ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH

Potenzialstudie für ein integriertes Klimaschutzkonzept

für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Endbericht

Im Auftrag des BUND-Landesverband Baden-Württemberg

Gefördert von

Heidehof Stiftung

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Heidelberg, Mai 2012

ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH

Potenzialstudie für ein integriertes Klimaschutzkonzept

für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Endbericht

Im Auftrag des BUND-Landesverband Baden-Württemberg

Benjamin Gugel (Projektleitung)
Miriam Dingeldey
Frank Dünnebeil
Hans Hertle
Sabrina Hespeler
Frank Kutzner

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3, 69120 Heidelberg
Tel.: +49/(0)6221/4767-0, Fax: +49/(0)6221/4767-19
E-mail: ifeu@ifeu.de, Website: www.ifeu.de

Heidelberg, Mai 2012

Inhalt

1 Vorbemerkung 3

2 Methodik 4
2.1 Vorgehen 4
2.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets 7

3 Energie- und CO_2-Bilanz 9
3.1 Energiebilanz 9
3.2 CO_2-Bilanz 10

4 Energieeffizienzpotenziale 12
4.1 Energieeffizienzpotenziale im Bestand 12
4.2 Potenziale im Sektor Verkehr 14
4.3 Energieverbrauchsprognose 2025 16
4.3.1 Vorbemerkung und Annahmen 16
4.3.2 Prognose des Energieverbrauchs bis 2025 18
4.4 Abschätzung des Energieverbrauchs bis 2040 19
4.4.1 Vorbemerkung 19
4.4.2 Annahmen für die Energieverbrauchsabschätzung 2040 21
4.4.3 Abschätzung des Energieverbrauchs bis 2040 23

5 Potenziale Erneuerbare Energien 25
5.1 Status quo 25
5.2 Grundlagen und Methodik der Potenzialermittlung 26
5.3 Potenziale Erneuerbare Energien 28
5.3.1 Solarenergie 28
5.3.2 Windkraft 31
5.3.3 Wasserkraft 35
5.3.4 Biomasse 37
5.3.5 Geothermie 40

6 Zusammenfassung der Ergebnisse 45
6.1 Effekte der verschieden Szenarien 45
6.1.1 Endenergie 45
6.1.2 Primärenergie 46
6.1.3 Klimaschutz (CO_2-Emissionen) 48
6.2 Weitere Entwicklungspfade 48
6.2.1 Ausblick 2050 48
6.2.2 Relevanz nicht berücksichtigter Aspekte 49

7 Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung 52
7.1 Systematik bei der Ermittlung der regionalen Wertschöpfung 53
7.2 Energieeffizienz: Stärkung der regionalen Energieverbraucher 54
7.3 Energieeffizienz: Vorteile für regionale Anbieter 56
7.4 Regionale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien 57
7.5 Fazit: Klimaschutz ist regionale Wirtschaftsförderung 58

8 Ausblick: Klimaschutz im Biosphärengebiet Schwäbische Alb 60
8.1 Klimaschutz als Teil einer nachhaltigen Entwicklung 60
8.2 Neue Ansätze für die Modellregion 61
8.3 Das Biosphärengebiet als Klimaschutz-Suffizienzregion 63

9 Literaturverzeichnis 65

10 Anhang 68
10.1 Kurzübersicht Methodik Energie- und CO_2-Bilanz 68
10.2 Zusatzbetrachtung für den Verkehrsbereich 73
10.3 Annahmen Flächen 75
10.4 Detailergebnisse Bilanz 77
10.5 Sanierungszyklen im KLIMA-Szenario 78
10.6 100prosim 78
10.7 Annahmen für den Ausbau Erneuerbare Energien 81
10.7.1 Solarenergie 81
10.7.2 Windkraft 81
10.7.3 Wasserkraft 84
10.7.4 Biomasse 85
10.7.5 Geothermie 86
10.8 Tabellen: Detailergebnisse EE 89

1 Vorbemerkung

In den letzten Jahren hat sich die Erkenntnis, dass Klimaschutz eine der wichtigsten Herausforderungen der Gegenwart ist und auch in Zukunft sein wird, parteiübergreifend durchgesetzt. Sowohl auf EU- als auch auf nationaler Ebene wurden Weichen für eine verstärkte Nutzung Erneuerbarer Energien und zur Erhöhung der Energieeffizienz gestellt. Zudem ist die Dringlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen auch wesentlich stärker in die Öffentlichkeit gerückt. Seit einiger Zeit sind vermehrt auch Bestrebungen zur Entwicklung von energieautarken Kommunen und Regionen zu beobachten, die es zum Ziel haben sich zu 100 % aus Erneuerbaren Energien selbst zu versorgen.

Von der UNESCO anerkannte Biosphärenreservate bieten sich für ein solches Vorhaben in besonderem Maße an. Dies hat auch der BUND-Landesverband Baden-Württemberg erkannt. Biosphärenreservate sind – ihrem Selbstverständnis nach – Modellregionen einer nachhaltigen Regionalentwicklung, in denen aufgezeigt wird, wie sich Aktivitäten im Bereich der Wirtschaft, der Siedlungstätigkeit und des Tourismus zusammen mit den Belangen von Natur und Umwelt gemeinsam innovativ fortentwickeln können. Mit einer räumlichen Gliederung des Gebiets in drei Zonen – Kernzone, Pflegezone, Entwicklungszone – soll diese nachhaltige Regionalentwicklung praxisnah in ein räumliches Modell umgesetzt werden.

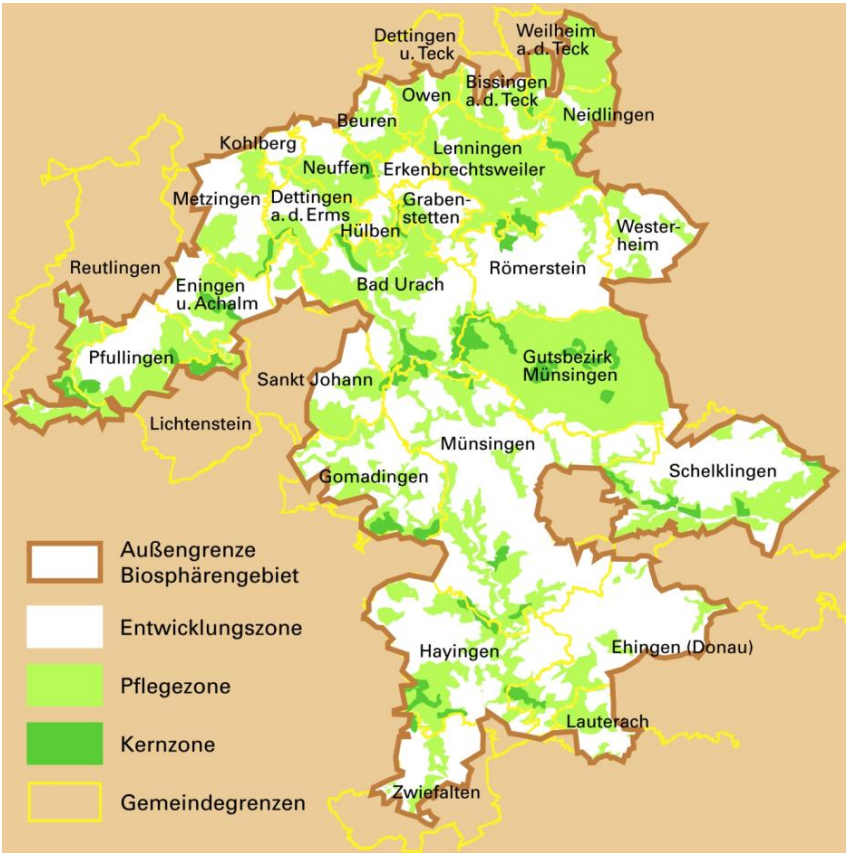


Abbildung 1-1: Biosphärengebiet Schwäbische Alb (http://www.biosphaerengebiet-alb.de/04-Biosphaerengebiet.php)

Das Biosphärengebiet[1] Schwäbische Alb wurde im Januar 2008 vom Land Baden-Württemberg eingerichtet und ist seit Mai 2009 als Biosphärenreservat der UNESCO anerkannt. Das 85.000 ha große Gebiet mit etwa 147.000 Einwohnern erstreckt sich über 29 Gemeinden, die in drei verschiedenen Landkreisen, drei verschiedenen Regionen und zwei Regierungsbezirken liegen. Das Gebiet ist geprägt durch den ehemaligen Truppenübungsplatz Münsingen sowie durch eine Vielfalt an Kultur- und Naturlandschaften. Im Rahmen der Biosphärengebietsverwaltung stehen die Themen Bildung für Nachhaltigkeit, nachhaltiger Tourismus sowie Biodiversität und Naturschutz im Zentrum.

Der BUND Baden-Württemberg schlug im Rahmen der Debatte um die Ziele einer solchen Region vor, das Biosphärengebiet zu einer Klimaschutzregion zu machen. Dazu wurde der Vorschlag unterbreitet, dass sich das Gebiet bis zum Jahr 2040 rechnerisch zu 100 % aus regionalen, Erneuerbaren Energien selbstversorgt. Der BUND hat dazu bereits erste Aktivitäten in der Region gestartet wie z.B. der Erstellung einer der Landkarte der Erneuerbare Energien. Diese Karte zeigt, wo Kommunen, Landwirte, Firmen oder Privatpersonen Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien realisiert haben. Ziel der vorliegenden Studie ist es nun, zu prüfen, ob und wie das vom BUND anvisierte Ziel zu erreichen ist.

2 Methodik

2.1 Vorgehen

Die vorliegende Studie gliedert sich in drei Einzelteile: eine Energie- und CO_2-Bilanz (Status quo), eine Abschätzung der Energieeinsparpotenziale sowie eine Ermittlung der Potenziale für Erneuerbare Energien. Diese drei Teile werden zunächst separat dargestellt und anschließend in Kapitel 6 zusammengeführt (vgl. Abbildung 2-1). Darüber hinaus werden in Kapitel 7 für einzelne Szenarien die Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung berechnet. Das methodische Vorgehen wird für die einzelnen Teile im Folgenden kurz erläutert.

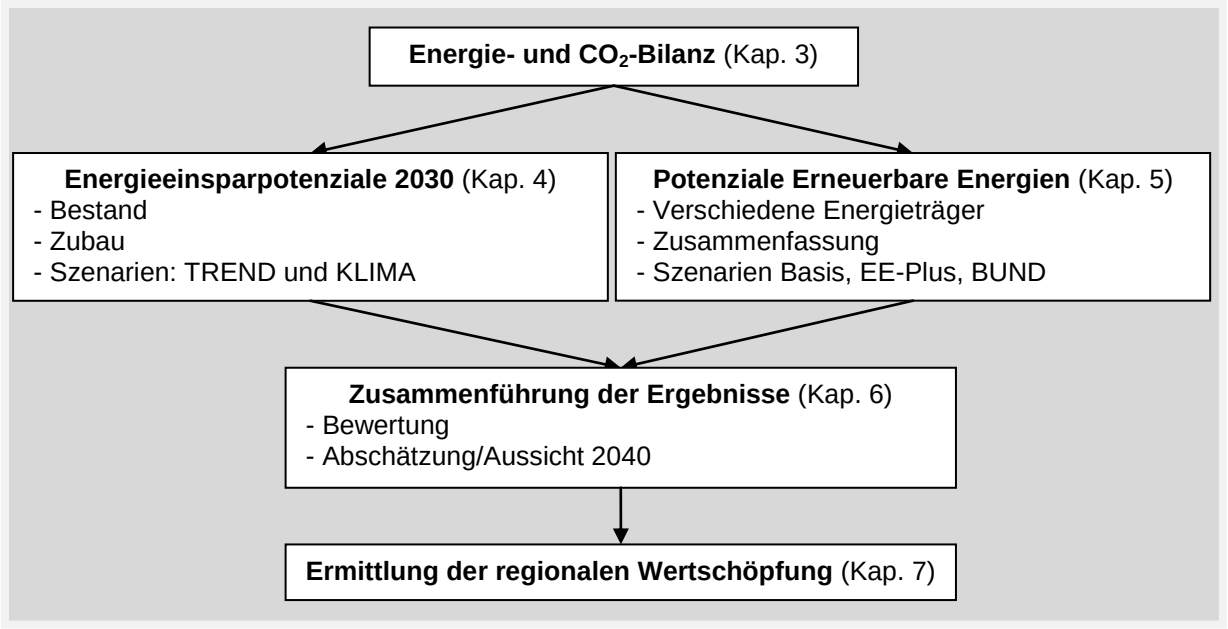


Abbildung 2-1: Methodisches Vorgehen

[1] In Baden-Württemberg wird nach Landesnaturschutzgesetz von einem Biosphärengebiet statt einem „Reservat“ gesprochen, da letzterer Begriff zu sehr mit Isolation und Ausgrenzung assoziiert wird.

Energie- und CO_2-Bilanz

Zunächst wurde eine Energie- und CO_2-Bilanz für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb erstellt. Ein kurzer Überblick über das methodische Vorgehen findet sich im Anhang. Es ist kongruent mit dem im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ empfohlenen Vorgehen bei der kommunalen CO_2-Bilanzierung[2]. In diesem können einzelne Schritte der Bilanzierung vertieft betrachtet werden.

Die Daten für die Bilanzierung des Endenergieverbrauchs basieren auf in Baden-Württemberg landesweit für Kommunen verfügbare Daten des Statistischen Landesamtes und der Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz. Während das statistische Landesamt für Einzelkommunen verursacherbasierte CO_2-Bilanzen veröffentlicht, werden vonseiten der Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz die Energieverbrauchsdaten für Wärmeenergieträger im Bereich Haushalt und Kleingewerbe der Kommunen bereitgestellt. Die Daten werden von den genannten Einrichtungen „Top-Down“ ermittelt. Dies bedeutet, dass landesweite Daten als Grundlage dienen, um in Ergänzung mit regionalen Daten die kommunalen Werte zu erhalten. Das Vorgehen garantiert eine hohe Genauigkeit auf höheren Ebenen (Land, Landkreise), die Ergebnisse können aber im Einzelfall (Kommune) von der Realität abweichen. Deshalb wurde in der vorliegenden Bilanz auf eine Aufteilung nach Kommunen bewusst verzichtet.

Zur Berücksichtigung des aktuellen Bestandes an Erneuerbaren Energien in der Region wurde die Bilanz im Strombereich mit EEG-Einspeisedaten der Energieversorger und im Wärmebereich mit einer Hochrechnung anhand der Förderquoten des Marktanreizprogramms (Biomasse und Solarthermie) aus den Jahren 2001 bis 2008 ergänzt.

Energieeinsparpotenziale

Auf Basis der Energie- und CO_2-Bilanz wurden die Energieeinsparpotenziale im Strom- und Wärmebereich bis zum Jahr 2025 ermittelt. Dazu wurden in einem ersten Schritt die maximalen Einsparpotenziale in der Region im Bestand nach Anwendungsarten und Sektoren unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Kriterien berechnet. Nicht berücksichtigt wurden Energieeinsparungen durch Verhaltensänderung. Als Basis für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird ein moderater mittlerer Energiepreis über den betrachteten Zeitraum zu Grunde gelegt[3]. Außerdem werden durchschnittliche jährliche Minderungsraten ausgewiesen, die das maximale betriebswirtschaftliche Einsparpotenzial aufzeigen. In den folgenden Punkten werden also nur Maßnahmen berücksichtigt, die mit bereits heute existierenden Möglichkeiten und Technologien für den aktuellen Bestand an Gebäuden und Geräten auch wirtschaftlich umsetzbar sind.

Als wesentliche Datengrundlage wurden im Raumwärmebereich die Minderungspotenziale auf Basis der abgeschätzten Gebäudestruktur in der Region berechnet. Daten zur Wirtschaftlichkeit wurden dazu bundesweiten Studien entnommen[4]. Als Basis für die Darstellung

---

[2] Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) 2011: Klimaschutz in Kommunen

[3] Im Strombereich je nach Sektor z.B. zwischen 15 und 25 Cent/kWh, im Wärmebereich etwa 6 bis 10 Cent/kWh.

[4] z.B. der Studie des IFEU Heidelberg für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung zur Fortschreibung der Energieeinsparverordnung (unveröffentlicht).

wirtschaftlicher Stromminderungspotenziale dienten verschiedene Studien, in denen die Einsparpotenziale für verschiedene Technologien und Sektoren berechnet wurden[5].

Neben dem Bestand musste bei der Darstellung des zukünftigen Energieverbrauchs auch der zusätzliche Verbrauch, der durch Zuzug von neuen Einwohnern und Veränderungen im Beschäftigtenbereich entsteht, ermittelt werden. Die dabei zu Grunde liegenden Annahmen werden in Kapitel 4 erläutert. Grundlage waren Prognosen seitens des Statistischen Landesamts zur Einwohnerentwicklung sowie die Fortführung von Trends der letzen Jahre im Bereich der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten. Auf Grundlage der Darstellung des Status quo der Energiebilanz sowie der Entwicklungen im Bestand und im Zubau werden zwei Entwicklungsmöglichkeiten (TREND und KLIMA) für den Energieverbrauch aufgezeigt.

Nach der Potenzialermittlung für 2025 wird abschließend in Kapitel 4.4 eine Abschätzung für das Jahr 2040 getroffen. Im Gegensatz zum Jahr 2025, für das zumindest verschiedene Studien noch Anhaltspunkte geben, sind die darüber hinausgehenden Berechnungen aufgrund vieler Unsicherheiten mit Problemen behaftet. Beispielsweise gehen die Erneuerungszyklen von Geräten im Strombereich für den Zeitraum nach 2025 weit über einen Zyklus (bis zu 15 Jahre) hinaus. Hier ist davon auszugehen, dass Neugeräte weiter an Effizienz zunehmen, allerdings auch gleichzeitig neue Anwendungen zu einem erhöhten Stromverbrauch führen. Neben einem TREND-Szenario wird auch ein ZIEL-Szenario dargestellt, in dem die maximalen Einsparmöglichkeiten dargestellt werden.

Potenziale Erneuerbare Energien

Für die Entwicklung der Potenziale bei den Erneuerbaren Energien wurde ein mehrstufiges Verfahren angewandt. Für einen ersten Überschlag wurde mit Hilfe des Programms 100prosim über die vorliegenden Flächendaten und -nutzungsformen eine Abschätzung getroffen. Die Funktionsweise des Programms kann im Anhang nachgelesen werden (Kap. 10.6). Diese ersten Einschätzungen wurden anschließend mit bereits vorliegenden Studien zu Potenzialen Erneuerbarer Energien in der Region abgeglichen. Sollten keine Studien mit regionalem Bezug zu verschiedenen Technologien und Energienutzungsformen vorliegen, können diese nicht in den Szenarien berücksichtigt werden. In Kap. 6.2.2 wird erläutert, zu welchen Technologien und regionalen Möglichkeiten noch Forschungsbedarf besteht.

Da gerade im Biosphärengebiet verschiedene Nutzungskonkurrenzen (z. B. Naturschutz; Landschaftsschutz und Tourismus) bestehen, werden drei Szenarien (Basis, EE-Plus, BUND) dargestellt. Während Szenario Basis und Szenario EE-Plus den äußeren Grenzen des Entwicklungskorridors aufzeigen sollen, wird in dem BUND-Szenario dargelegt, inwieweit Erneuerbare Energien in der Region ausgebaut werden könnten, wenn verschiedene BUND-Positionen zu den einzelnen Energieträgern berücksichtigt werden. Grundlage dafür waren Gespräche mit mehreren Experten aus dem Arbeitskreis Umwelt- und Klimaschutz des Biosphärengebiets, welcher sich derzeit mit dem Leitbild, Entwicklungs- und Teilzielen im Bereich Energie und Klimaschutz für das Biosphärengebiet beschäftigt. In allen drei Szenarien werden die Ausbauquoten für viele Energieträger deutlich erhöht. Die jeweiligen Annahmen, die bei den Potenzialabschätzungen der verschiedenen Erneuerbaren Energieträger getroffen wurden, sind in den entsprechenden Unterkapiteln unter 5.3 und im Anhang beschrieben.

Die drei Varianten sollen aufzeigen, ob der prognostizierte Energieverbrauch im Biosphärengebiet bis 2040 vollständig aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Eine Auftei-

[5] U.a. ISI 2004, WI 2005, WI 2006, Prognos 2006, IFEU 2008

lung nach Technik oder Anwendung (z.B. Biomassebeimischung im Bereich Verkehr) ist nicht vorgesehen. Auch eine Untersuchung der Kraft-Wärme-Kopplungspotenziale wird nicht gesondert berücksichtigt. Darüber hinaus wird auch nicht auf Energieerzeugung außerhalb des Biosphärengebiets eingegangen. Beispielsweise werden in der Studie Anteile an Offshore-Windkraft aufgrund von Beteiligungen oder des Rechts jedes einzelnen Deutschen, anteilig daran zu profitieren, in den Potenzialberechnungen zunächst nicht berücksichtigt.

Regionale Wertschöpfung

Die regionale Wertschöpfung von Klimaschutzmaßnahmen ist anhand verschiedener Studien ermittelt worden[6]. Diese Werte werden auf die Ergebnisse der KLIMA-Szenarien des Biosphärengebiets für die Bereiche Effizienz und Erneuerbare Energien übertragen.

Für die Ermittlung der eingesparten Energiekosten werden durchschnittliche Wärme- und Strompreise des Jahres 2011 zu Grunde gelegt. Bei der Steigerung der Energiepreise bis zum Jahr 2025 wird eine moderate Preissteigerung von 1,5 % pro Jahr veranschlagt. Für 2040 wird bei konventionellen Energieträgern mit einer Preissteigerung von 2 % pro Jahr gerechnet.

2.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Eine Berechnung von Energieverbräuchen und Potenzialen einzelner Regionen baut im Wesentlichen auf statistischen Daten auf (z.B. Flächen, Einwohnerzahlen, Energieverbrauchsdaten). Diese grundlegenden Daten sind üblicherweise für die verschiedenen Verwaltungseinheiten wie Gemeinden oder Landkreise von verschiedenen Quellen (z.B. StaLa, LUBW, EnBW) verfügbar. Da das Biosphärengebiet jedoch keine Verwaltungseinheit bildet und die Grenze des Gebiets größtenteils nicht entlang der bestehenden Grenzen der Gebietskörperschaften verläuft (einige Kommunen sind nur anteilig am Biosphärengebiet beteiligt), sind hierfür keine spezifischen Daten verfügbar. Abbildung 2-2 gibt einen Überblick über die Flächenanteile der einzelnen Gemeinden des Biosphärengebiets. Dennoch wurde versucht die Grenzziehung des Biosphärengebiets so präzise wie möglich zu berücksichtigen.

In der vorliegenden Studie wurde deshalb auf die vom Planungsbüro Hage & Hoppenstedt, im Rahmen des UNESCO-Antrags über GIS ermittelten Flächendaten und -anteile zurückgegriffen. Dort wurden unter anderem folgende Flächen des Biosphärengebiets ermittelt:

- Siedlungsflächen
- Gewerbeflächen
- Bebaute Flächen (Summe aus Siedlungs- und Gewerbeflächen)
- Landwirtschaftliche Flächen (z.B. Ackerland, Gartenland, Grünland)
- Waldflächen (Wald und Forst)
- Sonstige Flächen (Restflächen wie Verkehr, Gewässer, Heide etc.)

Aus den ermittelten Flächendaten wurden Berechnungsschlüssel abgeleitet. Diese Berechnungsschlüssel geben an, welcher Anteil an der Gesamtfläche der Gemeinde auch im Biosphärengebiet liegt. Tabelle 10-1 und Tabelle 10-2 im Anhang 10.3 geben einen Überblick darüber, wie sich die Flächenanteile in den einzelnen Gemeinden voneinander unterscheiden. Anhand der Berechnungsschlüssel konnten so Daten, die nur auf Gemeindeebene zur Verfügung stehen (z.B. Einwohnerzahlen, Energieverbräuche), für die dem Biosphärengebiet zugehörige Fläche mit dem entsprechenden Berechnungsschlüssel umgerechnet werden.

[6] U.a. deENet 2010; IÖW 2011

Für eine Berechnung einer Energie- und CO_2-Bilanz sowie einer Abschätzung der Potenziale für Effizienz und Erneuerbare Energien spielt dies eine bedeutende Rolle.

Ein Beispiel: Die Gemeinde Bissingen a.d.Teck ist mit 73,47 % ihrer gesamten Gemeindefläche am Biosphärengebiet beteiligt. In diesem Gebiet liegt der gesamte Wald der Gemeinde (100 %), jedoch nur 63,1 % der landwirtschaftlichen Flächen und 26,8 % der Siedlungsflächen. Lagen nun Daten zu z.B. Einwohnerzahlen und Energieverbräuchen der Gemeinde Bissingen a.d. Teck vor, so wurden diese nur in der Größenordnung des Flächenanteils der Siedlungsflächen (26,8 %) in die Berechnung mit einbezogen. In die Abschätzung der Potenziale der Erneuerbaren Energien ging hingegen die gesamte Waldfläche der Gemeinde ein, da diese komplett im Biosphärengebiet liegt.

Darüber hinaus wurde versucht bei der Bilanzierung möglichst genau zu berücksichtigen, ob größere Industriebetriebe einer am Biosphärengebiet beteiligten Gemeinde innerhalb oder außerhalb der Grenze des Biosphärengebiets liegen. So wurde beispielsweise ein großes Biomasse-Kraftwerk einer Papierfabrik der Stadt Ehingen (Donau) bei der Bilanzierung nicht mit eingerechnet.

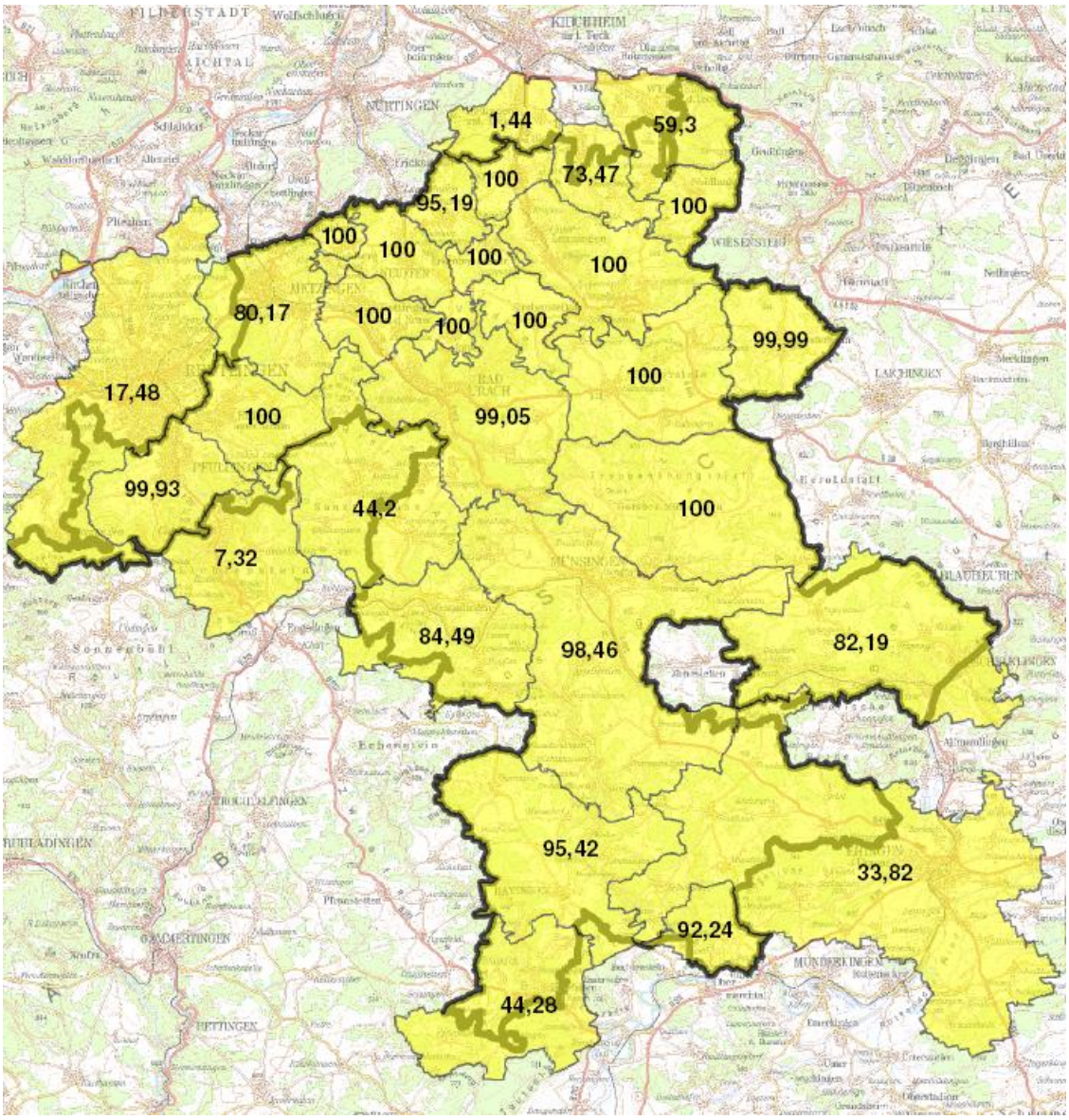


Abbildung 2-2: Übersicht über die Anteile der gesamten Gemeindeflächen am Biosphärengebiet

3 Energie- und CO_2-Bilanz

3.1 Energiebilanz

Um herauszufinden, inwieweit eine Region energieautark (Energieerzeugung entspricht Energieverbrauch) sein kann, ist es wichtig, den aktuellen Energieverbrauch als Ausgangspunkt in der Region zu ermitteln. Dazu dient eine Energiebilanz, in der sämtliche Energieverbräuche innerhalb des untersuchten Gebietes erfasst werden. Die Aufteilung nach einzelnen Verbrauchssektoren bietet wiederum die Möglichkeit, die Strukturen einer Region anhand des Energieverbrauchs darzustellen. Industriell geprägte Regionen haben beispielsweise einen hohen Anteil industrieller Energieverbräuche am Gesamtverbrauch, während in Pendler-Vororten von Großstädten zumeist der Haushaltssektor den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch aufweist.

Energieautarkie kann als eine ausgeglichene Bilanz zwischen lokalem Energieverbrauch und lokaler Energieerzeugung begriffen werden. Dabei wird berücksichtigt, dass nicht jede Region die Möglichkeiten und Mittel hat, den genauen Energieverbrauch nach Anwendungsart (Strom, Wärme, Kraftstoffe) in dieser Form auch regional zu decken. Jede Region sollte deswegen gemäß ihren Potenzialen zunächst einmal versuchen, den Gesamtenergieverbrauch mit der regionalen Energieerzeugung zu erreichen.

Für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurde der Energieverbrauch innerhalb der in Kapitel 2.2 festgelegten Grenzen für das Jahr 2008 ermittelt. Die Berechnung ergab, dass im Biosphärengebiet 4.170 GWh Endenergie verbraucht wurden (vgl. Abbildung 3-1). Dieser Energieverbrauch entspricht in etwa dem Energieverbrauch der Stadt Freiburg, wobei im Biosphärengebiet nur knapp 2/3 der Einwohner auf einer fünffach größeren Fläche leben.

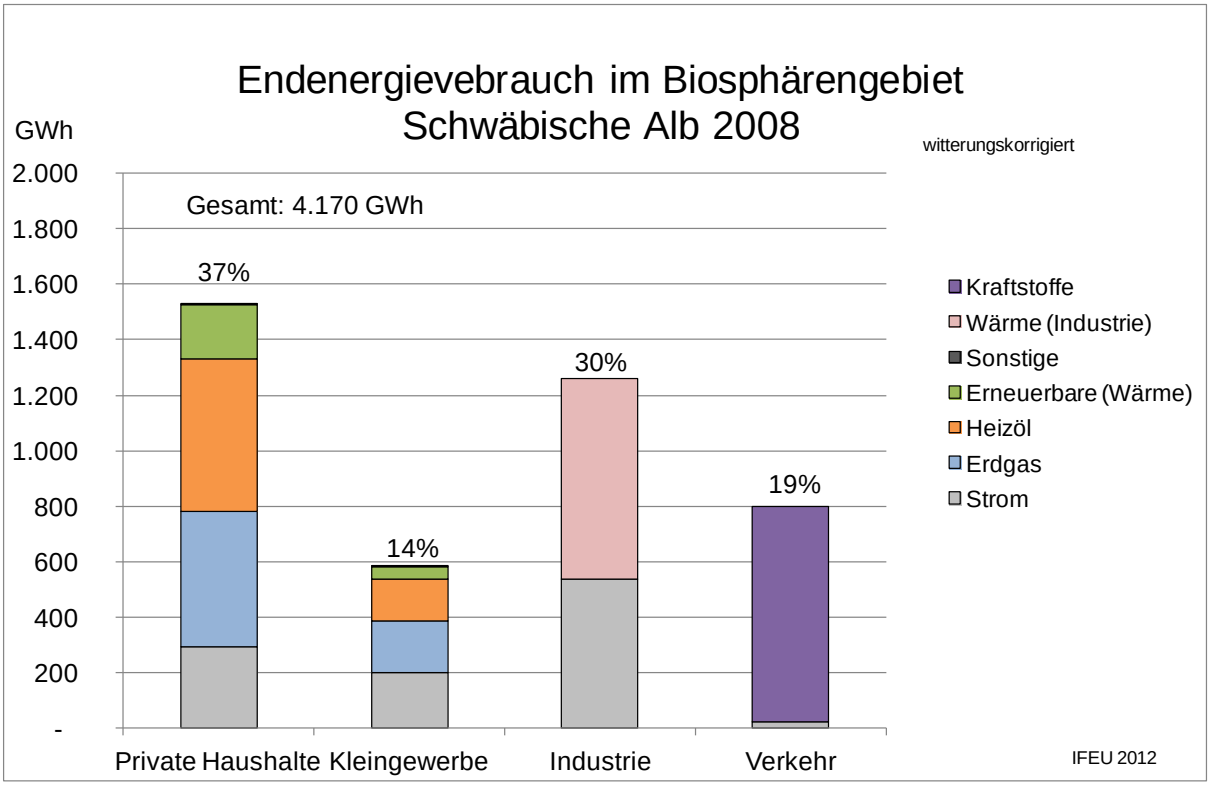


Abbildung 3-1: Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der auf die Verbrauchssektoren aufgeteilte Energieverbrauch macht die Strukturen im Biosphärengebiet deutlich. Demnach hat der Haushaltssektor mit 37 % bzw. etwa 1.530 GWh den höchsten Anteil am regionalen Energieverbrauch. Die industriellen Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeitern machen 30 % bzw. etwa 1.260 GWh des gesamten regionalen Energieverbrauchs aus. Der Verkehr mit knapp 800 GWh ist für 19 % des Energieverbrauchs verantwortlich[7]. Den geringsten Anteil hat das Kleingewerbe mit 14 % bzw. 580 GWh. Die genauen Zahlen zur regionalen Energiebilanz können im Anhang nachgeschlagen werden.

Die dargestellte Aufteilung kann auch nach Anwendungen erfolgen. Demnach sind 25 % (etwa 1.050 GWh) des Energieverbrauchs auf die Nutzung von Strom zurückzuführen. Weitere 19 % (etwa 780 GWh) werden durch Kraftstoffe im Verkehr verbraucht. Der bislang größte Energieverbrauch erfolgt allerdings durch Wärmeanwendungen in der Region. Knapp 56 % bzw. 2.340 GWh werden für Heizzwecke, Prozesswärme etc. benötigt. Für Wärmeanwendungen werden zu jeweils knapp 30 % die Energieträger Erdgas, Heizöl bzw. Wärmeenergieträger für die Industrie[8] verwandt. Die verbleibenden 10 % des Wärmeenergieverbrauchs wurden bereits im Jahr 2008 mit Biomasse gedeckt.

Wird berücksichtigt, dass knapp 40 % des industriellen Energieverbrauchs auf nur einen Betrieb in der Region zurückzuführen ist, dominiert, typisch für den wenig industriell geprägten ländlichen Raum, der Energieverbrauch des Haushaltssektors in der Region des Biosphärengebiets. Auch die Verteilung der Energieträger spiegelt dieses Ergebnis wider. So finden sich aufgrund der geringen Wärmedichten keine flächendeckenden Fernwärmenetze. Stattdessen werden noch verhältnismäßig viele Heizkessel mit Heizöl befeuert. Bei der Nutzung der Biomasse ist zudem davon auszugehen, dass es sich dabei um ältere Scheitholz- bzw. Kachelöfen handelt, in welchen die Biomasse relativ ineffizient genutzt wird.

3.2 CO_2-Bilanz

Im vorliegenden Bericht geht es primär um die Deckung des Energieverbrauchs durch Erneuerbare Energien. Klimaschutz bzw. die damit verbundene Reduktion von Treibhausgasen ist neben der Steigerung der regionalen Wertschöpfung aber ebenfalls Ziel einer solchen Energieautarkie. Deswegen werden im Folgenden auch die CO_2-Emissionen abgebildet, welche sich aufgrund des oben beschriebenen Energieverbrauchs ergeben.

Die CO_2-Emissionen berechnen sich anhand des CO_2-Emissionsfaktors, der mit dem Verbrauch von jeder kWh eines Energieträgers entsteht. Die CO_2-Emissionen der betrachteten Energieträger sind unterschiedlich. So ist der Verbrauch einer kWh Strom (623g CO_2/kWh) mit ca. knapp zweieinhalbfach höheren Emissionen verbunden als die Emissionen aus einer kWh Erdgas (251g CO_2/kWh). Dies spiegelt sich auch in den energiebedingten CO_2-Emissionen im Biosphärengebiet wider.

Demnach wurden im Jahr 2008 aufgrund des Energieverbrauchs im Biosphärengebiet knapp 1,5 Mio. Tonnen CO_2 (inkl. CO_2-Äquivalente) emittiert. Dies entspricht in etwa 10,1 Tonnen pro Einwohner, was wiederum in etwa den energiebedingten CO_2-Emissionen pro Bundesbürger im Jahr 2008 entspricht (9,9 Tonnen CO_2).

[7] Zu Besonderheiten im Verkehrsbereich vgl. auch Anmerkungen im Anhang

[8] Aufgrund der Datenlage und der Geheimhaltungsklauseln können die Energieträger für diesen Bereich nicht separat dargestellt werden. Dabei ist davon auszugehen, dass es sich zu großen Teilen ebenfalls um Erdgas- und Heizölnutzungen handelt.

Der hohe Stromanteil beim Energieverbrauch im Sektor Industrie bewirkt, dass selbiger Sektor mit 36 % bzw. 530.000 Tonnen den höchsten Anteil an den CO_2-Emissionen in der Region besitzt. Daneben ist der Haushaltssektor mit knapp einem Drittel (33 % oder 484.000 Tonnen CO_2) an den Gesamtemissionen verantwortlich. Die verbleibenden 31 % der Emissionen verteilen sich relativ gleich auf den Verkehr (16 % bzw. 242.000 Tonnen CO_2) bzw. das Kleingewerbe (15 % bzw. 220.000 Tonnen CO_2).

