heizung für verschiedene Dämmzustände während der kältesten Wintertage

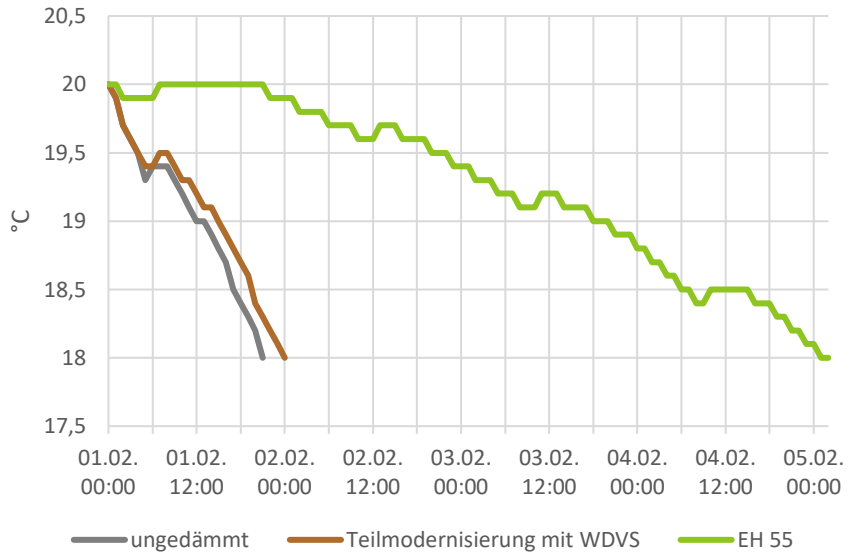

Abbildung 31: Auskühlung eines Einfamilienhauses bei Ausfall der Heizung für verschiedene Dämmzustände bei durchschnittlichen Temperaturen der Heizperiode

Tabelle 5 zeigt die Auskühlungsdauern für die verschiedenen Fälle. Es wird deutlich, dass ein unsaniertes Gebäude weit empfindlicher auf eine Abschaltung der Heizungsanlage reagiert als ein teil- oder vollmodernisiertes. Die hohe Speicherfähigkeit gedämmter Gebäude bewirkt, dass sie auch bei technischen Ausfällen noch lange bewohnbar bleiben, und verschafft den Energieversorgern wertvolle Flexibilität.

Außentemperatur	**-10°C**	**7°C**
unsaniert	5:30	21:00
WDVS	8:00	24:00
Effizienzhaus 55	48:00	98:00

Tabelle 5: Auskühlungsdauer von 20°C auf 18°C in Stunden bei Abschaltung der Heizung bei verschiedenen Außentemperaturen

Abbildung 32 stellt den Zuwachs an Flexibilität in Zusammenhang mit der Stromerzeugung. Im Februar 2021 gab es eine etwa fünftägige Dunkelflaute: die Stromerzeugung aus Wind- und PV-Anlagen war gering bei einer gleichzeitig hohen Nachfrage. Die grünen Bereiche repräsentieren die Auskühlungsdauern des unsanierten Gebäudes (21 Stunden) und des Effizienzhauses 55 (98 Stunden). Wenn Gebäude mit elektrischer Heizung oder Wärmenetzanschluss tatsächlich ohne Komforteinbußen über einen Zeitraum von mehreren Tagen abgeschaltet werden könnten, würde dies die Spitzenbelastungen für Erzeuger und Netze deutlich reduzieren.

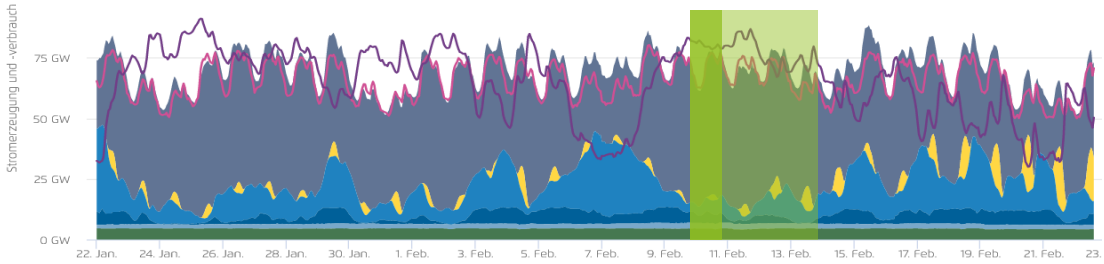

Abbildung 32: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland im Winter 2021; grün: Auskühlungsdauern von ungedämmten und hocheffizienten Gebäuden (Quelle: Agora-Energiewende 2021)

7.2.2 Einfluss von Pufferspeichern

Ein Pufferspeicher dient dazu, momentan nicht genutzte Wärme zu speichern und zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen. Durch einen Pufferspeicher wird die Effizienz eines Wärmeerzeugers erhöht und die Einbindung erneuerbarer Energien oft erst ermöglicht. Der Wärmeerzeuger wird in die Lage versetzt, Wärme in einem optimalen Leistungsbereich bereitzustellen und flexibel auf Wärmebedarfe zu reagieren. Das Simulationsmodell wird um einen Pufferspeicher erweitert, um zu überprüfen, wie er sich auf die Auskühlungsdauer auswirkt. Die Simulation wird unter den gleichen Bedingungen wie in Kapitel 7.2.1 durchgeführt.

