

DIE NEUE WÄRMEWELT

SZENARIO FÜR EINE 100% ERNEUERBARE WÄRMEVERSORGUNG IN DEUTSCHLAND

Eine Studie der Agentur für Erneuerbare Energien

Erstellt im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen



AGENTUR FÜR
ERNEUERBARE
ENERGIEN
unendlich-viel-energie.de

AUTOREN

Claudia Kunz, Sven Kirrmann
Redaktionsschluss: November 2016

HERAUSGEGEBEN VON

Agentur für Erneuerbare Energien e. V.
Invalidenstraße 91
10115 Berlin
Tel.: 030 200535 30
Fax: 030 200535 51
E-Mail: kontakt@unendlich-viel-energie.de

IM AUFTRAG VON

Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen

INHALT

1	Kurzfassung	5
1.1	Wärmebedarf im Szenario „Neue Wärmewelt“.....	5
1.2	Wärmebereitstellung im Szenario „Neue Wärmewelt“	6
1.3	Voraussetzungen und begünstigende Faktoren für die Wärmewende	7
1.4	Bewertung und Schlussfolgerungen	8
2	Einleitung	10
2.1	Zielsetzung und Fragestellung	10
2.2	Vorgehensweise	11
3	Treibhausgasausstoß und Energieversorgung	12
4	Das Ziel: 100 % Wärme aus Erneuerbaren Energien	14
4.1	Status Quo des Wärmeenergieverbrauchs in Deutschland	14
4.2	Potenziale zur Senkung des Endenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser	15
4.3	Potenziale zur Senkung des Endenergiebedarfs für Prozesswärme.....	17
4.4	Zwischenfazit: Endenergiebedarf für Wärme in der „Neuen Wärmewelt“	19
4.5	Status Quo der Wärmebereitstellung	20
4.6	Potenziale erneuerbarer Wärme.....	21
4.7	Zwischenfazit: Zusammensetzung der Wärmebereitstellung in der „Neuen Wärmewelt“	29
4.8	Zielerreichung in 25 oder 35 Jahren.....	30
5	Das Leben in der „Neuen Wärmewelt“	32
6	Bewertung und Schlussfolgerungen	35
7	Literaturverzeichnis	37

ABBILDUNGEN

Abb. 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme im Zielszenario „Neue Wärmewelt“	6
Abb. 2: Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien und elektrischem Strom heute und im Zielszenario „Neue Wärmewelt“	7
Abb. 3: Treibhausgasausstoß in Deutschland im Jahr 2015.....	12
Abb. 4: Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Deutschland im Jahr 2015.....	13
Abb. 5: Energiebedingter Treibhausgasausstoß in Deutschland - Trend vs. Klimaschutz	13
Abb. 6: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Anwendungsbereichen	14
Abb. 7: Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in verschiedenen Szenarien	16
Abb. 8: Endenergiebedarf für Prozesswärme in in verschiedenen Szenarien.....	18
Abb. 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme im Zielszenario „Neue Wärmewelt“	19
Abb. 10: Endenergieträger für Wärmeanwendungen in Deutschland im Jahr 2014	20
Abb. 11: Wärme aus Erneuerbaren Energien in Deutschland (ohne Strom) im Jahr 2015.....	20
Abb. 12: Wärme aus Bioenergie in verschiedenen Szenarien	22
Abb. 13: Szenarien zur Nutzung der Solarthermie in Deutschland	23
Abb. 14: Szenarien zur Nutzung der Geothermie und Umweltwärme in Deutschland.....	24
Abb. 15: Stromverbrauch für Wärmeanwendungen in Deutschland im Jahr 2014	25
Abb. 16: Szenarien zur Nutzung von Strom für Wärmeanwendungen	26
Abb. 17: Zusammensetzung der Wärmebereitstellung in der „Neuen Wärmewelt“	28
Abb. 18: Die Wärmeversorgung der Zukunft - auf dem Land.....	32
Abb. 19: Die Wärmeversorgung der Zukunft - in der Stadt.....	33

TABELLEN

Tab.1 Bewertung der bisher erzielten Fortschritte im Hinblick auf die für das Erreichen des Zielszenarios „Neue Wärmewelt“ notwendige Entwicklung. Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, AGEE-Stat, eigene Berechnungen.....	31
Tab.2 Ansatzpunkte von Instrumenten und Maßnahmen zur Beförderung der Energiewende im Wärmesektor.....	36

1 KURZFASSUNG

Die vorliegende Studie entwirft ein Szenario einer vollständig auf Erneuerbaren Energien basierenden Wärmeversorgung und beschreibt, wie diese „Neue Wärmewelt“ aussehen und funktionieren kann. Aus heutiger Sicht erscheint die skizzierte Entwicklung zwar sehr ehrgeizig, ist aber prinzipiell mit den verfügbaren Technologien machbar und für einen ambitionierten Klimaschutz auch nötig. Spätestens seit den Ende 2015 gefassten Beschlüssen der Klimaschutzkonferenz in Paris ist klar, dass Deutschland seinen Treibhausgasausstoß sehr umfassend reduzieren muss. Da sich ein Teil der Emissionen, zum Beispiel in bestimmten Industrieprozessen, der Land- und Abfallwirtschaft, kaum vermeiden lässt, muss der Energiesektor schnellstmöglich klimaneutral werden. Dieses Ziel erfordert wesentlich stärkere Anstrengungen zur Senkung des Energieverbrauchs und zum Ausbau der Erneuerbaren Energien als bisher. Eine bloße Fortsetzung des Trends der vergangenen zehn Jahre würde bis 2050 lediglich zu einer Halbierung der Emissionen gegenüber 1990 führen (vgl. Kap. 3, Abb. 5). Die „Neue Wärmewelt“ stützt sich im Wesentlichen auf drei Säulen: die erfolgreiche Steigerung der Energieeffizienz, die konsequente Erschließung der Potenziale erneuerbarer Wärmetechnologien und eine intelligente Kopplung mit dem Stromsektor. Gleichzeitig baut die Zielsetzung einer vollständig erneuerbaren Wärmeversorgung auf die aktive Beteiligung der Menschen am klimafreundlichen Umbau der Energieversorgung. Das betrifft ihre Rolle als Bürger, Eigentümer und Investoren sowie als Verbraucher.

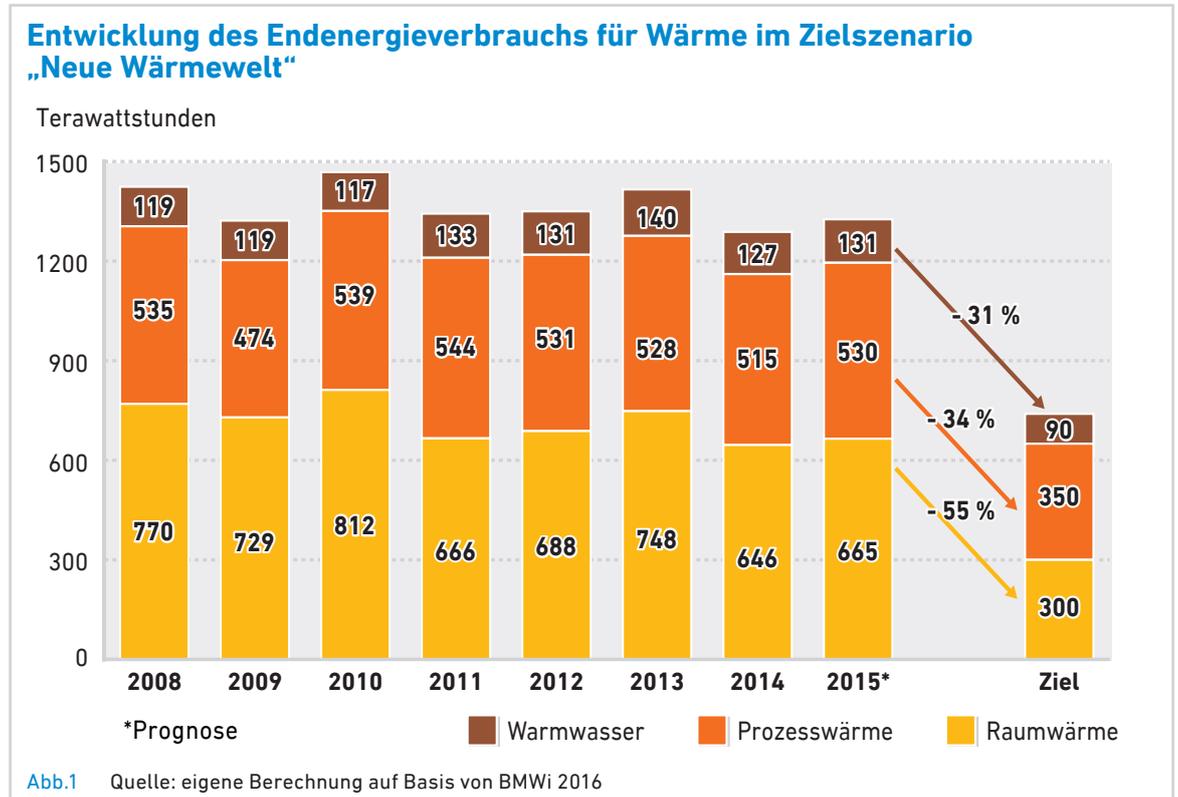
Die wesentlichen Stellschrauben für die Wärmewende sind bekannt. Politische Lenkungsinstrumente, die die notwendigen Mindestanforderungen festlegen und entsprechende Maßnahmen ökonomisch anreizen, müssen geschaffen bzw. erweitert werden. An der praktischen Umsetzung der Wärmewende mitzuwirken, muss attraktiv sein und sich lohnen. Millionen von Bestandsgebäuden müssen zu diesem Zweck energetisch sinnvoll saniert und kommunale Wärmeversorgungskonzepte erarbeitet werden. Vor allem in dichter besiedelten Gebieten können Wärmenetze, in die eine Vielzahl von kleinen und größeren Anlagen einspeisen, eine wichtige Rolle für die effiziente und erneuerbare Deckung des Wärmebedarfs übernehmen.