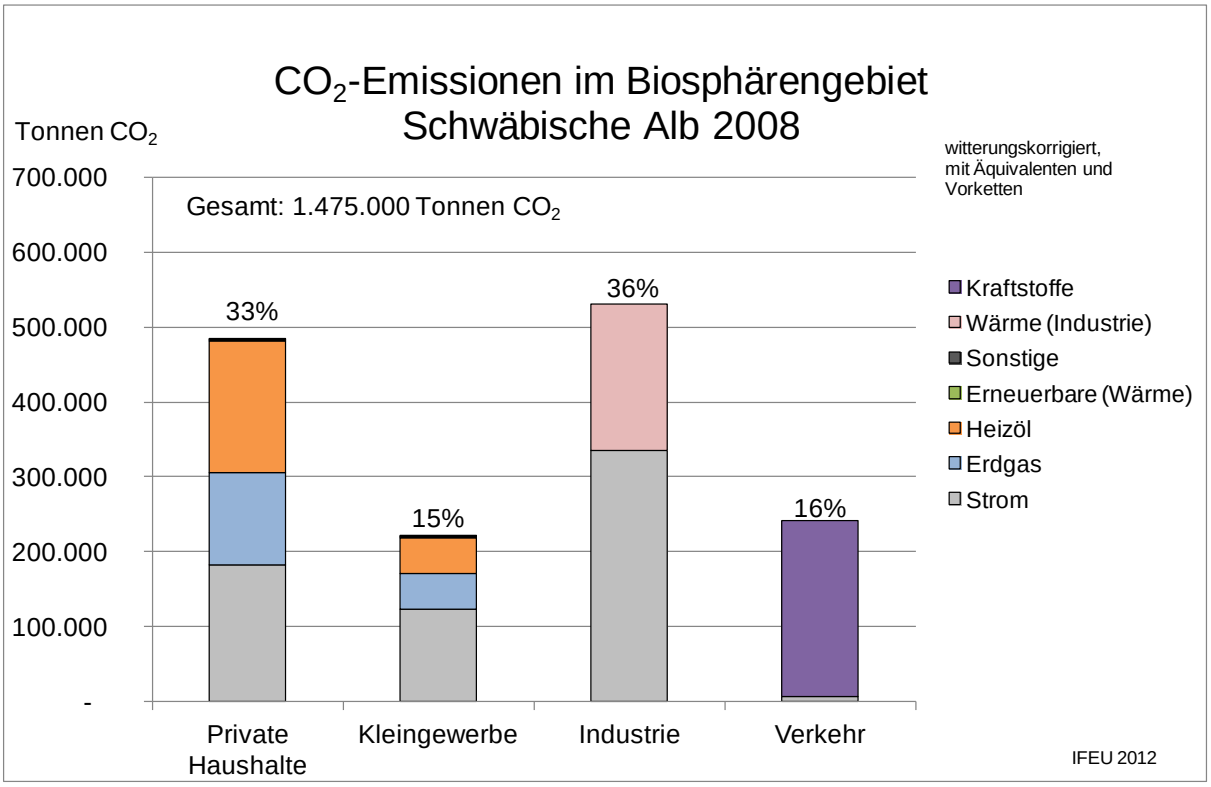


Abbildung 3-2: CO_2-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern

Der Einfluss des Stromverbrauchs auf die CO_2-Emissionen wurde bereits oben erläutert. Die CO_2-Emissionen in Folge von Stromnutzung machen insgesamt 44 % der gesamten CO_2-Emissionen aus. Unterschiedliche CO_2-Emissionsfaktoren bewirken auch ein verändertes Bild bei den CO_2-Emissionen des Wärmeverbrauchs. Insbesondere der Heizölverbrauch, welcher etwa 30 % beim Wärmenergieverbrauch ausmacht, ist davon betroffen. Ein im Verhältnis zum Erdgas schlechterer CO_2-Emissionsfaktor (Heizöl 319 g/kWh, Erdgas 251g/kWh) bewirkt, dass die CO_2-Emissionen aus Heizölverbrennung 38 % der wärmebedingten CO_2-Emissionen ausmachen. Sektoren mit einem hohen Heizölanteil wie der Haushaltssektor (45 % am Wärmeenergieverbrauch) haben dementsprechend höhere Emissionsanteile zu verzeichnen. Ein umgekehrtes Bild ergibt sich bei der Nutzung von Biomasse. Hier sind nur geringe Emissionen aufgrund von nicht-erneuerbaren Treibhausgasemissionen in der Vorkette (Ernte, Transport) zu verzeichnen. So machen die CO_2-Emissionen der Erneuerbaren Energien nur noch 1 % der CO_2-Emissionen der Wärmeenergienutzung aus.

4 Energieeffizienzpotenziale

Die Energieeffizienzpotenziale bis zum Jahr 2025 werden auf Grundlage des Energieverbrauchs des Jahres 2008 ermittelt. In diesem Kapitel soll zunächst aufgezeigt werden, dass bereits im Bestand aus heutiger Sicht viele Energieeffizienzpotenziale vorhanden sind, welche sowohl technisch als auch wirtschaftlich[9] umsetzbar sind (vgl. Kap. 4.1). Effizienzpotenziale im Versorgungsbereich (KWK-Technologie) bleiben in diesem Kapitel unberücksichtigt. Auch im Verkehrsbereich gibt es verschiedene Minderungsmöglichkeiten, deren Bandbreite in Kap. 4.2 aufgezeigt wird. Auf diesen Berechnungen aufbauend werden zwei Szenarien entwickelt, welche u.a. auch Annahmen zu strukturellen Veränderungen, Zubau im Gebäudebestand und Neugeräte enthalten (vgl. Kap. 4.3). Abschließend wird noch ein Ausblick auf den Energieverbrauch im Jahr 2040 (vgl. Kap. 4.4) gegeben.

Im Folgenden geht es nicht um Energieverbrauchsminderungen durch Verhaltensänderungen (Suffizienz) oder intelligentere optimierte Energienutzung (Konsistenz) sondern lediglich um die Ausnutzung von Energieeinsparpotenzialen (Effizienz) im Bestand, welche die zweite Säule eines aktiven Klimaschutzes darstellen sollte (vgl. Abbildung 4-1). In diesem Bereich sollte die Nutzung der verbleibenden Geräte und genutzten Gebäude so effizient wie möglich gestaltet werden. Der verbleibende Energieverbrauch wird in einem idealen Klimaschutzsystem durch Erneuerbare Energien oder Energie aus effizienter Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt.

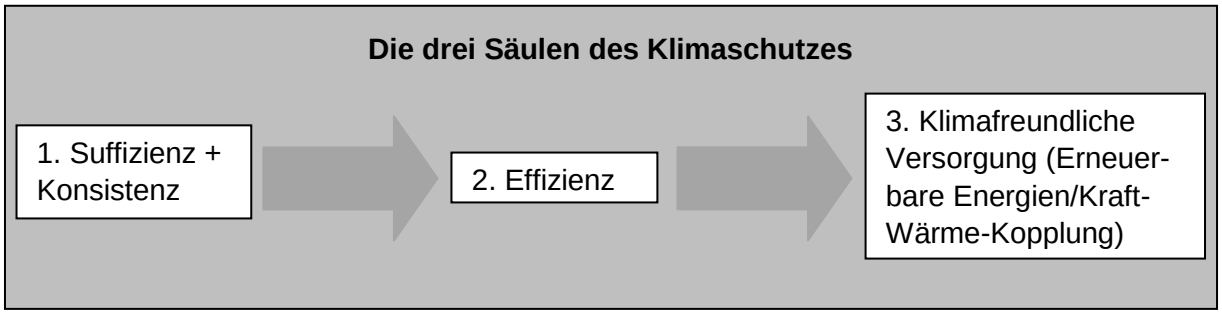


Abbildung 4-1: Ideales Klimaschutzvorgehen

4.1 Energieeffizienzpotenziale im Bestand

Im Folgenden werden nur bereits aus heutiger Sicht wirtschaftliche Energieeffizienzpotenziale ausgewiesen. Wirtschaftliches Vorgehen im Gebäudebereich bedeutet, dass innerhalb regulärer Sanierungszyklen einzelner Bauteile die energetisch sinnvollste Variante gewählt wird. Für den Sanierer wiederum gilt, dass nur die zusätzlichen Mehrkosten für die energetische Sanierung den eingesparten Kosten durch die Nutzung eines Bauteils entgegengestellt werden dürfen. Mit der Betrachtung der Gesamtkosten (Investitions- und Energiekosten) über die Nutzungsdauer kann bereits heute bei jeder Sanierung auf die Zeitdauer eines Bauteils viel Energie und Geld gespart werden. Bei der Anschaffung von stromverbrauchenden Geräten wird ebenfalls mit dem Gesamtkostenansatz gerechnet. Mit diesem Ansatz sind die energieeffizientesten Geräte zumeist die günstigsten Geräte bei einer Neuanschaffung.

[9] Technisch machbar bedeutet, dass Maßnahmen bereits nach heutigem Stand der Technik umsetzbar sind. Wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen sind bei einer prognostizierten Energiepreissteigerung von 1,5% pro Jahr nach dem Gesamtkostenansatz mit geringeren Kosten verbunden als die Nicht-Umsetzung dieser Maßnahmen

Werden diese Annahmen auf bestehende Gebäude und vorhandene Geräte mit dem verbundenen Endenergieverbrauch im Jahr 2008 angewendet, ergäbe sich, dass im stationären Bereich (ohne Verkehr) bis zu 1.030 GWh einsparbar sind. Dies entspräche einer Reduktion um 31 % gegenüber dem Energieverbrauch im Jahr 2008. In Abbildung 4-2 werden die Potenziale als absolute Einsparung (in GWh) nach Anwendungsarten zusammengefasst und nach Sektoren aufgeteilt dargestellt. Das höchste absolute Potenzial wäre in den betrachteten 17 Jahren durch den Sektor Private Haushalte (607 GWh) zu erschließen. Weiteres Potenzial fände sich in den Sektoren Industrie (254 GWh) und Kleingewerbe mit 169 GWh. Die wirtschaftlichen Einsparpotenziale der einzelnen Sektoren lägen bei 40 % im Haushaltsbereich, 44 % im Kleingewerbe und 35 % in der Industrie.

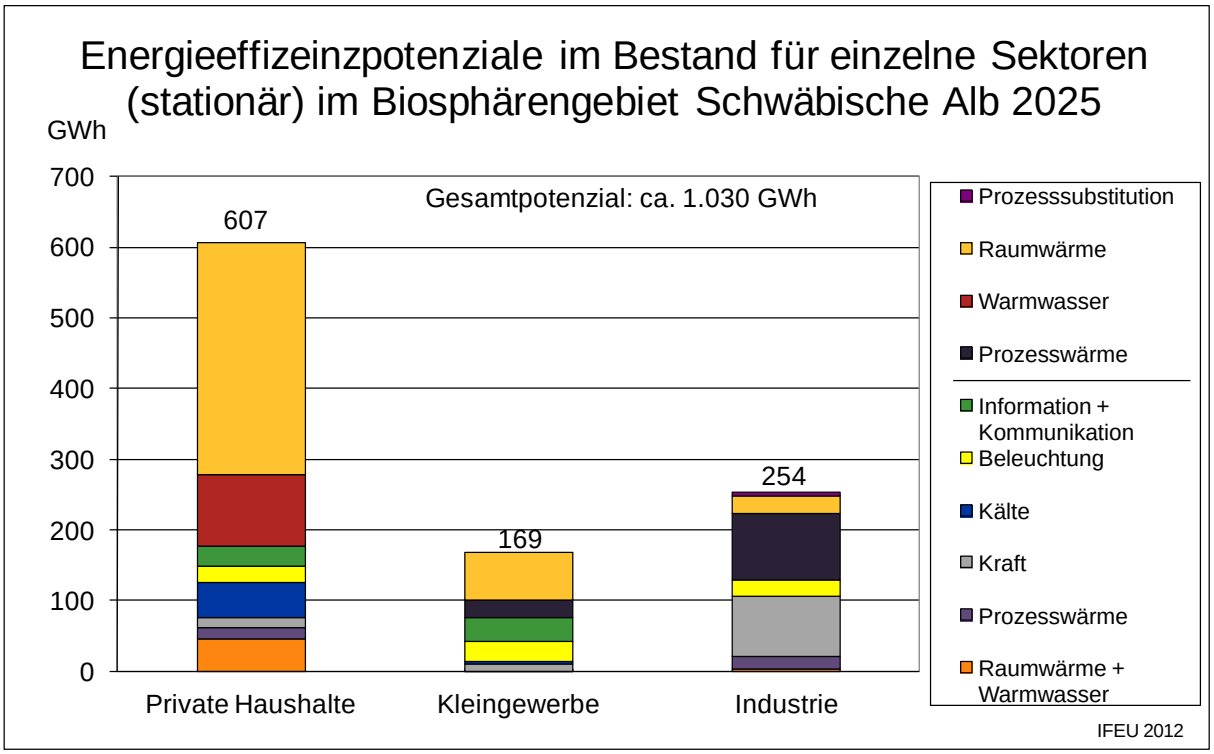


Abbildung 4-2: Summe der wirtschaftlichen Einsparpotenziale in der Region 2008-2025 nach Sektoren und Anwendungen (Strom und Wärme)

Im Wärmebereich (Prozesssubstitution, Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme) wären im betrachteten Zeitraum 648 GWh Einsparpotenzial vorhanden. Dies entspräche einer Reduktion von 28 % gegenüber 2008. Ein Großteil dieses Potenzials (430 GWh) fände sich im Haushaltsbereich. Hier könnte vor allem über verbesserte Gebäudehüllen und effizientere Heizkessel Energie eingespart werden. Geht man davon aus, dass damit in etwa erst die Hälfte des Potenzials erreicht wäre (Sanierungszyklen von bis zu 40 Jahren), dann wären über das Jahr 2025 hinaus noch viele weitere Potenziale erschließbar.

Im Strombereich (I&K, Beleuchtung, Kälte, Kraft, etc.) wären bis zum Jahr 2025 im Bestand 382 GWh an Strom einsparbar. Dies entspräche einer Reduktion von 37 % gegenüber dem Stromverbrauch im Jahre 2008. Auch hier fänden sich die größten Potenziale im Sektor Private Haushalte (177 GWh). Die, absolut gesehen, größten Einsparpotenzialen fänden sich in den Bereichen Kälte und Raumwärme + Warmwasser. In der Industrie mit einem Stromeinsparpotenzial von 129 GWh wären es vor allem Kraftanwendungen, in denen sich gegenüber 2008 am meisten Strom einsparen ließe. Im Kleingewerbe könnten wiederum 76 GWh eingespart werden, wobei hier der Fokus auf Beleuchtungstechnologien und Information- und

Kommunikationstechnik gelegt werden sollte. Im Gegensatz zum Wärmebereich könnten die Potenziale im Strombereich bis zum Jahr 2025 im Bestand fast vollständig ausgeschöpft werden, da nahezu alle strombetriebenen Geräte in diesem Zeitraum durch ein sehr energieeffizientes Gerät nach heutigem Technologiestand ausgetauscht werden könnten.

Es könnte also ein großer Teil des Energieverbrauchs im Jahr 2008 auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vermindert werden. Dass dies nicht automatisch passiert, da beispielsweise die reinen Anschaffungskosten dem Gesamtkostenansatz vorgezogen werden, wird in den Szenarien in Kap. 4.3 erläutert.

4.2 Potenziale im Sektor Verkehr

Die Potenziale im Sektor Verkehr werden im Folgenden gesondert betrachtet. Zur zusätzlichen Reduktion der verkehrsbedingten CO_2-Emissionen gegenüber dem abschätzbaren Trend sind zahlreiche lokale und regionale Aktivitäten möglich. Einsparpotenziale ergeben sich dabei in erster Linie durch eine Beeinflussung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Zentrale Handlungsansätze sind die Vermeidung zusätzlicher Verkehre sowie eine Stärkung der emissionsfreien und -armen Verkehrsmittel des Umweltverbundes zur Verlagerung von Pkw-Verkehr. Unterstützt werden diese Maßnahmen durch eine intensive Information und Öffentlichkeitsarbeit sowie eine konsequente Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen bei öffentlichen Institutionen (Vorbildfunktion). Technische Verbesserungen der Energieeffizienz von Fahrzeugen können kaum beeinflusst werden, da die Rahmenbedingungen dafür weitgehend durch die EU sowie auf Bundes- und Landesebene vorgegeben sind. Zusätzliche Effizienzpotenziale auf lokaler und regionaler Ebene bieten Maßnahmen zur Förderung einer möglichst kraftstoffsparenden Fahrzeugnutzung.

Für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb liegen aus der Bilanz Fahr- und Verkehrsleistungen sowie damit verbundene Treibhausgasemissionen unterteilt nach Verkehrsmitteln vor. Eine weitergehende Differenzierung nach verschiedenen Verkehrsarten und Maßnahmen-Zielgruppen war aufgrund der Datenlage nicht möglich. Daher ist keine Ableitung von spezifischen Emissionsminderungspotenzialen für das Biosphärengebiet möglich. Zur Veranschaulichung generell vorhandener Potenziale im Verkehr sind nachfolgend mögliche Emissionsminderungen gegenüber dem Trend dargestellt, wenn durch Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündel eine bestimmte Wirkung erzielt wird. Die Darstellung von Bandbreiten verdeutlicht zusätzlich die Unterschiede in den erreichbaren Emissionsminderungen bei einer Umsetzung weniger oder stärker wirksamer Maßnahmen sowie in Abhängigkeit von der Umsetzungsintensität.

Vermeidung und Verlagerung von MIV

Den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen hat der Motorisierte Individualverkehr (MIV). Deshalb haben Maßnahmen zur MIV-Vermeidung bzw. zur Verlagerung auf emissionsärmere und emissionsfreie Verkehrsmittel des Umweltverbunds ein großes Minderungspotenzial. Durch Verlagerung des Pkw-Verkehrs auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) können die Treibhausgasemissionen pro Fahrt um etwa 40-70 % reduziert werden [TREMOD]. Beim Rad- und Fußverkehr werden die Emissionen nahezu komplett vermieden.

- Mit einer Reduktion der MIV-Fahrleistungen um 5 % (z.B. Erhöhung der Pkw-Auslastung, Verlagerung kürzerer Wege auf das Fahrrad), würden die Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Biosphärengebiet im Jahr 2025 um 3,5 % gegenüber dem Trend reduziert.

- Eine Verlagerung von 5 % der MIV-Fahrleistungen auf Bus und Bahn würde einen Anstieg der Verkehrsleistungen im öffentlichen Verkehr um ca. 35 % bedeuten. Die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen würden sich insgesamt um 1,4 % gegenüber dem Trend verringern. Mit einer Verlagerung von 10 % der MIV-Fahrleistungen würden 2,7 % der Emissionen eingespart, allerdings müsste dafür der öffentliche Verkehr sehr stark um 70 % ansteigen.

Steigerung der Energieeffizienz im MIV

Der motorisierte Individualverkehr wird auch bei einer erfolgreichen Verlagerung von Fahrten auf den Umweltverbund weiterhin einen hohen Verkehrsanteil haben. Deshalb ist es notwendig, den verbleibenden MIV möglichst energieeffizient zu gestalten. Einsparpotenziale durch lokale und regionale Aktivitäten beschränken sich im Wesentlichen auf eine Unterstützung der Bürger über Informationsmaßnahmen oder Werbekampagnen (z.B. Spritspartrainings in Kooperation mit Fahrschulen, Aktionen zur Reifendruckkontrolle).

- Signifikante Verbrauchseinsparungen sind durch kraftstoffsparendes, vorausschauendes Verkehrsverhalten sowie durch eine optimierte Fahrzeugausrüstung und -wartung (Leichtlaufreifen, -öle, Reifendruckkontrolle etc.) möglich. Das Umweltbundesamt gibt für eine spritsparende Fahrweise Einsparpotenziale von bis zu 20 % (Pkw im Jahr 2020) an, für Leichtlauföle und -reifen werden Potenziale im Bereich 3-5 % angegeben. Bei einer Optimierung von 5 % aller Pkw-Fahrten im Biosphärengebiet, würden die Emissionen des Verkehrs um 0,7 % verringert.
- Mit dem Kauf eines Fahrzeuges werden die Rahmenbedingungen für den Verbrauch gesetzt: Innerhalb eines Segments (z.B. Kompaktklasse) sind Verbrauchsunterschiede von 10-15 % oder auch mehr gut möglich (vgl. z.B. ADAC-Ecotest). Weitere Verbrauchseinsparungen sind prinzipiell durch den Kauf eines kleineren Pkw möglich. Mit einer Optimierung von 5 % aller im Zeitraum von 10 Jahren neu gekauften Pkw und einer spezifischen Verbrauchseinsparung von 15 % gegenüber dem Durchschnitt, würden die CO_2-Emissionen im Verkehr um 0,4 % reduziert.

Emissionsminderung im Straßengüterverkehr

Wie im Personenverkehr kann auch im Straßengüterverkehr durch Verbesserung der Effizienz der Fahrzeuge eine weitere Reduktion erreicht werden. Aktuell wurde auf EU-Ebene die Einführung von CO_2-Grenzwerten für Leichte Nutzfahrzeuge beschlossen[10] und wird auch für Lkw diskutiert. In begrenztem Umfang können auf lokaler und regionaler Ebene zusätzliche Effizienzmaßnahmen über Informationsangebote unterstützt werden, z.B. Bereitstellung von Materialien zum Kauf effizienter Fahrzeuge sowie zur Verbrauchsoptimierung durch Fahrzeugausrüstung und -wartung (Verbrauchsanzeigen, Reifendruckkontrolle u.ä.).

- Bei einer Optimierung von 5-10 % des Straßengüterverkehrs im Biosphärengebiet durch Einsatz sparsamerer Lkw und Lieferwagen, verbrauchsoptimierte Kfz-Ausrüstung sowie Fahrerschulungen wäre eine Emissionsreduktion der Lkw-Emissionen im Jahr 2025 um 1,5-3 % möglich. Das wäre eine Minderung der Emissionen des gesamten Verkehrs um 0,2-0,3 %.

[10] VERORDNUNG (EU) Nr. 510/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2011 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO_2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

Vergleich der Potenziale

Der Vergleich der Potenziale durch verschiedene Wirkungsansätze zeigt, dass die größten Emissionsminderungen im Verkehr mit einer kompletten Vermeidung von Fahrten bzw. durch Reduktion der Pkw-Fahrleistungen über Erhöhung der Auslastung oder Verlagerung auf den emissionsfreien Radverkehr erreicht werden können. Relevante Potenziale sind weiterhin auch durch eine Verlagerung auf den Öffentlichen Verkehr vorhanden.

Einsparpotenziale durch lokale und regionale Effizienzmaßnahmen sind im Verkehr gering, da kaum Einfluss auf technische Entwicklungen möglich ist, sondern hauptsächlich die Förderung einer möglichst effizienten Fahrzeugnutzung im Fokus steht.

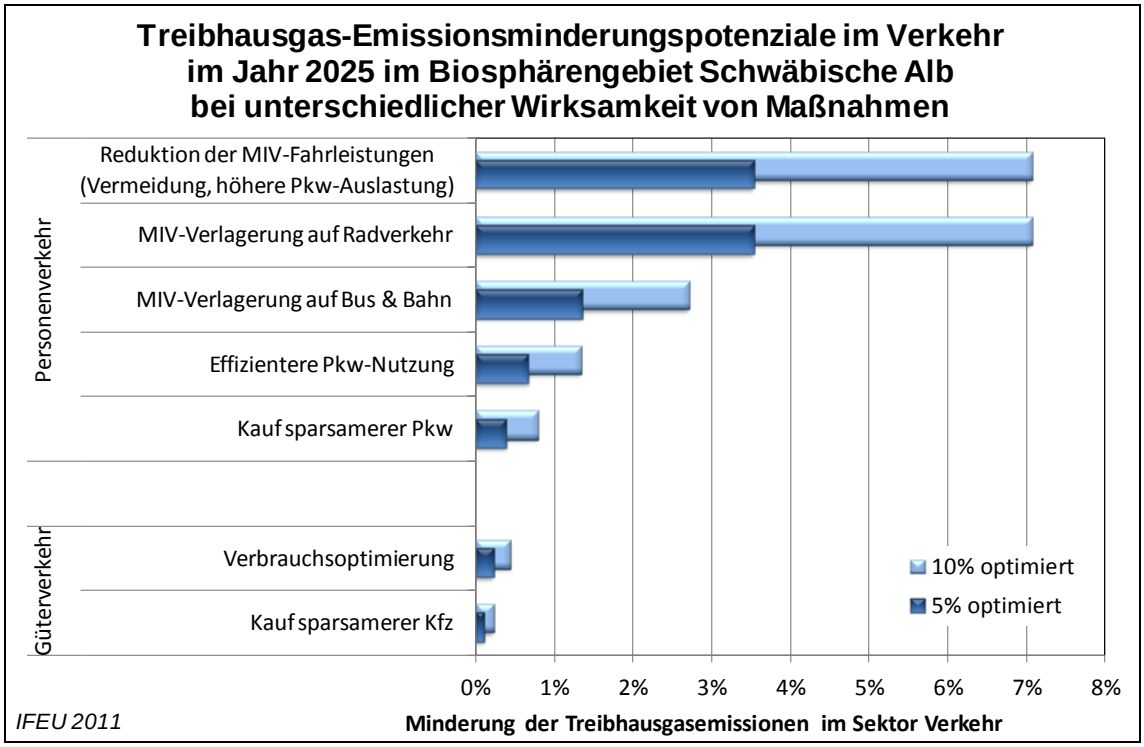


Abbildung 4-3: Emissionsminderungspotenziale im Verkehr im Jahr 2025

4.3 Energieverbrauchsprognose 2025

4.3.1 Vorbemerkung und Annahmen

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bilanzierung für das Jahr 2008 und der Effizienzpotenziale im Bestand werden für die Region zwei Szenarien (KLIMA- und TREND-Szenario) dargestellt, die mögliche Entwicklungspfade bis zum Jahr 2025 aufzeigen. Damit soll ein Zielkorridor aufgezeigt werden, in welchem sich der Energieverbrauch und die damit verbundenen CO_2-Emissionen voraussichtlich bewegen werden. Die Szenarien wurden getrennt für die Sektoren Private Haushalte, Gewerbe und Industrie und den Sektor Verkehr ermittelt.

Der wesentliche Unterschied zu den Potenzialen im Bestand ist, dass neben den Ergebnissen aus der Potenzialermittlung (vgl. Kap. 4.1 und 4.2) in diese Szenarienberechnung auch Veränderungen der strukturellen Rahmenbedingungen sowie ein möglicher Zubau und ein absehbarer Zusatzverbrauch durch Neugeräte (z.B. Zweit-/Drittfernseher) einfließen. Folgendermaßen unterscheiden sich dabei die Szenarien:

- TREND-Szenario: Hier wird eine Verlängerung der bis 2008 eingeschlagenen Entwicklung nach Art und Umfang der Maßnahmen in der Zukunft abgebildet („Business as usual“). Berücksichtigt werden dabei zudem absehbare Entwicklungen im Emissionshandel und eine Umsetzung der EU-Effizienzrichtlinie. Für die Effizienzseite bedeutet dies, dass der Zubau (Bereich Neubau) und Anschaffung an Neugeräten sich an gesetzlichen Bestimmungen orientiert.

  Verkehrsbereich: Abschätzung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Jahr 2025 ohne weitere Klimaschutzmaßnahmen.

- KLIMA-Szenario: Hier wird vorausgesetzt, dass zusätzlich zu den Maßnahmen im TREND-Szenario weitreichende Maßnahmen im Effizienzbereich durchgeführt werden. Im Effizienzbereich werden die oben beschriebenen technisch, wirtschaftlich möglichen Maßnahmen im Rahmen ihrer Sanierungs- und Erneuerungszyklen im Bestand umgesetzt. Dazu müssen international wie auch auf Bundes- und Landesebene geeignete Rahmenbedingungen vorliegen, welche die zukünftigen Klimaschutzbemühungen in der Region unterstützen. Dabei bedarf es einer Weiterentwicklung und Verzahnung der bestehenden Instrumente als auch ambitionierte Neuentwicklung neuer Rahmen- und Förderbedingungen (z.B. Effizienzgesetz, Passivhauspflicht im Neubau nach EnEV) auf allen genannten Ebenen.

  Verkehrsbereich: Zusätzlich zum TREND-Szenario wird hier die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr unterstellt.

Mit den zwei Szenarien stellen die Gutachter dar, welche Entwicklungspfade es geben kann. Im TREND-Szenario werden aktuelle und absehbare Rahmenbedingen und Entwicklungen berücksichtigt. Dass dies nicht zu einem effizienteren Umgang mit Energie oder einer klimafreundlicheren Energieversorgung führt, zeigen die vielfach ungenutzten Potenziale im Bestand oder der weitere Ausbau von Kohlekraftwerken auf Bundesebene.

Können die technisch wirtschaftlichen Potenziale in Bestandgebäuden und den genutzten Geräten vollkommen umgesetzt werden und im Neubau sowie beim Neukauf die effizienteste Lösung gewählt werden, könnte das KLIMA-Szenario erreicht werden. Hier gilt es, die Endverbraucher über alle Ebenen (Bund, Land, Region) zu informieren und zu motivieren, ihre ungenutzten Potenziale auszuschöpfen.

Im Folgenden werden zunächst die Annahmen für die strukturellen Rahmenbedingungen, welche den Szenario-Berechnungen zu Grunde liegen, dargestellt. Beide Szenarien basieren auf den gleichen strukturellen Entwicklungen. Es werden keine unterschiedlichen Zuwachsraten in den einzelnen Sektoren (z.B. durch geänderte Ansiedlungspolitik von Gewerbebetrieben) berücksichtigt. Die Szenarien unterscheiden sich daher ausschließlich in Umfang und Tiefe der angenommenen Effizienzstrategien.

Ein wesentlicher Treiber für den Energieverbrauch und die damit verbundenen CO_2-Emissionen ist die Entwicklung der Einwohner- und Beschäftigtenzahlen und die konjunkturelle Entwicklung in der Region. Anhand von Daten des Statistischen Landesamts kann für die beteiligten Landkreise und deren Anteil am Biosphärengebiet davon ausgegangen werden, dass die Bevölkerung um etwa 3 % bzw. 4.400 Einwohner zurückgeht. In der Region des Biosphärengebiets würden im Jahr 2025 dann ca. 141.800 Menschen leben und Energie verbrauchen.

Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass sich der Wohnflächenbedarf pro Einwohner weiter steigert. Lag dieser im Jahr 2008 in der Region noch ca. bei 41 m^2 pro Einwohner, wird

angenommen, dass sich dieser Wert bis 2025 auf 44 m^2 Wohnfläche pro Einwohner erhöhen wird. Dass sich mit sinkendem Anteil der Einwohner pro Haushalt (bzw. steigenden Bedarf nach Ein-Personenwohnungen) auch die Wohnungsstruktur dementsprechend ändern muss, wird nicht berücksichtigt. Insgesamt wird ein Zubau von etwa 250.000 m^2 Wohnfläche angenommen.

Die konjunkturelle Entwicklung der Wirtschaft und der damit verbundene Energieverbrauch sind, gerade vor dem Hinblick der Schwankungen der letzten Jahre, schwierig zu prognostizieren. Deswegen werden für das Biosphärengebiet folgende Trends angenommen, welche sich aufgrund der Entwicklungen seit 1990 veranschlagen lassen: Im verarbeitenden Gewerbe sinken die Beschäftigtenzahlen weiter um 10 %. Damit werden gegenüber 2008 im Jahr 2025 etwa 2.300 Mitarbeiter weniger in diesem Bereich arbeiten. Gleichzeitig wird unterstellt, dass sich die Energieintensität pro Beschäftigten bei gleichbleibender Produktion entsprechend steigert. Im Dienstleistungssektor wird mit einem Zuwachs von 26 % bzw. knapp 5.300 Beschäftigten gerechnet. Damit würden in diesem Sektor knapp 25.500 Beschäftige arbeiten. Die benötigte Fläche pro Dienstleistungsbeschäftigten wird in diesem Fall als konstant angenommen.

4.3.2 Prognose des Energieverbrauchs bis 2025

Der Endenergieverbrauch aller Sektoren betrug im Jahr 2008 etwa 4.064 GWh. Abbildung 4-4 zeigt die möglichen Entwicklungen des Endenergieverbrauchs für die beiden Szenarien auf.

Im TREND-Szenario käme es beim Endenergieverbrauch durch den Einsatz effizienterer Technik im Strom und Verkehrsbereich, fortlaufender Sanierung im Bestand und aufgrund geringerer Einwohnerzahlen um eine Reduktion von knapp 370 GWh bzw. 9 %. Der Stromverbrauch würde sich in diesem Fall um 8 % reduzieren und hätte noch einen Anteil von 26 % am Gesamtenergieverbrauch. Dafür würde der Faktor Effizienz beim Gerätekauf bei den Endkunden auch weiterhin einen ähnlichen Stellenwert haben. Auch die Sanierungsraten im Bestand bleiben in etwa gleich und im Neubau werden lediglich Gesetzesvorgaben umgesetzt. Der Wärmeverbrauch würde sich damit ebenfalls um 9 % senken. Im TREND-Szenario nimmt der Endenergieverbrauch im Verkehr im Zeitraum vom Jahr 2008 bis zum Jahr 2025 infolge der spezifischen Verbrauchsverbesserungen der Fahrzeuge um 11 % ab.

Im KLIMA-Szenario würde sich der Endenergieverbrauch aller Sektoren bis 2025 gegenüber 2008 um 24 % auf etwa 3.175 GWh (vgl. Abbildung 4-4) verringern. Das entspräche einer jährlichen Minderung von etwa 1,4 %. Im Gegensatz zu den in Kap. 4.1 beschriebenen technisch wirtschaftlichen Potenzialen im Bestand werden diese aus verschiedenen Gründen auch nicht erreicht:

1. Berücksichtigung von Rebound-Effekten durch Effizienzsteigerungen (Mehrkonsum durch weniger Verbrauch),
2. Berücksichtigung von wirtschaftlichem Wachstum (trotz verbesserter Energieproduktivität)
3. Einrechnung von Zubau im Gebäudebestand bzw. Neuanschaffung zusätzlicher Geräte (ähnlich dem Trend zum zweiten Kühlschrank)
4. Keine Umsetzung der vollen Potenziale aufgrund von fehlender Information bzw. Motivation der Akteure (trotzdem z.B. Steigerung der Sanierungsraten von 1,5 % auf ca. 3 % pro Jahr)

Der Stromverbrauch könnte in diesem Fall um 23 % (insgesamt nun ca. 809 GWh) reduziert werden und hätte am Gesamtenergieverbrauch einen Anteil von 25 %. Der Wärmeverbrauch könnte im KLIMA-Szenario um knapp 26 % auf etwa 1.710 GWh gesenkt werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Kunden größtenteils Geräte der höchsten Effizienzklassen kaufen, die Gebäude im Rahmen sinnvoller Sanierungszyklen (vgl. Anhang 10.5) mit den effizientesten Maßnahmen sanieren und im Neubau EnEV -30 % bzw. Passivhausstandard als Norm gesetzt wird. Für den Verkehr wird angenommen, dass im Jahr 2025 gegenüber dem Trend 5 % der Pkw-Fahrleistung durch Umsetzung von lokalen Klimaschutzmaßnahmen auf den öffentlichen Verkehr verlagert werden können sowie weitere 5 % der Pkw-Fahrleistung durch Erhöhung der Fahrzeugauslastung oder die Verlagerung innerörtlicher Fahrten auf das Fahrrad ganz vermieden werden können. Ergänzend werden bei 5 % der verbleibenden MIV-Fahrleistung sowie bei 5 % des Straßengüterverkehrs zusätzliche Effizienzsteigerungen erreicht. Dadurch sinkt der Endenergieverbrauch im KLIMA-Szenario um 16 % gegenüber dem Jahr 2008.

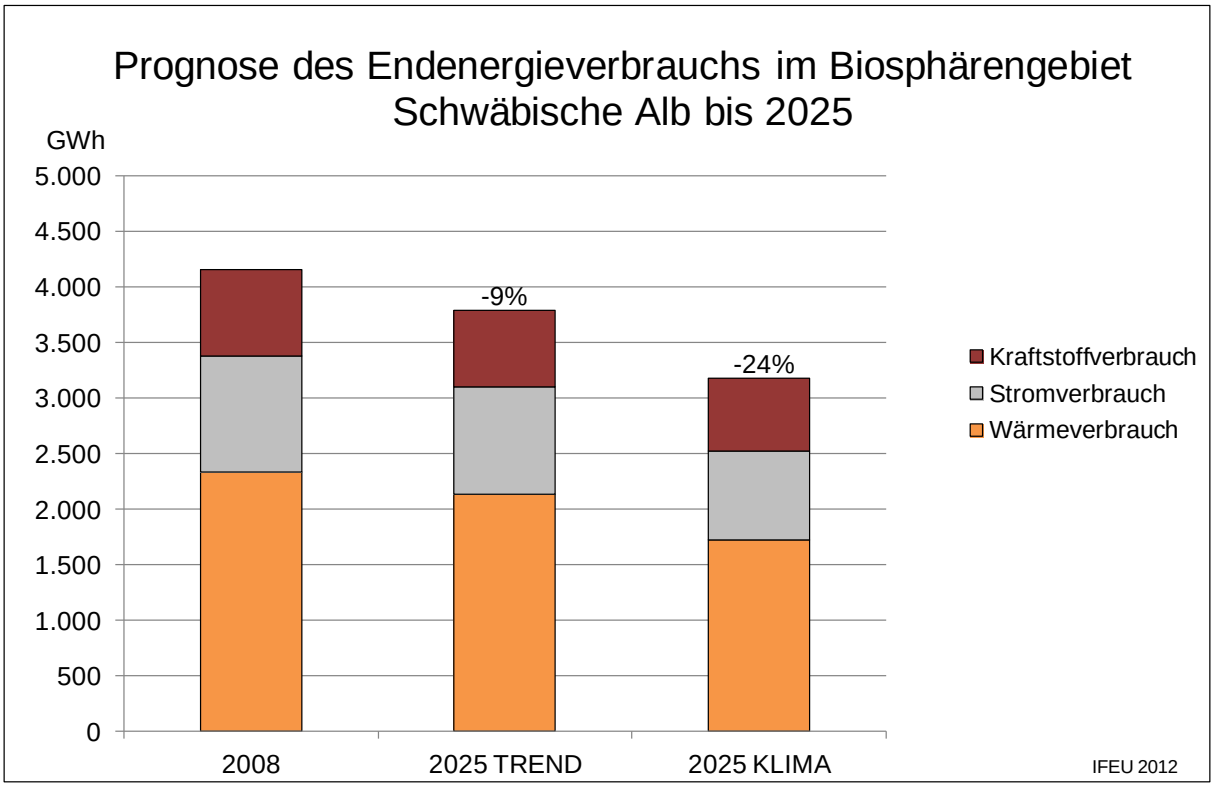


Abbildung 4-4: Endenergieszenarien für die Region für das Jahr 2025 nach Energieformen

4.4 Abschätzung des Energieverbrauchs bis 2040

4.4.1 Vorbemerkung

Während in der Energieverbrauchsprognose für das Jahr 2025 noch die Potenziale berechnet werden können, sind Abschätzungen zum Energieverbrauch über dieses Jahr hinaus schwieriger bzw. unterliegen einer noch größeren Unsicherheit. Viele den Energieverbrauch beinflussende Komponenten sind noch nicht absehbar, z.B.:

- Gesetzliche Verschärfungen auf EU-, Bundes- und Länderebene: Sollten beispielsweise die in weiten Bereichen selbstgesteckten Ziele für das Jahr 2020 nicht erreicht

werden, können striktere Regelungen in Kraft treten oder wie es zuletzt der Ausstieg Kanadas aus dem Kyoto-Abkommen zeigte, können auch verfehlte Ziele einen Rückzug bedeuten.