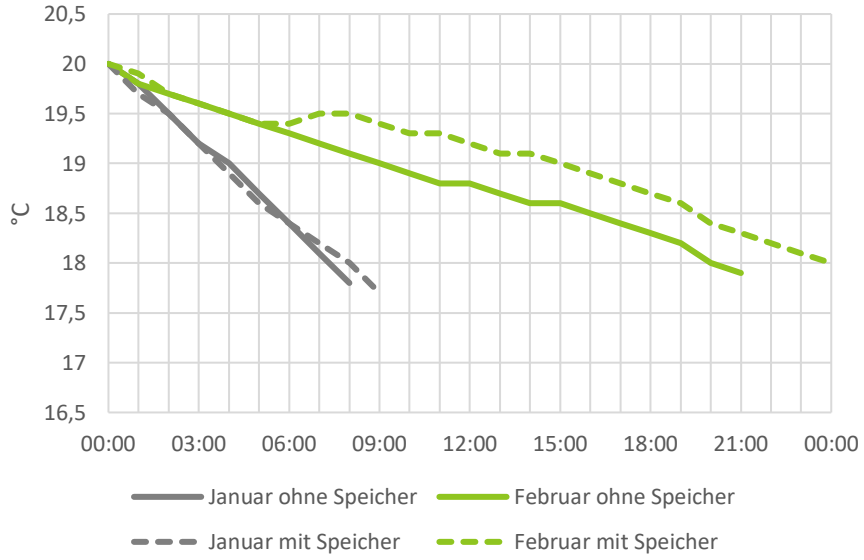

Abbildung 33: Auskühlung eines Einfamilienhauses mit gedämmter Außenwand (WDVS) bei Abschaltung der Heizung mit und ohne Speicher

Abbildung 33 zeigt die Auskühlungskurven mit und ohne Speicher. Die Simulation erfolgt wieder in zwei Zeiträumen: Im Januar ist der besonders kalten Zeitraum mit Außentemperaturen bis -10°C und Februar, der mit durchschnittlichen Außentemperaturen während der Heizperiode von rund 7°C.

Die Kurven mit und ohne Speicher verlaufen beinahe parallel und sind leicht versetzt. Die Auskühlung von 20°C auf 18°C im Januar ist ohne Speicher nach ca. 7 Stunden erreicht. Wird der Wärmeerzeuger um einen Pufferspeicher ergänzt, verzögert sich die Auskühlung um eine Stunde auf 8 Stunden. Im Februar dauert die Auskühlung ohne Speicher 20 Stunden und mit Pufferspeicher 24 Stunden (s. Tabelle 6).

Außentemperatur	-10°C	7°C
Ohne Speicher	7:20	20:00
Mit Speicher	8:00	24:00

Tabelle 6: Auskühlungsdauer von 20°C auf 18°C in Stunden bei Abschaltung der Heizung bei verschiedenen Außentemperaturen bei einem Einfamilienhauses mit gedämmter Außenwand (WDVS) mit Speicher und ohne Speicher

Am kältesten Tag hat der Pufferspeicher nur einen geringen Einfluss auf die Auskühlung des Gebäudes. Bei der mittleren Witterung verzögert er die Auskühlung um 4 Stunden. Verglichen mit der Wärmekapazität des Baukörpers haben Pufferspeicher nur einen geringen Effekt auf die Auskühlung. In Bezug auf die Netzdienlichkeit sind Pufferspeicher von nachgeordneter Bedeutung.

7.2.3 Robustheit gegen Fehlbedienung oder Defekt

Gedämmte Gebäude reagieren weniger sensibel auf Fehlbedienungen, Regelungsdefekte oder extremes Nutzerverhalten. Abbildung 34 zeigt stellvertretend die elektrische Leistungsaufnahme einer Wärmepumpe, wenn die Raumtemperaturanforderung auf 23°C eingestellt ist. Damit wird ein defekter Sensor oder eine falsche Regelungseinstellung simuliert. Die Wärmeverluste des Gebäudes im ungedämmten Ist-Zustand steigen stark an und erfordern hohe Vorlauftemperaturen, um die Raumtemperatur aufrecht zu erhalten. Die Vorlauftemperaturen drücken wiederum auf die Effizienz (Arbeitszahl) der Wärmepumpe. Sie läuft während der Heizperiode praktisch pausenlos mit einer hohen Leistungsaufnahme zwischen sieben und acht Kilowatt. Die Effekte der hohen Raumtemperatur werden somit verstärkt und führen zu einem überproportional hohen Energieverbrauch. Schon die Dämmung der Außenwand hat einen dämpfenden Effekt und bewirkt annähernd eine Halbierung der Leistungsaufnahme. Im Effizienzhaus 55 ist die Leistungskurve nochmals niedriger. Hohe Raumtemperaturen erhöhen zwar auch hier die Wärmeverluste, aber in einem weit geringeren Maß, so dass die Heizungstechnik weitgehend im Normalbetrieb funktioniert.