Die Senkung des Energieverbrauchs und die Umstellung der Wärmeversorgung auf Erneuerbare Energien müssen Hand in Hand gehen, wenn der Wärmesektor klimaneutral werden soll. Wird eines von beiden vernachlässigt, bedeutet das entweder die fortgesetzte Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und damit einen gescheiterten Klimaschutz oder die Notwendigkeit, zusätzliche Mengen an Ökostrom für die Wärmeversorgung zur Verfügung zu stellen.

1.1 WÄRMEBEDARF IM SZENARIO „NEUE WÄRMEWELT“

Auf Basis einer Metaanalyse verschiedener Studien und Szenarien wird damit gerechnet, dass der Wärmeenergiebedarf des Jahres 2015 in Höhe von insgesamt rund 1.330 Terawattstunden (TWh) langfristig um etwa 44 Prozent auf 740 TWh gesenkt werden kann. Dabei entfällt das größere Einsparpo-

tenzial auf den Bereich Raumwärme und Warmwasser (-51 %), während die Reduktionsmöglichkeiten im Bereich der Prozesswärme geringer ausfallen (-34 %). Bei der Raumwärme können Energieeinsparungen vor allem durch eine bessere Dämmung der Gebäudehülle, gute Fenster und Wärmerückgewinnung erreicht werden. Versorgungsseitig gilt es, alte und ineffiziente Anlagen für die Raumheizung und Warmwasserbereitung zu ersetzen. Im Bereich der industriellen Prozesswärme bieten eine konsequente Abwärmenutzung und die allgemeine Optimierung von Prozessen Einsparmöglichkeiten.



1.2 WÄRMEBEREITSTELLUNG IM SZENARIO „NEUE WÄRMEWELT“

Bisher wird der Wärmebedarf in Deutschland ganz überwiegend aus fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle) gedeckt. Nennenswerte Anteile entfallen zudem auf Biomasse und auf elektrischen Strom, der allerdings auch noch großteils mithilfe fossiler Energieträger erzeugt wird. Für eine klimafreundliche Wärmeversorgung ist es notwendig, einen insgesamt stark verringerten Wärmebedarf ausschließlich mit Erneuerbaren Energien abzudecken. Dazu müssen die vorhandenen Potenziale der Solarthermie sowie der Tiefengeothermie sehr viel dynamischer erschlossen werden als das bislang der Fall ist. Im Zielszenario „Neue Wärmewelt“ nimmt die Wärmebereitstellung aus Biomasse leicht zu. Dabei findet eine deutliche Verschiebung von relativ ineffizienten Einzelanwendungen im Gebäudebereich (insbesondere offene Kamine) zu effizienten Wandlungstechniken wie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie dem Einsatz im Bereich der industriellen Prozesswärme statt. Darüber hinaus spielt die Nutzung von elektrischem Strom (zu 100 % aus Erneuerbaren Energien erzeugt) eine wichtige Rolle für die Dekarbonisierung des Wärmesektors. Soweit wie möglich kommen Wärmepumpen zum Einsatz, um Umweltwärme, oberflächennahe Geothermie und Abwärme effizient nutzbar zu machen.

Im Bereich der Prozesswärme sowie zur gezielten Einbindung von zeitweiligen Stromüberschüssen in Wärmenetze kommt der direkten elektrischen Wärmeerzeugung (Power-to-Heat) durch Elektro-

denkessel, Heizstäbe und ähnliches eine hohe Bedeutung zu. Der Einsatz von Gas, das mithilfe von Strom aus Erneuerbaren Energien gewonnen wird („Power-to-Gas“, „EE-Gas“, „Windgas“) muss sich aus Gründen der Energieeffizienz und der Kosten soweit wie möglich auf Anlagen beschränken, die bei hohen Anteilen fluktuierender Erneuerbarer Energien für die Versorgungssicherheit im Stromsektor erforderlich sind (Speicherfunktion). Der Wärmeversorgung dient dann in erster Linie die bei der Wiederverstromung entstehende Abwärme. Daneben wird EE-Gas in geringem Umfang zur Bereitstellung von Prozesswärme benötigt, da auch ein stark reduzierter Prozesswärmebedarf nicht vollständig durch Biomasse, Abfallverbrennung und direkte Stromnutzung gedeckt werden kann.

Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien und elektrischem Strom heute und im Zielszenario „Neue Wärmewelt“