- Prioritätenverschiebung auf der poltischen Agenda: Klimawandel wird ein Thema sein, das uns das gesamte Jahrhundert begleiten wird. Trotzdem zeigen die wirtschaftlichen Krisen der letzten drei Jahre, dass es sehr schnell zu einer Verschiebung der Prioritäten auf der politischen Agenda kommen kann. Dauerhaft zu bearbeitende Themen wie Klimaschutz rücken schnell in den Hintergrund.
- Technische Neuerungen: Es ist noch nicht absehbar, inwieweit sich technische Neuerungen auf den zukünftigen Energieverbrauch auswirken. Prognosen werden mit zunehmendem Betrachtungshorizont ungenauer, da Innovationen immer weniger abzusehen sind. Als Beispiel seien hier energiesparende Techniken bei Notebooks der letzten Jahre genannt, mit denen der Energieverbrauch von Computern um mehr als die Hälfte gesenkt werden konnte. Vor 15 Jahren waren diese Entwicklungen so noch nicht absehbar.
- Menschliche Komponenten: Vielfach kann das Energieverbrauchsverhalten der Akteure schwer vorhersehbar sein, da dies oft mit dem Lebensstil bzw. -standard korreliert. Inwieweit beispielsweise mehr Wärmeenergie für noch größere Häuser benötigt wird oder die oben beschriebenen Rebound-Effekte Einsparungen durch technische Neuerungen zu Nichte machen, ist auch aus heutiger Sicht schwierig zu prognostizieren.
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen: Verschiedene Komponenten, wie beispielsweise die Energiepreise, Ausgestaltung des CO_2-Emissionshandels, Wirtschaftswachstum, Lohnentwicklung können Einfluss auf die Investitionstätigkeit bei Effizienzmaßnahmen oder direkt auf den Energieverbrauch haben.

Für die genannten Komponenten müssen deswegen zur Abschätzung des Energieverbrauchs in der Region weitere Annahmen getroffen werden. Den Langfrist-Abschätzungen des Energieverbrauchs 2040 für die Region werden zwei langfristige Energieverbrauchsszenarien für das Jahr 2050 für die Bundesrepublik Deutschland zu Grunde gelegt. Zum einen wird die BMU-Leitstudie 2008 und 2010 verwendet[11], welche auch Grundlage für das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 bzw. 2011 war. Zum anderen wird die Greenpeace-Studie „Plan B 2050“ aus dem Jahr 2009 als Berechnungsgrundlage herangezogen, welche noch ambitioniertere Szenarien als die Leitstudie entwickelt hat.

Beide Studien untersuchen neben dem zukünftigen Energieverbrauch auch die Energieversorgung für Deutschland bzw. wie der verbleibende Energieverbrauch möglichst klimafreundlich gedeckt werden kann um die Langfristziele der CO_2-Einsparungen von 80-95 % bis 2050 zu erreichen. In Tabelle 4-1 werden die Energieverbräuche für einzelne Sektoren im Jahr 2050 in den beiden Szenarien innerhalb Deutschlands gegenüber dem Ausgangsjahr 2008 dargestellt.

[11] Voller Titel 2010: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global

Tabelle 4-1: Energieverbrauchsreduktionen gegenüber 2008 im Jahr 2050 in Deutschland für verschiedene Szenarien

	Leitstudie 2010 (BasisSzenario Basis)	Plan B 2050
Industrie	-22 %	-32 %
Private Haushalte	-47 %	-58 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)	-44 %	-49 %
Verkehr	-40 %	-69 %
Gesamt	**-40 %**	**-52 %**

In den Studien wird davon ausgegangen, dass in Deutschland im Jahr 2050 zwischen 40 % und 52 % weniger Energie verbraucht werden kann. In der Leitstudie können dabei bis zu 86 % des Energiebedarfs im Jahr 2050 aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. In der Plan B-Studie von Greenpeace ist dies sogar weitestgehend in allen Bereichen (Strom, Wärme, Kraftstoff) möglich. Die Annahmen, welche aus diesen Szenarien für das Biosphärengebiet als Grundlage übernommen wurden, werden im Folgenden für die einzelnen Sektoren erläutert.

4.4.2 Annahmen für die Energieverbrauchsabschätzung 2040

Die oben angeführten Szenarien sind für das gesamte Bundesgebiet erstellt worden. Für vom Energieverbrauch her eher homogene Sektoren (Private Haushalte, Kleingewerbe) können die Annahmen aus den oben beschriebenen Studien weitestgehend übernommen werden. In heterogenen Sektoren wie dem Industriesektor werden noch regionale Besonderheiten für verschiedene Branchen berücksichtigt. Trotzdem bestehen hier die größten Unsicherheiten, da sogar in der gleichen Branche für jeden einzelnen Betrieb unterschiedliche Potenziale existieren.

Strukturell wird angenommen, dass sich der Trend bei der Einwohnerzahl im Biosphärengebiet Schwäbische Alb bis 2040 weiter fortsetzt und etwa 5.000 Menschen weniger in der Region leben als 2025. Die zunehmenden Wachstumsraten im Gewerbesektor werden ab 2025 nicht mehr so deutlich angenommen. Der Industriesektor wird mit seinen Beschäftigtenzahlen und seiner Produktivität als konstant angenommen

Zwei Entwicklungspfade werden für das Jahr 2040 angenommen, die auf den TREND-Szenario 2025 bzw. KLIMA-Szenario 2025 aufbauen:

1. TREND-Szenario 2040: Weiterführung der bis 2025 eingeschlagenen Trends (Annahmen s.u.)
2. ZIEL-Szenario 2040: Szenario, das bundesdeutsche Langfrist-Zielszenarien berücksichtigt (Annahmen s.u.)

Der Stromverbrauch der privaten Haushalte trägt überproportional zur Senkung des Strombedarfs in der Region bei. Ähnlich dem Plan B-Szenario wird angenommen, dass nur noch die beiden höchsten Effizienzklassen am Markt angeboten werden und somit Altgeräte ausschließlich durch den aktuellen Stand der Technik ersetzt werden. Ein Großteil dieser Ent-

wicklung ist bis 2025 im KLIMA-Szenario bereits abgeschlossen, so dass die Entwicklung im ZIEL-Szenario bis 2040 etwas langsamer voranschreitet. Im TREND-Szenario wiederum werden die 2025 KLIMA-Szenario-Werte erst im Jahr 2040 erreicht.

Für den Raumwärmebedarf im Sektor Private Haushalte wird angenommen, dass alle Gebäude, welche vor der EnEV 2002 errichtet wurden, sukzessive energetisch saniert werden. Beide Bundes-Szenarien gehen von einer deutlichen Senkung des Energieverbrauchs aus. Gleichzeitig steigt die Wohnfläche pro Bürger. Der Sanierungszyklus für Einzelteile in der Gebäudehülle beträgt maximal 40 Jahre (siehe Anhang), was einem Sanierungszyklus von 2,5 % entspricht. So würden Häuser im Bestand nach der Sanierung etwa 75 kWh/m^2 verbrauchen. Die Heizungsanlagen werden im ZIEL-Szenario nach 2025 weiterhin alle 15 Jahre ausgetauscht und durch modernste Technik ersetzt (derzeit 24 Jahre). Im Neubau wird ab 2025 Nullenergie- bzw. PlusEnergiehausstandard vorgeschrieben. Im TREND-Szenario verbleibt es bei den bisherigen Austauschzyklen.

Im Kleingewerbesektor wird erwartet, dass es nach 2025 zu geringeren Wachstumsraten kommen wird, so dass Effizienzmaßnahmen im Strombereich ab diesem Zeitpunkt im ZIEL-Szenario nicht mehr nahezu komplett vom Wachstum und neuen Anwendungen (z.B. Klimatisierung) neutralisiert werden. So sieht auch das Plan B Szenario mittelfristig erhöhte Einsparpotenziale im Stromverbrauch dieses Sektors. Im TREND-Szenario werden die Effizienzmaßnahmen langsamer umgesetzt und erreichen erst im Jahr 2040 die Werte des KLIMA-Szenarios 2025.

Im Wärmebereich kann im Kleingewerbesektor der Energieverbrauch mit geringerem Wachstum deutlich gesenkt werden. Laut Plan B lassen sich zukünftige Einsparungen bei der Prozesswärme damit zum einen durch klassische gebäudebezogene Maßnahmen (z.B. Wärmedämmung), zum anderen aber auch durch eher typisch „industrielle“ Maßnahmen (Effizienzsteigerung beim Warmwassereinsatz, Prozesswärmerückgewinnung) erzielen. Für das ZIEL-Szenario bedeutet dies, dass ab 2025 nahezu 2,5 % Endenergie jährlich gegenüber 2008 im Wärmebereich eingespart werden könnten. Im TREND-Szenario werden immer noch 0,6 % Minderung pro Jahr angenommen.

Im Industriebereich hängt viel von der Energieintensivität des Sektors ab. Eine Senkung des absoluten Verbrauchs um 1 % bei gleichem Output bedeutet eine Steigerung der Stromproduktivität um 3-4 %. Strebt man eine Senkung um 20 % bis 2040 an, so muss dementsprechend die Stromproduktivität, verbunden mit wirtschaftlichem Wachstum, um mehr als 50 % verbessert werden. Während bis 2025 noch relativ leicht Potenziale dafür erschlossen werden, wird sowohl im ZIEL als auch im TREND-Szenario die jährliche Effizienzverbesserung zurückgehen.

Beim Wärmebedarf des industriellen Sektors sind ähnliche Effizienzpotenziale zu erschließen wie bis 2025. Allerdings sind diese nur bei deutlich höheren Energiepreisen wirtschaftlich zu erreichen. Es wird deswegen auch hier von einer langsameren Entwicklung ab 2025 sowohl im TREND- als auch im ZIEL-Szenario ausgegangen.

Im Verkehr sind die Entwicklungen nach dem Jahr 2025 derzeit schwer absehbar. Aktuelle Studien gehen von einem weiteren Wachstum des Güterverkehrs aus, wobei die erwarteten Wachstumsraten differieren. Im Personenverkehr werden leichte Rückgänge angenommen. Weiterhin gibt es unterschiedliche Annahmen zum zukünftigen Modal-Split der Verkehrsmittel. Die Bundesregierung hat mit dem Energiekonzept 2010 für den Verkehr das Ziel definiert, den Endenergieverbrauch bis 2050 um 40 % gegenüber 2005 zu reduzieren. Eine wichtige Voraussetzung hierfür wird eine weitgehende Umstellung auf Erneuerbare Energien sein. Gleichzeitig

sind weitere Effizienzsteigerungen auch bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen nötig. Aktuell wird zur Erreichung der energiepolitischen Ziele vom Bundesverkehrsministerium gemeinsam mit relevanten Akteuren eine Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland erarbeitet.

Für das Biosphärengebiet sind aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit aktueller regionaler Daten und fehlenden regionsspezifischen Prognosen keine individuellen Annahmen zur Verkehrsentwicklung nach 2025 möglich. Daher wird die Abschätzung möglicher Entwicklungen bis zum Jahr 2040 an die Bandbreite der bundesweiten Szenarien angelehnt.

Das ZIEL-Szenario bis 2040 liegt innerhalb der Prognosen im Plan B-Szenario für 2050 von Greenpeace bzw. schneidet sogar leicht besser ab. Dies liegt daran, dass für viele Bereiche bei den betrachteten kürzeren Sanierungszyklen bereits ein Großteil der Maßnahmen bis 2040 erreicht ist. Im TREND-Szenario werden dagegen weder die Werte für das Basisszenario der Leitstudie noch das Plan B-Szenario bis 2050 erreicht. Es ist davon auszugehen, dass sich der letztendlich tatsächliche Verbrauch im Jahr 2040 innerhalb des Korridors dieser beiden Szenarien befindet.

4.4.3 Abschätzung des Energieverbrauchs bis 2040

Die Berechnung mit den vorangegangenen Annahmen zeigt im Ergebnis für das TREND-Szenario, dass im Jahr 2040 bis zu 18 % bzw. 750 GWh gegenüber dem Ausgangsjahr eingespart werden könnten. Der Endenergieverbrauch würde in diesem Fall im Jahr 2040 noch knapp 3.450 GWh betragen.

Der Stromverbrauch könnte im TREND-Szenario in diesem Fall um 16 % bzw. 170 GWh (insgesamt nun ca. 940 GWh[12]) reduziert werden und hätte am Gesamtenergieverbrauch einen Anteil von 27 %. Die meisten Einsparungen würden im Sektor Private Haushalte erfolgen, in dem gegenüber 2008 rund 120 GWh (-40 %) eingespart werden könnten. Im Sektor Industrie und Kleingewerbe wären die Einsparungen absolut (55 GWh bzw. 35 GWh) als auch relativ geringer (-10 % bzw. -18 %).

Der Wärmeverbrauch des TREND-Szenarios würde sich bis 2040 um 18 % bzw. 420 GWh reduzieren. Demnach wäre die Versorgung mit Wärmenergieträgern noch zu 56 % am Gesamtenergieverbrauch verantwortlich. Die größten Einsparungen würden auch hier im Sektor Private Haushalte erfolgen, in welchem Energieeinsparungen im Wärmebereich von knapp 255 GWh bzw. 21 % gegenüber 2008 erzielt werden könnten. Im Sektor Industrie würde, relativ gesehen, mit 24 % (absolut 170 GWh) an Einsparungen sogar noch höhere Einsparpotenziale erzielt. Lediglich im Sektor Gewerbe würden die Energieverbrauchssteigerungen, welche bis 2025 erzielt worden sind, nicht durch die Einsparungen der Folgejahre kompensiert, so dass hier ein leichter Energieverbrauchanstieg gegenüber 2008 (+2 % bzw. ca. 5 GWh) zu verzeichnen wäre.

Im ZIEL-Szenario könnten im Jahr 2040 bis zu 42 % weniger Endenergie in der Region des Biosphärengebiets Schwäbische Alb verbraucht werden. Mit Minderungen gegenüber 2008 von etwa 1.745 GWh müssten in diesem Fall noch etwa 2.455 GWh mit Erneuerbaren Energien für das Ziel einer Energieautarkie gedeckt werden.

Der Stromverbrauch würde in diesem Szenario bis zum Jahr 2040 um insgesamt 30 % bzw. 325 GWh[13] gegenüber 2008 sinken. Ein Großteil dieser Einsparungen wären auch im ZIEL-

[12] Inkl. ca. 40 GWh Elektromobilität

[13] Inkl. ca. 50 GWh für Elektromobilität

Szenario auf den Sektor Private Haushalte zurückzuführen, in dem ca. 170 GWh (-57 %) gegenüber dem Stromverbrauch im Jahr 2008 eingespart werden könnten. Der Industriesektor könnte mit 135 GWh (-26 %) zu den Einsparungen beitragen, während das Kleingewerbe einen Anteil von 70 GWh (-35 %) hätte.

Der Wärmeverbrauch könnte im ZIEL-Szenario 2040 um knapp 49 % auf etwa 1.185 GWh nahezu halbiert werden. Im Haushaltssektor könnten mit 710 GWh (-58 %) absolut und relativ am meisten Wärmenergie eingespart werden. In den Wirtschaftsbereichen könnten noch 280 GWh (-39 %) im Industrie- und 155 GWh (-41 %) im Kleingewerbesektor eingespart werden.

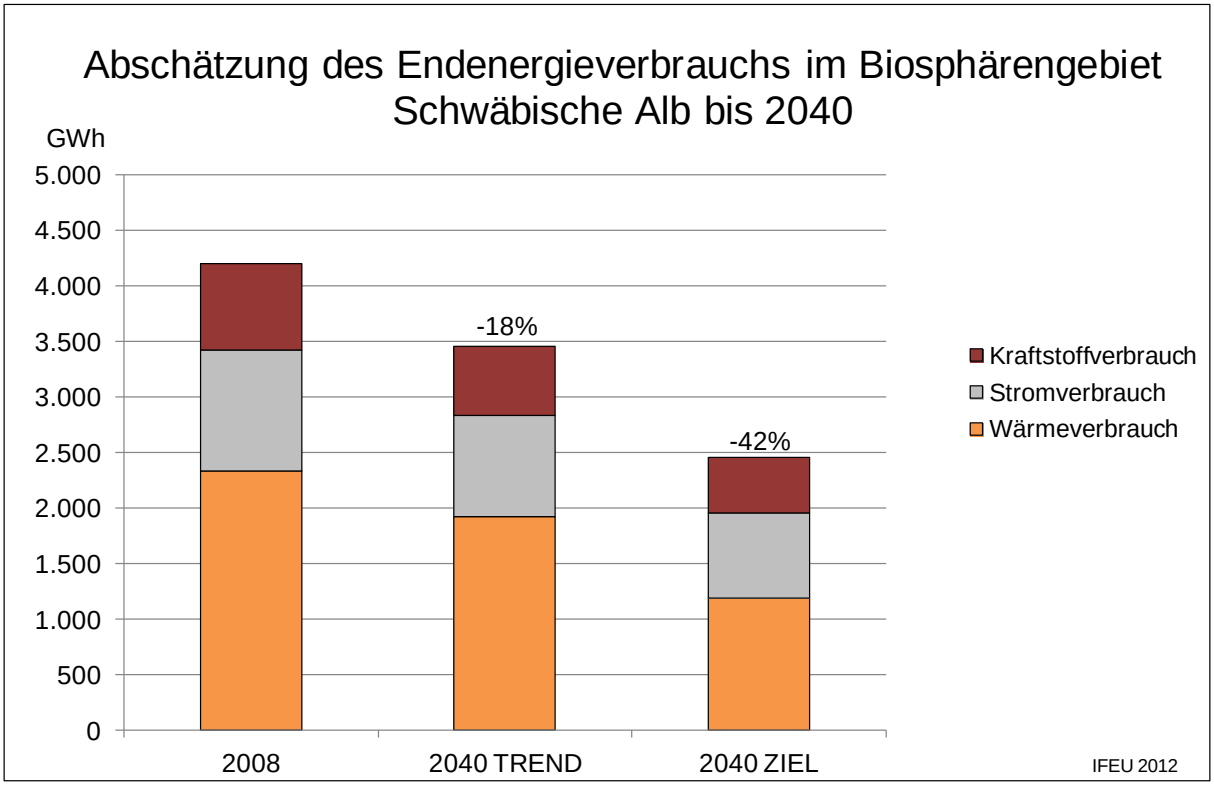


Abbildung 4-5: Entwicklungswege für den Endenergieverbrauch 2040

Möglichkeiten zur Reduktion des Energieverbrauchs im Verkehrsbereich durch unterschiedlich starke Effizienzsteigerungen und Beiträge alternativer Technologiepfade (z.B. Elektro, Wasserstoff) und Kraftstoffe (z.B. Biokraftstoffe, Gas), wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Studien untersucht. Im Referenzszenario der Energieszenarien (Prognos) wird eine Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr zwischen 2008 und 2040 um 16 % (inkl. Strom) angenommen. In den „Zielszenarien“ wird bis 2040 -28 % erreicht. Die BMU-Leitstudie 2010 kommt zu ähnlichen Minderungen (-29 %). Die Abschätzung einer möglichen Entwicklung des verkehrsbedingten Energieverbrauchs im Biosphärengebiet bis 2040 orientiert sich an der bundesweiten Bandbreite in diesen Szenarien, demnach könnte der Endenergieverbrauch bis 2040 um 129 GWh (-16 %) bis 234 GWh (-29 %) zurückgehen. 6-9 % des Endenergieverbrauchs im Jahr 2040 wären elektrischer Strom.

5 Potenziale Erneuerbare Energien

5.1 Status quo

Stationär (ohne Verkehr)

Der aktuelle Endenergieverbauch im stationären Bereich beträgt in der Region des Biosphärengebiets knapp 3.370 GWh (vgl. Abbildung 5-1). In der Energie- und CO_2-Bilanz konnte bereits aufgezeigt werden, dass knapp 10 % des Wärmeenergieverbrauchs über Biomasse gedeckt werden.

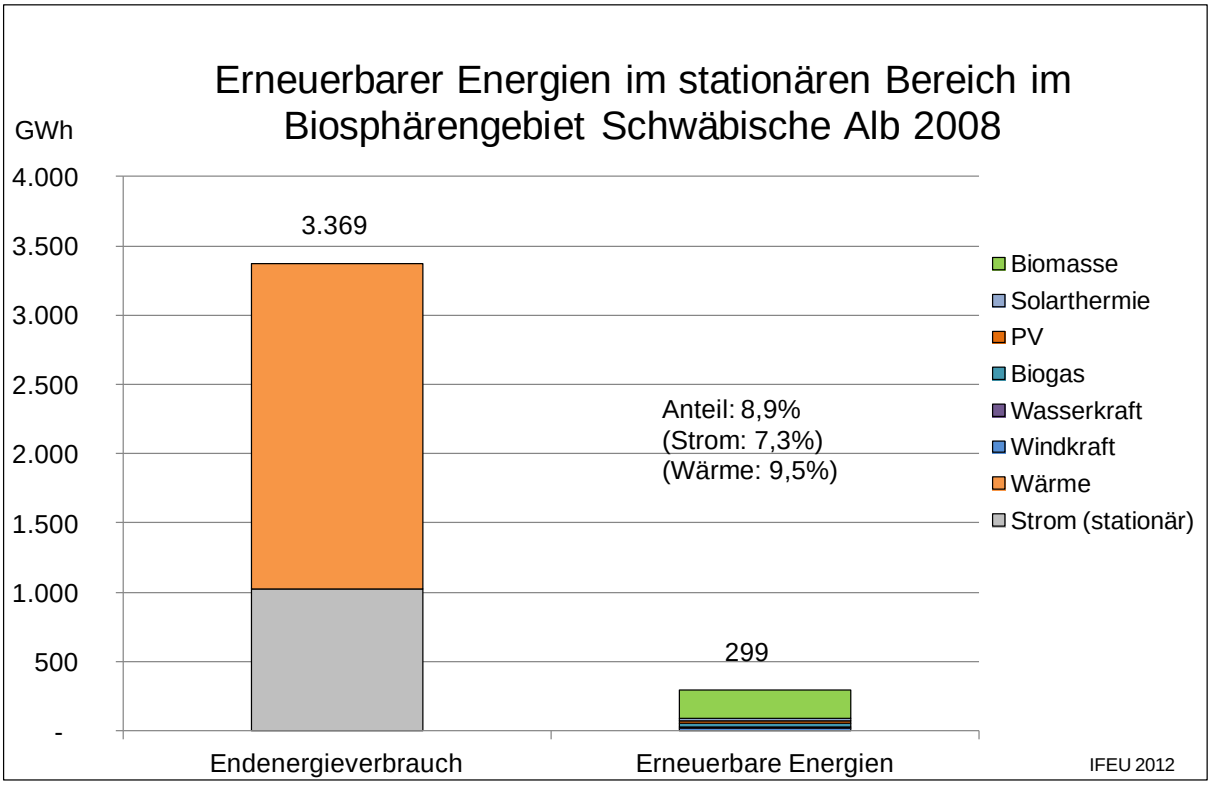


Abbildung 5-1: Anteil Erneuerbarer Energien im Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Der Strombereich wurde in der vorliegenden Studie bisher mit einem Bundesmix für die CO_2-Bilanz berechnet, so dass die lokale Erneuerbare Stromerzeugung noch nicht berücksichtigt wurde. Mit den vorliegenden Erneuerbaren-Energien-Gesetz-Einspeisedaten für die regionalen Anlagen kann für das Jahr 2008 festgehalten werden, dass etwa 7,3 % des lokalen Strombedarfs über lokale Erneuerbare Energien Anlagen gedeckt werden.

Auf den stationären Wärme- und Stromverbrauch hochgerechnet haben Erneuerbare Energien im Jahr 2008 mit knapp 299 GWh etwa 9 % des regionalen Energiebedarfs gedeckt.

In Abbildung 5-2 ist die Aufteilung der Erneuerbaren Energien nach Energieträgern dargestellt. Es zeigt sich, dass mit 70 % (205 GWh)[14] ein Großteil der Erneuerbaren Anteile im Jahr 2008 durch Biomasse gedeckt wird. Im Wärmebereich finden sich noch Solarthermie-Anlagen, welche einen Anteil von 5 % (16 GWh) an den gesamten Erneuerbaren Energien haben. Für Wärmepumpen und kleinere Erneuerbare Wärmenetze lagen für die Region kei-

[14] Angabe ist witterungskorrigiert

ne belastbaren Zahlen vor. Im Strombereich haben Biogasanlagen mit 35 % (27 GWh) eine vorherrschende Stellung. Dies entspricht einem Anteil von 9 % an der gesamten Erneuerbaren Energieerzeugung. Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft tragen in etwa gleichen Teilen (17 GWh, 15 GWh, 15 GWh) zur Stromproduktion bei, was jeweils ca. 5 % der Erneuerbaren Erzeugung ausmacht.

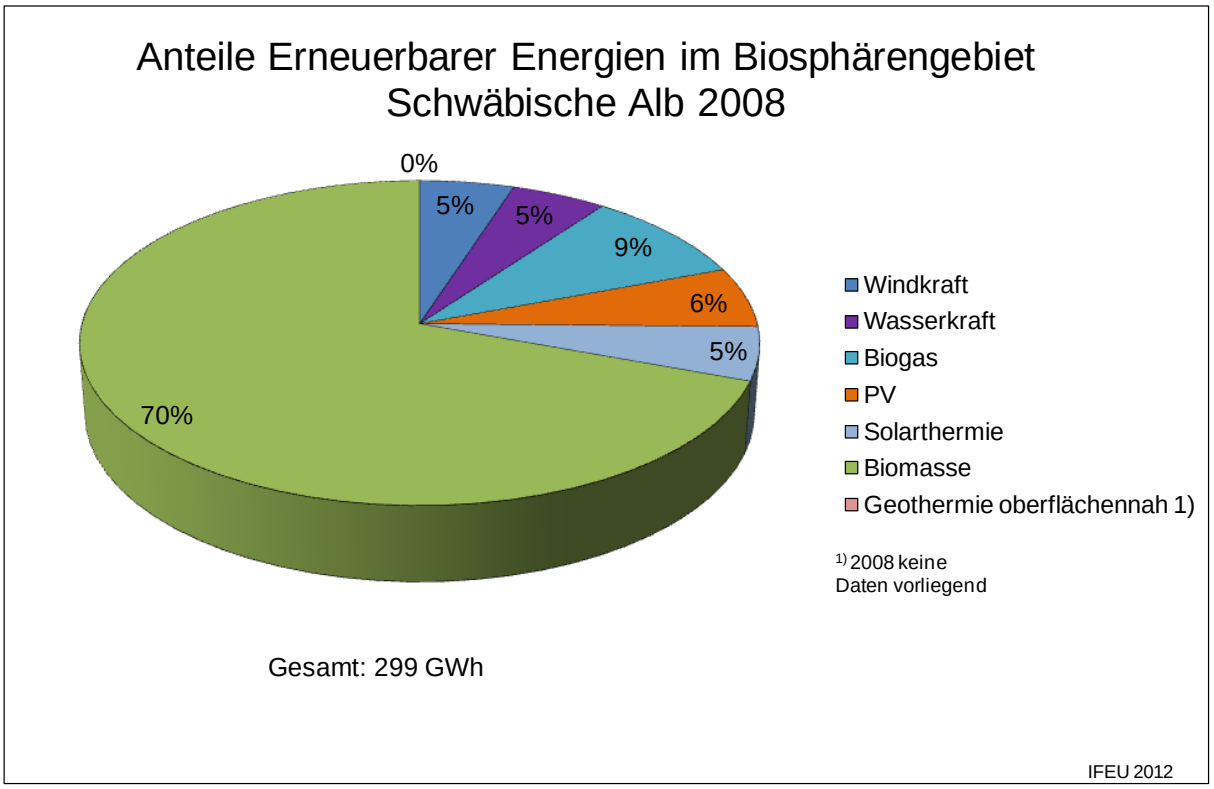


Abbildung 5-2: Aufteilung der Erneuerbaren Energien nach Energieträgern

5.2 Grundlagen und Methodik der Potenzialermittlung

Die Potenziale und Szenarien für Erneuerbare Energien im Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurden in einem mehrstufigen Verfahren ermittelt. Zunächst wurde mit Hilfe des Programms 100prosim über die vorliegenden Flächendaten und -nutzungsformen eine erste Abschätzung getroffen. Diese wurden anschließend mit bereits vorliegenden Studien zu Potenzialen Erneuerbarer Energien in der Region abgeglichen. Die konkreten Annahmen für die jeweiligen Energieträger sind in den zugehörigen Unterkapiteln näher ausgeführt.

Diskussionen um den Ausbau Erneuerbarer Energien zeigen, dass es nicht nur ein einziges Szenario geben kann, welches die konkrete Ausbaustrategie für eine Region darstellt. Stattdessen spielen eine Vielzahl von Argumenten und Abwägungen bei der Entscheidung über einzelne Energieträger und Standorte eine wesentliche Rolle. Speziell für Biosphärenreservat-Regionen wie der Schwäbischen Alb sind Naturschutz, Landschaftsschutz- und Tourismus-Belange unter dem Nachhaltigkeitsaspekt aufzuzeigen. Möchte sich eine Region allerdings autark mit Energie versorgen, sind größere Veränderungen nicht zu verhindern.

Die verschiedenen Abwägungen werden berücksichtigt, indem drei unterschiedliche Ausbauvarianten für Erneuerbare Energien dargestellt werden. Es wird für jeden Energieträger (Geothermie, Biomasse, Wind-, Wasser- und Solarenergie) eine Variante erstellt. Fasst man die jeweiligen Varianten für die einzelnen der Energieträger zusammen, bilden die Additionen der ersten beiden Szenarien (Basis, EE-Plus) die äußeren Grenzen eines Entwicklungs-

korridors für den Ausbau Erneuerbarer Energien in der Region. Das BUND-Szenario zeigt auf, inwieweit Erneuerbare Energien ausgebaut werden können, wenn verschiedene BUND-Positionen (vgl. Anhang) berücksichtigt werden. Die Szenarien dienen als Grundlage für die regionalen Akteure, um aufzuzeigen, welche Ziele in der Region verfolgt werden sollen bzw. unter welchen Umständen diese erreichbar sind. Die Szenarien unterscheiden sich wie folgt:

- Basis Szenario: In diesem Fall werden bis 2040 die Erneuerbaren Energien soweit ausgebaut, wie es unter Berücksichtigung verschiedener Belange, wie Naturschutz, Landschaftsschutz oder Tourismusaspekten möglich ist. Bei den Ausbauraten für dezentrale Anlagen werden Ausbauraten im Schnitt der letzten Jahre angenommen. Hier fließen also sowohl die Ausbauraten erfolgreicher Jahre als auch weniger erfolgreicher Jahre ein.
- EE-Plus Szenario: In diesem Szenario liegt der Fokus auf dem Ausbau Erneuerbarer Energien. Es werden jeweils die höchst möglichen Ausbaustufen für die jeweiligen Erneuerbaren Energien angenommen. Die Umsetzung dieses Szenarios birgt ein hohes Konfliktpotenzial, da neben dem Klimaschutz andere Belange weniger berücksichtigt werden. Kontrovers diskutierte Energieerzeugungsvarianten werden hier ebenso berücksichtigt wie ein erhöhter Anbau von Energiepflanzen zur Deckung des Energiebedarfs. Die Ausbauraten für dezentrale Anlagen müssten zudem über denen, aus den bisherigen erfolgreichen Jahren liegen.
- BUND-Szenario: Dieses Szenario wurde auf Grundlage verschiedener bestehender BUND-Positionen entwickelt. Es wird versucht, Natur- und Landschaftsschutzbelange in Einklang mit energiepolitischen Aspekten zu bringen. In den Abwägungsprozessen wird versucht, ein gleichberechtigtes Nebeneinander der verschiedenen Ziele zu erreichen. Die Kompromisse müssen fallweise diskutiert werden. Für die Ausbauraten von dezentralen Anlagen werden bei den jeweiligen Technologien die erfolgreichsten Ausbaujahre angenommen.

Für die verschiedenen Technologien wird nicht auf Einzelanlagen oder konkrete Flächen bzw. Standorte eingegangen, da hier lokalen und regionalen Planungsprozessen nicht vorgegriffen werde soll. Zudem wird empfohlen, bei größeren Vorhaben gegebenenfalls eine Bürgerbeteiligung für eine Steigerung der Akzeptanz zu bedenken.

Die unterschiedliche Nutzung des Potenzialbegriffs bei Studien zum Ausbau der Erneuerbaren Energien führt häufig zu missverständlichen Interpretationen der Ergebnisse. Ursache dafür ist, dass in verschiedenen Studien mit unterschiedlichen Potenzialbegriffen gearbeitet wird. Die Potenzialpyramide aus Abbildung 5-3 zeigt die unterschiedlichen Potenzialbegriffe auf. Im Folgenden soll dies am Beispiel Solarenergie erläutert werden.

Bei Solarenergie kann rechnerisch dargestellt werden, dass mit der Globalstrahlung der Sonne jederzeit jedes Gebiet der Erde energetisch zu weit mehr als 100 % mit Solarenergie versorgt werden kann. Dieses „Theoretische Potenzial“ ist jedoch nicht nutzbar, denn die Sonnenenergie muss zunächst erst durch Kollektoren in nutzbare Energieformen umgewandelt werden, woraus das „Technische Potenzial“ resultiert. Die Kollektoren und die Energieerzeugung sind jedoch mit Kosten verbunden, die wiederum mit anderen Energieträgern konkurrieren. Nur wenn das Kostenverhältnis positiv ist, werden die Anlagen letztendlich auch installiert. Schließlich werden nicht alle wirtschaftlichen Potenziale gleich umgesetzt. Bei der Solarenergie sind die jährlichen Ausbauquoten der begrenzende Faktor (mit denen für ein bestimmtes Jahr nur ein bestimmtes Ausbauziel erreicht werden kann), während es bei anderen Energieträgern wie der Windenergie beispielsweise der Naturschutz ist. Letzt-

endlich ist dieses „Erschließbare Potenzial“ nur noch ein Bruchteil der Energie, die im theoretischen Potenzial zur Verfügung steht.

In der vorliegenden Studie wird anhand der Szenarien versucht, die verschiedenen Potenziale aufzuzeigen. Während sich das Szenario EE-Plus noch im Bereich des wirtschaftlichen Potenzials bewegt, ist das Szenario BUND aus heutiger wirtschaftlicher Sicht bereits schon ein erschließbares Potenzial. Das Szenario Basis wiederum berücksichtigt andere Belange bei der Erschließung und befindet sich dementsprechend im obersten Teil der Pyramide (oberhalb des Szenario BUND).

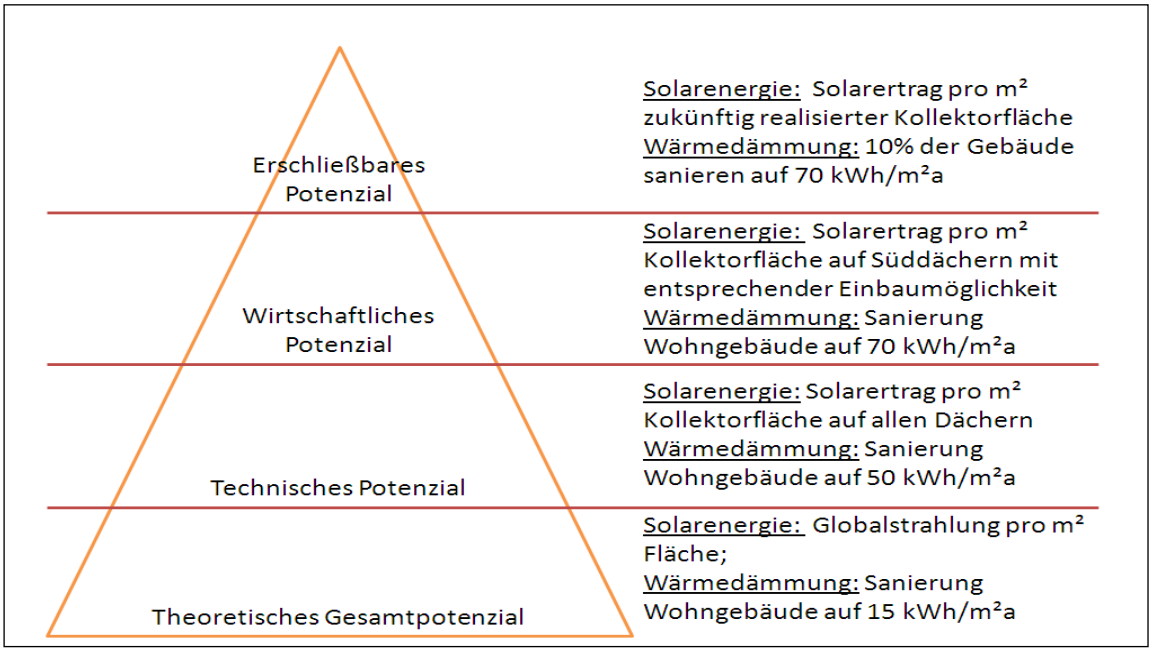


Abbildung 5-3: Potenzialpyramide (Quelle: Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“)

5.3 Potenziale Erneuerbare Energien

5.3.1 Solarenergie

Sonnenenergie steht für eine klimafreundliche Energiegewinnung. Mittels der Sonnenstrahlung lässt sich dezentral – und damit an dem Ort, wo es benötigt wird – sowohl Wärme als auch Strom erzeugen. Ende 2008 waren etwa 11 Mio. m^2 solarthermische Kollektoren auf deutschen Dächern installiert (2010: 14 Mio. m^2). Damit können derzeit etwas unter 1 % der Wärmeerzeugung abdeckt werden. Vor allem aber die Stromerzeugung mittels Photovoltaik-Modulen erlebte dank attraktiver Einspeisevergütungen im EEG in den letzten Jahren einen Boom. Waren es im Jahr 2008 noch 1,8 GWp Zubau (insgesamt 6 GWp), wurden im bisherigen Rekordjahr 2010 7,4 GWp neu installiert. Die insgesamt 17 GWp erzeugten rund 1,9 % des bereitgestellten Stroms in Deutschland.

Auch politische Unwägbarkeiten, wie das Aussetzen des Marktanreizprogramms im Jahr 2010 oder die Reduzierung der Einspeisevergütungen für Solarstrom, werden nicht verhindern, dass weitere große und bisher ungenutzte Potenziale sowohl für Wärme als auch für Strom erschlossen werden. Dazu werden beispielsweise auch die technische Entwicklung und die positive Entwicklung bei der Kosteneffizienz in der Produktion und der Energieeffizienz von Photovoltaik-Modulen beitragen. So werden z.B. Dünnschichtmodule den Einsatzbereich von Photovoltaik (Fassaden, Leichtdächer) weiter ausweiten. Auch der Einsatz von So-

larthermie bietet neue Möglichkeiten. Große Mehrfamilienhäuser könnten zentral versorgt werden und erste Anlagen gehen in Betrieb, in denen solare Wärme auch zur Kühlung im Sommer einsetzbar ist. In der Leitstudie des BMU wird erwartet, dass der Solarstrom im Jahr 2020 einen Anteil von etwa 9% am Stromverbrauch haben wird. Für die Solarthermie, die derzeit vor allem zur Erwärmung von Trinkwasser und der Aufbereitung von heißem Wasser für die Heizungsanlage dient, prognostiziert der Verband bis 2050 einen Anteil von bis zu 30 % am Wärmeverbrauch.

Neben Solarthermie und Photovoltaik sind für andere solare Technologien (Solarthermische Kraftwerke) aus heutiger Sicht in Deutschland kaum nennenswerte Anteile zu erwarten. Deshalb werden diese in der vorliegenden Studie nicht betrachtet.