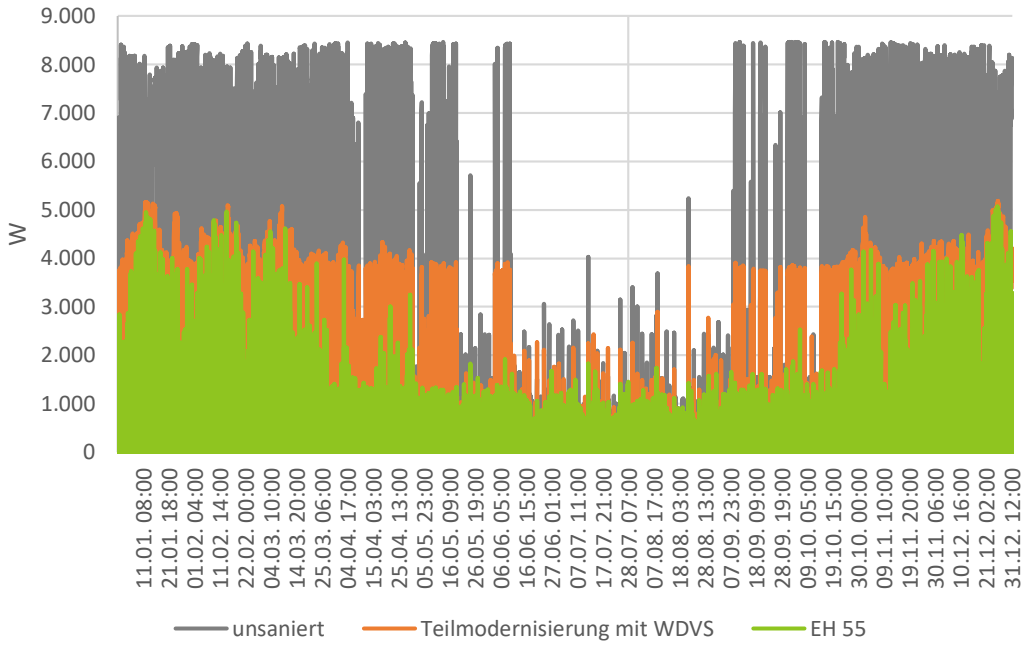

Abbildung 34: Elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus bei einer Raumtemperatur von 23°C für verschiedene Dämm-Standards

8 Quercheck Graue Energie

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze:

Bei der Modernisierung eines ungedämmten Gebäudes zu einem Effizienzhaus 55 sinken die Treibhausgasemissionen einschließlich der grauen Energie um rund 76%. Die eingesetzte graue Energie für die Modernisierung macht 5% der jährlichen Emissionen im ungedämmten Ist-Zustand aus.

Die graue Energie für die Herstellung der Dämmstoffe amortisiert sich durch die Brennstoffeinsparung innerhalb weniger Jahre.

Der Anteil der grauen Energie kann in Zukunft steigen, weil der Energieverbrauch der Gebäude sinkt und der Anteil der erneuerbaren Energie in der Wärmeversorgung zunimmt. Dem gegenüber sinken absehbar auch die Emissionen bei der Baustoffherstellung.

Der Energiebedarf für Herstellung, Montage, Transport und Entsorgung der Dämmstoffe – die so genannte „graue Energie“ – wird regelmäßig in die Diskussion gebracht, wenn es um zukunftsweisende Dämmstandards geht. Diese Studie soll zu einer Versachlichung der Diskussion beitragen, indem der Einfluss der grauen Energie an konkreten Beispielobjekten quantitativ aufgezeigt wird. Das ifeu kann sich dabei auf eine Reihe von bestehenden Arbeiten stützen. Die aktuellste Studie zur grauen Energie von Dämmstoffen wurde im Auftrag der DBU und des Umweltministeriums Baden-Württemberg angefertigt und im November 2019 veröffentlicht.

Für das Einfamilienhaus (EFH 1 – siehe 6.1) werden die Dämmstoffmengen für zwei Modernisierungsvarianten ermittelt und die resultierende graue Energie berechnet. Die graue Energie wird dem Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser gegenübergestellt. Abbildung 35 zeigt drei Varianten. Eine nicht modernisierte Variante, deren THG-Ausstoß nur vom Öl-Heizkessels stammen und die Modernisierungsvarianten Wärmepumpe mit gedämmter Außenwand (WDVS) und Wärmepumpe und Modernisierung des Gebäudes als Effizienzhaus 55.

Wird das Gebäude mit einem Wärmedämmverbundsystem gedämmt und eine Wärmepumpe eingebaut, kommen Emissionen durch die graue Energie des Dämmstoffs hinzu. Die Einsparung gegenüber dem nicht modernisierten Zustand beträgt dennoch rund 50%. Wird das Gebäude zu einem Effizienzhaus 55 mit Wärmepumpe umgebaut, halbieren sich die Gesamtemissionen noch einmal. Die graue Energie der Modernisierung macht in diesem Fall 18 % der Gesamtemissionen aus. Davon entfallen 7 Prozentpunkte auf die Dämmstoffe.

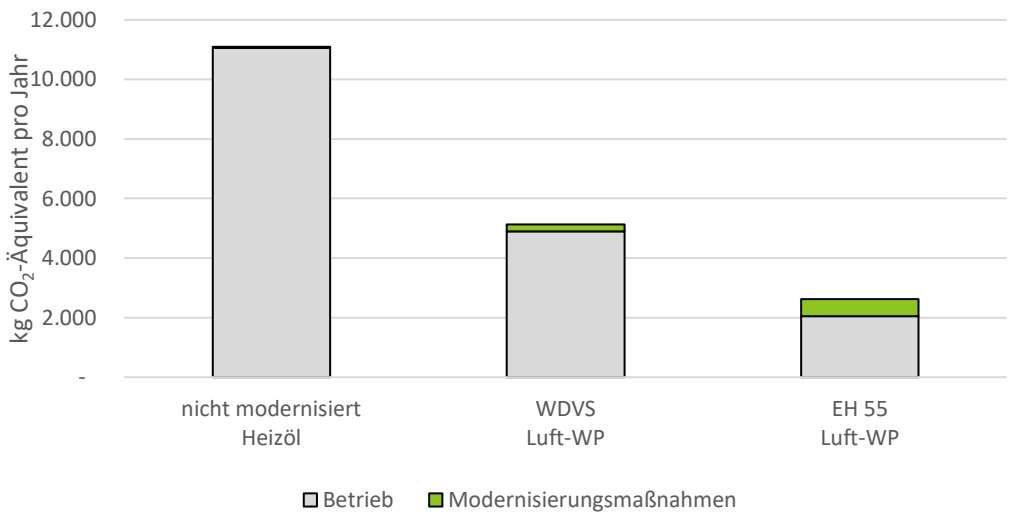

Abbildung 35: Treibhausgas-Emissionen durch Modernisierungsmaßnahmen und durch den Betrieb der Heizungsanlage