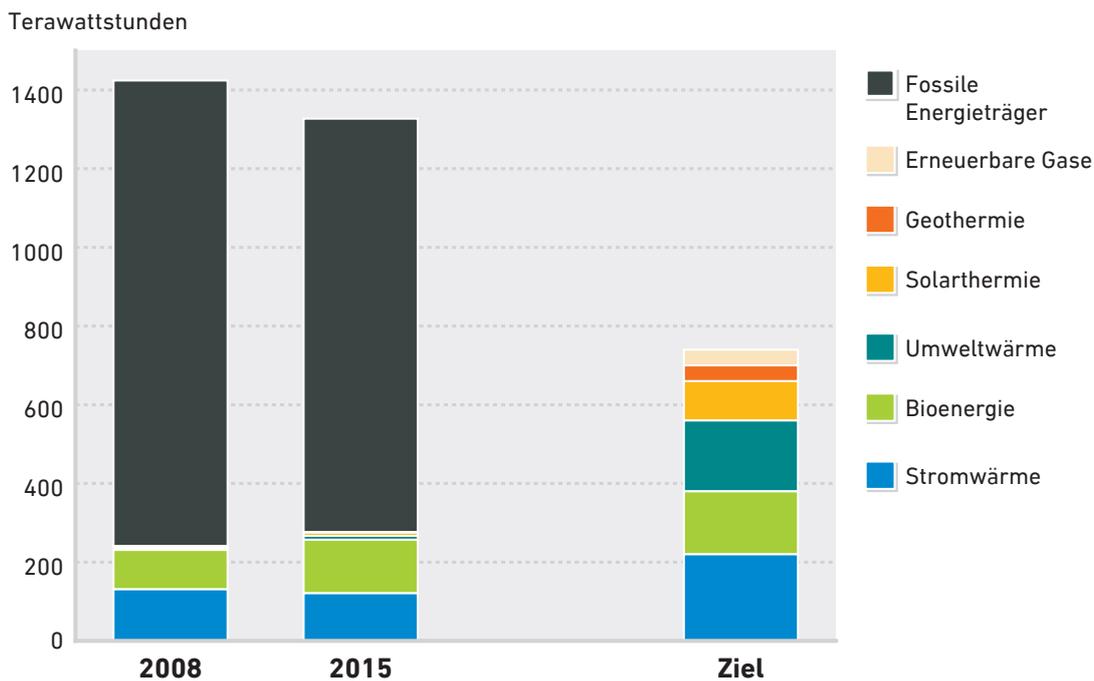


Abb.2 Quelle: eigene Darstellung auf Basis von BMWi 2016 und AGEE-Stat 2016

1.3 VORAUSSETZUNGEN UND BEGÜNSTIGENDE FAKTOREN FÜR DIE WÄRMEWENDE

Um die unterstellten Effizienzgewinne und die Potenziale Erneuerbarer Energien zu erschließen, müssen die notwendigen finanziellen Investitionen mobilisiert und ein ganzes Bündel an Maßnahmen umgesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise die Dämmung der Gebäudehüllen, die Installation effizienter Haus- und Heiztechnik oder der Ausbau von Niedertemperaturwärmenetzen und saisonalen Wärmespeichern. Zu empfehlen ist eine an die jeweiligen regionalen und lokalen Gegebenheiten angepasste Planung, die möglichst viele der für die Umsetzung der Maßnahmen relevanten Akteure wie Eigentümer, Investoren, Architekten, Handwerker und Installateure einbindet und Möglichkeiten für Bürgerbeteiligung schafft. Kommunale Wärmeversorgungs- und Sanierungsfahrpläne für einzelne Gebäude und ganze Quartiere sind hierfür geeignete Instrumente. Darüber hinaus muss die Vielzahl der relevanten Akteure entsprechend sensibilisiert und geschult werden.

Analog zur Entwicklung bei der Photovoltaik kann es auch bei Effizienz- und Wärmeerzeugungstechnologien zu heute noch nicht absehbaren Technologiesprüngen und/oder Kostenreduktionen kommen. Womöglich lassen sich derzeit vorhandene Restriktionen bei der Gebäudedämmung in Zukunft überwinden oder es steht unerwartet viel bzw. kostengünstig Strom aus Erneuerbaren Energien zur Verfügung (ggf. auch durch Importe aus sonnen- und windreichen Ländern). Es ist auch vorstellbar, dass in sonnen- und windreichen Gegenden der Welt mithilfe von Solar- und Windstrom synthetische Kraftstoffe produziert und anschließend importiert werden, so wie das heute für fossiles Gas und Öl normal ist. Diese und ähnliche Faktoren können die Wärmewende künftig begünstigen, werden aber in dieser Studie bewusst ausgeklammert, um die Machbarkeit einer Wärmewende unter konservativen Bedingungen auf Basis bereits existierender Technologien zu erörtern.

Darüber hinaus wird die Wärmewende leichter gelingen, wenn nicht nur Effizienzpotenziale und Erneuerbare Energien erschlossen werden, sondern auch „Suffizienz“ einen Beitrag leistet. Bislang sind Effizienzgewinne durch die wachsende Wohnfläche pro Kopf, höhere Komfortansprüche und höheren Konsum energieintensiver Produkte zum Teil wieder kompensiert worden („Rebound-Effekte“). Ein verantwortungsvolles Nutzerverhalten beim Flächen- und Wärmeverbrauch sowie beim sonstigen Konsumverhalten kann die Wärmewende erheblich unterstützen. Bildung und Information sowie an die tatsächlichen Bedürfnisse der Menschen angepasste Angebote stellen hierfür wichtige Grundlagen dar. Unterstützend wirken dabei Preissignale, die die ökologischen Folgekosten eines hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs stärker widerspiegeln.

1.4 BEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die erfolgreiche Wärmewende ist kein Selbstläufer. Den Wärmebedarf im für den Klimaschutz erforderlichen Umfang zu senken, erneuerbare Wärmetechnologien auch jenseits der Bioenergie dynamisch zu entwickeln und den Stromverbrauch für Wärmeanwendungen in Grenzen zu halten, stellt eine Herausforderung dar. Technisch möglich ist die „Neue Wärmewelt“ jedoch, sie anzustreben eine Frage der Vernunft und Verantwortung angesichts der absehbaren Folgen des Klimawandels.

Der Vergleich mit der bisherigen Entwicklung zeigt, dass viel mehr passieren muss, um die notwendige Reduktion des Endenergieverbrauchs und den erforderlichen Ausbau der Erneuerbaren Energien zu erreichen. Der Fortschritt bei der Reduktion des Energiebedarfs für von Raumwärme und Warmwasser im Zeitraum 2008 bis 2015 reicht unter der Annahme einer weiteren linearen Entwicklung zwar aus, um das Zielszenario in 35 Jahren zu erreichen. Da bei Effizienzsteigerungen aber zunächst die „low hanging fruits“ geerntet werden und es anschließend immer schwieriger wird, den Energiebedarf weiter zu senken, sind hier deutlich größere Anstrengungen erforderlich. Das gilt umso mehr, je früher das Ziel einer 100 Prozent erneuerbaren Wärmeversorgung erreicht werden soll.

Erheblicher Handlungsbedarf besteht bei der Senkung des Prozesswärmebedarfs sowie beim Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung. Bei einer Fortsetzung des bisherigen Trends ist das angestrebte Zielszenario in diesen Bereichen weder in 25, noch in 35 Jahren erreichbar. Lediglich die Entwicklung der Bioenergie liegt im grünen Bereich; die Nutzung von Umweltwärme, Solarthermie und Tiefengeothermie muss sich dagegen vervielfachen (vgl. Tab. 1).¹

¹ Die Jahre 2008 und 2015 hatten laut AG Energiebilanzen ein vergleichbares Temperaturniveau (mit jeweils acht Prozent geringeren Gradtagzahlen und damit etwas wärmer als im langjährigen Mittel). Daher sind die beiden Jahre als Orientierungswert für die Ermittlung des jährlichen Fortschritts bei der Raumwärme gut geeignet. Bei der Prozesswärme war die konjunkturelle Situation 2015 deutlich stärker, hier wurden die in der Zwischenzeit erzielten Effizienzfortschritte durch das Wachstum kompensiert (AGEB 2009 / AGEB 2016b).

Allerdings fehlen bislang die notwendigen politischen Weichenstellungen in allen Bereichen. Hierfür empfehlen Experten eine Kombination aus ordnungsrechtlichen Vorgaben und ökonomischen Anreizen wie zum Beispiel die stärkere steuerliche Förderung energetischer Sanierungen und eine Verteuerung fossiler Energieträger, um die Folgekosten der fossilen Energien einzupreisen und so die Wettbewerbsfähigkeit von Effizienzmaßnahmen und Erneuerbaren Energien zu erhöhen.

2 EINLEITUNG

Das Klimaschutzabkommen von Paris vom Dezember 2015 sieht vor, den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur möglichst auf 1,5 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen bzw. bei deutlich unter 2 Grad Celsius zu halten. Hierfür soll der weltweite Treibhausgasausstoß in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auf null sinken. Dadurch entsteht ein hoher Handlungsdruck für eine zügige und vollständige Umstellung auf eine klimaneutrale Energieversorgung in allen Anwendungsbereichen: Strom, Wärme und Verkehr². Da der Treibhausgasausstoß in den Bereichen Land- und Abfallwirtschaft sowie die Prozessemissionen der Industrie wesentlich schwieriger zu mindern sind und in diesen Bereichen ein Sockel an Emissionen bestehen bleiben wird, ist die vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung umso wichtiger³.

Die Umsetzbarkeit des Ziels, unseren Energiebedarf für Strom, Wärme und Verkehr nur aus Erneuerbaren Energien zu speisen, ist bisher nur in sehr wenigen Studien erörtert worden. Die meisten Arbeiten beschränken sich auf einen Teilbereich, wie den Stromsektor oder den Bedarf für Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden. Selbst ambitioniert erscheinende Energie- und Klimaszenarien rechnen zur Mitte des Jahrhunderts meist noch mit relevanten Beiträgen fossiler Energieträger, vor allem in den Bereichen Wärme und Verkehr. Das im Folgenden beschriebene Szenario zeigt hingegen, wie eine vollständig auf Erneuerbaren Energien basierende Wärmeversorgung sich zusammensetzen und funktionieren kann.