Aufgrund der im deutschlandweiten Vergleich überdurchschnittlichen jährlichen Sonneneinstrahlung von 1080-1120 kWh/m² bietet sich der Einsatz von Photovoltaik und Solarthermie im Biosphärengebiet besonders an. Für solare Nutzung sind Dachflächen die erste Wahl. Dafür sprechen die dezentrale, verbrauchernahe Energiegewinnung und die weitgehende Freiheit von Nutzungskonkurrenzen. Für eine Ermittlung der Potenziale gilt es deswegen anhand geeigneter Dachflächen unter Berücksichtigung von Neigung, Südausrichtung, baulichen Hindernissen und Verschattung die Potenziale zu ermitteln.

Im Gegensatz zu Dachflächen-Anlagen werden Freiflächen-Photovoltaikanlagen kontroverser diskutiert. Deswegen sollten Freiflächenanlagen nur auf Flächen mit Vornutzung installiert werden. Die weitere Nutzung des Bodens ist durch die Installation von Photovoltaikanlagen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Nicht durch die Vornutzung versiegelte Böden können beispielsweise auch zur Beweidung freigegeben werden. Zudem wird der Boden während der Betriebsdauer der Anlagen geschont und kann regenerieren. Aus Naturschutzsicht ist mit Freiflächenanlagen dennoch sensibel umzugehen. Freiflächen-PV-Anlagen werden nach aktuellem EEG (Stand Januar 2011) nur noch auf Flächen mit bestehender Vornutzung vergütet. Dazu gehören ehemalige Deponieflächen oder Tagebaugebiete, Konversionsflächen, Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen. Der jeweilige Anteil der angenommenen Fläche für Freiflächenanlagen wird in den einzelnen Szenarien erläutert.

Aufgrund der heute weitaus größeren Verbreitung der ertragreicheren kristallinen PV-Module werden in der vorliegenden Studie nur diese eingehender betrachtet. Beliebige Anteile amorpher Module und anderer Zelltechnologien lassen sich bei Bedarf über die Prozentangabe einführen.

Im Biosphärengebiet wurden 2008 etwa 18 GWh Strom aus PV-Anlagen produziert (vgl. EnBW). Bei einem angenommenen Energieertrag von 1.263 MWh/ha pro Jahr entspricht dies einer Fläche von 14,2 ha. Dies entspricht 0,33 % der vorhanden Gebäude- und Freiflächen. Im Verhältnis zum deutschen Durchschnitt 2007 von 0,12 % der Gebäude- und Freifläche (vgl. Schmidt-Kanefendt 2011) ist die Photovoltaik im Biosphärengebiet damit bereits relativ gut ausgebaut.

Für den Einsatz solarthermischer Anlagen werden insbesondere Gebäude mit Warmwasserverbrauch –vor allem Wohngebäude, Gaststätten, Hotels und Sportstätten – bevorzugt. Genaue Daten zu derzeit installierten Solarkollektoren im Biosphärengebiet lagen nicht vor. Es wurde deshalb eine Abschätzung nach den im Marktanreizprogramm installierten Anlagen zwischen 2001 und 2008 vorgenommen. Im Biosphärengebiet wurden im Jahr 2008 demnach etwa 16 GWh Wärme aus Solarthermie genutzt.

Die Abschätzung der Potenziale für Solarenergie erfolgte in der vorliegenden Studie u.a. anhand der Szenariosoftware 100prosim. Zusätzlich wurde ein Abgleich mit aktuellen und zu-

künftig zu erwarteten Zubauraten in der Region sowie deutschlandweiten und regionalen Potenzialstudien (Roland Berger/Prognos 2010, Neckar-Alb 2030, Stadt Metzingen) vorgenommen. Daten zur solaren Effizienz auf Hausdächern, die für einen Teil Baden-Württembergs bereits über das räumliche Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW zur Verfügung gestellt werden, lagen zum aktuellen Zeitpunkt für das Biosphärengebiet leider noch nicht vor. Zu erwartende Zubauraten wurden im Bereich der Photovoltaik aus den Entwicklungen der letzten 10 Jahre nach den EEG-Anlagedaten für die Region abgeleitet. Im Bereich der Solarthermie wurden die Förderdaten des Marktanreizprogramms herangezogen.

Als Richtwerte der für Solarthermie und PV geeigneten Flächen dienen hier die Flächenanteile, die in anderen Studien ermittelt wurden (vgl. Schmidt Kanefendt 2011). Bezogen auf vorhandene Gebäude- und Freiflächen wird demnach ein solar geeigneter Dachflächenanteil von 4 % angenommen. Dies entspricht im Biosphärengebiet etwa 172 ha. Bei der Photovoltaik wird von einem spezifischen Flächenbedarf von 7,2 m² pro kWp ausgegangen (vgl. Kaltschmitt 2006). Mögliche technologische Fortschritte wurden hier konservativ nicht weiter berücksichtigt, so dass mit einem gleichbleibenden Flächenbedarf gerechnet wurde.

Für den Bereich der Solarthermie wird in allen Szenarien davon ausgegangen, dass aufgrund der besseren Wärmeabnahme Solarthermische Anlagen ausschließlich auf Dachflächen installiert werden. Darüber hinaus wird eine maximale Wärmeabnahme für Wärme aus Solarthermie von 150 GWh angenommen.

Szenario Basis

Dem Szenario Basis wird für Photovoltaik eine mittlere Zubaurate entsprechend der Jahre 2005/2006 zugrunde gelegt. Zudem wird aufgrund des Konfliktpotenzials zunächst angenommen, dass keine Freiflächennutzung für Photovoltaikanlagen erfolgt. Für Solarthermie wird die doppelte durchschnittliche Zubaurate der letzten 10 Jahre angenommen. Die bereits relativ hohe Annahme ist vor allem mit der seit 2009 bundesweit bestehenden Pflicht zur Verwendung von Erneuerbaren Energien beim Neubau von Gebäuden (EEWärmeG) zu begründen.

Dies würde bedeuten, dass im Jahr 2040 3,4 % der Gebäude und Freiflächen mit Sonnenkollektoren und Photovoltaik-Modulen bedeckt wären. Dies entspricht 147 ha. Davon wären 81 % der Fläche (117 ha) mit Photovoltaik-Modulen bedeckt, was einer Erzeugung von 166 GWh entspräche. Die verbleibenden 19 % der Flächen (30 ha) ständen für Solarthermische Kollektoren zur Verfügung, die 106 GWh an Wärmenergie bereitstellen könnten.

Szenario EE-Plus

Im Szenario EE-Plus wird angenommen, dass sich die hohen Photovoltaik-Zubauraten der Jahre 2008-2010 auch weiterhin erzielt werden können. Zusätzlich zu den Dachflächen werden in diesem Szenario auch 1,6 % der Gebäude- und Freiflächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen genutzt (69 ha). Bei der Solarthermie wird die dreifache Zubaurate der letzten 10 Jahre veranschlagt. Damit würde im Jahre 2040 das gesamte in 100prosim angenommene Potenzial an Dachflächen ausgeschöpft (4 % der Gebäude- und Freiflächen, entspricht 172 ha).

Bei einer Aufteilung von 84 % der nutzbaren Dach- und Freiflächen für Photovoltaik-Module sowie 16 % für Solarthermie-Kollektoren ergäbe sich so ein Potenzial von 150 GWh für Wärme aus Solarthermie und 283 GWh Strom aus Photovoltaikanlagen.

Szenario BUND

Der BUND fordert den massiven Ausbau der Photovoltaik, da diese in einem zukünftigen Energiemix einen wesentlichen Beitrag leisten kann. Dabei ist der Anwendung der Photovoltaik an und auf Gebäuden den Vorzug zu geben. PV-Freiflächenanlagen werden vom BUND als derzeit nötiger Bestandteil der Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung grundsätzlich befürwortet. Dabei sollten jedoch verschiedene Restriktionen beachtet werden. In erster Linie sollten für Freiflächen-PV-Anlagen denaturierte oder vorbelastete Flächen verwendet werden.

Im BUND-Szenario wird deshalb angenommen, dass entsprechend dem Szenario EE-Plus alle für eine solare Nutzung geeigneten Dachflächen erschlossen werden können. Im Bereich der Solarthermie wird unter der Annahme der dreifachen Zubaurate der letzten 10 Jahre das gesamte Potenzial von 150 GWh Wärme ausgeschöpft. Alle übrigen geeigneten Dachflächen werden zur Stromerzeugung mittels Photovoltaik genutzt. Für Freiflächen wird allerdings – anders als in Szenario EE-Plus – angenommen, dass nur etwa 0,5 % der Gebäude- und Freiflächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen genutzt werden. Damit könnten 217 GWh Strom aus Photovoltaik bereitgestellt werden.

Tabelle 5-1: Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der Solarenergienutzung (in GWh)

Jahr	2008		2040	
	Wärme (Thermie)	Strom (PV)	Wärme (Thermie)	Strom (PV)
Aktuell	16	18		
Szenario Basis			106	166
Szenario EE-Plus			150	283
Szenario BUND			150	217

5.3.2 Windkraft

Die Windkraft hat seit dem Jahr 2000 in Deutschland einen deutlichen Schub erlangt. Bis 2008 konnte die Stromerzeugung aus Windkraft verfünffacht werden. Mit einer Erzeugung von 40 TWh trug sie bereits zu 6,6 % der Bruttostromerzeugung bei. Dabei sind die Stromentstehungskosten kontinuierlich gesunken. So betragen die Erzeugungskosten je nach Standort nur noch zwischen 5 und 12 Cent je kWh. Mit dem Ausbau von Anlagen in den deutschen Küstengewässern (Offshore) wird ein weiterer Schub für diese Energieerzeugungsart gerechnet. Gleichzeitig können an Land (Onshore) vor allem in den Küstengebieten durch Repowering weitere Potenziale genutzt werden. Doch mit der damit verbundenen verstärkten Netzeinspeisung im Norden entstehen Kapazitätsengpässe bei den Versorgungsnetzen Richtung Süden.

Die südlichen Bundesländer werden sich auch bei der Windkraft mehr und mehr ihrer Verantwortung in einer nationalen Energieerzeugungsstruktur bewusst und versuchen nun auch, ihre Windenergiepotenziale auszunutzen. Ziel der baden-württembergischen Landesregierung ist es, den Anteil von Windstrom von derzeit 0,9 % an der Bruttostromerzeugung bis 2020 auf 10 % zu erhöhen. Verschiedene Berechnungen (ZSW 2011; BdW 2011) gehen davon aus, dass dafür im Land 1.200-1.500 neue Anlagen installiert werden müssten. Dies entspräche rund 1 % der Landesfläche, die für Windkraft bereit gestellt werden müsste. Im Kli-

maschutzkonzept 2020Plus des Landes wird von einer 100 %-igen Versorgung mit Erneuerbaren Energien bis 2050 gesprochen. Die Windenergie ist dabei für die Deckung von 30 % des Strombedarfs eingeplant. Um diese Ziele zu erreichen, muss die mit dem 10 %-Ziel für 2020 angestrebte Ausbaudynamik auch nach 2020 unvermindert anhalten. 3,5 % der Landesflächen müssten für Anlagentypen nach heutigem Stand der Technik bereitgestellt werden.

Hessen und Rheinland-Pfalz haben bereits das Ziel ausgegeben, 2 % der Landesfläche für Windkraftanlagen zur Verfügung zu stellen. Möchte das Land Baden-Württemberg seine oben formulierten Langfristziele erreichen, müssten ebenfalls mindestens 2 % der Landesfläche für Windenergie genutzt werden[15]. Eine Studie, welche vom Bundesverband für Windenergie in Auftrag gegeben wurde, besagt sogar, dass auf Basis von Geodaten etwa 4,3 % der Landesfläche für eine wirtschaftliche Nutzung außerhalb von Siedlungen, Wäldern und Schutzgebieten für die Nutzung der Windenergie zur Verfügung stehen könnte.

Nach dem neuen baden-württembergischen Landesplanungsgesetz soll die Regionalplanung in Zukunft anstatt Ausschlussgebiete nur noch Vorranggebiete für regional bedeutsame Windkraftanlagen festlegen[16]. Zudem soll der Ausbau der Windkraft natur- und landschaftsverträglich sein und mit Bürgerbeteiligung erfolgen. Die verschiedenen Regionalverbände sind gerade dabei, die Vorgaben der Landesregierung in die zu novellierenden Regionalpläne zu integrieren. In ersten Vorarbeiten wurden dazu auch 33 Flächen im Biosphärengebiet untersucht (vgl. Flächenaufstellung im Anhang)[17]. Die untersuchten Flächen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für das Biosphärengebiet mit seinem besonders schutzwürdigen Charakter bedeutet dies eine genaue Überprüfung jeder der 33 im Gebiet liegenden Flächen anhand Natur- und Landschaftschutzkriterien. In den Regionalplänen sind bereits viele, aus planerischer Sicht bzw. aufgrund der Vorgaben des Landes zu berücksichtigender Punkte geprüft worden. Trotzdem müssen bei der Genehmigung einzelner Anlagen wesentlich mehr Aspekte (z.B. Vogelzug) geprüft werden, so dass aus aktueller Sicht nicht vorhergesehen werden kann, welche der Standorte letztendlich auch für eine Umsetzung in Frage kommen oder aus bestimmten Gründen nicht umgesetzt werden[18].

Derzeit befinden sich im Biosphärengebiet 16 Windkraftanlagen mit einer Leistung von 13,8 MW. Diese konnten im Jahr 2008 15 GWh Strom erzeugen. Der Windatlas des Landes zeigt auf, dass die schwäbische Alb aufgrund ihrer windreichen Hochlagen im Grunde für die Windkraft prädestiniert ist. Bei der Standortsuche wurden seitens der Regionalplanung des-

[15] Hier wird in Zukunft von Anlagen mit höherer Leistung (bis zu 5MW) und mit höheren Nabenhöhen (>140m) ausgegangen.

[16] Die Novelle des Landesplanungsgesetzes soll es zudem Städten und Gemeinden ermöglichen, außerhalb der Vorranggebiete im Rahmen ihrer Planungshoheit Standorte für Windkraftanlagen in ihren Flächennutzungsplänen festzulegen.

[17] In folgenden Fortschreibungen wurden Windkraftgebiete genauer untersucht: Fortschreibung des Regionalplans Neckar-Alb 1993: Überarbeitung des Regionalplans 2009 einschließlich Umweltprüfung (November 2011); Regionalplan Donau-Iller- 4. Teilfortschreibung Nutzung der Windkraft (November 2009)

[18] Nicht abschließend geklärt ist die Rolle des Landschaftsbildes bei der (rechtlichen) Abwägung von Windkraft. Neben der rechtlichen Fragestellung wurde Anfang 2012 ein Expertenworkshop veranstaltet. Dort schlossen die Teilnehmer folgende Flächen zur Windkraftnutzung bereits aus: Albtrauf, Flusstäler (Lautertal, Schmiechtal, Uracher Talspinne…), Aussichtspunkte/ - türme, exponierte Orte (Zwiefalten, Lichtenstein, …), unzerschnittene Flächen (Truppenübungsplatz)

wegen neben der Windgeschwindigkeit (5,5 m/s Durchschnittsgeschwindigkeit in 100m Höhe) zunächst alle rechtlichen und planerischen Kriterien für Windkraftanlagen betrachtet. Der Regionalverband Neckar-Alb hat zudem versucht, in der ersten Analyse eine Bündelung von Anlagen zu erreichen, indem nur Standorte untersucht wurden, auf dem – unter Berücksichtigung der Mindestabstände zwischen den Anlagen – mehr als drei Windkraftanlagen errichtet werden können[19]. Als Referenzanlage wurden Anlagen mit 2 MW Leistung und einer Nabenhöhen von 100 m zu Grunde gelegt.

In den Regionalplänen wurden für die in Frage kommenden Gebiete folgende planerischen Ausschlusskriterien bereits mit entsprechenden Abständen berücksichtigt: Siedlungsflächen, Freizeit- und Siedlungsgrün, Infrastruktureinrichtungen, Naturschutzgebiete, Wälder (Bannwälder, Schonwald, Biotope nach Landeswaldgesetz). Für einen Großteil der Flächen werden für die Schutzgüter Mensch (Abstandsflächen), Sachwerte/Kulturelles Erbe Boden und weitestgehend auch Wasser keine großen Konfliktpotenziale gesehen. Beim Schutzgut Landschaft muss für einige potenzielle Gebiete das Konfliktpotenzial für Anlagen geklärt werden, da diese beispielsweise in Landschaftsschutzgebieten liegen. Genauer untersucht werden müssen im Rahmen der weiteren Planung auch mehrere Gebiete aufgrund ihrer Auswirkungen auf das Schutzgut Fauna/Flora/biologische Vielfalt. So können sich für einige der Gebiete erhebliche Konflikte mit vorhandenen Biotopen, Pflegezonen des Biosphärengebiets sowie Vogelzug ergeben. Zudem sollten in der Folge für Einzelflächen auch noch nicht abschließend berücksichtigte lokale Begebenheiten wie Fledermausvorkommen und die Rolle des Standorts für Vogelzug untersucht werden.

Insgesamt fließen 33 von den Regionalverbänden Neckar-Alb und Donau-Iller in Betracht gezogene Standorte bzw. deren Bewertungen in die Entwicklungsmöglichkeiten ein[20]. Der Umgang mit den oben beschriebenen Schutzgütern bzw. den Konfliktpotenzialen wird in den Szenarien unterschiedlich bewertet (s.u.). Diese Bewertung möchte einer detaillierten Einzelstandortsanalyse, beispielsweise im Rahmen einer UVP, nicht vorgreifen. Die Darstellung und Diskussion einzelner Standorte soll deswegen in diesem Rahmen ausgeschlossen werden. Auch kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht die Frage geklärt werden, welche Rolle Windenergie innerhalb eines Biosphärengebiets spielen soll. Die Abwägung zwischen einem hohen Landschaftswert und der Rolle der Region als Beispielgebiet für nachhaltige Entwicklung muss seitens des Landes und der Biosphärengebietsverwaltung geklärt werden und mit entsprechenden Beschlüssen für die Planung festgelegt werden. Ziel der Szenarien ist es deshalb, richtungsweisend Möglichkeiten aufzuzeigen, mit welchen unterschiedlichen Zielen vor Augen welche Ergebnisse erreicht werden könnten.

In allen drei Szenarien wurden nur Flächen betrachtet, die schon einmal Teil einer regionalplanerischen Untersuchung waren (also größtenteils Flächen mit mehr als drei Anlagen). Potenziale, die Kommunen mit der Ausweisung von Anlagen im Rahmen ihrer Flächennutzungspläne ab Mitte/Ende 2012 zustehen, wurden nicht betrachtet.

Szenario Basis

Im Szenario Basis werden von den 33 untersuchten Flächen (vgl. Anhang) 22 Flächen ausgeschlossen, da auf diesen Flächen bereits seitens der Regionalverbände kleine bis mittlere Konflikte aus Naturschutzsicht zu erwarten sind. Zudem wird angenommen, dass die

[19] Flächen unter 25 ha wurden deswegen nicht weiter untersucht.

[20] Beinhaltet alle Gebiete die auf der Gemarkung von Kommunen innerhalb des Biosphärengebietes liegen.

Höhenbeschränkungen aufgrund militärischer Flugsicherungszonen die Anlagen an einigen Standorten unwirtschaftlich machen würden. Die verbleibenden elf Flächen würden ein Gebiet von 470 ha (0,5 % der Fläche) umfassen, in dem bis zu 40 Windkraftanlagen errichtet werden könnten. Der Stromertrag für diese Anlagen läge nach einer konservativen Schätzung bei etwa 156 GWh[21].

Szenario EE-Plus

In einem Gebiet, in welchem eine gute Windhöffigkeit mit der damit verbundenen maximalen Windausbeute vorliegt, sind Konflikte mit den oben beschriebenen Schutzgütern nicht zu vermeiden. Für ein Biosphärengebiet gilt dies im besonderen Maße, da auch über den Schutzzweck bzw. das Ziel des Gebiets diskutiert werden muss. Im Szenario EE-Plus würden die oben beschriebenen Schutzgüter beachtet, aber im Zweifelsfall zu Gunsten der Windkraft entschieden. In Fällen mit besonders hohem Konfliktpotenzial wird davon ausgegangen, dass eine verringerte Anlagenzahl für den Standort einen Kompromiss darstellt. In diesem Fall könnte man von 31 Standorten mit 160 Windkraftanlagen ausgehen. Die Flächeninanspruchnahme der Anlagen würde 1.680 ha betragen, was etwa 2 % des Gebiets des Biosphärenreservates umfassen würde. Damit könnten mit den betrachteten Anlagentypen ein Stromertrag von 640 GWh pro Jahr erzielt werden.

Das Biosphärengebiet umfasst 2,3 % der Landesfläche. Rechnet man die Ziele aus dem Klimaschutzkonzept 2020+ des Landes von 20,2 TWh Strom aus Windenergie auf die Fläche des Biosphärengebiets um, so ergibt sich ein theoretisch benötigter Windertrag von 478 GWh pro Jahr. Da der Windatlas des Landes jedoch aufzeigt, dass das Untersuchungsgebiet neben den Kammlagen des Schwarzwaldes die besten Windhöffigkeiten im Land aufweist, ist davon auszugehen, dass zur Erreichung der Landesziele in jedem Fall mindestens der für das Szenario EE-Plus berechnete Wert im Untersuchungsgebiet bereit gestellt werden müsste.

Szenario BUND

Im Szenario BUND werden ebenfalls die oben angesprochenen Naturschutzkonflikte berücksichtigt. Das gemeinsame Positionspapier zu Windkraft von BUND und NABU zum Windenergieausbau geben hier die Möglichkeiten vor. Es wird davon ausgegangen, dass für einige der oben ausgeschlossenen Flächen Kompromisse (Geringere Anlagenzahl, Ausgleichsmaßnahmen bzw. Konzentration auf Flächen mit geringerem Konfliktpotenzial) geschlossen werden. Unter dieser Annahme könnten auch wenige Anlagen in Pflegezonen des Biosphärengebiets entstehen, die mit dem Windenergieerlass des Landes nicht komplett ausgeschlossen werden. Flächen mit großem und mittlerem Konfliktpotenzial werden weiterhin ausgeschlossen. So könnten auf 21 Flächen die vorgesehenen oder in verringerter Zahl dargestellten Windkraftanlagen erschlossen werden. Für die Anlagen wurde ein Flächenbedarf von 867 ha (1,0 %) ermittelt, auf denen etwa 75 Windkraftanlagen stehen könnten. Mit diesen wiederum könnten 300 GWh Strom erzeugt werden.

[21] Hier wird in den Studien von 2000 h/a Vollaststunden ausgegangen, was auf exponierten Standorten durchaus erreicht werden kann. Bei höherer Leistung (z.B. 2,5 MW) der Anlagen und entsprechend höherer Nabenhöhe sinken bei gleichem Ertrag die dafür benötigten Vollaststunden (ca. 1600 h/a). Dies wurde in der vorliegenden Studie jedoch nicht näher betrachtet.

Tabelle 5-2: Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der Windkraft (in GWh)

Jahr	2008	2040
	Strom	Strom
Aktuell	**15**	
Szenario Basis		156
Szenario EE-Plus		640
Szenario BUND		300

5.3.3 Wasserkraft

In Deutschland waren im Jahr 2008 rund 7.700 Wasserkraftanlagen in Betrieb, welche mit 21 TWh für knapp 3,5 % der Stromversorgung verantwortlich waren. Die Potenziale der Wasserkraft sind in Deutschland jedoch weitestgehend erschlossen. Darum liegt der Fokus heute auf der Modernisierung großer Laufwasserkraftwerke, auf der Modernisierung und Reaktivierung bestehender Anlagen und dem Neubau an bestehenden Querbauwerken. Verschiedene Studien schätzen übereinstimmend das, auch unter ökologischen Vorbehalten, heute verfügbare Ausbaupotenzial in Deutschland auf 3 bis 5 TWh/a (+14 % bis +23 %). Die Vergütung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ermöglicht es, für einen Großteil der Vorhaben einen wirtschaftlich sinnvollen Betrieb zu gewährleisten (BMU 2009). Potenziale finden sich hier vor allem in kleineren Anlagen mit 70 bis 1.000 kW Leistung. Hier liegen die Kosten bei 8.500 bis 10.000 Euro je kW installierter Leistung. Die Stromentstehungskosten liegen bei einer Annahme von maximal 5.000 Volllaststunden zwischen 10 und 20 Cent/kWh. Sind die Anlagen kleiner, können diese Werte sogar deutlich höher liegen.

Durch Wasserkraftanlagen im Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurde im Jahr 2008 eine Strommenge von 15,2 GWh erzeugt. Dies entspricht 20 % der Erneuerbaren Stromversorgung in diesem Jahr und deckt 1,4 % des gesamten Stromverbrauchs der Region ab. Die Mittelgebirgsstruktur der Alb mit ihren abfließenden Gewässern ist für die Wasserkraftnutzung innerhalb Deutschlands prädestiniert.

Für die Potenzialanalyse des Biosphärengebiets Schwäbische Alb wurden zwei vorliegende Studien aus dem Jahr 2011 herangezogen, welche die Potenziale in Wasserläufen in Teilbereichen des Biossphärengebiets untersucht haben. Neben der Studie „Wasserkraftpotenziale in Regionalverband Neckar-Alb“ (Hrsg. Regionalverband Neckar Alb) und der Analyse „Erneuerbare Energien in Metzingen“ finden sich die Ergebnisse der Studie „Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele“ (Hrsg. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft) in den Szenarien.

Untersucht wurden dabei die Gewässer Echaz, Elsach, Erms, Große Lauter, Zwiefalter Ach und Lauter, welche zusammen ein Linienpotenzial von etwa 11.500 kW aufweisen. Ein Großteil dieses Potenzials ist bereits heute durch bestehende Anlagen nahezu ausgeschöpft bzw. aufgrund von Naturschutzbestimmungen, Wasserrahmenrichtlinie oder Naturschutz-Bedenken nicht nutzbar. Grundsätzlich gilt für die folgenden Szenarien, dass Einzelstandorte nicht gesondert untersucht wurden, sondern hier vor allem die zusammenfassenden Ergebnisse der Studien vorgestellt werden.

Szenario Basis

Im Szenario Basis wird angenommen, dass die bestehenden Wasserkraftanlagen lediglich optimiert werden, da ein Großteil der Anlagen in ökologisch sensiblen Gebieten mit Schutzcharakter zu finden ist. Das damit verbundene Potenzial wird in der Studie des Regionalverbandes Neckar-Alb mit 15 % angegeben. Bei der Modernisierung der etwa 55 bestehenden Anlagen ist davon auszugehen, dass alle Bestimmungen im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und dem Wasserkrafterlass des Landes eingehalten werden. Diese besagen, dass bis zum Jahr 2015 alle Gewässer in Europa einen guten Zustand aufweisen müssen und in Fließgewässern vor allem eine Durchgängigkeit für Fische und Kleinlebewesen durch ausreichenden Abfluss gegeben sein muss. Mit der Modernisierung ergäbe sich im Szenario Basis somit ein Potenzial von zusätzlich etwa 2 GWh (+13 % gegenüber 2008)[22].

Szenario EE-Plus

Das Szenario EE-Plus orientiert sich an den maximal ausschöpfbaren Möglichkeiten in den beschriebenen Studien (Optimierung, Revitalisierung, Neubau von Kleinstwasserkraftanlagen). Vor dem Hintergrund des hohen Linienpotenzials der regionalen Gewässer wird die Annahme getroffen, dass sich mit der Marktreife und Wirtschaftlichkeit verschiedener Technologien[23] auch im Kleinstwasserkraftbereich unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen weitere Potenziale erschließen lassen. In diesem Szenario wird deswegen angenommen, dass insgesamt bis zu etwa 2/3 des Linienpotenzial abzudecken wären, was einer Verdoppelung der Erzeugung des Jahres 2008 (+ 15 GWh) entspräche.

Szenario BUND

Im Szenario BUND wird weitestgehend davon ausgegangen, dass sich neben der Optimierung der Anlagen weitere Potenziale durch eine Revitalisierung von stillliegenden Altanlagen sowie der Installation von Neuanlagen unter der Berücksichtigung von ökologischen, technischen und ökonomischen Voraussetzungen ergeben. Demnach könnten neben den bestehenden Anlagen weitere 28 Anlagen revitalisiert werden und darüber hinaus 17 Anlagen nach ökologischen Gesichtspunkten installiert werden. Ein Großteil der Revitalisierung und des Baus von Neuanlagen befände sich im Lauf der Erms und der Echaz. Demnach könnten gegenüber 2008 weitere 7 GWh an Potenzial erschlossen werden (+46 %). Die Studie zum Ausbau Erneuerbarer Energien in Metzingen zeigt hier alleine sieben Standorte auf, die zusätzlich 1,5 GWh Strom pro Jahr erzeugen könnten.

[22] Eine Bewertung der spezifisch- ökologischen Anforderungen nach dem Wasserkrafterlass einzelner Standorte ist im Rahmen der vorliegenden Studien nicht erfolgt.

[23] z.B. Wasserrad, Lamellenturbine, oder Wasserkraftschecke

Tabelle 5-3: Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der Wasserkraftnutzung (in GWh)

Jahr	2008	2040
	Strom	Strom
Aktuell	**15**	
Szenario Basis		17
Szenario EE-Plus		30
Szenario BUND		22

5.3.4 Biomasse

Die Verbrennung von Biomasse spielt in Deutschland schon immer eine wichtige Rolle bei der Energieversorgung. Durch Förderprogramme (Marktanreizprogramm), EEG und nicht zuletzt aufgrund des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetztes konnte sich der Marktanteil in den letzten Jahren kontinuierlich erweitern. Im Jahr 2008 lag der Anteil der Biomasse am Endenergieverbrauch bei 6,8 % (2010 bereits bei 7,9 %)[24]. Im Strombereich konnten im Jahr 2008 Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse ca. 4,5 % (2010 5,5 %) und im Wärmesektor 7,3 % (2010: 9 %) Marktanteil erzielen. Mit derzeit 7.100 Anlagen konnte in Deutschland ein neues wirtschaftliches Standbein für die Landwirtschaft entstehen. Mit der Möglichkeit der direkten Biogaseinspeisung wird es in Zukunft auch die Möglichkeit gegeben, Biogas aus dezentralen Anlagen zu transportieren und an einem anderen Ort zu nutzen.

Von den 16,9 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche wurden im Jahr 2008 auf ca. 10 % (1,6 Mio. ha) Pflanzen zur energetischen Nutzung angebaut. Diese Fläche kann nach einer Studie des Deutschen Biomasse-Forschungszentrums und der Universität Hannover bis 2020 auf 3,7 Mio. ha verdoppelt werden, ohne dass Nutzungskonkurrenzen gegeben wären oder die Nahrungsmittelsicherheit in Deutschland gefährdet wäre[25]. Bei einer Reduktion der Anbaufläche von 13,2 Mio. hätten Energiepflanzen auf Agrarflächen einen Anteil von 28 % der Fläche.

Ein weiteres großes Potenzial wurde von der Agentur für Erneuerbare Energien in der Verwertung von Reststoffen (Waldrestholz, Landschaftspflegeholz, organische Abfälle etc.) ermittelt. Bei einer vollständigen Reststoffnutzung könnten Biomasseanbauflächen von bis zu 4,1 Mio. ha ersetzt werden.

In Baden-Württemberg stehen jeweils etwa 39 % der Landesfläche als land- und forstwirtschaftliche Flächen zur Verfügung (insgesamt 2,8 Mio. ha). 5 % der Fläche wird derzeit für die energetische Nutzung benötigt. Im Biomasseaktionsplan wird davon ausgegangen, dass ein Ausbau der Nutzung auf 10 %-15 % der landwirtschaftlichen Flächen problemlos durchführbar wäre. Insgesamt wird im Biomasseaktionsplan für das Jahr 2050 von einer Nutzung von 150 PJ ausgegangen, von welchen 20 PJ durch Importe gedeckt werden. Ein Großteil des zusätzlichen Bedarfs gegenüber 2008 (+63 %) wird durch die verstärkte Nutzung von

[24] Quelle: Bundesverband BioEnergie e.V.

[25] Gegenüber 2008 wären dies 1 Mio. ha Zuwachs durch Ertragssteigerungen, 0,8 Mio. ha durch Nutzung von Brach- und sonstigen Flächen sowie 0,4 Mio. ha Nachfragerückgang für Futter und Nahrungsmittel infolge Bevölkerungsrückgang sowie -0,1 Mio. ha durch Flächenbedarf für Siedlungs- und Verkehrsfläche.

Reststoffen gewährleistet. Im Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurden im Jahr 2008 etwa 209 GWh Wärme aus Biomasse gewonnen. Weitere 27 GWh Strom konnten durch EEG-Anlagen in das Netz eingespeist werden. Die ermittelten Werte sind Endenergieangaben, die noch keine Rückschlüsse auf die Herkunft der Biomasse zulassen. In Baden-Württemberg gab es beispielsweise im Jahr 2008 eine Importquote von 20 % der verfeuerten Biomasse.

Die folgenden Szenarien wurden mit dem Programm 100prosim berechnet. In diesem wurden anhand vorliegender Flächendaten und Anbauformen die Potenziale berechnet. Zusätzlich lag eine durch die Hochschule Rottenburg im Auftrag des BUND erstellte Studie zur Nutzung von Restholz aus Landschaftspflege für das PLENUM- und Biosphärengebiet Schwäbische Alb zu Grunde. Die dort ermittelten Potenziale von jährlich 18.000 Tonnen fließen in alle drei Szenarien ein. Weitere Reststoffe (Biogene Rest- und Abfallstoffe aus Siedlung, Gewerbe und Industrie) werden aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt.

Der wesentliche Unterschied in den Szenarien ist die Nutzung der vorhandenen Flächen für energetische Zwecke. In allen Szenarien wird die stoffliche Nutzung von Biomasse (z.B. Petrochemie) immer wichtiger werden. Dieser Umstand wird in den folgenden Szenarien berücksichtigt. Zudem wird davon ausgegangen, dass in einem nachhaltigen Energiesystem nur noch ein Bruchteil des Biopflanzenanbaus in die Kraftstoffnutzung fließen wird, da dies aus ökobilanzieller Sicht die ungünstigste Nutzungsform von Biomasse ist. Stattdessen wird angenommen, dass die durch Biomasse bereitgestellte Energie in strombasierten Technologien genutzt wird (z.B. Elektromobilität).

Szenario Basis

Im Szenario Basis wird angenommen, dass sich der Anbau von Energiepflanzen (Biogasproduktion) gegenüber 2008 (ca. 7 %) nur noch leicht steigern wird. 10 % der Agrarfläche im Jahr 2008 würden dann für den Anbau von Biogaspflanzen genutzt. Mit einem gleichzeitigen Rückbau von Ölpflanzen würde sich der Anteil der Energiepflanzen an der Agrarfläche gegenüber 2008 reduzieren. Gleichzeitig wird eine Extensivierung der Landwirtschaft angenommen, wodurch es zu einer Minderung des Bruttoenergiebetrags auf 20 MWh/ha kommen würde. Von der in Biogasanlagen erzeugten Wärme könnte aufgrund fehlender Abnehmer nur die Hälfte für Kühl- und Wärmezwecke nutzbar sein.

Auch bei der holzartigen Biomasse gibt es in diesem Szenario keine größeren Veränderungen. Schmidt-Kanefendt geht in seinem 100prosim-Tool davon aus, dass eine nachhaltige Wald- bzw. Holznutzung max. 30 % des jährlichen Zuwachses in die energetische Verwertung laufen sollten[26] (derzeit auf den Zuwachs in Deutschland bezogen 63 %). Im Szenario Basis würde durch eine extensivierte Holzwirtschaft mit Konzentration auf die stoffliche Nutzung nur noch 25 % des Zuwachses für energetische Zwecke genutzt. Weitere 5 % des Zuwachses würden mit den gleichzeitig zusätzlichen zur Verfügung stehenden Mengen aus der Restholznutzung beispielsweise zentral in einem Biomasseheizkraftwerk verfeuert.

Die Nutzung von Stroh spielt in diesem Szenario keine Rolle, da angenommen wird, dass es vollständig zur Tierhaltung oder für die Humusbildung auf dem Acker benötigt wird.

Insgesamt könnten mit dieser Potenzialnutzung 42 GWh Strom und 196 GWh Wärme (32 GWh durch zentrale Bereitstellung) erzeugt werden. In diesem Szenario wird zudem noch ein Nachhaltigkeitsaspekt berücksichtigt, der neben dem regionalen Angebot auch die regionale Nachfrage berücksichtigt. Ein Bewertungsansatz für Biomasse seitens des Instituts

[26] Derzeit werden, bezogen auf den Zuwachs in Deutschland, 63% des Zuwachses der energetischen Verwertung zugesteuert.

für Wohnen und Bauen schlägt vor, dass Biomasse als knappes Gut nicht unnötige in ineffizienten Gebäuden verfeuert wird. Es wird deswegen empfohlen, im Rahmen eines Biomassebudgets maximal 30 kWh Biomasse /m^2 Wohnfläche als nachhaltige Nutzung festzulegen. Die oben beschriebenen 196 GWh Wärme liegen (unter der Berücksichtigung von Verbräuchen in den anderen Sektoren) in etwa in diesem Bereich.

Szenario EE-Plus

In diesem Szenario würden 30 % der Ackerflächen, und damit 50 % mehr als es im Programm 100prosim empfohlen wird, für die Produktion von Energiepflanzen bereitgestellt. Dabei wird von der Annahme der oben beschriebenen Studien ausgegangen, dass dies ohne Nutzungskonkurrenzen (Nahrung, Naturschutz) möglich wäre. Auch die energetische Holznutzung würde, bezogen auf den rechnerischen jährlichen Zuwachs, nur geringfügig aufgrund verstärkter Nachfrage für die stoffliche Nutzung zurückgehen. In diesem Fall würden 50 % des Zuwachses direkt in die energetische Verwertung fließen. Die Nutzung von Stroh wird auf das maximal nutzbare Maß von 33 % angesetzt, das jeweils zur Hälfte zur Strom und Wärmeproduktion genutzt werden würde.

Insgesamt könnten in diesem Szenario die Wärmebereitstellung durch Biomasse gegenüber 2008 um 50 % erhöht werden. Durch eine deutliche Erhöhung von Biogasanlagen in der Region könnte der Stromertrag gegenüber 2008 sogar verfünffacht werden.

Szenario BUND

Im Szenario BUND würde es zu einer Verdreifachung der Flächen für Pflanzen für die Biogasproduktion kommen. Mit einem Anteil von 20 % an den Agraranbauflächen der Region wäre aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten mit diesem Anteil nach 100prosim das Maximum erreicht. Dabei ist auf eine Diversifizierung bei der Anpflanzung zu achten. Die energetische Holznutzung würde nur zwei Drittel der heutigen Entnahmen entsprechen (insgesamt 40 % des jährlichen Zuwachses). Hier wird davon ausgegangen, dass aufgrund der stofflichen Nutzungskonkurrenz die Nachfrage zwar zurückgeht, allerdings mit steigenden Energiepreisen die Nachfrage weiterhin über den im 100prosim empfohlenen Mengen liegen wird. Auch in diesem Szenario würden die in der vorliegenden Restholzstudie ermittelten Mengen zentral in einem Biomasse-HKW verfeuert werden. Etwa die Hälfte der vom IFEU 2010 vorgeschlagenen maximalen Entnahme für Stroh auf Ackerflächen (33 %) würden zur Strom und Wärmeerzeugung genutzt werden.

Insgesamt könnte in diesem Szenario die durch Biomasse gewonnene Wärmemenge gegenüber 2008 leicht auf 257 GWh erhöht werden. Etwa 68 GWh würden davon zentral in Wärmenetzen bereit gestellt werden. Die Stromproduktion in Biogasanlagen würde mit 90 GWh in diesem Szenario gegenüber 2008 etwa der 3,5 fache Menge entsprechen.