Die graue Energie für die Herstellung der Dämmstoffe amortisiert sich durch die Brennstoffeinsparung innerhalb weniger Jahre. Wenn der Strom immer sauberer wird, können Modernisierungsmaßnahmen sich schlechter energetisch amortisieren. Dem gegenüber ist jedoch anzunehmen, dass auch die graue Energie der Dämmstoffe künftig abnehmen wird, weil auch sie mit erneuerbaren Energien hergestellt werden und auch die Herstellungs- und Recycling-Prozesse verbessert werden.

9 Drei Vorschläge für ein Maßnahmenpaket „NT-ready“ und „EE Fit“

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze:

Der NT-ready-Standard kann in verschiedenen Politikinstrumenten Berücksichtigung finden. Wir schlagen ein Maßnahmenpaket vor, dass aus drei Elementen besteht:

1. Integration der NT-Readiness und EE Fitness in den individuellen Sanierungsfahrplan,

2. Erweiterung der Förderung im BEG um die Elemente der EE Fitness und Sozialbonus und

3. Einführung einer NT-Readiness-Anforderung in einer zukünftigen Novelle des GEG.

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt: Die Vorbereitung eines Gebäudes auf eine Umrüstung mit erneuerbaren Energien ist eine wichtige Voraussetzung für eine umfassende und zügige Wärmewende. Eine effiziente Gebäudedämmung trägt dazu bei, die Temperaturen des Gebäudes abzusenken (NT-ready), Nachfragespitzen zu reduzieren, den Gebäudeeigentümer vor Fehlinstallation und Fehlbedienung zu schützen und damit das Gebäude insgesamt resilienter auszugestalten.

Sammlung von Maßnahmen auf dem Kickoff-Treffen am 12.10.2020

Wie kann nun der Gedanke der NT-Readiness und EE Fitness auf die gebäudepolitischen Instrumente übertragen werden? Im Rahmen eines Workshops des Beirates zu diesem Projekt wurden zunächst unterschiedliche Maßnahmen und Vorschläge vorgestellt und gebrainstormt und anschließend bewertet. Das Ergebnis der Bewertung zeigt Abbildung 36.

Besonders gut schneidet die NT-Readiness als neues Element der Beratung ab; gefolgt von NT-Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz und ein Paket „NT-ready“ in der Gebäudeförderung. Diese Elemente werden im Folgenden weiter vertieft.

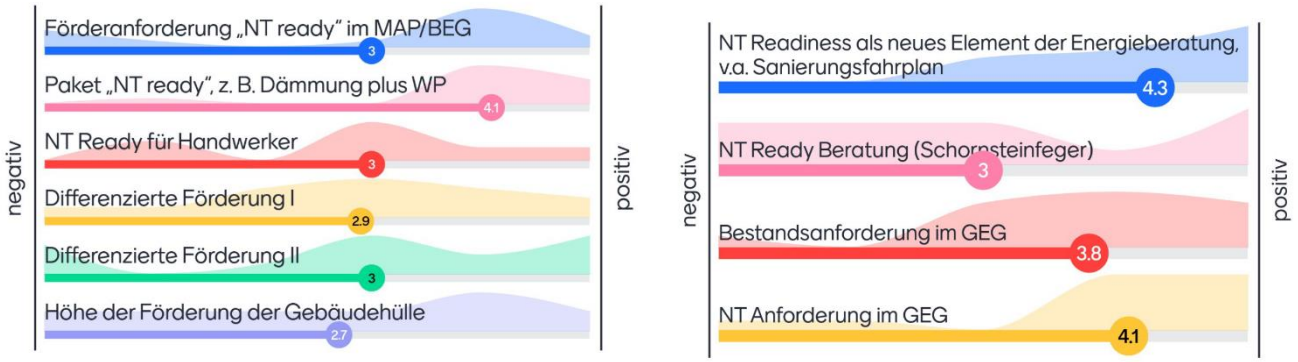

Abbildung 36: Bewertung verschiedener Ideen zur Einführung von NT-Readiness und EE Fitness in das Gebäudeinstrumentarium auf dem 1. Workshop am 12.12.2020

9.1.1 Integration der NT-Readiness und EE Fitness als proaktives Beratungselement in den Sanierungsfahrplan und die Energieberatung

Das Konzept, die schrittweise Entwicklung von Gebäuden hin zu einem Langfristziel zu unterstützen, verfolgt ifeu schon seit langem. Mit den Grundzügen eines „Stufenmodells" (ifeu für NABU 2012), dem 2010 im Energiekonzept verankerten Sanierungsplan (Pehnt 2010), dem für Baden-Württemberg entwickelten Sanierungsfahrplan BW und dem daraus weiterentwickelten iSFP (dena, ifeu, PHI) schlägt die Richtung ein, Gebäude in ihrem Rhythmus und gemäß der Eigenschaften des Gebäudes und der Wünsche und Möglichkeiten der Eigentümer zu entwickeln, aber gleichzeitig keine Maßnahmen umzusetzen, die nicht mit dem Langfristziel konform sind.