2.1 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG

Die vorliegende Studie skizziert im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen ein Szenario für eine vollständig erneuerbare Wärmeversorgung, die „Neue Wärmewelt“. Hintergrund und Motivation ist die klimaschutzpolitische Notwendigkeit, die Energieversorgung umfassend zu dekarbonisieren. Dabei wird ausgehend von der bisherigen Entwicklung und einer systematischen Auswertung bestehender Studien und Szenarien erörtert, welche Beiträge die Energieeffizienz in verschiedenen Anwendungsbereichen und die verschiedenen Optionen zur Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien leisten können. Ein eigenes Kapitel beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen zwischen Strom- und Wärmemarkt und der Kompatibilität des Wärmewelt-Szenarios mit der Studie „Die neue Stromwelt“ (AEE 2015).

² Vgl. Greenpeace 2016

³ Vgl. Öko-Institut / Fraunhofer ISI 2015, S.36

2.2 VORGEHENSWEISE

Zunächst werden die Anteile verschiedener Sektoren an den nationalen Treibhausgasemissionen und die Bedeutung der energiebedingten Emissionen dargestellt. Anhand der bestehenden politischen Zielsetzungen für den Klimaschutz wird erläutert, weshalb die Strom- und Wärmeversorgung schnellstmöglich klimaneutral und damit vollständig auf Erneuerbare Energien umgestellt werden müssen.

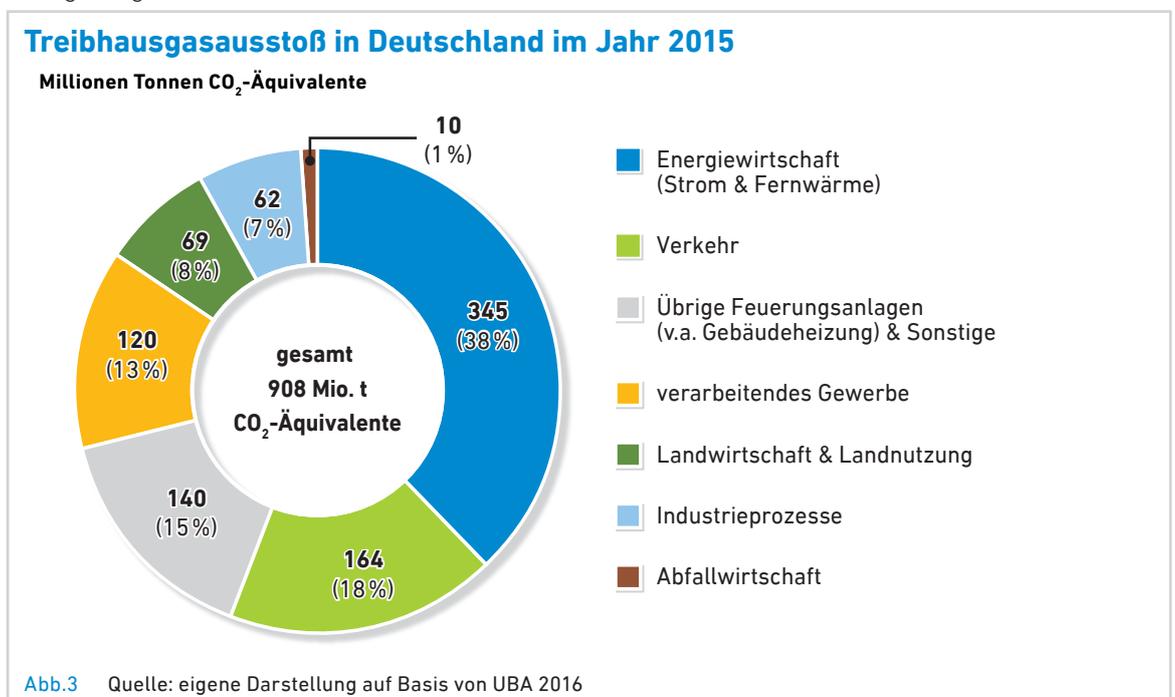
Die anschließende Analyse für den Bereich der Wärmeversorgung unterscheidet zwischen dem Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden, dem Endenergiebedarf für Prozesswärme und dem Verbrauch an Klima- und Prozesskälte. Die Unterscheidung zwischen Raumwärme und Warmwasser auf der einen und Prozesswärme auf der anderen Seite ist wichtig aufgrund unterschiedlicher Effizienzpotenziale und Temperaturniveaus. Für Kälteanwendungen wird lediglich der Status Quo festgestellt, sie werden im weiteren Verlauf nicht näher erörtert, da sie quantitativ von untergeordneter Bedeutung sind und bereits heute nahezu vollständig mit elektrischem Strom betrieben werden. Der für Kühlzwecke entstehende Energiebedarf ist daher bereits mit der Studie „Die neue Stromwelt“ abgedeckt. Außerdem besteht hier eine gute Entlastungsmöglichkeit durch solarthermische Kühlung. Dabei wird an Stelle einer üblichen, elektrisch betriebenen Kompressionsklimaanlage eine mit Solarwärme betriebene Kältemaschine eingesetzt, die typischerweise aus einem Kollektor für solare Prozesswärme, einer Absorptionskältemaschine und einem Kältespeicher besteht.

Ausgangspunkt für die Abschätzung der Zielwerte für den Wärmebedarf und die möglichen Beiträge der Erneuerbaren Energien ist der Status Quo bzw. die Entwicklung der letzten Jahre. Darauf aufbauend werden die Aussagen verschiedener vorhandener Studien und Szenarien zu den jeweiligen Potenzialen analysiert und daraus eigene Schlussfolgerungen gezogen. So werden die wesentlichen Eckdaten des Szenarios „Neue Wärmewelt“ ermittelt und im Anschluss daran für jeden Teilbereich dargestellt, welche jährlichen Fortschritte es erfordern würde, um den jeweiligen Zielwert in einem Zeitraum von 25 oder 35 Jahren, also bis 2040 oder 2050 zu erreichen. Zum Schluss wird anhand von zwei Beispielen anschaulich beschrieben, wie die angestrebte erneuerbare Wärmeversorgung in der Stadt und auf dem Land aussehen kann.