Tabelle 5-4: Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der Biomasse (in GWh)

Jahr	2008		2040	
	Wärme	Strom	Wärme	Strom
Aktuell	207	27		
Szenario Basis			196	42
Szenario EE-Plus			311	136
Szenario BUND			253	90

5.3.5 Geothermie

Die Geothermie stellt zukünftig nicht nur ein bisher wenig erschlossenes Potenzial dar, sondern insbesondere ihre ganzjährige Verfügbarkeit macht sie für den Energiemarkt interessant. Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden. Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kommt zur Anwendung, um einzelne Gebäude mit Wärme zu versorgen. Tiefengeothermische Kraftwerke mit Bohrungen bis in 5.000 m Tiefe können sowohl Wärme als auch Strom liefern. Zurzeit ist der größte Anteil der geothermisch genutzten Energie Wärme.

Tiefe Geothermie

Tiefengeothermie basiert auf der Tatsache, dass die Temperatur in der Erdkruste mit zunehmender Tiefe steigt. Ursache für die erhöhten Temperaturen ist der Erdwärmestrom, der vom heißen Erdkern und aus radioaktiven Zerfallsprozessen in der Erdkruste gespeist wird und zur kälteren Erdoberfläche hin gerichtet ist. Die sich daraus ergebende Temperaturerhöhung beträgt im Durchschnitt 3 K pro 100 m Eindringtiefe. Regional schwankt dieser Wert jedoch oft stark. Im Bereich geothermischer Anomalien können die Temperaturen schon in geringer Tiefe mehrere hundert Grad betragen. Auch in Deutschland gibt es Gebiete, in denen der Temperaturgradient gegenüber dem Durchschnittswert wesentlich erhöht ist. Eines davon liegt direkt im Biosphärengebiet im Bereich des Kirchheim-Uracher-Vulkangebietes.

Im Vergleich zu anderen Erneuerbaren Energien steht die Nutzung der tiefengeothermischen Energie noch weit am Anfang. In Deutschland gibt es dabei bisher hauptsächlich Projekte, die hydrothermale Quellen zur Energiegewinnung nutzen. Dieses Potenzial ist jedoch an das Vorhandensein unterirdischer Wasserleiter gebunden. Ein erheblich größeres Potenzial liegt in der Nutzung der thermischen Energie des heißen Tiefengesteins über das Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR), da dieses überall in Deutschland vorhanden ist. Insbesondere aufgrund der hohen Bohrkosten können die vorhandenen großen Potenziale noch nicht wirtschaftlich erschlossen werden. Für eine Bohrung bis in 5.000 m Tiefe müssen derzeit mehrere Millionen Euro veranschlagt werden. Mit der Weiterentwicklung der notwendigen Technologien könnte die Tiefengeothermie in Zukunft jedoch eine lohnende Energiequelle sein. Für eine Wirtschaftlichkeit spielen darüber hinaus die Entwicklungen der Energiepreise sowie vorhandene Verteilernetze und Abnehmer für Fernwärme eine zentrale Rolle.

Bedenken – vor allem hinsichtlich der HDR-Technologie – bestehen in möglichen Erdbeben, die durch die hydraulische Stimulation auftreten könnten. Auch Wechselwirkungen zwischen verschiedenen HDR-Anlagen, die durch mögliche unterirdische Verbindungen der Risssysteme entstehen könnten, sind im Voraus nicht abschätzbar. Zudem sind die langfristigen Folgen der Auskühlung des Untergrundes bisher noch nicht genauer untersucht.

Hintergrund: Ist Geothermie eine Erneuerbare Energiequelle?

Die bisher realisierten oder geplanten Tiefengeothermie-Projekte sind meist so ausgelegt, dass weitaus mehr Energie gefördert wird, als der Erdwärmestrom von 0,063 W/m² nachliefern kann. Die gewonnene Energie stammt somit fast ausschließlich von gespeicherter Erdwärme aus Tiefenwasser oder Gestein, welches durch die Entnahme abkühlt. Damit ist die Nutzungsdauer begrenzt auf die Zeitspanne, innerhalb der die Temperatur des Wärmespeichers auf einen nicht mehr nutzbaren Wert absinkt. Die anschließende Wiederaufladung durch den Erdwärmestrom nimmt ein Vielfaches dieser Zeitspanne in Anspruch. Nur bei extensiver Nutzung wäre die Tiefengeothermie dauerhaft nutzbar. Ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen ist damit jedoch kaum zu erreichen.

Im Biosphärengebiet Schwäbische Alb befindet sich in der Region um Bad Urach eine geothermische Anomalie (Schwäbischer Vulkan). Der Temperaturgradient ist dort im Vergleich

zum deutschen Durchschnitt stark erhöht. Für die Nutzung der geothermischen Energie hat dies den Vorteil, dass die gewünschte Temperatur bereits in geringer Tiefe erreicht wird und dadurch niedrigere Bohrkosten sowie geringere Investitionskosten anfallen.

Zur Ausnutzung dieser Temperaturanomalie als Forschungsprojekt zur Erkundung der Geothermie wurde deshalb in den Siebzigerjahren das HDR-Projekt Bad Urach gestartet[27]. Ziel war eine geothermische Stromerzeugung und eine Erdwärmeversorgung eines Großteils der Stadt. In Bad Urach bot sich damit auch die Möglichkeit die Anwendbarkeit der HDR-Technik im kristallinen Grundgebirge außerhalb des Oberrheingrabens und damit in anderen geologischen Verhältnissen zu untersuchen. Zurzeit wird das Geothermie-Projekt in Bad Urach jedoch (aufgrund fehlender Finanzierung) nicht weiterverfolgt. Andere Projekte und Anlagen zur Nutzung tiefengeothermischer Energie sind im Biosphärengebiet nicht vorhanden. Somit wurde dort im Jahr 2008 keine Energie aus Tiefengeothermie gewonnen.

Für eine Abschätzung der zukünftigen Tiefengeothermie-Potenziale im Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurden verschiedene vorliegende Studien bzw. die dort getroffenen Annahmen herangezogen: die Machbarkeitsstudie für ein HDR-Wärme- und Stromnutzungskonzept in Bad Urach von HYDRO-DATA (2009), die Potenzialstudie Erneuerbare Energien in Metzingen des Arbeitskreis Klima und Energie Metzingen (2005), sowie das EnergieSzenario Neckar-Alb 2030 des Vereins Sonnenenergie Neckar-Alb e.V. (2009). Zudem wurden Experten um ihre Einschätzung gebeten (Hydro-Data, Stadtwerke Bad Urach).

Szenario Basis

Im Szenario Basis wird dem Umstand Rechnung getragen, dass unter Berücksichtigung der Regenerationsfähigkeit der Erdwärme eine energiewirtschaftliche Nutzung der Tiefengeothermie nicht wirtschaftlich genutzt werden kann. Eine Nutzung der Tiefengeothermie wird deshalb nicht verfolgt. Auch tiefen Erdwärmesonden werden nicht eingesetzt. In diesem Szenario wird deshalb bis 2040 im Biosphärengebiet keine Energie aus tiefer Geothermie bereitgestellt.

Szenario EE-Plus

Im Szenario EE-Plus wird angenommen, dass am Standort Bad Urach eine HDR-Anlage realisiert wird und zusätzlich noch zwei weitere Tiefengeothermie-Kraftwerke an Standorten errichtet werden, bei denen die bereits erprobte hydrothermale Technik zum Einsatz kommt. Voraussetzung hierfür ist, dass entsprechende Projekte in Zukunft wieder gefördert werden. Aufgrund der bestehenden Wärmeanomalie sowie der bereits bestehenden Bohrungen und der Kenntnis der Untergrundverhältnisse ist dann in der Region um Bad Urach zuerst mit der Wirtschaftlichkeit einer HDR-Anlage zu rechnen. Zudem legen Geologische Untersuchungen nahe, dass hydrothermale Vorkommen zumindest im östlichen Teil des Biosphärengebiets mit der notwendigen Temperaturen (150-200 Grad) vorliegen könnten. Beim Energieertrag der Anlagen werden Referenzwerte von bestehender Anlage in Unterhaching zu Grunde gelegt[28]. Daraus ergäben sich ein Stromertrag aller Anlagen von 34 GWh/a sowie ein Wärmeertrag von 238 GWh/a. Um die Wärmeabnahme zu sichern würden dabei insbesondere Stan-

[27] Bereits seit Mitte der 70er Jahre versorgt eine hydrothermale Quelle das dortige Thermalbad. Diese Thermalquelle ist eine der stärksten und mit 61° C Lagerstättentemperatur auch eine der wärmsten des Landes Baden-Württemberg. Die Bohrung hat eine Tiefe von etwa 770 m. Weitere Potenziale aus hydrothermalen Quellen sind in der Region jedoch noch nicht erforscht.

[28] Es wird angenommen, dass eine geringere geothermale Leistung vorliegt als in Unterhaching. Die aktuellen Werte des Unterhachinger Werkes werden trotzdem erreicht, da mit Optimierung der zukünftigen Anlagen höhere Auslastungsgrade angenommen werden.

dorte mit industriellen Großabnehmern sowie dichtbesiedelte Gebiete bevorzugt. Da eine wirtschaftliche Nutzung der oben beschriebenen Anlagen in der Region noch nicht durch Bohrungen verifiziert werden kann, werden die damit verbundenen Potenziale in Tabelle 5-5 in Klammern gesetzt.

Szenario BUND

Der BUND spricht sich für die Nutzung von tiefer Geothermie als Grundlast aus. Einer intensiven und breiten Nutzung der theoretischen Potenziale stehen jedoch noch viele technische und wirtschaftliche Hemmnisse entgegen. Eine deutlich erweiterte Nutzung der Geothermie setzt zudem den Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen voraus. Nach Ansicht des BUND bietet die Geothermie ein hohes Energiepotenzial, doch es zu nutzen ist sehr aufwändig, teuer und die Bohrrisiken sind erheblich. Deshalb sollten derartige Projekte durch Zuschüsse und Bohr-Bürgschaften gefördert werden.

Im BUND-Szenario wird deshalb davon ausgegangen, dass – wie in Szenario EE-Plus – drei Tiefengeothermie-Kraftwerke errichtet werden. Aufgrund der großen Unsicherheit bei der zukünftigen Entwicklung der Geothermie, werden auch hier die berechneten Potenziale in Tabelle 5-5 in Klammern gesetzt[29].

Tabelle 5-5: Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der Tiefengeothermie (in GWh)

Jahr	2008		2040	
	Wärme	Strom	Wärme	Strom
Aktuell	0	0		
Szenario Basis			0	0
Szenario EE-Plus			(238)	(34)
Szenario BUND			(238)	(34)

Oberflächennahe Geothermie

Zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme stellt die Nutzung der oberflächennahen Geothermie eine erfolgversprechende Option dar. Bis Ende 2008 waren in Deutschland knapp 350.000 Wärmepumpen installiert, wovon allein 2008 knapp 62.500 neu eingebaut wurden (vgl. BMU 2009). Die vorliegende Studie beschränkt sich dabei auf die Ermittlung der Potenziale von Erdwärmesonden[30]. Diese stellen die häufigste Form der Nutzung oberflächennaher Erdwärme dar. Bezogen auf alle Gebäude- und Freiflächen in Deutschland hatte die mit Gewinnung von Erdwärme beanspruchte Fläche im Jahr einen Anteil von rund 0,06 % (vgl. Schmitt-Kanefendt 2011). Für eine Abschätzung der Potenziale sind insbesondere die geologischen Gegebenheiten im Untergrund sowie vorhandene Wasser- und Quellschutzgebiete zu beachten.

[29] Die Förderung von 25 Ct/kWh aus dem neuen EEG 2012 wurde hier allerdings noch nicht berücksichtigt.

[30] Das Potenzial von Erdwärmekollektoren und der Nutzung von Wärme aus Umgebungsluft wurde in der vorliegenden Studie aufgrund niedriger Jahresarbeitszahlen und häufiger Unwirtschaftlichkeit (zusätzliches Heizsystem bei kalten Temperaturen benötigt) nicht berücksichtigt.

Für die Potenzialanalyse des Biosphärengebiets Schwäbische Alb wurden verschiedene bestehende Studien und Quellen herangezogen, welche sich ebenfalls mit den Potenzialen der oberflächennahen Geothermie in der Region beschäftigt haben[31].

Ein Großteil des Biosphärengebiets – insbesondere der Bereich der Albhochfläche – fällt nach der Karte der „Hydrologischen Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg“ in die Fallgruppe C. Hierbei handelt es sich um Gebiete, in denen die Untergrundverhältnisse für den Bau und Betrieb von Erdwärmesonden wegen bohr- und ausbautechnischer Schwierigkeiten nur eingeschränkt günstig bis problematisch sind (insb. aufgrund der Verkarstung). Zusätzlich ist ein Großteil der Albhochfläche als Wasserschutzgebiet der Zone III / III A ausgewiesen. Bau und Betrieb von Erdwärmesonden sind hier nur mit Ausnahmegenehmigung und unter zusätzlichen Auflagen möglich.

Im nordwestlichen Teil des Biosphärengebiets (Albvorland, Metzinger Raum) ist das Potenzial für oberflächennahe Geothermie dagegen sehr hoch. Wasserschutzgebiete sind hier nur vereinzelt ausgewiesen. Aufgrund der relativen Nähe zur Bad Uracher Wärmeanomalie steigt die Temperatur in dieser Region mit zunehmender Tiefe vergleichsweise stark an. Nach vorliegenden Bohrergebnissen kann dort mit 60 bis 80 W Wärmeenergie pro Tiefenmeter kalkuliert werden. Somit können im nordwestlichen Teil des Biosphärengebiets aus einer 100 m tiefen Erdwärmebohrung etwa 6 bis 8 kW Entzugsleistung gewonnen werden.

Die gegenwärtige Energiebereitstellung durch Wärmepumpen konnte aufgrund nicht vorliegender Daten in der Energie- und CO_2-Bilanz (vgl. Kap. 3) nicht berücksichtigt werden. Für eine Abschätzung des Status quo wird davon ausgegangen, dass der aktuelle Bestand an Wärmepumpen anteilig in etwa dem der Region Neckar-Alb entspricht (vgl. Annahmen aus der Potenzialstudie Neckar-Alb). Im Energie-Szenario Neckar-Alb wurde von einem Wärmeertrag im Jahr 2007 von 14 kWh pro Einwohner pro Jahr ausgegangen. Für das Biosphärengebiet ergäbe sich daraus ein Wärmeertrag von derzeit etwa 2 GWh/a. Dies entspricht etwa einem Anteil von rund 0,03 % der zur Verfügung stehenden siedlungsnahen Freiflächen, der bereits zur Gewinnung von oberflächennaher Geothermie verwendet wird. Der geringere Anteil im Vergleich zu Deutschland lässt sich mit den geologischen Verhältnissen vor Ort sowie den zahlreichen Wasserschutzgebieten erklären.

Die Potenzialabschätzung für oberflächennahe Geothermie im Biosphärengebiet wurde auf Basis der oben erwähnten Studien, Kennwerten der Szenariosoftware 100prosim sowie der geologischen und wasserrechtlichen Gegebenheiten vor Ort getroffen. Darüber hinaus wurde davon ausgegangen, dass Erdwärmesonden vor allem im Neubau oder bei Sanierungen wirtschaftlich installiert werden können. Nach aktuellen Zahlen wird in Deutschland jeder vierte Neubau mit einer Wärmepumpe beheizt.

Szenario Basis

Im Szenario Basis wird angenommen, dass der Ausbau der Erdwärmesonden entsprechend dem derzeitigen bundesdeutschen Durchschnitt verläuft. Im Jahr 2040 würden dann 0,3 % der Gebäude- und Freifläche zur Gewinnung von Wärme aus oberflächennaher Geothermie

[31] Informationssystem für oberflächennahe Geothermie (ISONG) des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Baden-Württemberg, „Energie Szenario 2030 für die Region Neckar-Alb“, „Potenziale zur Nutzung Oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden in der Region Donau-Iller“ des Regionalverbands Donau-Iller“, Potenzialstudie „Erneuerbare Energien in Metzingen“.

genutzt. Dies würde einem Zubau von rund 40 Erdwärmesonden pro Jahr entsprechen. Dies entspräche in etwa dem Einbau einer Wärmepumpe in jedem vierten Neubau, was in den letzten Jahren in etwa auch deutschlandweit der Trend war. Hier wurde bereits berücksichtigt, dass der Wärmepumpenausbau aufgrund der geologischen und wasserrechtlichen Gegebenheiten vorwiegend im Albvorland stattfinden könnte. Im Jahre 2040 könnten so etwa 18 GWh/a aus Wärmepumpen gewonnen werden. Um angegebene Wärmemenge für das Biosphärengebiet bereitzustellen wären 5 GWh elektrische Antriebsenergie pro Jahr notwendig[32].

Szenario EE-Plus

Im Szenario EE-Plus wird ein sehr ambitionierter Ausbau der Wärmepumpen angenommen, so dass die Hälfte aller Neubauten mit Wärmepumpen ausgestattet wird und auch in sanierten Gebäuden fast ein Viertel nachträglich mit Wärmepumpen ausgestattet wird. Damit würden 1,3 % der zur Verfügung stehenden Gebäude- und Freiflächen für die Gewinnung von oberflächennaher Erdwärme beansprucht. Dies entspräche einem Zubau von rund 180 Erdwärmesonden im Jahr. Daraus könnten 76 GWh Wärme pro Jahr bereitgestellt werden. Dafür wären rund 20 GWh elektrische Antriebsenergie notwendig. Mit 1,3 % wären nur 10 % des maximalen Ausbaugrades der Erdwärmesonden (13 % der Gebäude- und Freiflächen), welcher in der 100prosim-Potenzialsoftware angenommen wird, erreicht.

Szenario BUND

Im Szenario BUND wird ein ambitionierterer Ausbau angenommen. Gegenüber der aktuellen bundesdeutschen Ausbaurate könnte diese im Biosphärengebiet verdoppelt werden. Demnach würden jährlich rund 80 neue Wärmepumpen installiert, so dass 2040 ein Gebäude- und Freiflächenanteil von rund 0,6 % für die Gewinnung von oberflächennaher Geothermie beansprucht werden würde. Neben jedem 4. Neubauten würden zusätzlich auch in Niedrigenergiestandard sanierte Altbauten mit Wärmepumpen versorgt. Aus oberflächennaher Geothermie könnten somit etwa 35 GWh Wärme bereitgestellt werden (Hierfür wäre eine elektrische Antriebsenergie von 9 GWh notwendig).

Tabelle 5-6: Übersicht über Entwicklungsmöglichkeiten der oberflächennahen Geothermie (in GWh)

Jahr	**2008**	**2040**
	Wärme	Wärme
Aktuell	**2**	
Szenario Basis		18
Szenario EE-Plus		76
Szenario BUND		35

[32] Annahme: Elektro-Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von mindestens 3,7 und einer Heizleistung bis 100 kW, welche derzeit auch über das Klimaschutz-Plus-Programm des Landes Baden-Württemberg gefördert.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden sollen die ermittelten Ergebnisse aus den Effizienzszenarien (TREND, KLIMA) den verschiedenen Ergebnissen aus den Erneuerbaren Energien-Szenarien (Basis, EE-Plus, BUND) gegenübergestellt werden. Dies geschieht zunächst auf Basis der Endenergie bevor noch eine primärenergetische Betrachtung erfolgt.

6.1 Effekte der verschieden Szenarien

6.1.1 Endenergie

In der Potenzialstudie sollte geklärt werden, ob und inwieweit der Energieverbrauch innerhalb des Biosphärengebiets durch Erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Abbildung 6-1 gibt einen Überblick aus Sicht des Endenergieverbrauchs. Grundlage waren die in Kap. 4.4 und Kap. 5.3 ermittelten Ergebnisse für das Jahr 2040. Es ist ersichtlich, dass keines der Ausbauszenarien für Erneuerbare Energien die beiden Prognosen für den Endenergieverbrauch 2040 vollständig decken könnte.

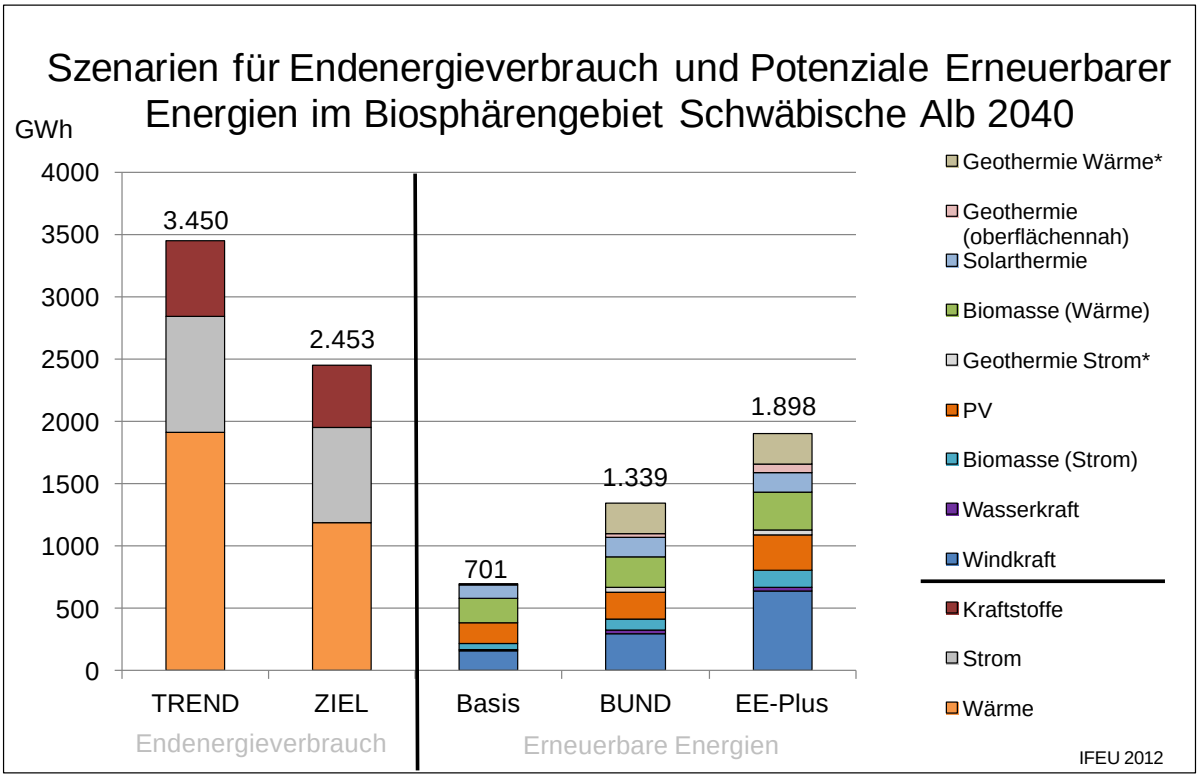


Abbildung 6-1: Gegenüberstellung der Energieeffizienzausblicke und der Szenarien für Erneuerbare Energien

Selbst in dem Fall, dass maximale Einsparungen (ZIEL-Szenario) und ein höchst ambitionierter Ausbau der Erneuerbaren Energien (Szenario EE-Plus) erreicht werden, können maximal 77 % des Endenergieverbrauchs gedeckt werden (vgl. Tabelle 6-1). In der Tabelle sind die verschiedenen endenergetischen Anteile der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch dargestellt. Im oberen Teil der Tabelle beziehen sich alle Werte auf das Effizienz-TREND-Szenario, während die Anteile im unteren Teil der Tabelle die endenergetischen Anteile Erneuerbarer Energien im Effizienz-KLIMA-Szenario darstellen.

Der stationäre Endenergieverbrauch (ohne Verkehr) könnte in diesem Fall durch lokale Erneuerbare Energieträger gedeckt werden (100 %). Während es im Strombereich zu einer Übererfüllung bei der Produktion von Erneuerbaren Energien (157 %) kommen würde, könnten im Wärmebereich 68 % aus Erneuerbaren Energien bereitgestellt werden.

Für den Fall, dass der Endenergieverbrauch nur mäßig sinkt (TREND-Szenario) und die Erneuerbaren Energien im Biosphärengebiet nur sensitiv ausgebaut werden (Szenario Basis), könnten im Jahr 2040 29 % des Endenergiebedarfs mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Ohne Verkehr wäre der Endenergieverbrauch zu 25 % durch Erneuerbare Energien gedeckt. Am Strom- bzw. Wärmeverbrauch hätten die Erneuerbaren Energien einen Anteil von 43 % bzw. 17 %.

Tabelle 6-1: Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für verschiedene Erneuerbaren Energien-Szenarien und die beiden Effizienzpfade

	Szenario Basis	Szenario BUND	Szenario EE-Plus
Effizienz TREND	**20%**	**39%**	**55%**
Effizienz TREND (ohne Verkehr)	25%	48%	68%
Effizienz TREND Strom (ohne Verkehr)	43%	75%	127%
Effizienz TREND Wärme	17%	36%	41%
Effizienz ZIEL	**29%**	**55%**	**77%**
Effizienz ZIEL (ohne Verkehr)	37%	70%	100%
Effizienz ZIEL Strom (ohne Verkehr)	53%	92%	157%
Effizienz ZIEL Wärme	27%	60%	68%

6.1.2 Primärenergie

Die oben aufgeführte Darstellung anhand der Endenergie lässt einen wichtigen Punkt unberücksichtigt: Die Wertigkeit der bereitgestellten Energieformen. So ist Strom ein höherwertiges Produkt als Wärme, da sich Strom nahezu verlustfrei in jede andere Energieform umwandeln lässt. Mit Wärmeenergie ist dies, je nach Temperaturniveau, nur bedingt machbar.

Mit der Bereitstellung von Strom ist jedoch auch ein erhöhter Energieaufwand bei der Umwandlung vorhanden. Beispielsweise wird bei der konventionellen Stromerzeugung für eine kWh genutzten Strom die 2,6 fache Energiemenge bei der Stromerzeugung (Primärenergie) benötigt. Ähnliches gilt bei der Solarenergie. Mit einem Quadratmeter Kollektorfläche können etwa 350 kWh Wärme erzeugt werden aber nur ca. 125 kWh Strom. Rechnerisch könnte man also mit der zur Verfügung stehenden Dachfläche mehr Endenergie (Wärme) gewinnen als in den Szenarien oben angegeben. Rechnerisch scheint eine endenergetische Vollversorgung möglich. Allerdings bleibt dies unberücksichtigt, da einerseits die bereitgestellte Wärmemenge aufgrund des geringen Temperaturniveaus nicht genutzt werden könnte, andererseits Strom als höherwertige Energieform ebenfalls benötigt wird.

Vor diesem Hintergrund ist auch eine primärenergetische Betrachtung der Potenzialergebnisse wichtig. Dies bedeutet, dass untersucht wird, wie viel Primärenergie durch die Bereitstellung lokaler Erneuerbarer Energien eingespart werden kann. Denn nur eine primärenergetische Betrachtung kann die tatsächlich erfolgte Umweltbelastung darstellen. Dazu wurden die in der BMU-Broschüre „Erneuerbare Energien in Zahlen“ gesammelte Faktoren über-

nommen, die den primärenergetischen Aufwand für die Bereitstellung von 1 kWh Endenergie für verschiedene Energieträger berücksichtigen.

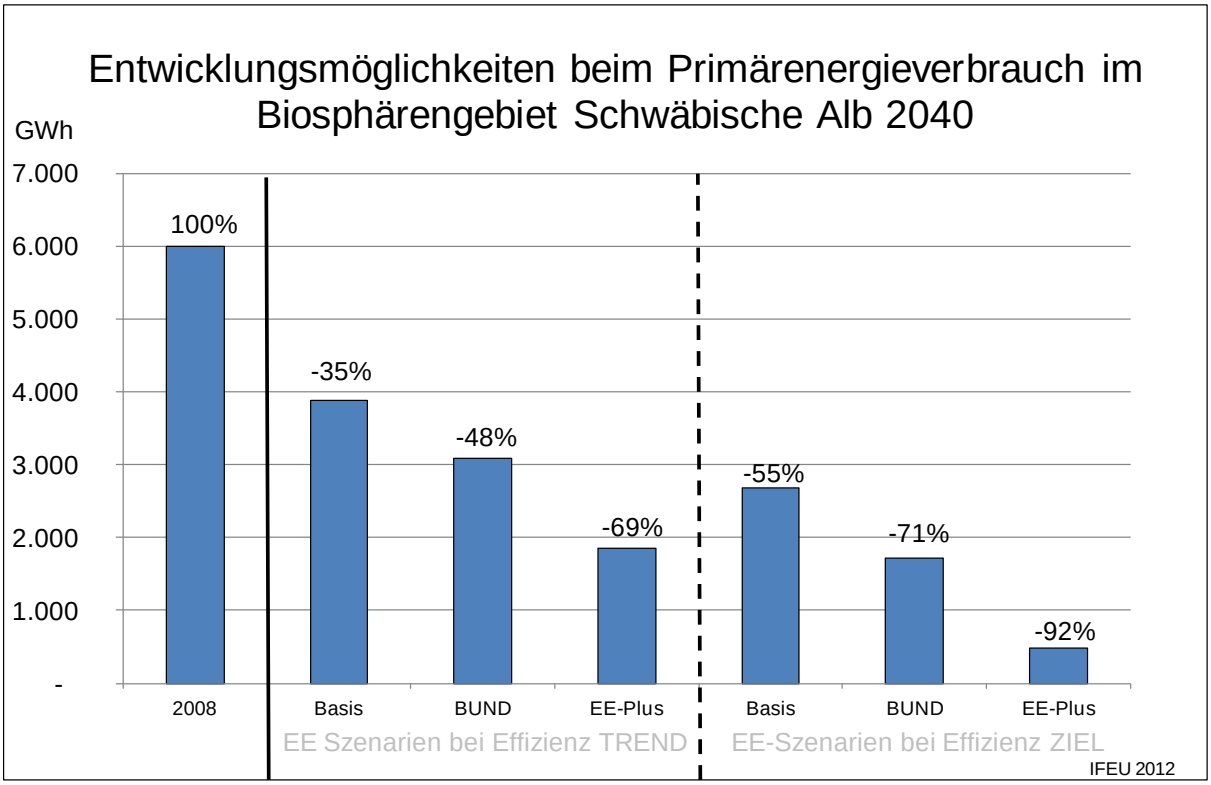


Abbildung 6-2: Primärenergieverbrauch für verschiedene Szenarien im Jahr 2040

Ausgangspunkt der Betrachtung ist der Primärenergieverbrauch im Jahr 2008, der bei knapp 6.000 GWh lag[33]. Folgt man den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung, so müssten 50 % des Primärenergieverbrauchs bis 2050 reduziert werden. Für das Gebiet des Biosphärengebiets würde dies bedeuten, dass 3.000 GWh an Primärenergie eingespart werden müssten. Abbildung 6-2 zeigt, dass für beide Effizienzpfade und die drei Erneuerbaren Energien-Szenarien dieses Ziel nahezu immer erreicht wird. In dem Fall, dass sich der Energieverbrauch im bisherigen Trend entwickelt und das Erneuerbare Energien-Szenario Basis umgesetzt wird, kann der Primärenergieverbrauch allerdings nur um 35 % gesenkt werden. Im Gegensatz dazu können bis zu 92 % Primärenergie gegenüber dem Jahr 2008 eingespart werden, wenn alle technisch-wirtschaftlichen Potenziale umgesetzt werden und Erneuerbare Energien gemäß Szenario EE-Plus ausgebaut werden.

Deutlich wird in den Ergebnissen auch die höhere Wertigkeit des Energieträgers Strom. So wird im Szenario EE-Plus mehr Strom erzeugt als in der Region verbraucht wird. Somit wird weiterhin konventioneller Strom mit hohem Primärenergieverbrauch aus dem Netz verdrängt und der Region als Stromexporteur „gutgeschrieben“. Dies wirkt sich sowohl im TREND- als auch im ZIEL-Effizienzpfad besonders positiv aus.

[33] Für die Darstellung wurde bei konventionellen Energieträgern vereinfacht die Primärenergiefaktoren 1,17 bei Wärmeenergieträgern, 2,6 bei Strom und 1,1 bei Kraftstoffen angenommen.

6.1.3 Klimaschutz (CO_2-Emissionen)

Die CO_2-Emissionen sind eng mit dem Primärenergieverbrauch verknüpft, da hier ebenfalls die gesamten Umweltwirkungen durch die Nutzung verschiedener Energieträger berücksichtigt werden. Der Verbrauch einer Kilowattstunde Strom ist beispielsweise durch den erhöhten Energieeinsatz zur Erzeugung mit wesentlich höheren Emissionen verknüpft (623g CO_2/kWh) als beispielsweise der Verbrauch des Wärmeenergieträgers Erdgas (251g CO_2/kWh).

Bedingt durch die Systematik von kommunalen und regionalen Energie- und CO_2-Bilanzen sind jedoch eine unmittelbare Wirkung des Ausbaus Erneuerbarer Energien in einer Region und die Auswirkungen auf die CO_2-Emissionen nur begrenzt darstellbar. Dies liegt daran, dass nach aktuellem Bilanzierungsstandard für die Berechnung der CO_2-Emissionen aus dem Stromverbrauch ein bundeseinheitlicher Emissionsfaktors herangezogen wird[34]. Derzeit liegt dieser bei den angesprochenen 623 g CO_2/kWh. Inwieweit sich dieser bis zum Jahr 2040 ändern wird ist derzeit noch unklar, da der Ausstieg aus der Atomkraft, der bundesweite Ausbau Erneuerbare Energien und die Rolle der Kohlekraft bei der zukünftigen bundesweiten Stromerzeugung heute noch nicht absehbar sind.

Zudem könnte durch diese Systematik mit dem zu Grunde liegenden Strom-Bundesmix nicht ausreichend dargestellt werden, dass beispielsweise die Region im Erneuerbaren Energien Ausbauszenario EE-Plus sogar Stromexporteur wäre. Würde man jedoch eine Territorialbilanz REGIO (vgl. dazu auch die Systematik im Anhang)rechnen, in der die regionale Stromerzeugung berücksichtigt werden würde, sind ähnliche CO_2-Minderungsraten wie beim Primärenergieverbrauch zu erwarten.

6.2 Weitere Entwicklungspfade

Bis zum Jahr 2040 ist nach den vorliegenden Ergebnissen eine Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien sowohl auf Endenergieseite als auch auf Primärenergieseite in keinem der Szenarien möglich. Im Folgenden soll deswegen ein weitreichenderer Ausblick auf das Jahr 2050 gegeben werden. Zudem wird kurz noch darauf eingegangen, inwieweit nicht betrachtete Aspekte, wie z.B. Verhaltensänderung, eine Rolle für die ermittelten Potenziale spielen.

6.2.1 Ausblick 2050

Ein Ausblick in das Jahr 2050 wurde in der vorliegenden Studie nicht im Detail berechnet. Im Folgenden wird jedoch versucht, anhand der bis zum Jahr 2040 getroffenen Annahmen, einen Ausblick in das Jahr 2050 zu geben. Dabei wurde das Ausbauszenario EE-Plus für Erneuerbare Energien betrachtet, welches bei gleichzeitiger Umsetzung aller technischer und wirtschaftlicher Effizienzpotenziale (ZIEL-Szenario) umgesetzt wird.

Allerdings gilt es hier zu berücksichtigen, dass bereits viele Annahmen, welche aus bundesweiten Studien für das Jahr 2050 übernommen wurden, im ZIEL-Szenario (Energieeffizienz) EE-Plus (Erneuerbare Energien) weitestgehend ausgeschöpft wären, da hier ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt worden wären. Dies bedeutet im Folgenden:

- Effizienz: Im Strombereich fänden sich aus heutiger Sicht über 2040 hinaus nur noch sehr wenige Potenziale, da alle heute bekannten Potenziale bereits ausgeschöpft wären. Im Wärmebereich wären aus heutiger Sicht im Industriebereich ohne Abwande-

[34] Vgl. Exkurs im Anhang

rung keine weiteren Potenziale auszuschöpfen. Lediglich im Gewerbe und Haushaltsbereich könnte im Zeitraum zwischen 2040 und 2050 im Rahmen der Sanierungszyklen weiterhin Energie eingespart werden. Im Verkehrsbereich wird von einer weiteren moderaten effizienzbedingten Einsparung im Kraftstoffbereich ausgegangen. Gleichzeitig wird die Elektromobilität in den Jahren 2040-2050 weiter ausgebaut (50% mehr Stromverbrauch gegenüber 2040).

- Erneuerbare Energien: Es ist davon auszugehen, dass nach 2040 über die im Ausbauszenario EE-Plus berücksichtigten Anlagen bei Wind-, Wasser- und größere Biomasseanlagen hinaus, keine weiteren Potenziale erschlossen werden können. Lediglich kleinere dezentrale Anlagen (Solarenergie, Wärmepumpe, Biomassekessel) können weiter ausgebaut werden. Hier wiederum wäre in den verbleibenden 10 Jahren mit geringeren Ausbauquoten, wie sie bis zum Jahr 2040 ermittelt wurden, zu rechnen, da der Ausbauschwerpunkt mit entsprechend hohen Ausbauquoten vor dem Jahr 2040 lag.

Der Endenergieverbrauch im Biosphärengebiet läge, unter Berücksichtigung der Annahmen, bei noch 54 % des Endenergiebedarfs des Ausgangsjahres (2.290 GWh). Im Biosphärengebiet würden dann noch 1.100 GWh Wärme, 790 GWh Strom (inkl. Verkehr) und 400 GWh Kraftstoffe verbraucht werden. Diesen Verbräuchen ständen die Erzeugung mittels Erneuerbarer Energien von knapp 800 GWh Wärme und etwa 1.165 GWh Strom gegenüber. Damit könnten 86 % des Endenergiebedarfs bzw. 96 % des Primärenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden.

6.2.2 Relevanz nicht berücksichtigter Aspekte

Alle berechneten Potenziale wurden innerhalb der Region des Biosphärengebiets Schwäbische Alb ermittelt. Es handelt sich dabei um technische Potenziale, die sich bei einem mäßig steigenden Energiepreis wirtschaftlich gestalten. Verschiedene Aspekte wurden dabei ausgeklammert:

- Der Ausbau der Offshore-Windkraft oder die Installation von solarthermischen Kraftwerken wird von vielen Experten als wichtiges zukünftiges Standbein bei der nationalen Energieversorgung gesehen. Inwieweit importierter Solarstrom aus Spanien oder Nordafrika Deutschland in einer regionalen Energiebilanz anzurechnen wäre, wird noch Gegenstand kontroverser zukünftiger Diskussionen sein, da auch die anliegenden spanischen und nordafrikanischen Kommunen sich diesen Strom anrechnen lassen wollen. Anders gestaltet sich es bei der Offshore-Windkraft, die in deutschen Küstengewässern steht. Der dort erzeugte Strom kann nicht direkt einer Kommune oder Region zugerechnet werden. Es existieren Ansätze, den dort gewonnen Strom jedem Bundesbürger anteilig zuzurechnen. Im Falle des Biosphärengebiets könnten der Region, sollten sich die Offshore Ausbauprognosen der BMU-Leitstudie bestätigen, weitere 250 GWh an Strom hinzugerechnet werden.
- In der vorliegenden Studie wurden alle Aspekte bei den Potenzialen für Erneuerbare Energien betrachtet, für die bereits Studien oder lokale Daten vorlagen, anhand derer Potenziale abgeleitet werden konnten. Trotzdem konnten nicht alle lokalen Aspekte und Potenziale Erneuerbarer Energien abgedeckt werden. Für einen Großteil dieser Potenzialermittlung müssten Einzelfälle geprüft werden oder eigene Studien, welche sich speziell auf die Region oder einzelne Standorte beziehen erstellt werden. Einige

Technologien wiederum zählen nicht direkt zu den Erneuerbaren Energien, können ein Energiesystem jedoch nachhaltig gestalten.