Der Augenblick des Energieträgerwechsels auf erneuerbare Energien ist im Moment im Sanierungsfahrplan nur wenig verankert. Dabei würde eine Vorbereitung des Gebäudes auf NT-ready und EE Fit den entscheidenden Vorteil bieten, dass ein 1:1-Kesseltausch (fossil gegen fossil) im Augenblick des Kesseldefekts die Ausnahme wird. **Das Ziel dieser NT-Readiness-Beratung** wäre, gezielt **Gebäudeeigentümer VOR dem Kesseltausch auf den Einbau einer EE-Heizung vorzubereiten**, vorbereitende Maßnahmen anzureizen und den richtigen Zeitpunkt für die Umstellung zu identifizieren.

Abbildung 37: Integration von NT-ready in den iSFP

Konkretisierung

Dafür müsste der Sanierungsfahrplan um einige Elemente angereichert werden:

- Bei der Erfassung des **Istzustands** müssten einige Prüfpunkte zusätzlich untersucht werden (Tabelle 7). Hierzu müssten ggf. auch die Energieberater:innen zusätzlich geschult werden. Im Anhang wird ein erstes Informationsblatt hierzu bereitgestellt.
- In der iSFP-**Software** sollten automatisierte Beratungsbausteine zur EE Fitness/NT-Readiness aufgenommen werden.
- Der Bericht könnte eine **Sonderseite** enthalten: „Mach dein Gebäude fit für Erneuerbare." Diese Seite beschreibt die Schritte, die erforderlich sind, um das Gebäude auf erneuerbare Energien umzurüsten.

Vermittelt über die höhere iSFP-Förderung im BEG würden entsprechende Maßnahmen auch besser gefördert. Im Vorfeld sollte der Sanierungsfahrplan auch entsprechend thematisch beworben werden.

Aspekt	Parameter	Prüfung
NT-Readiness	Heizungsvorlauf	Einstellung der Heizkurve, wenn Beratung an kalten Tagen: Ablesen der Vorlauftemperatur
Dämm-Maßnahmen	Möglichkeit der Herstellung der NT-Readiness durch Dämmung der Gebäudehülle	Analyse, ob durch Dämmung von Außenwand, oberer und unterer Gebäudeabschluss oder andere Maßnahmen die Gebäude NT-ready gemacht werden können
Heizverteilung	Anzahl neuralgische Heizkörper	Überprüfung, ob durch hydraulischen Abgleich, Austausch einzelner Heizkörper oder ggf. einzelne Flächenheizungen die Heizungstemperatur abgesenkt werden kann

Betriebsweise	z. B. Nachtabsenkung	Überprüfung, ob durch geänderte Betriebsweise (beispielsweise Abschaltung der Nachtabsenkung an wenigen kalten Tagen) die Heiztemperatur abgesenkt werden kann
Platz für Erneuerbare		Überprüfung, ob EE-Heizungen räumlich untergebracht werden können (Außengeräte; Erdsonden; Erdkollektoren; Solarkollektoren; Pelletlager; etc.)
Vorrüstungen für Erneuerbare	Speicher, Leerrohre, Sonden u.ä.	Überprüfung, welche Vorrüstungen im Zuge anstehender Modernisierungsmaßnahmen gemacht werden können, um auf EE vorzubereiten

Tabelle 7: Prüfpunkte für die EE Fitness und NT-Readiness

Erste Schritte

- Ergänzung der Materialien und Software in Zusammenarbeit mit der dena
- Abstimmung mit den Förderrichtlinien der BAFA
- Integration in Weiterbildung für Energieberater
- Erstellung eines Factsheets für Energieberater
- Checkliste NT-Ready

Zusätzlich zum iSFP und einem möglichen Factsheet für Energieberater, können Bauherren – ggf. gemeinsam mit einem Energieberater - ein Informationsblatt ausfüllen und eine erste Überprüfung ihres Gebäudes zum NT-ready- und EE fit-Status durchführen (s. Anhang). Dieser Fragebogen unterstützt sie dabei, die noch ausstehenden Maßnahmen für NT-ready am Gebäude zu lokalisieren.

Informationsblatt NT Ready und EE Fit	
Angaben zum Gebäude: Teststraße 1, 12345 Berlin ☐ EFH ☐ RH ☐ MFH	
Baujahr: ☐ vor 1977 ☐ nach 1977 ☐ nach 2002	Nachträglich gedämmte Bauteile: ☐ Außenwand ☐ Dach/oberste Geschossdecke ☐ Bodenplatte/Kellerdecke ☐ Fenstertausch
Ist-Wärmeerzeuger: ☐ Gas-Brennwertkessel ☐ Öl-Brennwertkessel ☐ Nachtspeicherheizung ☐ Fernwärme ☐ Sonstige: _____ Jahr der Inbetriebnahme: _____	Art der Heizkörper: ☐ Plattenheizkörper ☐ Gliederheizkörper ☐ Fußbodenheizung ☐ Sonstige Wenn bekannt Vorlauftemperatur: __°C

Abbildung 38: Auszug aus dem Informationsblatt NT-Ready und EE fit

9.1.2 Erweiterung der Förderung

Mit der Einführung des Bundesprogramms effiziente Gebäude (BEG) wurde die deutsche Förderlandschaft erheblich verändert, da das Marktanreizprogramm und die BEG-Förderung Effizient Bauen und Sanieren zusammengelegt wurden.

Mit dieser Bereinigung der Förderlandschaft wurde auch das APEE (Anreizprogramm erneuerbare Energien) abgeschafft, dass u.a. die Förderung von „Maßnahmenpaketen“ gefeatured hat. Dafür wurde eine andere Förderlogik eingeführt, die die Kopplung von Einzelmaßnahmen mit einem Sanierungsfahrplan durch eine Erhöhung des Fördersatzes um 5 %-Punkte belohnt.