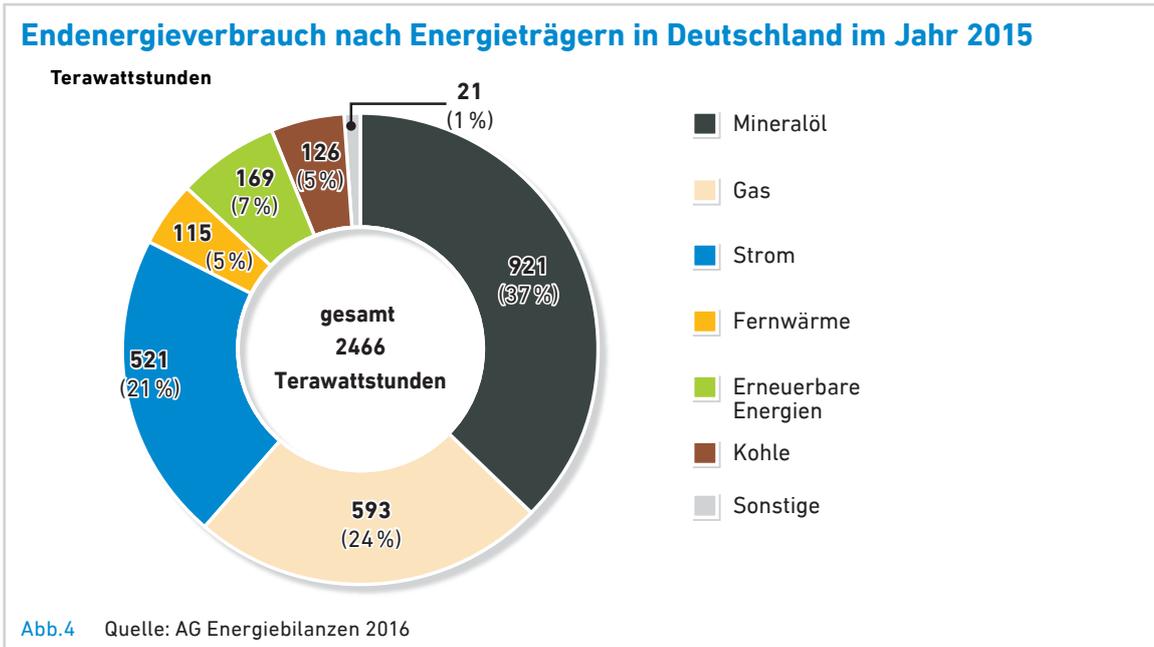
3 TREIBHAUSGASAUSSTOSS UND ENERGIEVERSORGUNG

In Deutschland wurden im Jahr 2015 insgesamt 908 Millionen Tonnen Treibhausgase (gemessen in CO₂-Äquivalenten) ausgestoßen⁴. Davon entfällt der größte Anteil (etwa 85 Prozent) auf die energiebedingten Emissionen, das heißt die Versorgung mit Strom und Wärme sowie die Verbrennung von Kraftstoffen. Der Rest wird durch Landwirtschaft, Landnutzung, Industrieprozesse und Abfallwirtschaft verursacht. An den energiebedingten Emissionen hat wiederum die Energiewirtschaft (Strom- und Fernwärmeerzeugung) den größten Anteil. Berücksichtigt man den Energiebedarf im verarbeitenden Gewerbe (zum großen Teil Prozesswärme), die sogenannten „übrigen Feuerungsanlagen“, also vor allem Heizungsanlagen, sowie den für Wärmezwecke genutzten Strom, ist die Wärmeversorgung für ungefähr die Hälfte der energiebedingten Treibhausgasemissionen Deutschlands verantwortlich.

Der bislang viel zu hohe Treibhausgasausstoß im Bereich der Stromerzeugung beruht vor allem auf der besonders klimaschädlichen Braun- und Steinkohle, während Heizöl und Erdgas die Hauptquellen von Treibhausgasen im Bereich der Wärmeversorgung sind. Öl ist zudem im Verkehr der dominierende Energieträger.

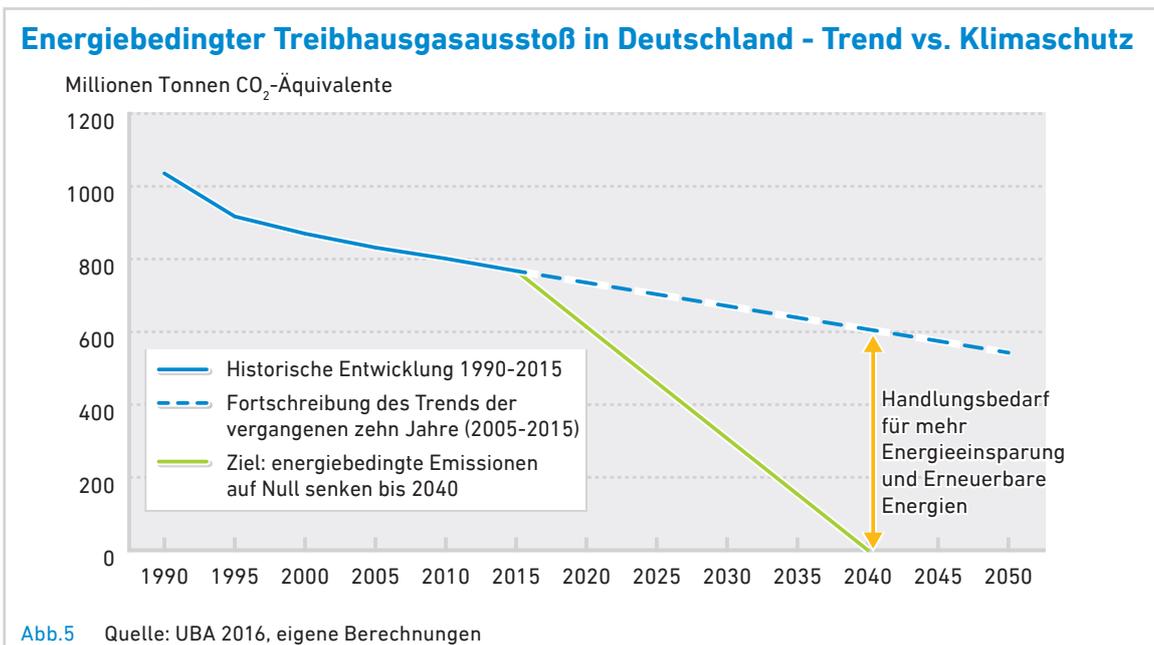


Laut dem Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010 soll der gesamte Treibhausgasausstoß Deutschlands bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % bis 95 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Spätestens seit den Pariser Klimaschutzbeschlüssen muss das obere Ende des genannten Treibhaus-



gasminderungskorridors angestrebt werden, um die darin festgelegten Klimaschutzziele zu erreichen. Rechnerisch heißt das, dass spätestens zur Mitte des Jahrhunderts nur noch 62 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente im Jahr (Mio. t CO₂-Äq./a) ausgestoßen werden dürfen. Bedenkt man, dass insbesondere die nicht-energiebedingten Emissionen in der Land- und Abfallwirtschaft nur schwer zu senken bzw. nicht umfassend zu vermeiden sind, wird deutlich, dass der Energiesektor insgesamt schnellstmöglich klimaneutral werden muss⁵.

Wie die Grafik zeigt, erfordert dieses Ziel wesentlich stärkere Anstrengungen als bisher. Eine bloße Fortsetzung des Trends der vergangenen 10 Jahre würde bis 2050 lediglich zu einer Treibhausgasmin- derung von etwa 50 % gegenüber 1990 führen. Vor diesem Hintergrund ist eine umfassende Strategie zur Senkung des Energiebedarfs und zur Nutzung Erneuerbarer Energien in allen Energieanwen- dungsfeldern erforderlich. Im Folgenden wird daher mit Blick auf den Wärmebereich erörtert, wie sich der Energiebedarf senken und der verbleibende Bedarf durch Erneuerbare Energien klimafreundlich decken lässt.



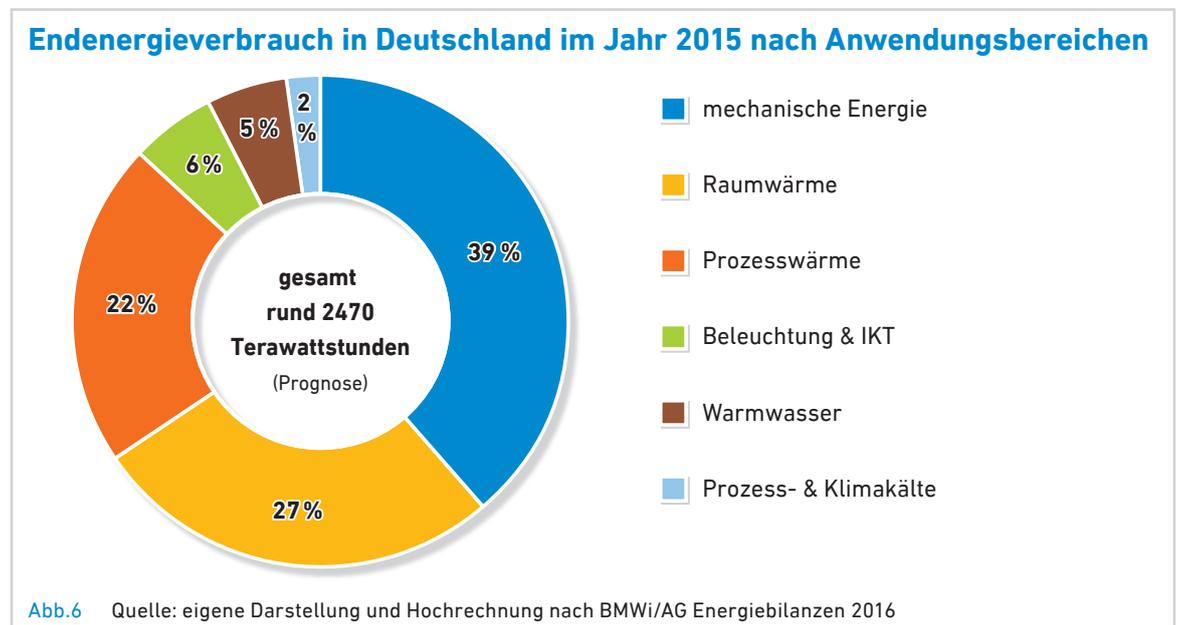
⁵ Vgl. Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015, S.36. Demnach nehmen Land- und Abfallwirtschaft rund zwei Drittel des noch erlaubten Emissionsbudgets in Anspruch. Für die gesamte Energiebereitstellung und Industrieprozesse verbleiben nur noch weniger als 20 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

4 DAS ZIEL: 100 % WÄRME AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

Um zu ermitteln, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Zukunft aussehen kann, muss abgeschätzt werden, in welchem Zeitraum der Wärmebedarf wie stark gesenkt werden kann, welche nutzbaren Potenziale die verschiedenen erneuerbaren Wärmetechnologien haben und wie viel Strom aus Erneuerbaren Energien direkt oder indirekt für Wärmeanwendungen eingesetzt werden kann. Im Folgenden wird daher die bisherige Entwicklung des Wärmesektors dargestellt sowie die in verschiedenen Studien genannten Potenziale für Effizienzsteigerungen und Erneuerbare Energien.