- (Industrielle) Abwärmenutzung

  Bei vielen industriellen Prozessen entsteht Abwärme, welche ungenutzt in die Umgebung entweichen kann. Abwärmequellen können Produktionsmaschinen oder ganze Anlagen sein. Dazu zählen beispielsweise Öfen, Abwässer aus Wasch-, Färbe- oder Kühlungsprozessen, aber auch Kühlanlagen, Motoren oder die in Produktionshallen anfallende Abluft. Erste Schätzungen gehen davon aus, dass deutschlandweit bis zu 12% des industriellen Endenergiebedarfs in erster Linie von Großunternehmen als Potenzial (mehr als 140°C) nutzbar wären. Hier sind noch nicht die Abwärmepotenziale kleiner und mittlerer Unternehmen berücksichtigt.

- Innovative Nahwärmenutzungskonzepte

  Zur zukünftigen Versorgung hocheffizienter Gebäude mit Erneuerbaren Energien kommt den sogenannten „Low-Ex-Konzepten“ wachsende Bedeutung zu. Darunter fallt z.B. eine gestufte Bereitstellung von Warme auf zwei Temperaturniveaus (Heizwasser / Trinkwarmwasser) oder aber der Anschluss von Niedrigenergiehäusern bzw. -Siedlungen an den Fernwarme-Rücklauf eines konventionellen Fernwärmenetzes mit seinen derzeit noch relativ hohen Vorlauf-Temperaturen. Auch „kalte Nahwärme“ ist ein solches Konzept, welches sich durch Wärmetransport auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (z.B. Vorlauf/Rücklauf 20°C/15°C und weniger) auszeichnet. Als Wärmequellen eignen sich insbesondere regenerative Niedertemperaturquellen wie Solarenergie, Umgebungswarme (z.B. Regenwasser, Flusswasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, Tunnelwasser, Sickerwasser), geothermische Warme und „Abfallwarme“ aus lokalen Quellen wie z.B. Industrieanlagen (s.o.). Zum Anheben der niedrigen Vorlauftemperaturen auf ein nutzbares Niveau können elektrische oder Gas-Wärmepumpen eingesetzt werden.

- Biogas-Einspeisung

  Als weitere Möglichkeit der vollständigen Nutzung des Biogases besteht dessen Aufbereitung auf Erdgasqualität (Biomethan) und die Einspeisung ins Erdgasnetz. Hier gibt es noch weiteren Forschungsbedarf, inwieweit dies möglichst klimaschonend und mit geringerem Methanverlust geschehen kann.

- Mikro-KWK

  Systeme der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung sind Blockheizkraftwerke zur Versorgung einzelner Objekte mit einer elektrischen Leistung von typischerweise unter 15 kW_{el} bzw. 25 kW_{el}. Sie versorgen definitionsgemäß keine Nah- oder Fernwärmenetze mit Wärme, sondern stattdessen Gaststätten, Hotels, Gewerbebetriebe, Mehrfamilienhäuser, etc.

- Reststoffe

  Die Nutzung von Reststoffen rückt immer stärker in den Fokus. Neben Lebensmittelresten, können auch Abwasser (s.o.), Reststoffe aus Kleingärten, Straßenschnittgut und Landschaftspflegeholz (für die Region bereits eine Studie erfolgt) genutzt werden.

- Passive Solarnutzung

  Bei der passiven Solarnutzung wird das Gebäude zu einer Art Sonnenkollektor. Dabei dringt Licht als energiereiche, kurzwellige Strahlung durch die Fenster und wird im Inneren des Gebäudes in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt. Für diese ist Glas jedoch kaum durchlässig – der Raum heizt sich auf. Um einer Überhitzung im Sommer vorzubeugen, sollten die Fenster daher von außen verschattet werden können. Zur passiven Nutzung zählen zudem auch lichtdurchlässige Teile der äußeren Gebäudehülle wie Wintergärten oder die transparente Wärmedämmung (TWD).

- Kaskadennutzung Holz

  Die zunehmende Konkurrenzsituation zwischen stofflicher und energetischer Nutzung von Holz hat in den letzten Jahren zu großen Spannungen in der Holzwerkstoffindustrie geführt. Derzeit werden in verschiedenen Projekten neue Lösungsansätze zur Koexistenz der beiden Nutzungspfade erarbeitet. Dadurch müssen die Möglichkeiten zur Nutzungsoptimierung und zur Erweiterung der Rohstoffbasis durch prozessintegrierte Kreisläufe dargestellt und Lösungsmodelle mit existenten Nutzungskonkurrenzen entwickelt werden.

- Konventionelle effiziente Versorgung

  Ebenfalls nicht Teil der Studie waren klimaschonende effiziente Kraftwerkstechnologien wie GuD-Kraftwerke mit hohem Wirkungsgrad und flexiblen Einsatzmöglichkeiten vor allem in Kombination von Ausbau von Erneuerbaren Energien.

- Speicherkraftwerke

  Die Speicherung von Strom gewinnt an Bedeutung. Von den drei Großspeichertechnologien sind ausschließlich Pumpspeicherkraftwerke technisch ausgereift. Weder Druckluft- (insbesondere adiabate) noch Wasserstoffspeichersysteme sind großtechnisch verfügbar. Elektrolyseure sind zwar kommerziell ausgereift, Entwicklungsbedarf besteht insbesondere bei der Rückverstromung von H_2 (Entwicklung von Brennstoffzellen- KW großer Leistung; Verstromung von H_2 in Gasturbinen und GuD-Kraftwerken) und der Gestaltung des infrastrukturellen Gesamtsystems.

- Ein weiterer Aspekt, welcher in der vorliegenden Studie nur im Verkehrsbereich ansatzweise berücksichtigt wurde, ist der Aspekt einer Verhaltensänderung der lokalen Energieverbraucher. Suffizienzansätze („Weniger ist mehr“) sind in den letzten Jahren immer wieder untersucht worden (vgl. u.a. verschiedene Studien des Wuppertal Instituts), konnten sich aber weder auf privatwirtschaftlicher Ebene noch auf politischer Ebene in Form von Förderung oder gesetzlichen Regelungen durchsetzen. Erfahrungen aus dem Energiemanagement zeigen, dass mit einfachen Verhaltensänderungen häufig schon bis zu 10% Verbrauchsreduzierungen erzielt werden können. Da Verhaltensänderungen und Verzicht nicht automatisch mit dem Verlust von Lebensqualität verbunden sein müssen, gilt es weiter an diesen Ansätzen zu arbeiten, sie für Endverbraucher attraktiv zu gestalten und in die gesellschaftlichen Klimaschutzdebatten zu integrieren (vgl. Kap. 8).

- Nicht zuletzt wurden alle Technologien nach heutigem Stand der Technik analysiert und in die Studie aufgenommen. Nicht absehbare technologische Innovationen können in dieser Studie noch nicht berücksichtigt werden. Konsistente Technologien, die Ökosysteme naturverträglich nutzen, sollten letztendlich das Ziel solcher Innovationen sein. Auch derzeit noch unausgereifte Technologien, wie neue Energiespeicherungen (Speicherung durch Elektromobilität), Automatisierungen zur Energieverbrauchsreduktion (z.B. Geräte/Steuerungskonsolen) oder effektivere Energienutzung (z.B. Automatische Straßenbeleuchtung bei Nutzung) werden in Pilotprojekten untersucht. Ein garantierter Einsparerfolg oder die Etablierung auf dem Markt ist jedoch noch nicht absehbar. Auch im Bereich Erneuerbarer Energien ist mit immer wirtschaftlicheren und effizienteren Technologien zu rechnen. Beispielsweise sind Solarmodule hier sicherlich noch nicht am Ende ihres Entwicklungspotenzials. Auch bieten noch effizientere Geräte, die über die heutigen „Best"-Kategorien hinausgehen, Potenzial, solange parallel keine Rebound-Effekte entstehen (größere Geräte oder Zweitgeräte). Strengere Vorschriften im Neubau und im Gebäudebestand können in der Zukunft auch ermöglichen, dass neueste Technologien (Energie Plus Haus), welche sich derzeit noch in der Pilotphase befinden, mit vorhandener Marktreife in die Breite gebracht werden. Der technischen Innovation sind auch in Zukunft sicherlich kaum Grenzen gesetzt. Gleichzeitig muss angemerkt werden, dass die Innovationen der Vergangenheit nicht unbedingt zu Energieverbrauchsminderungen geführt haben.

7 Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung

Ein Ausbau der Erneuerbaren Energien und eine Verbesserung der Energieeffizienz nach den oben beschriebenen Szenarien bringen nicht nur positive Effekte für den Klimaschutz, sondern beeinflusst ebenfalls die wirtschaftliche Entwicklung in der Region und trägt zur regionalen Wertschöpfung bei. Dabei profitieren vor allem regionale Akteure wie Handwerker von der Umsetzung der Energiewende vor Ort.

Die mit Klimaschutz verbundenen Investitionen werden häufig lediglich als zusätzliche Kosten dargestellt, um ein ökologisches Ziel (CO_2-Minderung) zu erreichen. Vergessen wird bei dieser Sichtweise, dass mit der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen direkte und indirekte Investitionen in ein nachhaltiges und vor allem lokal existierendes Wirtschaftssystem erbracht werden. So gesehen ist lokaler Klimaschutz auch eine regionale Wirtschaftsförderungs-, Struktur- und Energiepolitik.

Ein Beispiel für Klimaschutzinvestitionen zur Wirtschaftsförderung der jüngeren Vergangenheit ist das Konjunkturpaket II der Bundesregierung aus dem Jahre 2009. Im Rahmen der Umsetzung wurde ein erheblicher Anteil der bereitgestellten Gelder für Investitionen in (energetische) Sanierungen von kommunaler Infrastruktur verwendet. Dadurch konnten drei Ziele gleichzeitig erreicht werden:

1. Das Baugewerbe konnte vor dem Hintergrund drohender Umsatzausfälle mit zusätzlichen Aufträgen unterstützt werden.
2. Der Investitionsstau in Kommunen bei der Sanierung der eigenen Gebäude konnte verringert werden.
3. Durch die energetische Sanierung in den eigenen Gebäuden ist nicht nur der Wert der Gebäude gestiegen, es wurde auch eine Reduktion der zukünftigen kommunalen Energiekosten bewirkt.

Für den Bereich Erneuerbare Energien wird in Kapitel 7.4 aufgezeigt, welche Vorteile für verschiedene regionale Akteure mit einem Ausbau verbunden sind.

Neben den fiskalischen Effekten und positiven Auswirkungen für den Arbeitsmarkt, können die Aktivitäten noch weitere Auswirkungen haben, die, möchte man den Begriff Wertschöpfung nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht betrachten, ebenfalls berücksichtigt werden müssten. Abbildung 7-1 zeigt hier weitere Effekte eines solchen für den Klimaschutz und wirtschaftlich sinnvollen Strukturwandels auf.

Externe Effekte	„Intangibles“	Qualitative Veränderung
• **Positive Effekte, z.B. auf dem Wohnungsmarkt** • **Negative Effekte, z.B. Pachtpreise** • **Opportunitätskosten** • **CO_2-Einsparung** • **Ökologische Effekte**	• **Marktwert der Region** • **Verantwortung, Zufriedenheit** • **Veränderung der Landschaft (Heimat)** • **Aktivierung von endogenen Wissen**	• **Zunahmen von Handlungsoptionen** • **Veränderte Machtstrukturen** • **Rollendiffusion** • **Höhere Transaktionskoste** • **Anpassungsdruck in Planung, Politik usw.**

Abbildung 7-1: Effekte von Klimaschutzmaßnahmen auf die regionale Wirtschaft (ohne direkte Geldflüsse) nach DeENet 2009

7.1 Systematik bei der Ermittlung der regionalen Wertschöpfung

Grundlagen der folgenden Darstellungen und Berechnungen sind im Energieeffizienzbereich das KLIMA-Szenario 2025 zum Energieverbrauch sowie das Szenario BUND im Bereich Erneuerbare Energien bis 2020 (Erläuterung s.u.). Bei den Effizienzberechnungen wurde mit den darin zu Grunde liegenden Sanierungsquoten (z.B. 3,3 % pro Jahr im Gebäudebestand) gerechnet. Bei den Erneuerbaren Energien wurden für dezentrale Anlagen, wie Solarmodule und Wärmepumpen die im Szenario BUND dargestellten jährlichen Ausbauquoten angenommen und zum Jahr 2020 hochgerechnet[35]. Für zentralere Erzeugungsformen, wie Windkraft, Tiefe Geothermie und Wasserkraft wurde für eine erste Annäherung angenommen, dass die Potenziale bis zum Jahr 2020 bereits vollkommen ausgeschöpft sind.

Die Effekte für die regionale Wertschöpfung werden auf drei Ebenen dargestellt:

1. Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen für den Endverbraucher

   Hier werden anhand einer moderaten Preissteigerung von etwa 1,5 %/Jahr die Energiekosten für die Sektoren Private Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Jahr 2025 für den Energieverbrauch 2008, TREND 2025 und KLIMA 2025 ermittelt und gegenübergestellt.

[35] Der Wertschöpfungsrechner der Agentur für Erneuerbare Energien berechnet u.a. aufgrund absehbarer EEG-Vergütungen maximal bis zum Jahr 2020

2. Effekte von Energieeffienzmaßnahmen für regionale Anbieter

   Hier werden die Benefits für lokale Anbieter aufgrund der Investitionen der Privaten Haushalte und des Gewerbes angenommen. Grundlage ist die durch zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen generierte Umsatzsteigerung der Unternehmen und die damit verbundenen Beschäftigungseffekte. Die Annahmen für die regionalen Anteile für die verschiedenen Effizienzstrukturen wurden aus der deENet Studie „Nordhessen 2020: Dezentrale Arbeit und Energie“ übernommen. Dargestellt werden die jährlichen zusätzlichen Effekte, die durch eine verstärkte Aktivität im Effizienzbereich in den Sektoren Private Haushalte und Gewerbe im KLIMA-Szenario 2025 ausgelöst werden. Im Schnitt wird bei der Energieeffizienz mit einem regionalen Anteil von etwa 80 % für regionale Unternehmen gerechnet.

3. Effekte durch den Ausbau Erneuerbarer Energien

   Die regionalen Wertschöpfungseffekte für die Erneuerbaren Energien wurden mit dem Wertschöpfungsrechner der Agentur für Erneuerbare Energien berechnet. Dieser basiert auf der IÖW-Studie „Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien“ aus dem Jahr 2010. Mit diesem Tool können neben den Unternehmensgewinnen auch kommunale Steuereinnahmen sowie Einkommen aus Beschäftigung und die mit dem Ausbau verbundenen Beschäftigungseffekte dargestellt werden. Bei den verschiedenen Wertschöpfungsstufen (Planung und Installation, Anlagenbetrieb und Wartung, Betreibergesellschaft) wurde für kommunale Unternehmen zunächst ein regionaler Anteil von 50 % angenommen[36]. Die regionale Wertschöpfung kann mit einer Erhöhung der Anteile regionaler Unternehmen (z.B. durch Ansiedlung entsprechender Unternehmen) weiter verbessert werden. Jene Wertschöpfungsstufen, die nicht anteilig den Wertschöpfungsketten der Erneuerbare-Energien-Anlagen zuzurechnen sind (z.B. Bildung, Forschung und Beschäftigte in der öffentlichen Verwaltung), können mit dem Online-Wertschöpfungsrechner nicht erfasst werden. Dazu zählt auch der Anbau von Energiepflanzen für z.B. Biogasanlagen. Schließlich würde ein Landwirt auch durch eine alternative Nutzung seiner Anbauflächen eine vergleichbare Wertschöpfung erzielen. Die Wertschöpfung aus dem Anbau ist daher nicht spezifisch auf die Erneuerbare-Energien-Anlage zurückzuführen[37]. Grundlage für die Berechnungen war das BUND-Szenario, mit welchem dargestellt wird, welche Effekte entstehen könnten, wenn das Szenario bis 2020 bereits umgesetzt wird[38]. Bei der höheren Umsetzungsraten ist mit entsprechend mehr Wertschöpfung und höheren Beschäftigungseffekten zu rechnen.

7.2 Energieeffizienz: Stärkung der regionalen Energieverbraucher

Die im Abschnitt zu den Energieeffizienzszenarien (vgl. Kap. 4.3.2) beschriebenen Einsparmöglichkeiten bis 2025 sind bereits heute für die verschiedenen Akteure technisch und vor allem wirtschaftlich umsetzbar. Abschreckend wirken derzeit vor allem Investitionskosten und Amortisationszeiten von bis zu 25 Jahren (bei einzelnen Gebäudeteilen). Die Gesamtkosten

[36] Andere Annahmen werden im Kapitel speziell erwähnt

[37] vgl. http://www.kommunal-erneuerbar.de/de/kommunale-wertschoepfung/rechner.html

[38] Mit dieser Annahme wird berücksichtigt, dass das Online-Tool maximal Entwicklungen bis 2020 darstellen kann.

über den gesamten Lebenszyklus eines Geräts oder Bauteils werden bei anstehenden Investitionsentscheidungen bisher aber kaum berücksichtigt.

Der Endkunde profitiert zudem bei verringertem Energieverbrauch von der damit verbundenen jährlichen Kosteneinsparung. Mit Blick auf eine Regionalisierung der Geldströme sorgen diese Einsparungen dafür, dass diese Gelder nicht für überwiegend konventionelle Energieträger (Heizöl, Erdgas) aus der Region abgezogen werden. Stattdessen verbleiben die dafür nötigen Investitionen in Effizienztechnologien sowie dazugehörige Dienstleistungen zu großen Teilen in der Region und tragen damit zur regionalen Wertschöpfung bei (vgl. Kap 7.3).

Gleichzeitig können absehbare Energiepreiserhöhungen durch Energieeinsparungen kompensiert werden. Abbildung 7-2 zeigt die Heizkostenentwicklung von Wohn- und Geschäftsgebäuden im Hinblick auf die beiden Energieverbrauchsszenarien (TREND und KLIMA) für das Jahr 2025 vor dem Hintergrund einer moderaten Energiepreissteigerung im Heizenergiebereich.

Ausgehend von Heizkosten im GHD- und Haushaltsbereich von knapp 90 Millionen Euro im Jahr 2008 können die Kosten im ungünstigsten Fall auf bis zu knapp 120 Millionen (bzw. +31 %) ansteigen. Grundlage ist dabei eine moderate Energiepreiserhöhung von 1,5 % pro Jahr und der Energieverbrauch der beiden Sektoren, der im TREND-Szenario bis 2025 berechnet wurde. Wird dagegen im KLIMA-Szenario die Sanierungsrate deutlich gesteigert und der Neubau in Passivhausbauweise errichtet, können die Ausgaben für Heizenergie bis 2025 trotz deutlich steigender Wohnfläche und steigender Energiepreise auf nahezu dem gleichen Niveau gehalten werden und steigen gegenüber dem Ausgangsjahr nur um 5 % bzw. ca. 4 Millionen Euro (bei 39 % absoluter Preissteigerung gegenüber dem Jahr 2008).

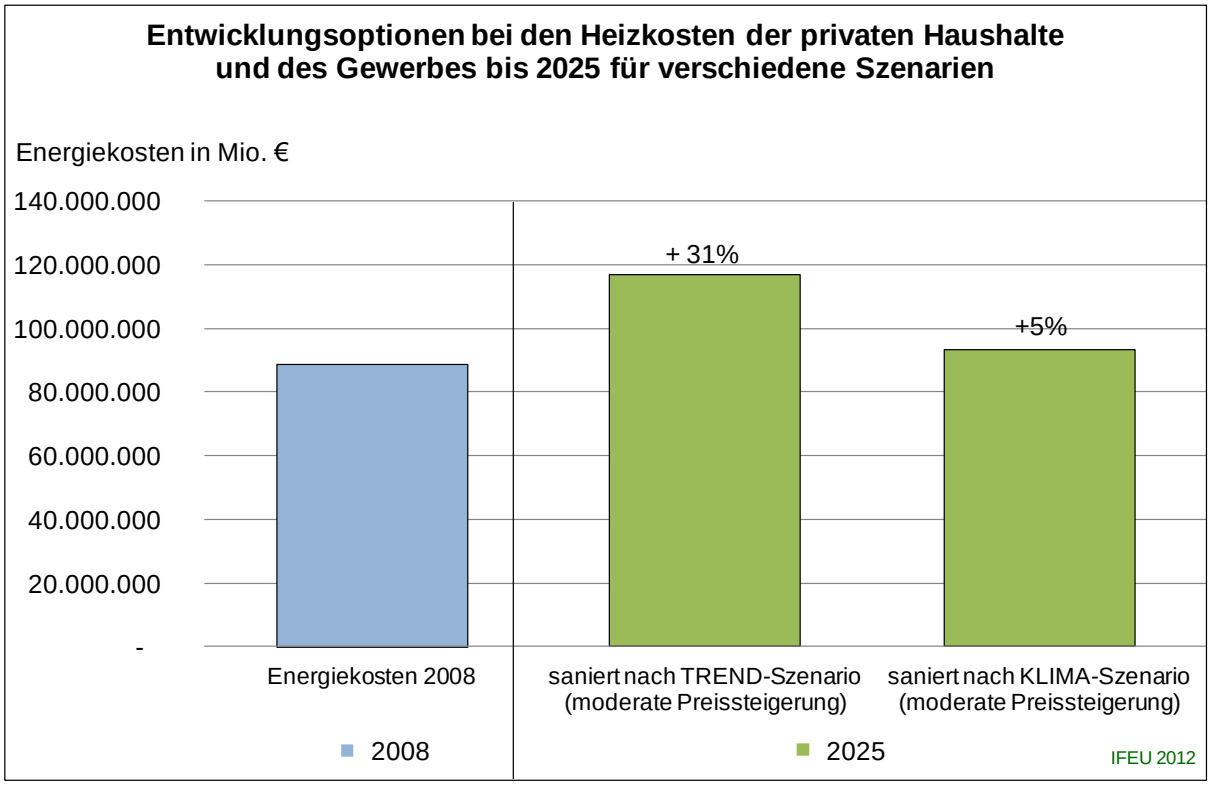


Abbildung 7-2: Entwicklung der Heizkosten für die privaten Haushalte und Gewerbes in der Region Schwäbische Alb bis 2025 bei der Umsetzung verschiedener Szenarien

7.3 Energieeffizienz: Vorteile für regionale Anbieter

Verschiedene Studien (u.a. IFEU, Fraunhofer ISI, gws, Prognos) haben gezeigt, dass Klimaschutzinvestitionen im Effizienzbereich positive Effekte für verschiedene Wirtschaftsbereiche haben können. Bundesweit könnten dadurch beispielsweise über 250.000 Arbeitsplätze geschaffen werden. Branchen mit besonders hohem Potenzial sind das Baugewerbe, der Handel sowie Instandhaltung und Reparatur von Effizienzmaßnahmen. Auch Dienstleistungsunternehmen, die überwiegend für Unternehmen beratend tätig sind, können von verstärkten Sanierungsbemühungen profitieren.

Über 50 % der Arbeitsmarkteffekte wären auf Effizienzmaßnahmen im privaten Haushaltsbereich zurückzuführen. Effizienzmaßnahmen im Sektor Verkehr hätten einen Anteil von 24 % an den Arbeitsmarkteffekten. Die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen im Sektor Industrie und Gewerbe (14 % und 6 %) wären mit geringeren Arbeitsplatzeffekten verbunden[39].

Werden die Maßnahmen des KLIMA-Szenarios angestoßen, steigert sich die Sanierungsquote bei einzelnen Bauteilen und die damit verbundenen jährlichen Umsätze der in diesem Bereich tätigen Unternehmen. Für den Sektor der privaten Haushalte und des Gewerbes in der Region würde dies beispielsweise bedeuten, dass durch die Umsetzung technisch-wirtschaftlich sinnvoller Klimaschutzmaßnahmen der Akteure im Biosphärengebiet bis zu 250 Arbeitsplatzäquivalente, vor allem im regionalen Handwerk, dauerhaft zusätzlich benötigt werden. Die damit verbundenen Umsatzsteigerungen von 25 Millionen Euro jährlich würden zu 70 % in der Region verbleiben (vgl. Abbildung 7-3).

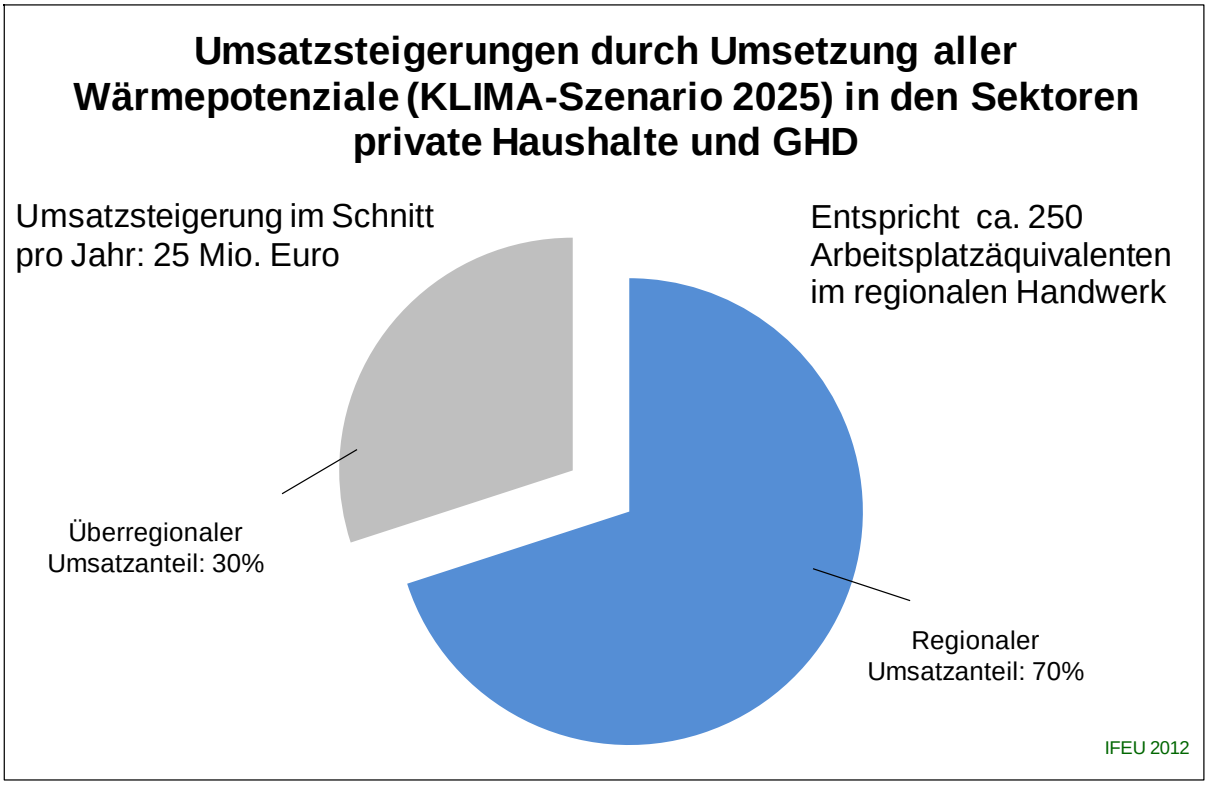


Abbildung 7-3: Umsatzsteigerungen durch Umsetzung des KLIMA-Szenarios 2025

[39] Dabei wurden im Grunde die gleichen Effizienzmaßnahmen und Technologien zu Grunde gelegt, wie sie im Abschnitt zu Effizienzpotenzialen in Kap. 4 berechnet wurden.

7.4 Regionale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien

Die Umsetzung des BUND-Szenarios ist in vielerlei Hinsicht für die regionalen Akteure von Vorteil. Die Berechnungen mit dem Wertschöpfungsrechner der Agentur für Erneuerbare Energien zeigen, dass in der Region jährlich bis zu 14 Millionen Euro an Wertschöpfung durch den Zubau an Erneuerbaren Energien generiert werden kann.

Ein Großteil dieser Gewinne kommt regionalen Unternehmen zu Gute, die im Bereich Planung und Installation einen Großteil ihrer Gewinne machen (56% oder 7,8 Mio. Euro). Zudem enthalten sind hier auch die Gewinne von Betreibergesellschaften, welche Erträge aus EEG-Anlagen erhalten. Der Wert kann bis zu 18,8 Mio. Euro erhöht werden, wenn sowohl beteiligte Firmen als auch finanzielle Beteiligungen an den Anlagen zu 100% aus der Region erfolgen.

Auch Einzelpersonen, welche in den von den Technologien profitierenden Branchen, wie z.B. dem Handwerk, arbeiten, profitieren vom Ausbau der Erneuerbaren Energien. Durch zusätzliche Aufträge in allen Stufen der Wertschöpfungskette (Installation und Planung, Anlagenbetrieb und Wartung, Verwaltungs- und Aushilfepersonal) können 4,2 Mio. Euro an Einkommen generiert werden. Auch hier gilt, dass mit einer Erhöhung der Anteile der regionalen Arbeitnehmer in der Wertschöpfungskette sich bis zu 8,4 Mio. Euro an Einkommen generieren lassen.

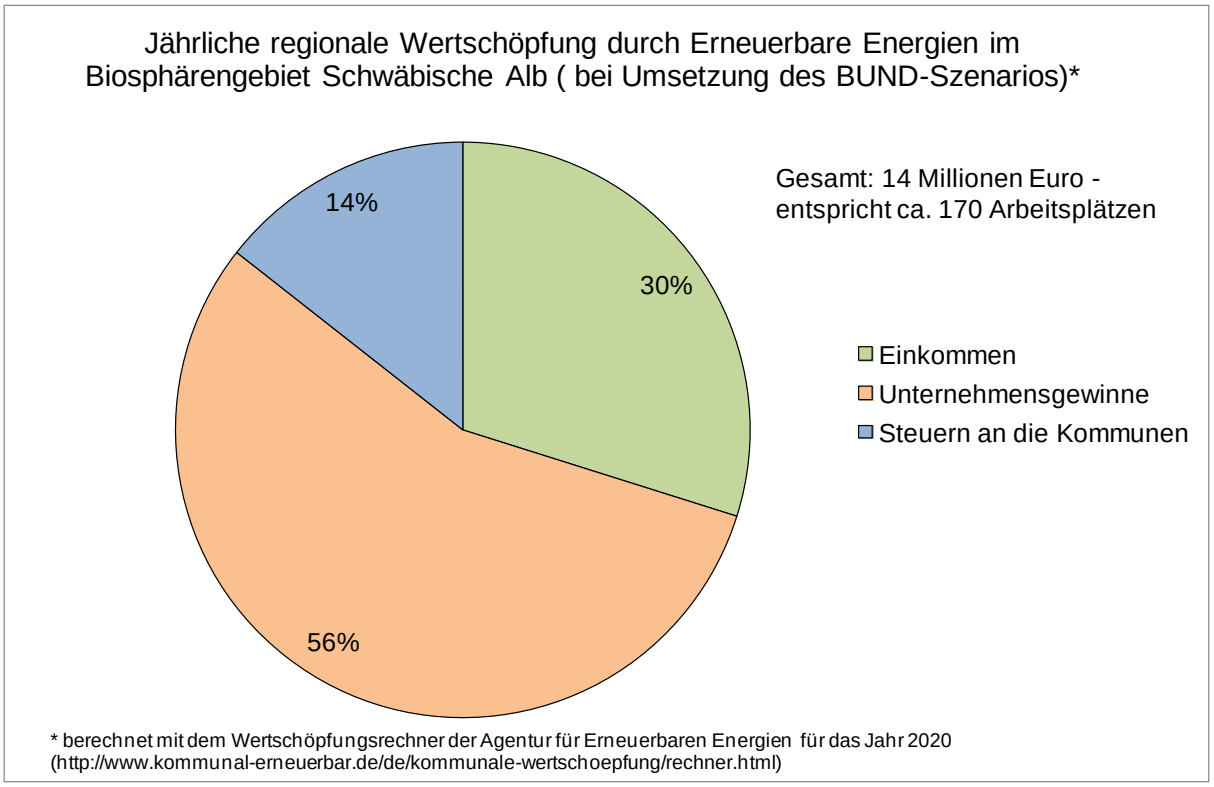


Abbildung 7-4: Regionale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien (BUND-Szenario)

Nicht zuletzt profitieren auch die Kommunen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien in Ihren Gemarkungen. Der Wertschöpfungsrechner berücksichtigt dabei Gewerbesteuer- und Einkommenssteuereinnahmen aus dem Betrieb der Anlagen bzw. den dort ermittelten Erträgen. Durch die Steuereinnahmen würden den Kommunen im Biosphärengebiet Schwäbische Alb zusätzlich 2 Mio. Euro jährlich aus Steuereinnahmen zustehen. Auch hier können sich die Steuereinnahmen weiter erhöhen lassen, je nachdem wie hoch der regionale Anteil an

den einzelnen Wertschöpfungsstufen ist. Bis zu 3,1 Mio. Euro können so in die Kassen der Kommunen gespült werden.

Daneben werden durch den Ausbau Erneuerbare Energien zusätzlich Arbeitsplätze geschaffen. Mit den oben beschriebenen Effekten können mit bis zu 170 Vollzeit-Äquivalenten in der Region gerechnet werden. Dieser Wert kann auf bis zu 300 Vollzeit-Äquivalente erhöht werden, wenn alle Stufen der Wertschöpfungskette zu 100% in der Region erfolgen.

Ein Großteil der Beschäftigungseffekte entsteht bei der Planung und Installation der Anlagen. Je mehr regionale Firmen in diesem Bereich tätig sind, desto mehr können auch regionale Arbeitnehmer davon profitieren.

Fast 80% der potenziellen Arbeitsplätze lassen sich dabei auf drei Energieträger bzw. Technologien beschränken. In der Planung, Bau und Unterhalt von Windkraftanalgen liegt mit 50 Beschäftigten das größte Arbeitsmarktpotenzial. Daneben spielen der Planung, Installation und Wartung von PV- und Solarthermie-Anlagen mit potenziell 43 bzw. 38 zusätzlichen Beschäftigen eine größere Rolle in der Umsetzung des BUND-Szenarios und den damit verbundene Arbeitsplatzeffekten.

7.5 Fazit: Klimaschutz ist regionale Wirtschaftsförderung

Klimaschutzmaßnahmen und die regionale Wirtschaft sind bereits heute auf vielfältige Weise eng miteinander verknüpft. Diese Aktivitäten sind, auch in Hinblick auf die steigenden Energiepreise, in nahezu allen Fällen wirtschaftlich sinnvoll. Gleichzeitig können unterschiedlichste Akteure entlang der Wertschöpfungskette direkt und indirekt von der Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen profitieren (Kommune, Investoren, Handwerk, Hersteller). Energieeffizienz und klimafreundliche Energieversorgung können bereits heute die Wirtschaft ankurbeln und gleichzeitig die Region strategisch optimal auf die Zukunft ausrichten.

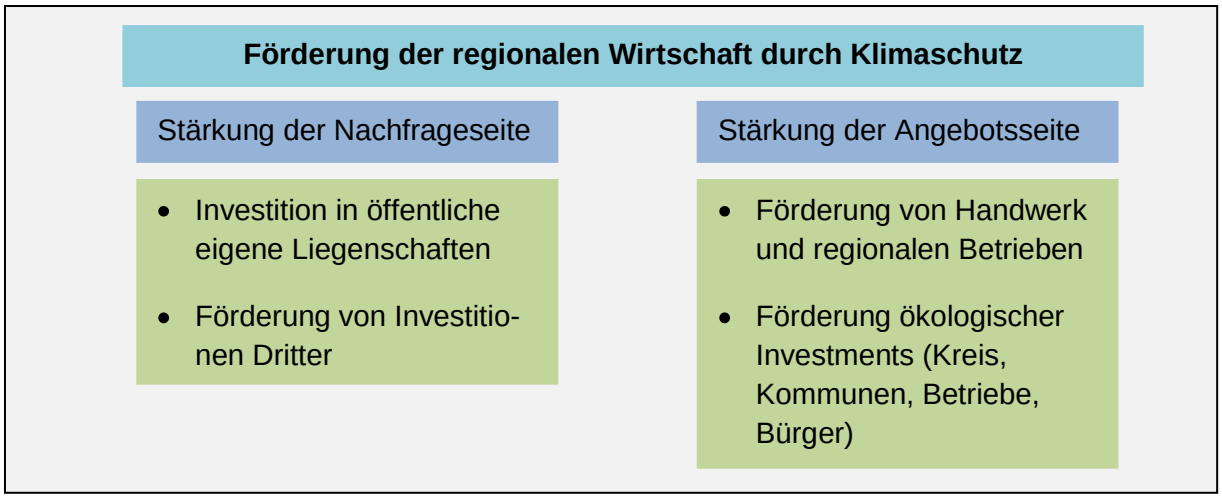


Abbildung 7-5: Mögliche Ansatzpunkte zur Wirtschaftsförderung durch die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen

Die öffentlichen, aber auch die privaten Akteure in der Region des Biosphärengebiets haben dabei zwei Möglichkeiten, mit ihren Klimaschutzaktivitäten auch positive wirtschaftliche Effekte bei den Akteuren zu generieren: durch Stärkung der Nachfrage- oder der Angebotsseite (vgl. Abbildung 7-5). Dabei sind die direkten Möglichkeiten der Einflussnahme öffentlicher Stellen zwar begrenzt. Die Kommunen und Landkreise können aber als Informationsgeber,

Vernetzer und neutraler Moderator von Prozessen vielfach auch indirekt positiv auf das Verhalten Dritter Einfluss nehmen. Beispielhaft seien hier noch einmal zwei Punkte erläutert:

- Stärkung der Nachfrageseite:
  - Direkte Investitionen in die eigenen Liegenschaften garantieren den direkten Mittelzufluss an lokale Akteure.
  - Durch Informations- und Beratungsangebote wird die Nachfrage nach Klimaschutzdienstleistungen innerhalb der Kommune/des Landkreises verstärkt.
- Stärkung der Angebotsseite:
  - Unterstützung lokaler Betriebe bei der Auftragsbeschaffung, Fortbildung, Verbesserung der Rahmenbedingungen (z.B. Einführung eines regionalen Sanierungsstandards).
  - Beim Ausbau Erneuerbarer Energien können sowohl öffentliche Träger als auch jeder Bürger sein Geld in Beteiligungen an Erneuerbaren Energien anlegen und somit direkt deren Ausbau fördern.

8 Ausblick: Klimaschutz im Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Der vorliegende Bericht kann als Grundlage für die Entwicklung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb dienen. In einer noch nicht beauftragten Entwicklung eines Maßnahmenkataloges wäre es nun Ziel, gemeinsam mit allen regionalen Akteuren, u.a. mit dem Lenkungskreis und der Verwaltung des Biosphärengebiets, den Energieagenturen oder der HandwerkschaftMaßnahmen zu entwickeln. Im Folgenden soll ein Ausblick gegeben werden, welche thematischen Schwerpunkte diese Maßnahmen haben könnten und wie das Thema Klimaschutz in die Zielsetzung des Biosphärengebiets verankert werden könnte.