Art der Einzelmaßnahme	Standard	Mit iSFP
Maßnahmen an der Gebäudehülle	20 %	+ 5 %
Wärmepumpe, Biomasse *	35 % (Ölkesseltausch 45%)	+ 5 %
Solarthermie	30 %	+ 5 %
Wärmenetzanschluss	30-35 % (Ölkesseltausch 35-40 %)	+ 5 %
Gas-Hybridheizung	20-30 % (Ölkesseltausch 40 %)	+ 5 %
Weitere Gebäudetechnik	20 %	+ 5 %
Heizungsoptimierung	20 %	+ 5 %

* Ausnahme: Feinstaub-optimierte Anlagen

Tabelle 8: Fördersätze für Einzelmaßnahmen im BEG

Der Vorschlag lautet, auf dieser Förderlogik aufzubauen und sie um zwei Elemente zu ergänzen:

- Auch Gebäude, die die EE Fitness erreichen, bekommen eine verbesserte Förderung. Damit wird ein Anreiz geschaffen, eine Vorbereitung auf den Einsatz erneuerbarer Energien vorzunehmen. Zugleich hat dies aber den gewünschten Nebeneffekt, die doch beträchtliche Unterscheidung der Fördersätze zwischen Maßnahmen an der Hülle und sonstigen Gebäudetechnik und der Heizung zu mildern. Die Förderung kann mit dem iSFP kumuliert werden.
- Bei Gebäuden, die sich in schwierigen Lagen befinden, stößt die Umsetzung einer Modernisierung oftmals auf eine geringe Akzeptanz, da eine Mieterhöhung durch die Modernisierungsumlage nach §559 BGB zu erwarten ist. Eine zusätzliche Förderung für Gebäude in schwierigen Lagen könnte die Akzeptanz steigern, da die Förderkosten von den umlagefähigen Kosten abgezogen werden müssen.

Aus unserer Sicht sollte man zudem die Fördersätze vereinfachen und fossile Kesselanteile gar nicht mehr fördern. Daraus würde sich folgende Vorschlags-Tabelle ergeben.

Art der Einzelmaßnahme	Standard	Mit iSFP	EE Fit	Gebäude in schwieriger Lage
Maßnahmen an der Gebäudehülle	20 %	+ 5 %	+ 5 %	+ 5 %
Wärmepumpe, Biomasse *	35 % (Ölkessel-tausch 45 %)	+ 5 %	n.r.	+ 5 %
Solarthermie	35 % (Ölkessel-tausch 45 %)	+ 5 %	n.r.	+ 5 %
Wärmenetzanschluss	35 % (Ölkessel-tausch 45 %)	+ 5 %	n.r.	+ 5 %
Gas-Hybridheizung	0			
Weitere Gebäudetechnik	20 %	+ 5 %	+ 5 %	+ 5 %
Heizungsoptimierung und vorbereitende Arbeiten zur Herstellung der EE Fitness	20 %	+ 5 %	+ 5 %	+ 5 %

n.r. nicht relevant

Tabelle 9: Fördersätze für Einzelmaßnahmen im BEG: Neuer Vorschlag (geänderte Werte grau hinterlegt)

Der Begriff „Gebäude in schwieriger Lage“ müsste noch genauer definiert werden. Es geht um Immobilien, in denen u. a. aufgrund der niedrigen Mieten eine energetische Modernisierung ohne eine erhöhte Förderung nicht wirtschaftlich ist. Denkbar wäre beispielsweise eine Definition über:

- den Anteil der Wohnungen mit Mietpreisbindung;
- das Nettokaltmietenniveau;
- die Verortung des Gebäudes in einem Milieuschutzgebiet,
- die Verortung des Gebäudes in bestimmten städtebaulichen Entwicklungsgebieten.

9.1.3 Anforderung EE Fit und NT-ready für die schlechtesten Gebäude

Die EU-Kommission prüft im Rahmen der Umsetzung der Renovation Wave in die europäische Gebäuderichtlinie die Einführung von Mindeststandards bzw. Sanierungsverpflichtungen: „The phased introduction of mandatory minimum energy performance standards for different types of buildings (public and private, non-residential and residential) will be a central part of the EPBD revision.“ (EU 2021)

Es ist noch unklar, wie diese Anforderungen in deutsches Recht umgesetzt werden. Wir schlagen in diesem Gutachten vor, den Begriff NT-ready und/oder EE Fit in das zukünftige Gebäuderecht einzuführen. Die Idee ist, dass die schlechtesten Gebäude (EPBD: „worst performing buildings“) sich innerhalb eines vorgesehenen Zeitraums EE Fit machen müssen. Dies kann gelingen, indem durch die Dämmung der Gebäudehülle die Temperaturen abgesenkt werden. Alternativ oder ergänzend können auch Maßnahmen der Optimierung von Heizflächen ergriffen werden.

Schlechteste Gebäude eignen sich besonders, da sie für einen Großteil der THG-Emissionen einstehen. Nach Berechnungen von Mellwig (2021) gehen rund 50 % der THG-Emissionen von Wohngebäuden auf Gebäude der Effizienzklassen G und H zurück.