4.1 STATUS QUO DES WÄRMEENERGIEVERBRAUCHS IN DEUTSCHLAND

Von den insgesamt etwa 2.470 Terawattstunden⁶ (TWh) Endenergieverbrauch⁷ im Jahr 2015 in Deutschland entfiel mehr als die Hälfte auf Wärme- und Kälteanwendungen⁸.



⁶ AG Energiebilanzen 2016

⁷ Als Endenergie bezeichnet man die Energie, die dem Verbraucher nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten zur Verfügung steht. Manche Endenergieträger, insbesondere Strom, lassen sich in vielfältigen Anwendungen einsetzen. Daher wird der Endenergieverbrauch in Energiebilanzen meist in zwei Varianten dargestellt, nach Endenergieträgern und nach Anwendungsbereichen.

⁸ eigene Hochrechnung auf Basis der Daten für das Jahr 2014 nach BMWi 2016

Raum- und Prozesswärme⁹ machten wiederum den weitaus größten Teil des gesamten Endenergiebedarfs für Wärme- und Kältezwecke aus. Der Bedarf an Klimakälte¹⁰ liegt bislang relativ stabil bei neun Terawattstunden pro Jahr. Für die Zukunft ist zwar von einem steigenden Energiebedarf für Klimatisierung und Lüften auszugehen, allerdings ausgehend von diesem sehr geringen Niveau. Quantitativ etwas bedeutender ist mit ca. 41 TWh der Bereich Prozesskälte¹¹. Hier kann perspektivisch mit weiteren Effizienzsteigerungen und einem Verbrauchsrückgang gerechnet werden. Da beide Kälteanwendungen fast ausschließlich auf Strom basieren, lässt er sich gut durch die Nutzung von Solarstrom abdecken. Deshalb wird die Kälteerzeugung im Rahmen dieser Studie keiner weitergehenden Betrachtung unterzogen.

4.2 POTENZIALE ZUR SENKUNG DES ENDEENERGIEBEDARFS FÜR RAUMWÄRME UND WARMWASSER

Den größten Anteil am Wärmebedarf hat gegenwärtig die Beheizung von Gebäuden. Die Tatsache, dass der Raumwärmebedarf relativ große jährliche witterungs- bzw. temperaturabhängige Schwankungen aufweist, zeigt die hier brachliegenden Effizienzpotenziale¹². Zu viele Gebäude sind gar nicht oder nur unzureichend gedämmt. Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung bestehen vor allem durch die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, die Errichtung von Neubauten nach mindestens Passivhaus-Standard (Jahresheizwärmebedarf 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter), den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmerückgewinnung¹³.

Theoretisch könnte der Raumwärmebedarf durch eine optimale Gebäudedämmung, den Austausch von Fenstern und den Einbau einer automatisierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung um mehr als 80 Prozent verringert werden¹⁴. Das ist für den gesamten Gebäudebestand in der hier betrachteten Zeitspanne von 25 bis 35 Jahren jedoch als äußerst ambitioniert anzusehen. Es gilt zum Beispiel zu beachten, dass bauliche Restriktionen und Denkmalschutz die Ausführung von Dämmmaßnahmen begrenzen. Prognos/IFEU/IWU 2015¹⁵ schätzen den dadurch nicht reduzierbaren Anteil des heutigen Raumwärmebedarfs auf etwa 10 Prozent. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass die Warmwassererzeugung geringere Einsparpotenziale hat, denn der Verbrauch hängt stark von der Personenzahl ab und nicht von der Beschaffenheit der Gebäudehülle.

Bisher liegt die energetische Sanierungsrate nur bei einem Prozent des Gebäudebestands¹⁶, es dauert also rechnerisch etwa 100 Jahre, bis der gesamte Gebäudebestand einmal saniert ist. Um die für den Klimaschutz erforderlichen Energieeinsparungen zu erzielen, müssen Jahr für Jahr deutlich mehr Gebäude mit tiefer gehenden Maßnahmen als bisher saniert werden. Zu der Frage, wie viele Gebäude tatsächlich jährlich erreicht werden müssen, gibt es unterschiedliche Angaben: In den Langfristszenarien 2011 sehen DLR/IWES/IfnE 2012 vor, die Sanierungsrate bis 2020 auf zwei Prozent zu verdoppeln bei einer Sanierungstiefe von 50 %, was eine Halbierung des Energiebedarfs nach Sanierung bedeuten

⁹ Raumwärme ist die in Gebäuden benötigte Energie zum Heizen; Prozesswärme umfasst zum Beispiel die Energie für Kochen, Waschen, Spülen, Trocknen, Sterilisieren oder Schmelzen.

¹⁰ Als Klimakälte wird die Energie zur Klimatisierung von Räumen bezeichnet.

¹¹ Zur Prozesskälte zählt die Energie zum Kühlen und Gefrieren, zum Beispiel für die Lagerung von Lebensmitteln.

¹² Vgl. z.B. UBA 2016

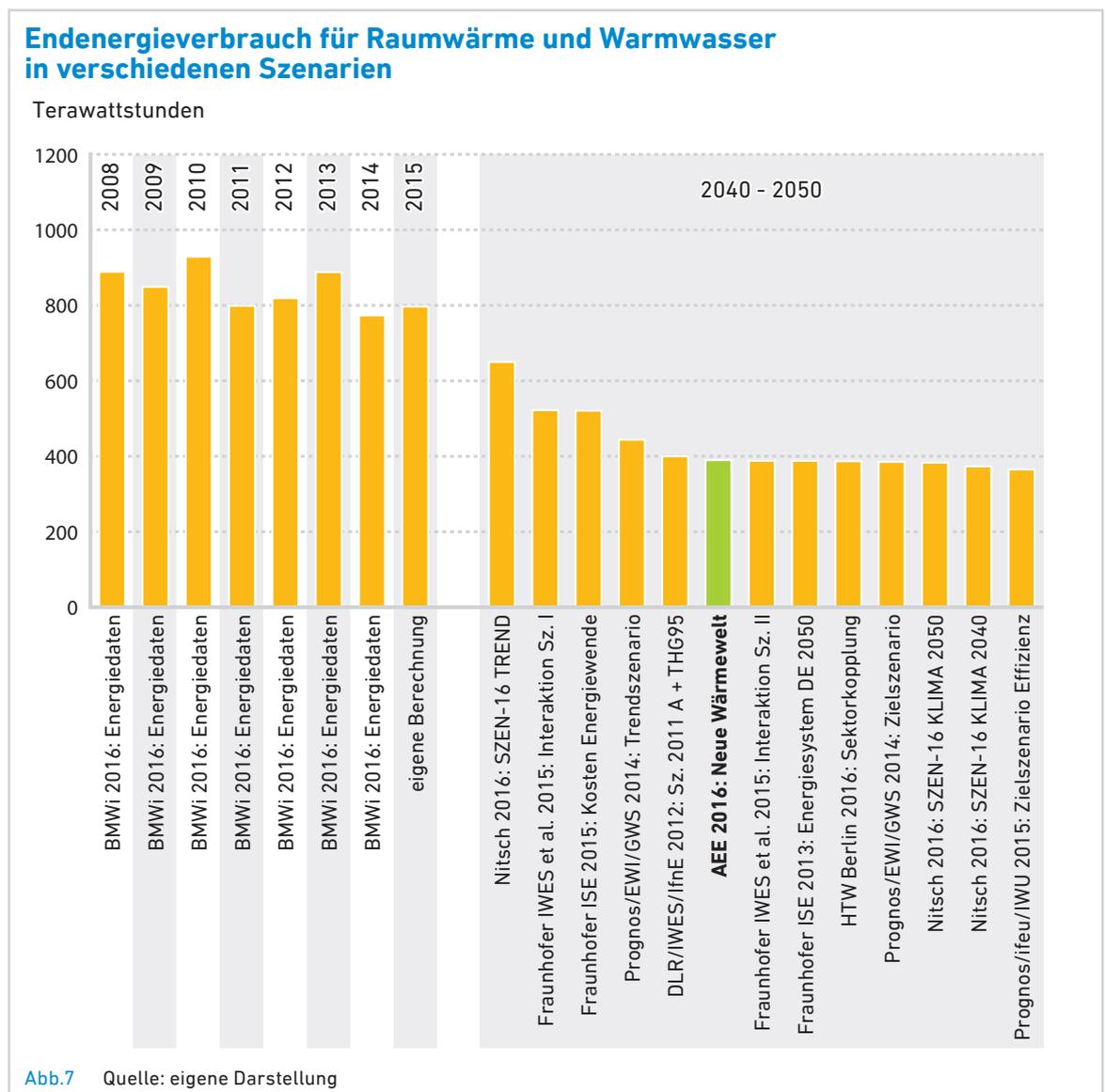
¹³ Neben dem baulichen Zustand von Gebäuden sind zum Beispiel die Bevölkerungszahl, die Pro-Kopf-Wohnfläche bzw. die beheizte Fläche und das Nutzerverhalten relevante Einflussfaktoren für den Wärmebedarf.