8.1 Klimaschutz als Teil einer nachhaltigen Entwicklung

Biosphärengebiete haben den Auftrag, Modellregionen für eine nachhaltige Entwicklung zu sein. Das Rahmenkonzept des Biosphärengebiets wird zeigen, dass davon die verschiedensten Lebensbereiche und Themen berücksichtigt werden. Klimaschutz ist ein Feld, dass als Querschnittsthema, unterschiedlichste Lebensbereiche betrifft (Verkehr, Konsum etc.). Deswegen kann eine nachhaltige Entwicklung nicht ohne Klimaschutz und Klimaschutz nicht ohne eine nachhaltige Entwicklung funktionieren. Für die Entwicklung eines Rahmenkonzepts des Biosphärengebiets Schwäbische Alb, das 2012 fertiggestellt werden soll, wurde deshalb auch einen Arbeitskreis Klima- und Umweltschutz gegründet. Dieser Arbeitskreis sollte überlegen, was eine nachhaltige Entwicklung im Bereich Klimaschutz bedeutet. Folgende Leitsätze bzw. Schwerpunkte wurden dazu entwickelt[40]:

- **Erneuerbare Energien**: Das Biosphärengebiet Schwäbische Alb auf regional erzeugte regenerative Energien unter Berücksichtigung der landschaftlichen Besonderheiten ausrichten
- **Innovationen**: Neue Techniken und Verfahren zur Energie-Gewinnung, -Speicherung, -Weiterleitung und effizienten Nutzung entwickeln und anwenden
- **Effizienz**: Effiziente Klimaschutz- und Energiesparmaßnahmen bei privaten und öffentlichen Gebäuden umsetzten
- **Kommunikation**: Umwelt- und Klimaschutz zum zentralen Thema der Region entwickeln
- **Kooperation**: Die Zusammenarbeit der Akteure stärken, Kooperationen fördern und transparente Prozesse schaffen

In diesem Entwicklungsleitbild des Arbeitskreises werden demnach bereits die wesentlichen Grundzüge einer nachhaltigen Energieversorgungsstruktur genannt. Mit dem Ziel des BUND, die Region bis 2040 zu 100% mit Erneuerbaren Energien zu versorgen, wurden diese Ziele nun auch mit einer quantitativen Komponente verknüpft, deren Umsetzbarkeit in diesem Bericht geprüft wurden. Mit der Aufnahme des Status quo (CO_2-Bilanz) sowie dem Ausblick in die Zukunft (Szenarien) sind also Ausgangspunkt und Ziele bekannt.

[40] Die fünf Punkte sind ein Ausschnitt zum aktuellen Leitbildentwurf, welcher für das Rahmenkonzept des Biosphärengebiets vom Arbeitskreis Klima- und Umweltschutz entwickelt wurde. Das vollständige Dokument ist zu finden unter http://www.biosphaerengebiet-alb.de/15-Rahmenkonzept.php

Ein integriertes Klimaschutzkonzept für das Biosphärengebiet beinhaltet idealerweise nun auch den Weg, um diese formulierten Ziele zu erreichen. Wie bereits in der Einleitung beschrieben, sollten deswegen nun integrativ Maßnahmen entwickelt und auf den Weg gebracht werden um die ermittelten Potenziale auch zu erreichen. Derzeit findet sich in der Region eine Vielzahl an Aktivitäten, die genau dies verfolgen (z.B. Klimaschutzkonzept Reutlingen, Klimaschutzkonzept des Regionalverband Neckar-Alb). Der Fokus der Konzepte liegt dabei auf Energieeinsparungskonzepten und Maßnahmen klimafreundlichen Energieversorgungskonzepten[41].

In einem Maßnahmenkatalog im Rahmen eines Klimaschutzkonzeptes für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb würden Energieeffizienz und eine nachhaltige Energieversorgung gemeinsam den ersten Schwerpunkt bilden. So könnten Maßnahmen (weiter)entwickelt werden, welche Akteure dabei unterstützen, ihre in dieser Studie aufgezeigten technisch-wirtschaftlichen Potenziale zu nutzen. Neben Information, Motivation und Vernetzung relevanter Akteure gilt hier auch die Qualitätssicherung bei der Umsetzung als mögliche zu untersuchende Maßnahme. Beim Ausbau Erneuerbarer Energien sollte geprüft werden, welchen Beitrag regionale Akteure leisten können, um die in dieser Studie vorgestellten Szenarien mit konkreten Maßnahmen zu verknüpfen.

Neben den genannten Maßnahmenbereichen könnte als zweiter Schwerpunkt bei der Maßnahmenentwicklung eine Verknüpfung mit den Nachhaltigkeitszielen des Biosphärengebiets sein. Aus den bisherigen Gesprächen mit den regionalen Akteuren, dem Auftraggeber und den IFEU-Erfahrungen soll im Folgenden deswegen ein Ausblick gegeben werden, welche Schwerpunkte ein spezieller Maßnahmenkatalog für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb haben könnte.

8.2 Neue Ansätze für die Modellregion

Im Bereich Klimaschutz ist der Begriff Nachhaltigkeit häufig mit drei Ebenen verbunden, die im Idealfall auch in der folgenden Reihenfolge ablaufen:

1. Suffizienz beim Energieverbrauch (Wie kann durch Verhalten bzw. Konsum Energie eingespart werden?)
2. Effizienz beim Energieverbrauch (Wie kann der verbleibende Energieverbrauch möglichst effizient gestaltet werden?)
3. Klimafreundliche Energiebereitstellung (Erneuerbare Energien, KWK) (Wie kann, unter Berücksichtigung der beiden ersten Punkte der verbleibende Energiebedarf möglichst primärenergiesparend gedeckt werden?)

Derzeit steht vor allem die Energiebereitstellung in der öffentlichen Diskussion und ist Schwerpunkt vieler Aktivitäten. Effizienz (im Bestand) ist in der Praxis schwierig umzusetzen und wird als „Stiefkind“ der Politik betrachtet (vgl. Pehnt et. al. 2012). Ansätze für Suffizienz finden sich derzeit dagegen nur in den wissenschaftlichen Diskussionen. Im aktuellen energiepolitischen Agieren wird also die oben dargestellte Reihenfolge umgekehrt.

In der vorliegenden Studie zeigt sich jedoch, dass weder Effizienz noch Erneuerbare Energien alleine eine nachhaltige Energieversorgungsstruktur in der Region des Biosphärenge-

[41] Inhalte der vom BMU geförderten Klimaschutzkonzepte sind vor allem Maßnahmen für einen geringeren Energieverbrauch auf technischen Wege oder eine klimafreundlichere Energieversorgungsstruktur. Bewusstseinsbildende Maßnahmen spielen häufig eine eher unterordnete Rolle.

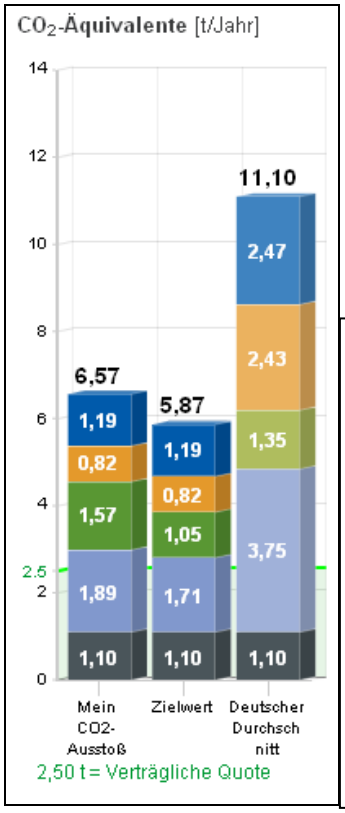
biets erreichen, um die Ziele einer 100%-Versorgung mit Erneuerbaren Energien zu erreichen. Auch deswegen sollte der Fokus eines Maßnahmenkatalogs für das Biosphärengebiet bei der im Grunde nachhaltigsten Weise des Klimaschutzes anfangen, der Energieeinsparung durch Verhaltensänderung.

Die Verantwortung des Einzelnen in seinem täglichen Wirken steht bei diesen Maßnahmen im Vordergrund. Es geht in einem solchen Maßnahmenkatalog also nicht mehr um die Ziele einer abstrakten Region, sondern man versucht, die Individuen zu einem nachhaltigen Handeln zu gewinnen. Drei Ebenen gilt es bei der Entwicklung eines solchen Maßnahmenkataloges zu berücksichtigen:

1. Zu Beginn einer Veränderung des Verbrauchsverhaltens steht die Bewusstseinsbildung, wie das Handeln des Einzelnen mit dem Gesamtziel Klimaschutz zusammenhängt. Die Diskrepanz zwischen dem Wissen um die Notwendigkeit und dem Unwissen, was der Einzelne tun kann, wird in verschiedenen Projekten bereits umgesetzt. So zeigen Beispiele aus privaten Haushalten, kommunalen Gebäuden und Schulen, dass ohne jegliche Nutzungs- oder Qualitätsminderung durch bewussteres Verhalten 10% der Energie eingespart werden kann[42].
2. Entwicklung von Angeboten, die es jedem Bewohner ermöglichen, Teil einer nachhaltigen Region zu sein. Hier wird einen Schritt weitergegangen, in dem diese Angebote darauf abzielen, dass verringerter Energieverbrauch infolge veränderten Verhaltens ohne subjektiv empfundenen Komfortverlust erfolgen kann (vgl. folgendes Kapitel). Dabei wird der Blick für Klimaschutz über den Energieverbrauch und die Versorgung hinaus gehen. Stattdessen wird für das Querschnittsthema Klimaschutz ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, der alle Aspekte und relevanten Lebensbereich abdeckt.
3. Zuletzt sollte der Einzelne die Möglichkeit haben, auf seine Verhaltensänderung auch ein Feedback zu erhalten. Der CO_2-Rechner des Umweltbundesamtes[43] ermöglicht Einzelpersonen für verschiedene Lebensbereiche des Alltags ihr Verhalten und die eigene Lebenssituation mit den damit verbundenen CO_2-Emissionen zu verknüpfen. Verändert der Einzelne sein Verhalten, kauft effiziente Geräte oder zieht in eine energiesparendere Wohnung, kann dies im Bürger-CO_2-Rechner nachvollzogen werden.

[42] Beispielhafte Maßnahmen wären hier z.B. Fifty-Fifty- Projekte, Stromsparwettbewerbe oder Energieerlasse für die Verwaltung.

[43] http://www.klimaschutzplus.org



	Einzelperson	Zielwert
Heizung	1,02 t	1,02 t
Strom	0,17 t	0,17 t
Öffentlicher Verkehr	0,82 t	0,82 t
Ernährung	1,57 t	1,05 t
Konsum	1,89 t	1,71 t
Öffentliche Emissionen	1,10 t	1,10 t
Ergebnis	6,57 t	5,87 t

Abbildung 8-1: CO_2-Rechner des Umweltbundesamtes mit persönlicher Zielwertberechnung

8.3 Das Biosphärengebiet als Klimaschutz-Suffizienzregion

Die Vermittlung der Tatsache, dass Verhaltensänderungen auch mit einem persönlichen Gewinn verbunden sein können, bedeutet bei Suffizienzstrategien, jenseits einer Verzichtsrhetorik zu argumentieren. In einer Welt voller Möglichkeiten und Konsum als wirtschaftstreibende Kraft können Angebote zur Suffizienz als Ruheinsel Attraktivität für den Einzelnen gewinnen. Suffizienz kann dabei im Grunde über vier wesentliche Strategien definiert werden, welche weit über den Klimaschutzbereich hinaus Nachhaltigkeitsziele verfolgen machen (vgl. Wuppertal Institut 2011):

- Entschleunigung (Reduktion der Konsumfrequenz)
- Eigenversorgung (Subsistenzwirtschaft des Selbermachens und Produzierens statt einer Kommodifizierung)
- Entflechtung (Vereinfachung und Regionalisierung von Wertschöpfungsketten)
- Entrümpelung (Reduktion der Anzahl und Vielfalt konsumierter/erworbener Güter)

Suffizienz darf natürlich nicht erst beim Endverbraucher beginnen. Das in einigen Studien geforderte „Recht des Endnutzers auf Suffizienz“ beginnt bereits auf der Ebene der Technikentwickler und -hersteller, des Marketings, der Dienstleister und der Energielieferanten. Dort muss seitens der Politik im Grunde bereits Suffizienz verankert werden, um suffizientes Verhalten oder Suffizienzentscheidungen der Verbraucher zu unterstützen bzw. überhaupt erst zu ermöglichen: Es müssen Fernseher mit kleiner Bildfläche, Kühlgeräte mit geringem Volumen und ohne Bildschirm, Handys, die nur Telefone sind etc. überhaupt am Markt verfügbar sein und Verbraucher müssen darüber informiert werden. Hierin besteht eine Parallele zur Effizienz, bei der diese Anforderungen (Verfügbarkeit effizienter Geräte und Markttranspa-

renz) zunehmend erfüllt werden, rechtlich flankiert durch die Instrumente des europäischen Top-Runner-Ansatzes. Dies gilt es auf Bundes- und EU-Ebene umzusetzen, wovon letztendlich auch die Endverbraucher im Biosphärengebiet mit ihrem „Recht auf Suffizienz“ profitieren würden.

Bei der Entwicklung von Maßnahmen im Biosphärengebiet für Endverbraucher ist das Konsum- und Nutzungsverhalten in verschiedenen klimaschutzrelevanten Lebensbereichen zu verankern. So könnten durch das Querschnittsthema Klimaschutz auch andere Nachhaltigkeitsziele des Biosphärengebiets erreicht werden. Folgende Themengebiete sind dabei denkbar (analog zum persönlichen CO_2-Rechner):

- Klimafreundlicher Konsum (z. B. Fokus von Langlebigkeit und Wiederverwertung, Angebote für Klimaschutzinvestitionen[44] schaffen)
- Ernährung (Förderung von regionalen und saisonalen Lebensmitteln)
- Mobilität (Förderung von Carsharing und Mitfahrbörsen wie z.B. der „Rote Punkt“)
- Zu Hause (Entwicklung von innovativen Wohnkonzepten wie z.B. Mehrgenerationenhäusern und Schaffung von Energiedienstleistungsangeboten[45])
- Öffentlicher Konsum (Thematisierung von Flächenverbrauch, Verankerung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz als Themen im Bildungsbereich)

In einem Maßnahmenkatalog im Rahmen eines Klimaschutzkonzepts für das Biosphärengebiet könnten in einem integrativen Prozess mit den regionalen Akteuren Suffizienzmaßnahmen für die verschiedenen Bereiche entwickelt werden. Mit den Akteuren könnte dabei diskutiert werden, welche Möglichkeiten sie sehen, worauf aufgebaute werden könnte und wie die nicht konsum-orientierten Lebensqualitätsgewinne für einen größeren Empfängerkreis attraktiv gestaltet werden können. Neben den privaten Möglichkeiten sollten auch Vorschläge gemeinsam mit und für politische Gestalter (Kommunen, Landkreis etc.) entwickelt werden, inwieweit sie in ihrem Handeln Suffizienz als Klimaschutzthema etablieren könnten.

Klimaschutz als Querschnittsthema in allen Lebensbereichen könnte so einerseits als Bindeglied zwischen den verschiedenen Nachhaltigkeitszielen der Region und des Biosphärengebiets etabliert werden andererseits wäre eine solche „Modellregion für Suffizienz“ nicht nur ein Novum, sondern könnte als Vorbild für einen nachhaltigen Klimaschutz dienen.

[44] Z.B. Bürgereinsparkraftwerke oder Klimaschutz+ Stiftung (http://www.klimaschutzplus.org)

[45] Bei Energiedienstleistungen bezahlt der Kunde beim Fernsehen beispielsweise nicht mehr einzeln für das Gerät Fernseher und den Stromverbrauch bei der Nutzung, sonder für die „Dienstleistung Fernsehen“ als Paket.

9 Literaturverzeichnis

Arbeitskreis Klima und Energie Metzingen (2005): Erneuerbare Energien in Metzingen – Potenzialstudie.

BMU (Hrsg.) (2008): Optimierung für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. Heidelberg, Leipzig, Berlin, Darmstadt.

BMU (Hrsg.) (2011): Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft. Berlin.

BMU (Hrsg.) (2011: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen. Berlin.

BMU (Hrsg.) (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.

BUND (2007): Positionspapier: Strom und Wärmeerzeugung aus Geothermie: Anforderungen an die Produktionsprozesse aus ökologischer Sicht.

BUND (2010): Position des BUND Baden-Württemberg zur Solarstromerzeugung, insbesondere Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-Freiflächen).

BUND (2010): Position des BUND Baden-Württemberg zum Ausbau der Wasserkraft an Flüssen.

BUND (2011): Positionspapier: Zukunftsfähige Energiepolitik.

BUND (2011): Land- und Forstwirtschaftliche Biomasse und Naturschutz in Baden-Württemberg: Positionspapier des BUND-Landesverband Baden-Württemberg e. V.

BUND (2011): Positionspapier: Für einen natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie.

BUND-Regionalverbände Donau-Iller & Neckar-Alb; Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (2009): Ermittlung des Potenzials energetisch nutzbarer Resthölzer aus der Landschaftspflege im PLENUM- und Biosphärengebiet Schwäbische Alb.

Bundesverband WindEnergie e.V. (Hrsg.) (2011): Windenergiepotenzial Baden-Württemberg. Berlin.

Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien (2009): Nordhessen 2020 – Dezentrale Arbeit und Energie. Kassel.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt et. al. (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – „Leitstudie 2010“. Stuttgart.

DIFU (Hrsg.) (2011): Praxisleitfaden Klimaschutz in Kommunen. Köln.

Fraunhofer ISI et. al. (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). U.a. Karlsruhe.

Greenpeace (Hrsg.) (2010): Klimaschutz: Plan B 2050 Energiekonzept für Deutschland. Hamburg.

Hage, G. (2007): Statistische Daten des Biosphärengebiets Schwäbische Alb – Grundlage des UNESCO-Antrags.

Hydro-Data (2009): Machbarkeitsstudie für ein HOT-DRY-ROCK-Wärme- und Stromnutzungskonzept Bad Urach.

IFEU (2006): Maßnahmen zur energetischen Verbesserung von Bausubstanz mit der EnEV 2006 – Evaluierung der bedingten Anforderungen.

IFEU et. al. (2009): Analyse der Potenziale und volkswirtschaftlichen Effekte einer ambitionierten Effizienzstrategie für Deutschland. Heidelberg.

IFEU et. al. (2009): Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Heidelberg.

IFEU, Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung (2010): Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung. Heidelberg, Karlsruhe.

Kaltschmitt, M.; Streicher, W.; Wiese, A. (2006): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2011): Ausbaupotenziale der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Stuttgart.

Progonos AG (2007): Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Berlin/Basel.

Regionalverband Donau-Iller (Hrsg.) (2003): Gutachten über raumbedeutsame Standorte für Windenergieanlagen in Region Donau-Iller. Ulm.

Regionalverband Donau-Iller (Hrsg.) (2011): Potenziale zur Nutzung Oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden in der Region Donau-Iller.

Regionalverband Donau-Iller (Hrsg.) (2011): Konzept zur Fortschreibung des Kapitels Windenergie im Regionalplan Donau-Iller. Ulm.

Regionalverband Neckar Alb (Hrsg.) (2012): Regionalplan – Planentwurf für die Beteiligung gemäß § 12 Abs. 2 und Abs. 3 sowie Abs. 5 Landesplanungsgesetz. Münsingen.

Regionalverband Neckar Alb (Hrsg.) (2011): Wasserkraftpotenziale in Regionalverband Neckar-Alb. Münsingen.

Roland Berger/Prognos (2010): Wegweiser Solarwirtschaft. Roadmap 2020. Berlin.

Pehnt, M.(2007): Erneuerbare Energien kompakte – Ergebnisse systemanalytischer Studien. Heidelberg.

Sonnenenergie Neckar-Alb e.V. (2009): EnergieSzenario Neckar-Alb 2030.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele.

Schmidt-Kanefendt. H.-H. (2011): 100prosim: Simulator-Software für 100 %-Erneuerbare-Energie-Regionen.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH(Hrsg.) (2006): Optionen und Potenziale für Energieeffizienz und Energiedienstleistung. Wuppertal.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH(Hrsg.) (2011): Suffizienz als Business Case. Wuppertal.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (2011): Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in Baden-Württemberg – Sachstand und Entwicklungsperspektiven. Stuttgart.

VERORDNUNG (EU) Nr. 510/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2011 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO_2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

EEG-Anlagedaten (http://www.transnetbw.de)

10 Anhang

10.1 Kurzübersicht Methodik Energie- und CO_2-Bilanz

CO_2-Bilanzen dienen als wichtiges Klimaschutz Monitoring-Instrument, um langfristige Entwicklungen bei den Treibhausgasemissionen einer Kommune oder Region aufzeigen zu können. Sie sind deshalb ein integraler Bestandteil kommunaler Klimaschutzkonzepte. Bislang existiert bei der kommunalen CO_2-Bilanzierung jedoch keine einheitliche Methodik, die bundesweit angewendet wird. Der 2011 erschienene überarbeitete Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ empfiehlt eine Methodik, an welcher sich die vorliegende Energie- und CO_2-Bilanz orientiert.

Die Wahl der Methodik ist immer mit dem Ziel, was mit der jeweiligen Bilanz dargestellt werden soll, verknüpft. Möchte die Kommune/Region beispielsweise Vergleiche mit anderen Kommunen/Regionen vornehmen, sollten die angewendeten Methoden und Datengrundlagen möglichst homogen sein. Möchte eine Kommune/Region eigene Klimaschutzaktivitäten mit einer CO_2-Bilanz darstellen, sind der Detail- und Datentiefe keine Grenzen gesetzt. Hier ist auch zu berücksichtigen, dass die Fortführung der Bilanz über mehrere Jahre mit einem hohen Detaillierungsgrad mit Schwierigkeiten verbunden ist. Einerseits stehen nicht für jedes gewünschte Bilanzierungsjahr die Daten in der benötigten Form zur Verfügung, andererseits müsste der entsprechende Aufwand, verbunden mit den benötigten personellen Kapazitäten, für jedes Bilanzierungsjahr erneut aufgewendet werden. Die in diesem Konzept dargestellte Energie- und CO_2-Bilanz ist nicht darauf ausgelegt, fortgeschrieben zu werden, da mit den vorliegenden Daten des Statistischen Landesamtes und der LUBW aufgrund derer Top-down-Bilanzierung zwar wichtige erste Anhaltspunkte dargestellt werden können, aber Maßnahmen auf regionaler Ebene nur unzureichend dargestellt werden können.

Die Wahl der Bilanzierungsmethode und die verwendeten Daten können erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Im Folgenden werden deshalb die der vorliegenden Bilanz zu Grunde liegenden Methoden erläutert.

Territorialbilanz „BUND“

Die Energie- und CO_2-Bilanzierung des IFEU für Kommunen/Regionen basiert auf dem Territorialprinzip. Demnach werden beispielsweise alle im Gebiet anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die z.B. am Hauszähler gemessen und verrechnet wird) bilanziert und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Graue Energie (die z.B. in Produkten steckt) und Energie, die außerhalb der Region konsumiert wird (z.B. Hotelaufenthalt), wird nicht bilanziert[46].

Auf Energieversorgungsseite (Bereitstellung von Strom und Wärme) werden für den Bereich Wärme ebenfalls alle Energieumwandlungen in der Region berücksichtigt und fließen in die Bilanz ein. Bei der Bilanzierung des Stromverbrauchs in der Region des Biosphärengebiets werden für die Berechnung der CO_2-Emissionen die CO_2-Emissionsfaktoren des Bundesmixes übernommen.

[46] Eine verursacherbasierte Bilanz einzelner Personen in Böblingen kann aber z.B. über das CO_2-Bürgertool des IFEU Heidelberg (siehe http://ifeu.klima-aktiv.de/) erstellt werden.

Exkurs: „Strom aus der Steckdose“ bzw. die Frage nach dem Strommix

Die Nutzung von Strom durch den Endverbraucher ist ohne direkte lokale CO_2-Emissionen verbunden. Unter Berücksichtigung der Vorkette werden der Nutzung jedoch die CO_2-Emissionen zugeordnet, die mit Hilfe eines CO_2-Emissionsfaktors (g CO_2-/kWh Endenergie) und des Gesamtstromverbrauchs ermittelt wird. Welcher Emissionsfaktor letztendlich genutzt wird, ist die Frage, was man dem Ergebnis darstellen möchte.

- Für kommunale und regionale CO_2-Bilanzen bietet sich vor allem der Emissionsfaktor an, der auf dem bundesdeutschen Strommix (Strommix BUND) basiert. Physikalisch ist dies zudem am korrektesten, da es im Netz keine Qualitätsunterschiede zwischen Öko- oder Kohlestrom gibt. Lokal erzeugter Strom wird zwar vor Ort eingespeist, aber deutschland- /europaweit genutzt. Es können also keine Rückschlüsse gezogen werden, wer den in der Region erzeugten Strom letztendlich nutzt.
- Parallel kann ein regionaler Strommix (Strommix REGIO) ermittelt werden, mit Hilfe dessen die lokalen Aktivitäten der Energieversorger und der lokalen Akteure dargestellt werden können.
- Jeder Stromkunde erhält auf seiner Rechnung auch einen eine Aufschlüsselung, aus welchen Energiequellen der Strom aus seinem Tarif stammt. Diesen Mix stellt der Energieversorger durch seine Eigenerzeugung und Stromkäufe an der Börse jährlich neu zusammen. Ökostromkunden wird dabei beispielsweise garantiert, dass der Anbieter (je nach Zertifizierung) nur Strom aus Erneuerbaren Energien- oder KWK-Anlagen kauft. Der Kunde kann also wählen, welchen Strommix er (rein „buchhalterisch“) erhält. Für eine regionale CO_2-Bilanz ist dieser von der Anbieter- und Tarifwahl der Stromkunden abhängige Strombezug aber nicht darstellbar, da es keine systematische Erhebung der Wechselaktivitäten gibt. Zudem wäre die CO_2-Bilanz über die Jahre hohen Schwankungen unterworfen, welche auf Anbieterwechsel aber nicht auf Verhaltensänderung (Senkung des Stromverbrauchs) zurückzuführen sind.

Vorkette

Zur Berechnung der CO_2-Emissionen werden, neben den direkten Emissionen bei der Umwandlung der Energie in der Region, auch die Emissionen der Vorkette einberechnet. So sind auch die Emissionen für die Förderung, den Transport und die Umwandlung außerhalb der Region enthalten. Die einzelnen Faktoren stammen aus dem GEMIS-Datensatz und den Berechnungen des IFEU Heidelberg (UMBERTO- und ecoinvent Daten[47]).

Äquivalente Emissionen

Zusätzlich zur Prozesskette werden vom IFEU auch die äquivalenten CO_2-Emissionen von Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) einberechnet. Z.B. entsteht bei der Förderung und dem Transport von Erdgas oder der Bioabfallvergärung und Kompostierung auch Methan. Methan und Lachgas sind um ein Vielfaches klimaschädlicher als CO_2 und sollten deswegen als treibhausgasrelevante Gase in der Bilanz berücksichtigt werden.

Vorgehen und Methodik im Verkehr

Eine Bilanz des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im motorisierten Verkehr im Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurde auf der Basis der Verkehrsmengen (Fahr-

[47] Begriffserläuterungen: Das GEMIS-Modell (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) des Öko-Instituts berechnet verschiedene Emissionen von Produkten und Prozessen; UMBERTO ist ein vom IFEU und dem Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH (IFU) programmiertes Tool zur Erstellung von produkt- und betriebsbezogenen Ökobilanzen und Stoffstromanalysen; ecoinvent Daten: Der ecoinvent Datenbestand enthält internationale, industriebasierte Sachbilanzen und ist Grundlage vieler Ökobilanz-Computerprogramme.

und Verkehrsleistungen) der motorisierten Verkehrsmittel sowie zugehöriger spezifischen Verbrauchs- und. Emissionsfaktoren erstellt.

Ermittlung von Fahr- und Verkehrsleistungen

Räumliche Abgrenzung und Differenzierung

Für die Emissionsbilanz bedarf es einer schlüssigen Definition, welche Verkehre (Fahr- und Verkehrsleistungen) unmittelbar dem Biosphärengebiet Schwäbische Alb zuzuordnen sind.

Emissionsbilanzen kommunaler Verkehre (z.B. für Klimaschutzkonzepte, Luftreinhaltepläne etc.) werden üblicherweise nach dem „Territorialprinzip“ erstellt. In der Territorialbilanz werden alle Fahr- und Verkehrsleistungen der betrachteten Verkehrsmittel berechnet, die innerhalb des Gebiets erbracht werden. Dazu gehört der Verkehr von Einwohnern und Auswärtigen (Pendler, Touristen, Durchreisende). Fahrten, die über die Grenzen der Kommune hinausgehen, werden nur anteilig für die Streckenabschnitte innerhalb der Gemarkungsgrenzen berücksichtigt. Damit wird in der Bilanz sowohl der Binnenverkehr erfasst, als auch die Anteile des Quell- und Zielverkehrs mit dem Umland, die innerhalb der Kommune erfolgen und somit grundsätzlich in deren Handlungsbereich liegen. Auch der Durchgangsverkehr, auf den die Kommune meist keinen großen Einfluss hat, wird erfasst.

Diese räumliche Abgrenzung nach dem Territorialprinzip wurde auch für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb gewählt. Für Kommunen, die nicht vollständig innerhalb des Biosphärengebiets liegen, wurden die Verkehre anteilig über die Bevölkerungsanteile innerhalb des Gebiets zugeordnet.

Eine Territorialbilanz bildet zunächst den gesamten Verkehr in einem Gebiet ab, jedoch ohne Differenzierung nach den Verursachern der Verkehrsströme. Um die kommunalen Handlungsmöglichkeiten darzustellen, sollten die Verkehre zusätzlich nach Verkehrsarten differenziert werden:

- *Binnenverkehr*: Zielgruppen: Bürger, z.T. Unternehmen. Vollständig im Handlungsbereich der kommunalen Akteure.
- *Quell-Ziel-Verkehr*: Zielgruppen: Berufspendler, Unternehmen, Einkaufs- und Freizeitfahrten, Urlaubsverkehr. Reduzierte Handlungsmöglichkeiten für einzelne Kommunen. Regionale Kooperationen wichtig.
- *Durchgangsverkehr* (insb. Autobahn): Wenig direkte Einflussmöglichkeiten. Anregung von Maßnahmen auf Landes-/Bundesebene sinnvoll.

Eine solche Differenzierung ist zudem eine wichtige Unterstützung für die Ermittlung von Emissionsminderungspotenzialen durch verkehrliche Maßnahmen.

Für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb war eine Differenzierung des Verkehrs und der verkehrsbedingten Emissionen aufgrund der Datenlage nicht möglich. Die unterschiedliche Relevanz verschiedener Verkehrsarten und Maßnahmen-Zielgruppen konnte aber zumindest qualitativ veranschaulicht werden. Hierzu wurden Beispiele zum touristischen und zum regionalen Berufsverkehr gewählt. Als Basis dienten statistische Daten zu Beschäftigten und zur jährlichen Touristenanzahl im Biosphärengebiet.

Verkehrsmittel

Es wurden folgende Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr berücksichtigt:

- Motorisierter Individualverkehr (MIV) mit Pkw und Zweirädern,

- Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) mit Bussen sowie Schienenpersonennahverkehr (SPNV),
- Straßengüterverkehr mit Leichten Nutzfahrzeugen (<3,5t) und Lkw (>3,5t).

Mit der anteiligen Berücksichtigung des Durchgangsverkehrs ist in der Bilanz auch ein Teil Pkw- und Lkw-Fernverkehr enthalten. Schienenpersonenfernverkehr sowie Gütertransporte mit der Bahn werden in der Bilanz nicht abgebildet.[48]

Fahr- und Verkehrsleistungen

Die in der Emissionsbilanzierung verwendeten Fahrleistungen im Straßenverkehr beruhen auf Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg. Das Statistische Landesamt berechnet jedes Jahr die Fahrleistungen auf Gemeindeebene, differenziert nach Straßentypen und Fahrzeugkategorien (Zweiräder, Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Lkw >3,5t, Busse). Über die Differenzierung des Statistischen Landesamtes hinaus wurden die Fahrleistungsangaben für Busse zusätzlich nach Reise- und Linienbussen unterteilt, mittels bundesmittlerer Anteile von Linienbussen am gesamten Busverkehr je nach Straßenkategorie.

Im regionalen Schienenverkehr erfolgte die Berechnung von Energieverbrauch und Emissionen auf Basis der angebotenen Verkehrsleistungen. Zunächst wurden jährliche Fahrleistungen (Zug-km) über die Streckenlängen der verschiedenen Bahnlinien im Biosphärengebiet und die Takthäufigkeit berechnet. Anschließend wurde das mittlere Platzangebot pro Zug anhand der üblicherweise auf einer Linie eingesetzten Fahrzeugtypen (Baureihen) abgeschätzt und darüber die angebotene Verkehrsleistung (Platz-km) berechnet. Zusätzlich wurde unter Berücksichtigung der Fahrzeugtypen auch die Aufteilung zwischen Diesel- und Elektrotraktion abgeschätzt.

Ergänzend zu den für die Emissionsberechnung notwendigen Verkehrsparametern wurden im Personenverkehr auch Verkehrsleistungen abgeschätzt und der Modal-Split im motorisierten Personenverkehr bestimmt. Da keine regionalen Informationen vorlagen, wurden die Verkehrsleistungen mittels bundesdurchschnittlicher Auslastungsgrade (Personen pro Pkw bzw. Zug) abgeschätzt. Im Straßengüterverkehr wurden keine Verkehrsleistungen berechnet, da kein Vergleich mit anderen Verkehrsträgern (Schiene, Binnenschiff) erfolgt.

Datengrundlage der Emissionsfaktoren

Emissionsfaktoren: In der hier erstellten Territorialbilanz für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb wurden aktuelle fahr- und verkehrsleistungsspezifische Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsfaktoren aus dem Modell TREMOD[49] verwendet. In TREMOD wird der durchschnittliche technische Stand der Fahrzeugflotte in Deutschland im jeweiligen Bezugsjahr sowie der Einfluss von Geschwindigkeit und Fahrsituation (z. B. Innerortsstraßen, Außerortsstraßen, Autobahn) berücksichtigt. Weiterhin sind Randbedingungen wie die CO_2-

[48] Im Personenfernverkehr sowie im Schienengüterverkehr stehen einem hohen Aufwand, regionale Zahlen zu ermitteln, nur geringe Emissionsbeiträge und kaum kommunale Handlungsmöglichkeiten gegenüber.

[49] Das Emissionsberechnungsmodell TREMOD (Transport Emission Model) bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und zugehörigen Emissionen für den Zeitraum 1960-2030 ab. TREMOD wird vom IFEU-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes und in Kooperation mit u. a. VDA, Deutsche Bahn AG und VDV erstellt und fortlaufend aktualisiert. TREMOD ist Grundlage für alle diesbezüglichen Berechnungen der Bundesregierung und Basis der offiziellen Berichterstattung (Kyoto-Protokoll, NEC-Protokoll).

Minderungsziele der Europäischen Kommission, die Zunahme des Anteils von Diesel-Pkw, Beimischung von Biokraftstoffen etc. berücksichtigt.

Energetische Vorkette: Für die vollständige Ermittlung der mit Verkehrsaktivitäten verbundenen Treibhausgasemissionen wurden neben den direkten Emissionen der Fahrzeuge im Fahrbetrieb auch die Aufwendungen zur Energiebereitstellung (von Rohenergiegewinnung bis zur Aufbereitung und Umwandlung in Raffinerien und Kraftwerken) einbezogen. Im elektrischen Schienenverkehr entstehen die Treibhausgasemissionen ausschließlich in der energetischen Vorkette. Ohne Berücksichtigung der Vorkette ist weder ein Vergleich zwischen verschiedenen Energieträgern (Benzin, Diesel, Strom) noch eine Ermittlung von Emissions-Einsparpotenzialen durch Verkehrsverlagerungen zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln möglich.

Verwendung von CO_2-Äquivalenten: Klimarelevante Emissionen im Verkehr entstehen fast vollständig als Kohlendioxid (CO_2). In geringem Umfang werden auch Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (N_2O) emittiert. Die Angaben von Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Biosphärengebiet beziehen sich in diesem Bericht analog zu den stationären Sektoren stets auf CO_2-Äquivalente, sie berücksichtigen alle drei Klimagase und bei CH_4 und N_2O zusätzlich die höhere spezifische Klimawirksamkeit.

10.2 Zusatzbetrachtung für den Verkehrsbereich

Regionaler Berufsverkehr der Einwohner des Biosphärengebiets

Von den 53.200 sozialversicherungspflichtig beschäftigten Einwohnern des Biosphärengebiets im Jahr 2009 arbeiteten 27 % in ihrem Wohnort, die übrigen 73 % pendelten zu einer anderen Gemeinde[50]. Weitere Informationen zu den Pendelbeziehungen, insbesondere welcher Anteil der Berufspendler in einem Arbeitsort außerhalb des Biosphärengebiets beschäftigt war sowie zu außerhalb des Gebiets wohnenden Einpendlern, konnten im Rahmen des Projekts nicht ermittelt werden.

Unter vereinfachter Annahme einer durchschnittlichen Weglänge von 20 km (ungefährer Radius des Biosphärengebiets) im überörtlichen Berufsverkehr auf dem Territorium des Biosphärengebiets ergibt sich bei 210 Arbeitstagen eine jährliche Verkehrsleistung der Auspendler von 328 Mio. Pkm[51]. Davon entfallen nach bundesweiten Befragungen (SrV 2008, MiD 2008) etwa 75-80 % auf den motorisierten Individualverkehr. Bei einem mittleren Pkw-Besetzungsgrad im Berufsverkehr von 1,1 Personen ergibt sich eine Fahrleistung im Berufsverkehr der Auspendler von ca. 220-240 Mio. Fahrzeug-km, was etwa einem Viertel der gesamten MIV-Fahrleistungen entspricht. Dazu kommen noch Fahrleistungen von ins Biosphärengebiet einpendelnden Beschäftigten.

Fazit: Auch bei Verwendung abweichender Annahmen zur mittleren Weglänge oder zum Modal-Split-Anteil des MIV am Berufsverkehr ergibt sich aus der Abschätzung ein erheblicher Anteil des Berufsverkehrs am gesamten motorisierten Individualverkehr im Biosphärengebiet und damit eine entsprechende Relevanz für emissionsmindernde Maßnahmen.

An- und Abreise von Besuchern des Biosphärengebiets

Nach Zusendungen statistischer Daten durch die Geschäftsstelle des Biosphärengebiets wurde im Jahr 2005 das Biosphärengebiet von ca. 159.000 Touristen besucht, mit im Durchschnitt je 4 Übernachtungen.[52] Spezifische Informationen zum Mobilitätsverhalten der Besucher des Biosphärengebiets liegen nicht vor, jedoch sind überschlägige Abschätzungen der Fahr- und Verkehrsleistungen im Biosphärengebiet unter Verwendung von Kenndaten aus der bundesweiten Befragung „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD 2008) möglich:

- Bei innerdeutschen Urlaubsfahrten fuhren 70 % der in MiD 2008 Befragten hauptsächlich mit dem Pkw, dieser war im Durchschnitt mit je 2,3 bis 2,4 Personen besetzt.
- 30 % der Befragten nutzten den öffentlichen Verkehr (v.a. Bahn, tlw. Reisebus).

Unter der zusätzlichen, vereinfachten Annahme einer mittleren Weglänge von Fahrten innerhalb des Biosphärengebiets von 20 km (entspricht etwa der Entfernung von der Gebiets-

[50] Angaben des Statistischen Landesamtes, anteilige Berücksichtigung der Beschäftigtenzahlen für Gemeinden, die nur teilweise im Biosphärengebiet liegen, analog zur Zurechnung der Bevölkerungszahl.