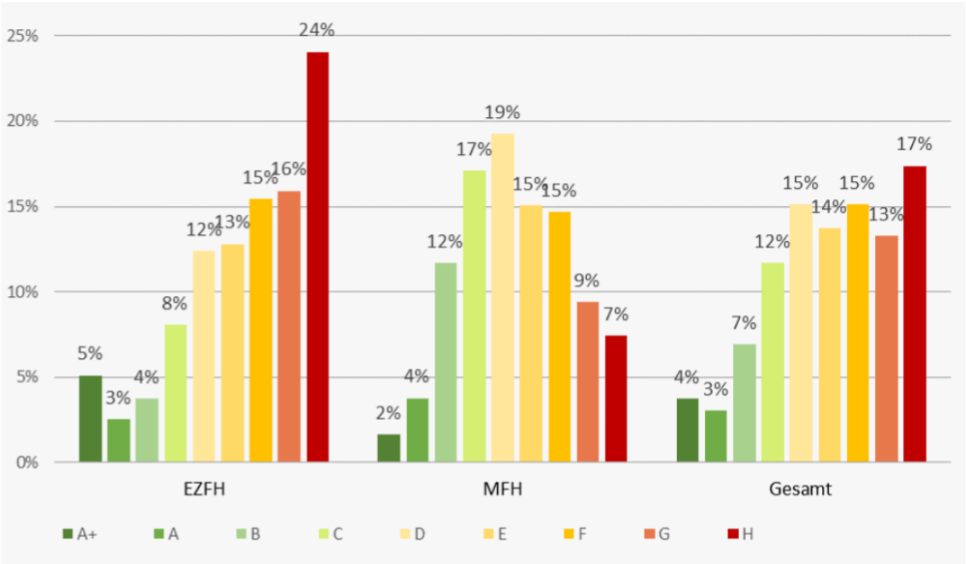

Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der Effizienzklassen nach Effizienzklassen des deutschen Wohngebäudebestandes; Quelle: BMWi 2020 nach dena/ifeu/prognos et al. 2019)

Die Idee hinter diesem Vorschlag ist, dass Gebäude, die EE Fit sind, erstens einen niedrigeren Energiebedarf haben und damit klimaschonend sind, aber zweitens auch im Augenblick eines erforderlichen Kesseltauschs auf eine Heizung mit erneuerbaren Energien zurückgreifen können. **Die Anforderung könnte etwa lauten, dass Gebäude der Effizienzklasse G und H bis zu einem bestimmten Zeitpunkt EE Fitness herstellen müssen.**

Ein Vorschlag für eine Formulierung EE-Fitness lautet:

Ein Bestandsgebäude ist EE-fit, wenn

a) im Rahmen eines Sanierungsfahrplans Maßnahmen der Wärmedämmung, Heizkreisoptimierung oder effizienten Warmwasserbereitung so weit vollzogen sind, dass mit einer maximalen Heizwasser-Vorlauftemperatur von 55 °C die von den Raumnutzern geforderte Raumtemperatur gewährleistet ist, und wenn zudem die Warmwasserbereitung technisch so angeordnet ist, dass ein weiterer Temperaturhub zur Gewährleistung einer über 55 °C liegenden Zirkulationseintrittstemperatur unabhängig von der Zentralheizung erfolgt.

b) eine vorbereitende Analyse zur Machbarkeit eines Wärmenetzanschlusses oder einer Heizung mit erneuerbaren Energieträgern durchgeführt wurde. Hierzu zählt eine Überprüfung, ob ein Wärmenetz in erreichbarer Nähe liegt oder, wenn nicht, ob die Voraussetzungen für die Installation einer EE-Heizung im Augenblick eines Kesselaustauschs vorliegen.

Ggf. könnte man überlegen, ob die Erfüllung bestimmter Maßnahmen, z. B. die Dämmung der Außenwand, pauschal als Erfüllung der EE-Pflicht gewertet werden können.

Literaturverzeichnis

Agora Energiewende (2021): Stromerzeugung und Stromverbrauch, „Agorameter“, https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation/22.01.2021/23.02.2021/

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021): Klimapakt Deutschland

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2016, Klimaschutzplan 2050, Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung

dme Consult (2021), persönliche Mitteilung. München

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, EWI Merit-Order Tool (2020): Weniger Kohle, mehr Gas im Einsatz, https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/ewi-merit-order-tool-2020-weniger-kohle-mehr-gas-im-einsatz/ , Abruf 14.03.2021, 14:13

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (2020): Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Ergebnisse aus dem Forschungs-Projekt „WP-smart im Bestand“

EU RICHTLINIE 2018/844 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz (EPBD), 2018

ifeu, Fraunhofer IEE und Consentec (2018): Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende

ifeu (2021): Gebäude mit der schlechtesten Leistung (Worst performing Buildings) - Klimaschutzpotenzial der unsanierten Gebäude in Deutschland

ifeu, Ecofys, Dipl.-Ing. Roland Borgwardt, Gaßner, Groth, Siederer & Coll., NABU (2012): Strategie für eine wirkungsvolle Sanierung des deutschen Gebäudebestandes

IWU (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden

Lohrmann (2021): Martin Lohrmann, Energieprojektentwicklung, persönliche Mitteilung, Bad Säckingen

10 Anhang

10.1 Checkliste NT-Ready und EE Fit

Checkliste NT-Ready und EE Fit	
Angaben zum Gebäude: Teststraße 1, 12345 Musterstadt	
☐ EFH ☐ RH ☐ MFH	
Baujahr: ☐ vor 1977 ☐ nach 1977 ☐ nach 2002	Nachträglich gedämmte Bauteile: ☐ Außenwand ☐ Dach/oberste Geschossdecke ☐ Bodenplatte/Kellerdecke ☐ Fenstertausch
Wärmeerzeuger: ☐ Gas-Heizkessel ☐ Öl-Heizkessel ☐ Nachtspeicherheizung ☐ Fernwärme ☐ Sonstige: _____ Jahr der Inbetriebnahme: _____ Nach 20 Jahren Betriebsdauer könnte ein Austausch des Wärmeerzeugers nötig werden. Das ist voraussichtlich im Jahr _____	Art der Heizkörper: ☐ Plattenheizkörper ☐ Gliederheizkörper ☐ Fußbodenheizung ☐ Sonstige
Umwälzpumpe	Wurde bereits ein hydraulischer Abgleich durchgeführt?