¹⁴ Vgl. HTW Berlin 2016, S. 15

¹⁵ Prognos/IFEU/IWU 2015, S. 18

¹⁶ Vgl. z.B. Prognos/Ifeu/IWU 2015, S. 43

würde¹⁷. Das Umweltbundesamt kalkuliert für die Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland“ mit einer Sanierungsquote von jährlich 2,7 %¹⁸. Die höchste energetische Sanierungsrate findet sich im Klimaschutzszenario 95 von Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015 mit einem Wert von durchschnittlich 3,1% im Zeitraum 2010 bis 2050¹⁹. Das Szenario „Anspruchsvolles Effizienzziel“ der Studie „Klimaneutraler Gebäudebestand 2050“ zeichnet sich durch eine Sanierungsrate von 2,5 % pro Jahr im Zeitraum von 2021 bis 2050 aus²⁰. Dadurch würde der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden um bis zu 70 % sinken, in Nichtwohngebäuden um 45 %. Im Schnitt käme der gesamte Gebäudesektor auf eine Senkung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser um etwa 60 %²¹. Prognos/IFEU/IWU 2015 erachten eine Reduktion des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser auf insgesamt 365 Terawattstunden pro Jahr bis 2050 als maximal möglich²².



¹⁷ DLR/IWES/IfnE 2012, S. 63

¹⁸ UBA 2014, S. 75

¹⁹ Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015, S. 116

²⁰ Öko-Institut/Fraunhofer ISE 2016, S. 162

²¹ Anspruchsvolles Effizienzziel gemäß Öko-Institut/Fraunhofer ISE 2016, S. 26ff

²² Prognos/IFEU/IWU 2015, S. 20

Für Warmwasser finden sich in den Studien, die hierzu eigene Angaben machen, Werte zwischen 70 TWh/a²³ und 124 TWh/a²⁴ im Jahr 2050, die Mehrheit bewegt sich bei etwa 90 TWh.

Auf Grundlage der ausgewerteten Studien und Analysen wird für das Szenario „Neue Wärmewelt“ ein Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Höhe von rund 390 TWh pro Jahr als Zielwert festgelegt. Die Reduktion um 51 % gegenüber dem Wärmeenergiebedarf des Jahres 2015 ist also etwas weniger als das, was in aktuellen Studien für maximal möglich gehalten wird (meistens allerdings mit Blick auf das Jahr 2050). Damit orientiert sich das Szenario am Machbaren – auch wenn der Weg angesichts der bisherigen Rückstände bei der Energiewende im Wärmesektor und des ehrgeizigen Zeitplans (möglichst bis 2040) anspruchsvoll bleibt²⁵.

Um die angestrebten Werte erreichen zu können, müssen dringend politische Maßnahmen ergriffen werden, die zeitnah eine höhere Sanierungsrate und -tiefe im Gebäudebestand bewirken. Experten empfehlen hierfür eine Kombination von ordnungsrechtlichen Vorgaben mit finanziellen Förder- und Lenkungsinstrumenten²⁶. Dazu gehören insbesondere Vorgaben zur verstärkten Nutzung von Wärme aus Erneuerbaren Energien auch im Gebäudebestand, verschärfte Anforderungen an den Austausch oder die Nachrüstung von Heizungsanlagen und die Verpflichtung zur energetischen Gebäudesanierung. Die Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen soll einerseits durch eine Verteuerung fossiler Brennstoffe erhöht werden, andererseits durch eine stärkere und stetigere finanzielle Förderung entsprechender Investitionen. Im Zuge dessen gilt es dann auch, den Vollzug energetischer Sanierungen zu erfassen und sicherzustellen, denn die Sanierungseffizienz muss sich im Vergleich zur Vergangenheit verdreifachen²⁷. Da die Reinvestitionszyklen im Gebäudesektor besonders lang sind, sollte bei jeder Sanierungsmaßnahme, die aus anderen Gründen ergriffen wird, auch das energetische Optimum erreicht werden. Um das zu erreichen, bedarf es einer flächendeckenden Verbesserung der Energieberatung für Gebäudeeigentümer sowie der Schulung und Fortbildung für das Handwerk, Immobilienverwalter und andere relevante Akteure.

4.3 POTENZIALE ZUR SENKUNG DES ENDEENERGIEBEDARFS FÜR PROZESSWÄRME

Die meiste Prozesswärme wird in der Industrie benötigt, mit großem Abstand folgen die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Privathaushalte. Die Höhe des Prozesswärmebedarfs ist in den vergangenen Jahren relativ unverändert geblieben bzw. zeigte in erster Linie nur konjunkturbedingte Schwankungen. Nach Fraunhofer IWES et al. 2015 entfällt nur etwa 20 % des industriellen Wärmebedarfs auf Temperaturen von unter 100°C, rund 50 % hingegen auf mehr als 500°C²⁸. Der Einsatz von Solarthermie, Wärmepumpen und Geothermie ist in diesem Temperaturbereich nur begrenzt

²³ Prognos/EWI/GWS 2014

²⁴ Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015: Klimaschutzszenario 80