[51] Im Falle überwiegender Pendelbeziehungen zwischen Gemeinden innerhalb des Biosphärengebiets könnten die Weglängen und Verkehrsleistungen tendenziell kürzer sein. Aktuelle Mobilitätsbefragungen (MiD 2008) ergaben allerdings insb. bei Einwohnern von Gemeinden <20.000 Einwohner mittlere Weglängen im Berufsverkehr von meist mehr als 20 km, so dass auch für das Biosphärengebiet ein größerer Anteil Auspendler angenommen werden kann.

[52] Die anteilige Zurechnung der Touristenanzahl von Gemeinden, die nur teilweise im Biosphärengebiet liegen, erfolgte analog zur Zurechnung der Bevölkerungsanzahl.

grenze bis zu zentralen Orten), hätten Besucher des Biosphärengebiets durch ihre An- und Abreise demnach ca. 6,7 Mio. Pkm Verkehrsleistung innerhalb des Biosphärengebiets erbracht, davon 4,7 Mio. Pkm mit dem Pkw. Daraus resultiert eine jährliche Pkw-Fahrleistung durch An- und Abreise von ca. 2 Mio. Fahrzeug-km.

An den gesamten MIV-Fahrleistungen pro Jahr im Biosphärengebiet (933 Mio. Fahrzeug-km im Jahr 2009) hätten nach dieser stark vereinfachten Abschätzung demnach die Besucheranreisen und -abreisen nur einen Anteil von ca. 0,2 %. Hinzu kommen noch Fahrten der Besucher innerhalb des Biosphärengebiets, für die aufgrund der Datenlage keine Abschätzung möglich ist. Insgesamt erscheint es aber plausibel, dass die im Biosphärengebiet übernachtenden Besucher deutlich weniger als ein Prozent zum gesamten motorisierten Individualverkehr beitragen.

10.3 Annahmen Flächen

Tabelle 10-1: Gemeinden im Biosphärengebiet nach Landkreisen

Gemeindedaten		Anteil am BG	
Name	**Gemeindefläche in ha**	**in ha**	**in %**
Bad Urach	5542,77	5490,03	99,05 %
Dettingen/Erms	1579,42	1579,42	100,00 %
Eningen unter Achalm	2313,01	2313,01	100,00 %
Gomadingen	4583,49	3872,63	84,49 %
Grabenstetten	1453,24	1453,24	100,00 %
Gutsbez. Münsingen	6693,93	6693,93	100,00 %
Hayingen	6334,93	6044,69	95,42 %
Hülben	640,63	640,63	100,00 %
Lichtenstein	3424,26	250,51	7,32 %
Metzingen	3454,65	2769,49	80,17 %
Münsingen	11598,34	11419,31	98,46 %
Pfullingen	3014,43	3012,26	99,93 %
Reutlingen	8703,17	1521,67	17,48 %
Römerstein	4603,59	4603,59	100,00 %
Sankt Johann	5892,03	2603,99	44,20 %
Zwiefalten	4539,36	2010,13	44,28 %
Landkreis Reutlingen		**56278,53**	
Ehingen (Donau)	17835,13	6031,62	33,82 %
Lauterach	1376,17	1269,37	92,24 %
Schelklingen	7528,86	6188,10	82,19 %
Westerheim	2291,34	2291,08	99,99 %
Alb-Donau-Kreis		**15780,16**	
Beuren	1169,08	1112,81	95,19 %
Bissingen a.d.Teck	1705,90	1253,34	73,47 %
Dettingen unter Teck	1513,45	21,74	1,44 %
Erkenbrechtsweiler	692,71	692,71	100,00 %
Kohlberg	438,23	438,23	100,00 %
Lenningen	4143,31	4143,31	100,00 %
Neidlingen	1262,98	1262,98	100,00 %
Neuffen	1743,08	1743,08	100,00 %
Owen	969,73	969,71	100,00 %
Weilheim a.d.Teck	2651,23	1572,10	59,30 %
Landkreis Esslingen		**13210,04**	
Gesamt Biosphärengebiet		**85268,73**	

Tabelle 10-2: Berechnungsschlüssel für einzelne Flächen der Gemeinden des Biosphärengebiets (nach Hage/Hoppenstedt)

Gemeinde	Anteil BG an Gesamtfläche [%]	Siedlungsschlüssel [%]	Gewerbe-Schlüssel [%]	Bebauungs-Schlüssel [%]	LaWi-Schlüssel [%]	Wald-Schlüssel [%]
Bad Urach	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,4
Beuren	95,2	98,9	100,0	99,1	94,6	94,8
Bissingen a.d.Teck	73,5	26,8	4,4	23,2	63,1	100,0
Dettingen a.d. Erms	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Dettingen unter Teck	1,4	0,2	0,0	0,1	2,3	0,2
Ehingen (Donau)	33,8	14,2	2,1	10,9	27,6	39,3
Eningen unter Achalm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Erkenbrechtsweiler	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gomadingen	84,5	100,0	100,0	100,0	96,0	74,0
Grabenstetten	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gutsbez. Münsingen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Hayingen	95,4	97,1	100,0	97,3	94,7	95,9
Hülben	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Kohlberg	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lauterach	92,2	99,0	100,0	99,0	83,8	99,4
Lenningen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lichtenstein	7,3	0,0	0,0	0,0	3,4	10,6
Metzingen	80,2	98,9	97,9	98,6	84,1	64,2
Münsingen	98,5	100,0	100,0	100,0	99,9	95,3
Neidlingen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Neuffen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Owen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pfullingen	99,9	100,0	99,1	99,7	100,0	100,0
Reutlingen	17,5	0,2	0,2	0,2	7,4	55,1
Römerstein	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Sankt Johann	44,3	50,7	46,6	50,2	50,9	36,2
Schelklingen	82,2	95,0	20,6	72,6	88,2	79,3
Weilheim a.d.Teck	59,3	17,1	4,7	13,1	53,1	99,5
Westerheim	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zwiefalten	44,1	79,4	87,3	80,8	51,3	36,1

10.4 Detailergebnisse Bilanz

Tabelle 10-3: Endenergiebilanz 2008 für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb nach Energieträgern und Sektoren (in GWh), witterungskorrigiert

	Strom	Erdgas	Heizöl	Erneuerbare (Wärme)	Sonstige	Wärme (Industrie)	Kraftstoffe	Gesamt*
Private Haushalte	293	589	551	192	2	-	-	**1.527**
Kleingewerbe	198	189	152	42	1	-	-	**581**
Industrie	537	-	-	-	-	724	-	**1.261**
Verkehr	21	-	-	-	-	-	776	**797**
Gesamt*	**1.049**	**678**	**702**	**235**	**2**	**724**	**776**	**4.166**

* Nicht korrekte Summen aufgrund von Auf- und Abrundungen bei den Einzelwerten

Tabelle 10-4: CO_2-Bilanz 2008 für das Biosphärengebiet Schwäbische Alb nach Energieträgern und Sektoren (in 1.000 Tonnen CO_2), witterungskorrigiert, inkl. Vorketten und CO_2-Äquivalenten.

	Strom	Erdgas	Heizöl	Erneuerbare (Wärme)	Sonstige	Wärme (Industrie)	Kraftstoffe	Gesamt*
Private Haushalte	182	123	176	3	0	-	-	**484**
Kleingewerbe	123	47	48	1	0	-	-	**220**
Industrie	334	-	-	-	-	195	-	**540**
Verkehr	7	-	-	-	-	-	234	**241**
Gesamt*	**647**	**170**	**224**	**3**	**1**	**195**	**234**	**1.475**

* Nicht korrekte Summen aufgrund von Auf- und Abrundungen bei den Einzelwerten

10.5 Sanierungszyklen im KLIMA-Szenario

Tabelle 10-5: Sanierungszyklen für einzelne Bauteile bei privaten Haushalten

	Sanierungszeitraum (a)
Warmwasserbereitung	15
Warmwasserverluste	15
Heizung	20
Dämmung Dach	30
Dämmung Außenwand	40
Fenster	30
Dämmung Keller	30
Lüftung	15

10.6 100prosim

100prosim ist ein Excel-Berechnungstool für eine flächenbasierte Modellierung von Ziel-Szenarien für 100%-Erneuerbare-Energie-Regionen. Durch Eingabe regionsspezifischer Daten zur Flächennutzung und zur Intensität der Energieströme (z. B. Windgeschwindigkeiten) können mit relativ wenig Aufwand Ziel-Szenarien kalkuliert werden. Im Unterschied dazu würden sich explorative Szenarien auf die Weiterentwicklung der Ist-Situation beziehen[53].

In einer Parameterliste der **Eingabedatei** werden die regionalen Daten eingegeben sowie Festlegungen für das eigene Szenario getroffen. Die einzugebenden Parameter sind in 4 unterschiedliche Dringlichkeitsstufen eingeteilt (vgl. Abbildung 10-1).

Als Grundlage (Status quo) für das Szenario müssen zuerst die Parameter der Stufe 1 eigegeben bzw. festgelegt werden. Hierbei handelt es sich beispielsweise um statistische Daten zu Einwohnerzahl, Gesamtfläche, Gebäude- und Freiflächen, Agrarflächen (z. B. für Getreide, Silomais, Winterraps), Waldflächen sowie der durchschnittliche Solarstromertrag in der Region und die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 120 m Höhe. Darüber hinaus werden zur Berechnung deutschland- oder bundeslandweite Kennwerte herangezogen.

Anschließend wird das Zukunfts-Szenario durch Festlegung weiterer Parameter der Stufe 2 festgelegt. Hierunter fallen Angaben zu verschiedenen Nutz-Anteilen der Mengen oder Flächen wie beispielsweise der Anteil solar genutzter Dachflächen an Gebäude- und Freiflächen oder der Anteil für Umgebungswärme beanspruchte Fläche an der Gebäude- und Freifläche.

Schließlich kann die Ist-Situation, soweit entsprechende Daten verfügbar sind, weiter vervollständigt werden durch Eingabe der Parameter der Stufe 3. Die Parameter der Stufe 4 sind weitgehend Regions-unspezifisch und bereits mit Werten vorbelegt. Veränderungen sind zunächst nicht erforderlich, das kann später bei der Verfeinerung des Szenarios in Einzelfällen sinnvoll sein.

Die **Szenario-Ergebnisse** werden anschließend automatisch in verschiedenen Tabellen und Graphiken dargestellt (Vgl. Abbildung 10-2). Die Ergebnisse werden dabei sowohl aus den eingegebenen Werten als auch aus einem Datenmodell im Hintergrund gespeist. Diese zugrundeliegenden Basisdaten und Berechnungsmethoden sind in den der Software beliegen-

[53] Exporative Szenarien (z. B. anhand von Zubauraten) wurden für einzelne Energieträger im Biosphärengebiet gesondert erstellt und anschließend mit den Ziel-Szenarien aus 100prosim abgeglichen.

den Textdokumentationen ausführlich beschrieben. Sie enthalten zudem Beschreibungen zum Ursprung der angebotenen Daten und methodische Hinweise zur Datenrecherche.

Weitere Informationen zu 100prosim finden Sie unter http://wattweg.net .

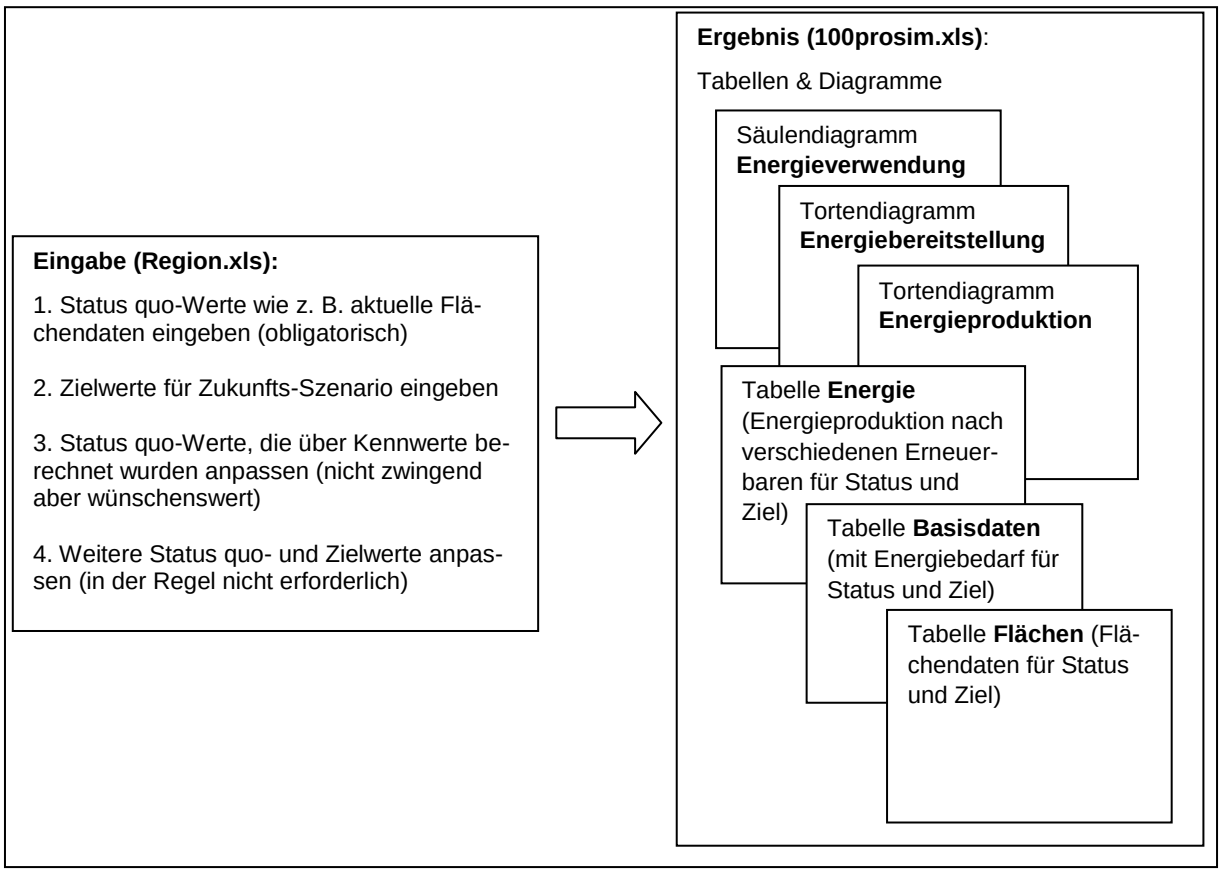
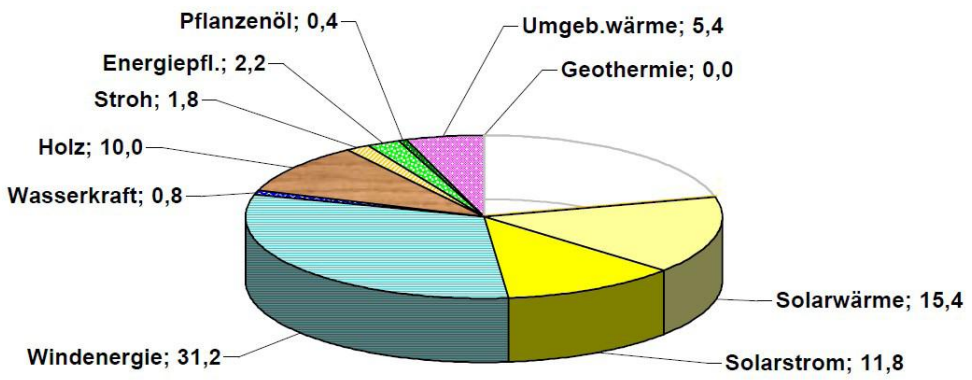


Abbildung 10-1: Funktionsweise von 100prosim

100%EE-Region — Landkreis Goslar (25.1.11.b) — Energie

Quelle	Fläche ha Status	Fläche ha Ziel	x Technologie	Nutz-Anteil % Status	Nutz-Anteil % Ziel	x Energieart	Energieertrag MWh/ha/a Status	Energieertrag MWh/ha/a Ziel	= Energieprod. GWh/a Status	Energieprod. GWh/a Ziel	> Deckungsbeitrag (Ziel) % von 2998 GWh/a Strom	Wärme	Antrieb	Wärme im Detail %von 2998 GWh/a Niedertmp.~	Prozess~
Solar-strahlung	9	430	Flachkollekt.	26	30	Wärme	3.584	3.584	8	462		15,4		15,4	
			Photovoltaik	74	70	Strom	1.173	1.173	8	353	11,8				
Wind	237	2.562	Windenerg.-Anlage	100	100	Strom	278	365	66	935	31,2				
Laufwasser	98.505	98.505	Wasser-Kraftwerk	67	67	Strom	0,37	0,37	24	24	0,8				
Holz	44.072	44.072	Ofen, Kessel	48	48	Wärme	12,1	12,1	258	258		8,6			8,6
			Kraftwerk	15	15	Strom	4,1	4,1	27	27	0,9				
						Wärme	2,3	2,3	15	15		0,5		0,5	
			Verflüssig.	0	0	Biofuel	8,8	9,7	0	0					
Stroh	14.401	14.401	Kessel	0	25	Wärme	12,1	15,1	0	54		1,8			1,8
			Kraftwerk	0	0	Strom	4,1	7,0	0	0					
						Wärme	7,4	7,0	0	0					
			Verflüssig.	0	0	Biofuel	10,1	11,1	0	0					
Energie-Pflanzen	1.341	3.333	Biogas direkt	0	100	Wärme	41,6	20,0	0	67		2,2			2,2
			Biogas BHKW	100	0	Strom	12,5	12,5	17	0					
						Wärme	0,0	0,0	0	0					
			Biogas												

100%EE-Region — Landkreis Goslar (25.1.11.b) — Energieproduktion



Angaben in % vom Verbrauchsniveau 2007 in Sektoren Haushalte & GHD & Industrie (2.998 GWh = 100%)

Szenario: s-k, GS 2011-3-15 15:33:33 — 100prosim 04.54X

Abbildung 10-2: Ausschnitte aus 100prosim

10.7 Annahmen für den Ausbau Erneuerbare Energien

10.7.1 Solarenergie

Quellen	• 100prosim (Schmidt-Kanefendt 2011) • EEG-Anlagedaten, www.transnetbw.de (für Ausbauraten) • www.solaratlas.de (für Ausbauraten) • EnergieSzenario Neckar-Alb 2030 des Vereins Sonnenenergie Neckar-Alb e.V. (2009) • Potenzialstudie Erneuerbare Energien in Metzingen des Arbeitskreis Klima und Energie Metzingen (2005) • Roland Berger/Prognos 2010		
BUND-Position	Photovoltaik: • Der BUND fordert den massiven Ausbau der Photovoltaik, da diese in einem zukünftigen Energiemix einen wesentlichen Beitrag leisten kann. • Der Anwendung der Photovoltaik an und auf Gebäuden ist den Vorzug zu geben. • PV-Freiflächenanlagen werden als derzeit nötiger Bestandteil der Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung grundsätzlich befürwortet. Dabei sollten jedoch verschiedene Restriktionen beachtet werden (vgl. BUND 2010). Solarthermie: • Eine Ausstattung von Wohngebäuden mit mindestens 1-2 qm Solarkollektoren pro Person für Heizungsunterstützung und Warmwasser sollte in den nächsten 30 Jahren erreicht sein.		
Grundannahmen für alle Szenarien	• Maximal 4% der Gebäude- und Freiflächen (insgesamt 4.311 ha) sind für eine solare Nutzung geeignet. Dies entspricht Im Biosphärengebiet Schwäbische Alb etwa 172 ha. • Solarthermische Anlagen werden ausschließlich auf Dachflächen installiert (nicht auf Freiflächen). • Wärmeabnahme-Maximum für Solarthermie im Biosphärengebiet von 150 GWh		
einzelne Szenarien	**Szenario Basis**	**Szenario EE-Plus**	**Szenario BUND**
Annahmen Photovoltaik	• keine Freiflächenanlagen wegen Nutzungskonkurrenzen • mittlere Zubaurate wie 2005/2006	• einige Freiflächenanlagen (1,6%) • hohe/maximale Zubaurate wie 2008-2010	• wenige Freiflächenanlagen (0,5% der Gebäude- und Freiflächen = 22 ha) • hohe Zubaurate wie 2008-2010
Annahmen Solarthermie	• doppelte Zubaurate der letzten 10 Jahre	• dreifache Zubaurate der letzten 10 Jahre	• dreifache Zubaurate der letzten 10 Jahre

10.7.2 Windkraft

Quellen	• Regionalplan Neckar-Alb 2012 (Planentwurf für die Beteiligung gemäß § 12 Abs. 2 und Abs. 3 sowie Abs. 5 Landesplanungsgesetz) • Erste Einschätzungen des Landratsamtes Reutlingen aus Naturschutzsicht (Steckbriefe) • Windenergiegutachten Region Donau Iller (Planungsbüro Prof. Jörg Schaller) • Konzept zur Fortschreibung des Kapitels Windenergie im Regionalplan Donau Iller (Stand Oktober 2011)
BUND-Position	• Klimaschutz und Schutz der Biologischen Vielfalt gleichrangige Ziele → Unterstützung des energiepolitischen Ziels der Landesregierung

	• Strikte Beachtung der Belange des Natur- und Artenschutzes v.a. des Vogel und Fledermausschutze Anforderungen des Naturschutzes beim Ausbau der Windkraft • Einrichtung von Tabu- und Naturvorrangbieten: Naturschutz, Fledermaus- und Vogelschutz wird Vorrang vor der Windkraft eingeräumt	
Grundannahmen für alle Szenarien	• Nur Flächen mit mehr als 5,5m/s Durchschnittsgeschwindigkeit in 100m Höhe • Berücksichtigte Abstandsflächen (entnommen aus der Untersuchung des Regionalverbands Neckar Alb)	
	Fläche	**Abstand**
	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	1.000m
	Allgemeine Wohngebiete	700m
	Misch-, Dorf-, und Kerngebiete	500m
	Wohngenutzte Einzelhäuser im Außenbereich	500m
	Gewerbegebiete (ohne Industriegebiete)	300m
	Sonderlandeplätze, Segelflugplätze	3.100m, 2.000m/2.100m
	Naturschutzgebiete	200m
	Überregional bis international bedeutsame Zugkorridore (besonders geschützter Vogelarten, insbes. Limikolen, Wasservögel und weitere Großvögel) (nur Zugkorridor vor dem Albtrauf)	800m-Korridor
	Nachweislicher Brutplatz und Lebensraum (Revier) besonders geschützter und störungsempfindlicher Vogelarten, insbesondere größere Offenlandarten (Nur Rotmilan, Uhu, Wanderfalke)	1.000m/2.000m
	Bann- und Schonwald	200m
	Kernzone Biosphärengebiet Schwäbische Alb	200m
	Binnen- und Fließgewässser	10m
	Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe, Vorranggebiet zur Sicherung von Rohstoffen	300m
	Flächen für Ver- und Entsorgung (FNP)	-
	Grün- und Erholungsflächen (FNP)	-
	Bauschutzbereich von Flughäfen	-
	Biotope nach §30 NatSchG / NatSchG (ab einer Größe von 5 ha)	-
	EU-Vogelschutzgebiete mit hoher Empfindlichkeit gegenüber WKA	-
	FFH-Gebiete, sofern die Erhaltungs- und Entwicklungsziele des jeweiligen Gebiets erheblich beeinträchtigt werden könnten	-
	Waldbiotope nach §30a LWaldG / §30 BNatSchG	-
	Wasserschutzgebiete Zone I	-
	Grabungsschutzgebiet	-
	Sonderfläche Bund	-
	Militärische Nachttiefflugstrecken	-
	Weitere Militärische Ausschussflächen	-
	Positionen zur Sichtbarkeit der Windkraftanlagen: Eine abschließende Prüfung in Hinblick auf die Sichtbarkeit der Anlagen und eine damit einhergehende Beeinflussung des Landschaftsbildes über das vom Land vorgegebene Kriterien ist nicht durchgeführt worden. Eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes muss im Einzelfall diskutiert werden. Bei der Einzelfallprüfung wurden im Regionalplan des Regionalverbandes Neckar-Alb bezüglich der visuellen Beeinträchtigung von Kultur-/Baudenkmalen Wirkzonen von 300 m (vorhabenbezogene Analyse), 2.500 m	

	(vorhabenübergreifende Analyse) und 5.000 m (nur VRG Windkraftanlagen) angenommen.[54]

	Szenario Basis	Szenario EE-Plus	BUND-Szenario
Postionen zu Naturschutz und anderen Aspekten	• Kritische Auseinandersetzung mit der Erschließung (Waldflächen, Privatbesitz, Wirtschaftlichkeit). Im Zweifel wurde in diesem Szenario die Nicht-Errichtung von Anlagen angenommen • Naturschutz: Sind artenschutzrechtliche Konflikte aus heutiger Sicht nicht auszuschließen, wird angenommen, dass die Anlagen nicht errichtet werden bzw. nur in sehr begrenztem Maße (mit Ausgleichsmaßnahmen und Abschaltungen etc.) • Bei militärischen Einschränkungen (z.B. Nächtliche Tiefflugzonen) wird angenommen, dass die Anlage mit Höhe und Nutzung nicht wirtschaftlich sind.	• Alle Anlagen, welche in den zu aktualisierenden Regionalplänen vorgeschlagen können in diesem Szenario errichtet werden. Planerisch werden alle Kriterien (Abstandsflächen) eingehalten. • Aspekte, wie militärische Nutzung und Vogelzug sind in ersten Untersuchungen bereits berücksichtigt (s.u.) • Eingeflossene Untersuchungen: • ASP-Daten der LUBW, Daten aus vorliegenden Managementplänen von Natura 2000-Gebieten, • Horstbaum- und Höhlenbaumkartierungen von Sikora im Biosphärengebiet Schwäbische Alb • Konfliktanalyse von Vorranggebieten für den Ausbau der Windkraftanalgen aus Sicht des Vogelzugs im Biosphärengebiet Schwäbische Alb (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung J. Trautner) • Kartierung der Brutstätten von Uhu und	**Berücksichtige Aspekte (Tabu-Gebiete für WEA):** • Naturschutzgebiete • Bann- und Schonwälder, Kernzonen von Biosphärengebieten und Nationalparken • Naturnahe Waldbestände mit zahlreichen Baumindividuen über 120 Jahre sowie extensiv bewirtschaftete Waldflächen • International und national bedeutende Zugvogelkorridore • Bedeutende Lebens-, Nahrungs- und Fortpflanzungsstätten von europäisch streng geschützten und potenziell durch WKAs gefährdeten Vogel- und Fledermausarten **Vorranggebiete für den Naturschutz** (Vorrang für gefährdete Vogel- und Fledermausbestände vor der Windkraft bei der Flächenwahl). In diesen Fällen werden in Fällen mit mittleren Konfliktpotenzial Vermeidungs-, (z.B. temporäre Abschaltung), Minimierungs- (Reduktion der Anlagezahl in der Fläche) und/oder CEF-Maßnahmen angesetzt. In Flächen mit mittleren-hohen Konfliktpotenzial werden keine Windkraftanlagen errichtet. • Schwerpunktgebiete

[54] Folgende Positionen des BUND konnten nicht näher untersucht: Keine WKA in der unmittelbaren Nähe von Gewässern (Schlagopfer), Tendenziell Bau in der Nähe von Siedlungen, Verkehrsstraßen, Sportanlagen (unter Berücksichtigung der erforderlichen Mindestabstände), Schonung unberührter Landschaften, Aussparung einzelner windhöffiger Standorte zum Schutz der Landschaft

		Wanderfalke der AG Wanderfalkenschutz • Pufferstreifen um ein Vogelschutzgebiet. Gemäß Windenergieerlass Baden-Württemberg (Entwurf vom 23.12.2011) ist von Europäischen Vogelschutzgebieten mit Vorkommen windkraftempfindlicher Arten, insbesondere solcher Arten, für die Windkraftanlagen Gefahrenquellen darstellen, ein Abstand von in der Regel 1.000 m einzuhalten. Sofern im Einzelfall eine erhebliche Beeinträchtigung des jeweiligen Schutzzwecks und der geschützten Arten ausgeschlossen werden kann, kann eine Planung innerhalb des genannten Abstands erfolgen	windkraftsensibler europäisch streng geschützter Vogelarten (Rotmilan) • EU-Vogelschutzgebiete: Ausbau nur, wenn günstiger Erhaltungszustand der zu schützenden Vogelarten nicht gefährdet wird • Waldrefugien des Alt- und Totholzkonzepts → Mindestabstand einhalten • Flächenhafte Naturdenkmale • Besonders geschützte Biotope • Landesweit bedeutsame Lebensräume von Fledermäusen (und Überwinterungsquartieren) • Zugvogelkorridore von landesweiter Bedeutung von Vögeln und Fledermäusen

10.7.3 Wasserkraft

Quellen/ Planungsgrundlage	• Wasserkraftnutzung in der Region Neckar-Alb (Hrsg. Regionalverband Neckar Alb) • Ausbaupotenziale der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele (Hrsg. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg)
BUND-Position	• ökologisch verträglicher Umbau und Ausbau der Wasserkraft • Neubau nur in Ausnahmefällen und nur wenn keine Konflikte mit dem Verschlechterungsverbot der WRRL oder der Lachsprogrammgewässer zu befürchten sind • Modernisierung und ökologische Verbesserung der bestehenden Wasserkraftanlagen (z.B. neue Turbinentypen) • Wiederinbetriebnahme und Reaktivierung ehemaliger Wasserkraftanlagen
Berücksichtigte Rahmenbedingungen (in den Studien)	• Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) • Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) • Wasserhaushaltsgesetz (WHG) • Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) • Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) • Landeswassergesetz (LWG) • Landesnaturschutzgesetz (NatSchG)

	• Fischereigesetz (FischG) • Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums, des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum und des Wirtschaftsministeriums zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung; Kriterien für die Zulassung von Wasserkraftanlagen bis 1.000 kW		
Annahmen für einzelne Szenarien	**Szenario Basis**	**Szenario EE-Plus**	**Szenario BUND**
	• Modernisierung bestehender Anlagen	• Modernisierung bestehender Anlagen • Revitalisierung • Neubau von Kleinstanlagen	• Modernisierung und ökologische Verbesserung der bestehenden Wasserkraftanlagen • Wiederinbetriebnahme und Reaktivierung ehemaliger Wasserkraftanlagen • Neubau nur in Ausnahmefällen

10.7.4 Biomasse

Quelle/ Studie/ Planungsgrundlage	• 100prosim • Flächendaten des statistischen Landesamtes • Ermittlung des Potenzials energetisch nutzbarer Resthölzer aus der Landschaftspflege im PLENUM- und Biosphärengebiet Schwäbische Alb (HS Rottenburg)		
BUND-Position	• Priorität sollte bei der Nutzung von biologischen Abfall- und Reststoffen (z.B. Gülle, Mist, Stroh, Grün-, Bio-, Hausabfälle) liegen. • Der Anbau von Lebens- und Futtermitteln hat Vorrang vor Energiepflanzen. • Biomasseanbau nur ohne Gentechnik und mit 100% ökologischen Anbaumethoden. • Förderung der Biodiversität durch Diversifizierung der Ackerpflanzen nötig (Wildpflanzenmischungen statt Mais und Raps) • Kein Import von Agrarrohstoffen (Ausnahme Grenzregion Frankreich/Schweiz) • Ausbaupotentiale für Anbau-Biomasse nur auf freiwerdenden Ackerflächen • Einhaltung weiterer Nachhaltigkeitsstandards für die Agroenergie		
Grundlagen für alle Szenarien	• Keine Berücksichtigung von Biotop-Grünland. (z.B. durch ordnungsrechtliche Sicherung des FFH- und sonstigen Biotop-Grünlandes (z.B. Ausweisung Naturschutzgebiete) • Grundlage Holz: Nur theoretische Zuwachspotenziale der Region werden berücksichtigt. Tatsächliche Herkunft des energetisch genutzten Holzes kann in den Szenarien nicht abschließend geklärt werden. • Keine „theoretischen“ Importe von biogenen Energieträgern (Ausnahme Grenzregion Frankreich/Schweiz) • Abschaffung der Beimischungspflicht Kraftstoffe (E 10)		
Annahmen für einzelne Szenarien	**Szenario Basis**	**Szenario EE-Plus**	**Szenario BUND**
	• Konservativer Ansatz bei Anbauflächen Schwerpunkt Nahrungsmittelproduktion (Max. 10% der Land-	• Energie-fokussierter Ansatz für Anbau landwirtschaftlicher Flächen (30%) • Thermische Holznut-	• Anbau von Energiepflanzen (Mais, Raps) hat bereits Agrarlandschaft nachteilig verändert. Eine Diversifi-

	wirtschaftlichen Flächen für Energiepflanzen) • Thermische Holznutzung: 20% des Zuwachses, Stromerzeugung durch Holz: 10% des Zuwachses. Entspricht 50% der heutigen Biomassenutzung und wird als Zielwert in 100 pro SIM empfohlen. Hier wird die Notwendigkeit einer Ablösung der petrochemischen Produkte durch solche auf Biomasse-Basis dürfte zu einem lang andauernden Vorrang für stoffliche Holznutzung führen. • Konservative Annahme bei der Strohnutzung. Stroh wird als Nährstofflieferant und andere Nutzung (Stall) benötigt und kann keiner zusätzlichen Verwendung zugeführt werden.	zung: 35% des Zuwachses, Stromerzeugung durch Holz: 15% des Zuwachses. Entspricht 50% • Strohnutzung: nach IFEU 2009 im Schnitt etwa 30% des verbleibenden Strohs für energetische Anwendung nutzbar	zierung der Ackerpflanzen ist notwendig (z.B. Wildpflanzenmischung) Zudem: Anbau nur auf freiwerdenden Agrarflächen. Ca. 20% der landwirtschaftlichen Flächen stehen für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung (vgl. auch Agentur für Erneuerbare Energien) • Thermische Holznutzung 30%, Stromnutzung Holz 10%. Die Werte über den von 100 pro SIM empfohlenen Entnahmen des theoretischen Zuwachses werden durch den Anbau von Kurzumtriebsplantagen erreocjt. Ansonsten keine weitere Intensivierung der Nutzung von Wald-(rest)holz zur Verbrennung • Stroh: Regionale Umstände erlauben vermutlich max. 20% Strohentnahme (vgl. **Fehler! Hyperlink-Referenz ungültig.**).[55]

10.7.5 Geothermie

Tiefe Geothermie

Quellen	• Machbarkeitsstudie für ein HDR-Wärme- und Stromnutzungskonzept in Bad Urach von HYDRO-DATA (2009),

[55] Nachhaltige Biomassenutzungsformen wie die energetische Nutzung von Reststoffen, wie im BUND Paper empfohlen (Gülle, Mist, Grün- Bio- und Haushaltsabfälle) wird, wurden aufgrund mangelnder lokaler Datenbasis nicht betrachtet.

	• Potenzialstudie Erneuerbare Energien in Metzingen des Arbeitskreis Klima und Energie Metzingen (2005) • EnergieSzenario Neckar-Alb 2030 des Vereins Sonnenenergie Neckar-Alb e.V. (2009) • Experten-Einschätzung (Hydro-Data, Stadtwerke Bad Urach).		
BUND-Position	• Der BUND spricht sich für die Nutzung von tiefer Geothermie als Grundlast aus. • Die Geothermie bietet ein hohes Energiepotenzial, doch es zu nutzen ist sehr aufwändig, teuer und die Bohrrisiken sind erheblich. Deshalb sollten derartige Projekte durch Zuschüsse und Bohr-Bürgschaften gefördert werden.		
Grundannahmen in allen Szenarien	• Da die Technologie aus heutiger Sicht noch nicht bzw. in dieser Größenordnung erprobt ist, werden die damit verbunden Potenziale in Klammern gesetzt.		
Annahmen für einzelne Szenarien	**Szenario Basis**	**Szenario EE-Plus**	**Szenario BUND**
	• keine tiefe Geothermie, da unter Berücksichtigung der Regenerationsfähigkeit der Erdwärme eine wirtschaftlich Nutzung der Tiefengeothermie nicht erreicht werden kann	• 3 Tiefengeothermie-Kraftwerke: in Bad Urach und an zwei weiteren Standorten • finanzielle Förderung der Anlagen, sinkende Bohrkosten, steigende Energiepreise	• wie Szenario EE-Plus

Oberflächennahe Geothermie

Quellen	• Informationssystem für oberflächennahe Geothermie (ISONG) des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Baden-Württemberg • Hydrologischen Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg • 100prosim • BMU (Hrsg.) (2011): Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft • EnergieSzenario Neckar-Alb 2030 des Vereins Sonnenenergie Neckar-Alb e.V. (2009) • Potenziale zur Nutzung Oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden in der Region Donau-Iller des Regionalverbands Donau-Iller • Potenzialstudie Erneuerbare Energien in Metzingen des Arbeitskreis Klima und Energie Metzingen (2005) • Statistisches Landesamt Baden-Württemberg → Neubautätigkeit
BUND-Position	• Wärmepumpen erst oberhalb einer Arbeitszahl von 4,0 einsetzen (Erdreichwärmepumpen, Nutzung von Abwärme aus Abwasser oder Abluft aus Wohnräumen). • Besonders positiv ist die passive Nutzung von Erdwärme (bzw. Erdkälte im Sommer) für die Heizung oder Kühlung von Wohn- und Geschäftsgebäuden mit Passivhaus-Bauweise. • Der Einsatz von Wärmepumpen ist nur sinnvoll, wenn die Gesamtenergiebilanz deutlich verbessert wird, besonders durch die Nutzung von Abwärme. • Abgelehnt wird der Einsatz von Wärmepumpen, die nur die energetische Ineffizienz von Großkraftwerken ausgleichen bzw. deren vermehrter Einsatz einen erhöhten Bedarf an Kohle- oder Atomstrom nach sich zieht.

Grundannahmen in allen Szenarien	• Es wurden nur Potenziale für Erdwärmesonden berechnet. • Bau von Erdwärmesonden nur in Gebieten, in denen geologischen und wasserrechtlichen Gegebenheiten vor Ort den Bau von Erdwärmesonden zulassen (nach ISONG)		
Annahmen für einzelne Szenarien	**Szenario Basis**	**Szenario EE-Plus**	**Szenario BUND**
	• aktuelle Zubaurate im Neubau (jeder 4. Neubau wird mit einer Erdwärmepumpe ausgestattet)	• doppelte aktuelle Zubaurate im Neubau (jeder 2. Neubau) • zudem bei allen Sanierungen die mindestens Niedrigenergiestandard sind	• aktuelle Zubaurate im Neubau (jeder 4. Neubau wird mit einer Erdwärmepumpe ausgestattet) • zusätzlich werden auch in Niedrigenergiestandard sanierte Altbauten mit Wärmepumpen ausgestattet

10.8 Tabellen: Detailergebnisse EE

Szenario Basis		2040	
	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Kraftstoffe* (GWh)
Windkraft		156	
Biomasse	196	42	0
Wasserkraft		17	
Solarenergie	106	166	
Tiefengeothermie	0	0	
Geothermie (oberflächennah)	18		
Summe	**320**	**381**	**0**

Szenario BUND		2040	
	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Kraftstoffe* (GWh)
Windkraft		300	
Biomasse	253	90	0
Wasserkraft		22	
Solarenergie	150	217	
Tiefengeothermie	(238)	(34)	
Geothermie (oberflächennah)	35		
Summe	**438-676**	**629-663**	**0**

Szenario EE-Plus		2040	
	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Kraftstoffe* (GWh)
Windkraft		640	
Biomasse	311	136	0
Wasserkraft		30	
Solarenergie	149	283	
Tiefengeothermie	(238)	(34)	
Geothermie (oberflächennah)	76		
Summe	**537-775**	**1.089-1.123**	**0**

* Aufgrund von Effizienzkriterien wurden Biokraftstoffe in dieser Studie nicht weiter betrachtet.