☐ Einstufig ☐ Mehrstufig ☐ Differenzdruckregelung ☐ Effizienzpumpe	☐ Ja, nach Verfahren A ☐ Ja, nach Verfahren B ☐ Nein
Gibt es Räume, die in der Heizperiode … ☐ … zu warm werden? ☐ … zu kalt sind?	Machen die Heizkörper Geräusche? ☐ Ja, z. B. Pfeifen, Rauschen oder Gluckern ☐ Nein
Art der Brauchwassererwärmung: ☐ Der Wärmeerzeuger für die Heizung erwärmt auch das Brauchwasser ☐ Dezentral mit Durchlauferhitzern / Boilern ☐ Dezentral mit Frischwasserstationen ☐ Sonstige: _____	
Modernisierung	
Haben Sie schon geplant, welche Art von Wärmeerzeugers eingebaut werden soll, wenn der jetzige Wärmeerzeuger einmal ersetzt werden muss? Bedenken Sie bei der Planung, dass Heizöl und Erdgas klimaschädlich sind und deshalb mit einem stetig steigenden CO_2-Preis verteuert werden. Für erneuerbare Wärmeerzeuger gibt es bis zu 50% Förderung. Damit entlasten Sie das Klima und vermeiden hohe Kosten. ☐ Luft-Wasser-Wärmepumpe ☐ Sole-Wasser-Wärmepumpe ☐ andere Wärmepumpe ☐ Hybrid-Wärmepumpe ☐ Fernwärme ☐ Nahwärme ☐ Holzpellet-Kessel	

☐ Solarthermie als Ergänzung

☐ Photovoltaik als Ergänzung

☐ andere _____

Individueller Sanierungsfahrplan (iSFP):

☐ iSFP vorhanden

☐ iSFP geplant/gewünscht

NT-Readiness

Ein Gebäude ist NT-ready, wenn

1. im Rahmen eines Sanierungsfahrplans Maßnahmen der Wärmedämmung, Heizkreisoptimierung oder effizienten Warmwasserbereitung so weit vollzogen sind, dass mit einer maximalen Heizwasser-Vorlauftemperatur von 55°C die von den Raumnutzern geforderte Raumtemperatur gewährleistet ist und wenn

2. die Warmwasserbereitung technisch so angeordnet ist, dass sie hygienisch einwandfrei mit diesem Temperaturniveau funktioniert oder ein weiterer Temperaturhub zur Gewährleistung einer über 55°C liegenden Zirkulationseintrittstemperatur unabhängig von der Zentralheizung erfolgt.

Check 1: Heizungs-Vorlauftemperatur

☐ Die Heizkurve wurde in der Heizungsregelung so eingestellt, dass die Vorlauftemperatur bei maximal 55°C liegt (bei Auslegungsaußentemperatur gemäß DIN EN 12831). Für die Warmwasserbereitung muss der Wärmeerzeuger keine höheren Temperaturen als 55°C bereitstellen. Die Trinkwasserhygiene wird unabhängig vom Wärmeerzeuger gewährleistet.

Check 2: Durchgeführte Maßnahmen

Folgende Maßnahmen werden oder sind bereits durchgeführt:

☐ Hydraulischer Abgleich **und**

☐ Austausch der thermisch ungünstigsten 10% der Heizkörper **und**

☐ min. 75% der Außenwandfläche haben einen U-Wert <= 0,24 W/m²K

Bei einem EZFH gilt zusätzlich:

☐ in EZFH: Dach oder oberste Geschossdecke haben einen U-Wert <= 0,24 W/m²K **und**

☐ in EZFH: der untere Gebäudeabschluss hat einen U-Wert <= 0,40 W/m²K

Wenn das Gebäude die Anforderungen von Check 1 **oder** 2 erfüllt, dann ist ihr Gebäude: NIEDER TEMPERATUR READY
EE fit Ein Gebäude ist EE fit, wenn es NT-ready ist und zudem eine vorbereitende Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzanschlusses oder einer dezentralen Heizung mit erneuerbaren Energieträgern erfolgt ist.
Check 1: NT-readiness ☐ Das Gebäude ist NT-ready
Check 2: Vorbereitung für Erneuerbare Energien Eine oder mehrere der folgenden Voraussetzungen für den Einbau erneuerbarer Energien wurden geprüft. ☐ Ist ein Wärmenetz im Quartier vorhanden oder geplant, an das das Gebäude angeschlossen werden kann? ☐ Ausreichend Platz für die Bohrung von Erdsonden ☐ Ausreichende Fläche für die Verlegung von Erdkollektoren ☐ Platz für die Installation eines Außengerätes einer Luft-WP ☐ Raum für die Errichtung eines Pelletlagers inkl. Befüllstutzen und Transporteinrichtung ☐ Montagemöglichkeit für Solarkollektoren ☐ Montagemöglichkeit für Photovoltaik ☐ Raum für einen Pufferspeicher ☐ Montagemöglichkeit für Luftkollektoren ☐ Andere Voraussetzungen für die Installation einer EE-Heizung zum Zeitpunkt eines notwendigen Kesselaustauschs
Wenn das Gebäude die Anforderungen von Check 1 **und** 2 erfüllt, dann ist ihr Gebäude: **EE fit** ✓