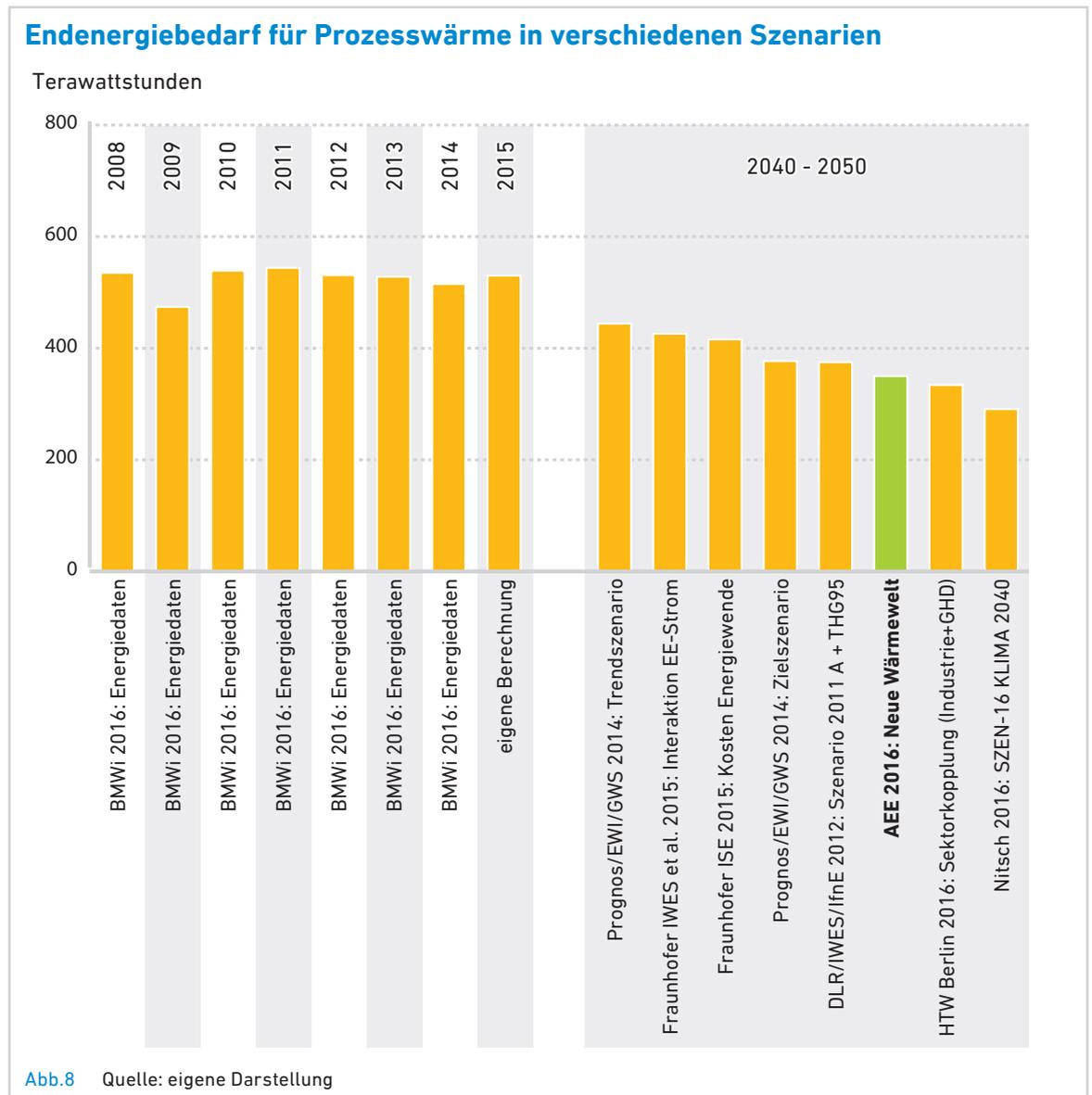
²⁵ Wie die meisten anderen Studien nutzt die vorliegende Arbeit die Daten zum tatsächlichen Endenergieverbrauch, wie sie von der AG Energiebilanzen angegeben werden. Es erfolgt keine Temperaturbereinigung, da hierzu keine direkt nutzbaren Daten vorliegen. Temperaturbereinigte Werte finden sich lediglich für den Primärenergieverbrauch nach Energieträgern oder den Raumwärmeverbrauch der privaten Haushalte. Für eine Berechnung des gesamten Wärmebedarfs aller Sektoren müssten also eigene Annahmen getroffen werden. Der damit verbundene Aufwand steht in keinem sinnvollen Verhältnis zum potenziellen Genauigkeitsergebnis. Bei Prozesswärme und Warmwasser spielt die Außentemperatur ohnehin praktisch keine Rolle. Wie in anderen Energieszenarien auch üblich, werden daher die statistisch erfassten Verbrauchsdaten ohne Temperaturbereinigung dargestellt. Die Darstellung des Zeitraums von immerhin sieben Jahren (2008-2015) trägt dazu bei, witterungsbedingte Effekte einzelner Jahre in der Trendbetrachtung auszugleichen. Das Ausgangsjahr 2008 entspricht den beim BMWi verfügbaren Energiedaten.

²⁶ Vgl. AEE 2016b

²⁷ DLR/IWES/IfnE 2012, S. 63

²⁸ Fraunhofer IWES et al. 2015, S.189ff.

möglich, weshalb der Erschließung von Effizienzpotenzialen, zum Beispiel durch die Optimierung von Prozessen und Wärmerückgewinnung, eine besonders hohe Bedeutung zukommt. Auch die Vorerwärmung mittels Solarthermie kann eine Rolle spielen²⁹.



Da die Energiekosten für die Industrie trotz aller Ausnahmen und Vergünstigungen eine relativ große Rolle spielen, gehen Experten allerdings davon aus, dass bereits große Anstrengungen zur Energieeinsparung unternommen worden sind³⁰. So rechnen DLR/IWES/IfnE 2012 bis 2050 mit einer möglichen Reduktion des Prozesswärmebedarfs um 31 % gegenüber 2010. Der Energiebedarf für Prozesswärme würde dann bei 375 TWh/a liegen³¹. Nahezu der gleiche Wert findet sich im Zielszenario von Prognos/EWI/GWS 2014. Mit einem Wert von 334 TWh im Jahr 2040 für den Prozesswärmebedarf (allerdings

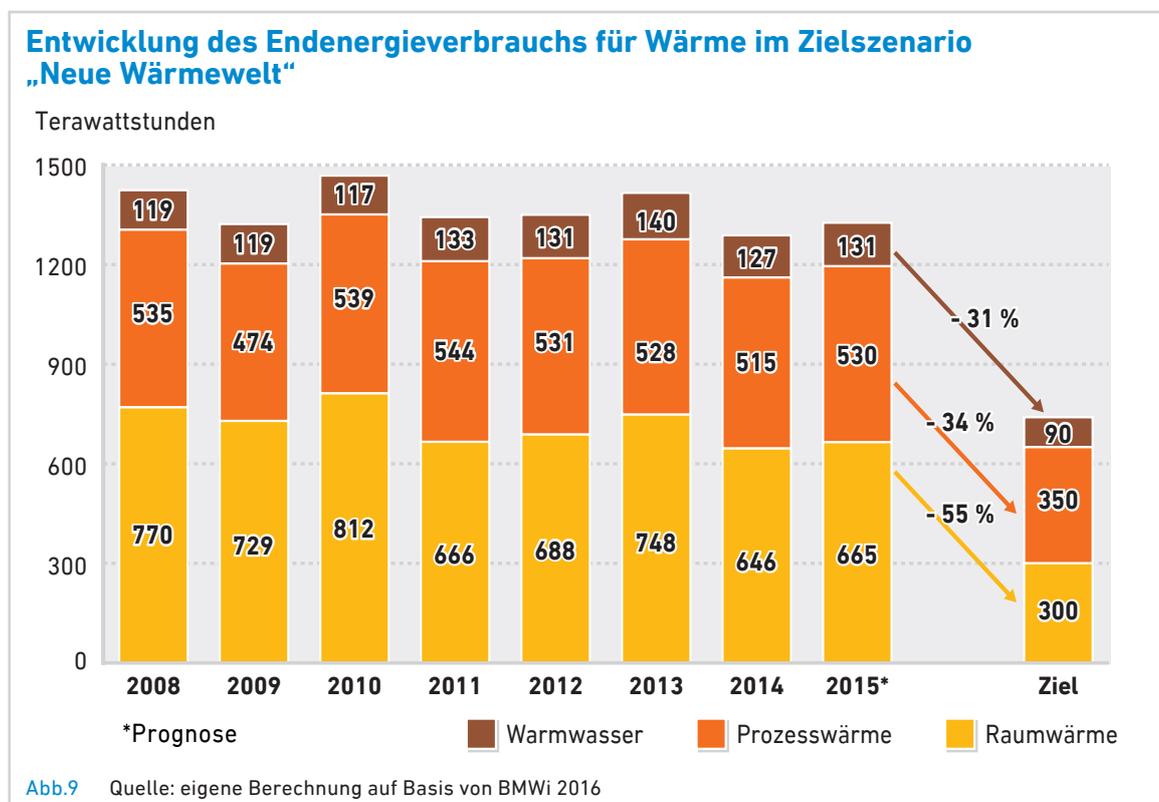
²⁹ Prognos/EWI/GWS 2014, S. 103, 115

³⁰ Vgl. Prognos/EWI/GWS 2014, S. 252

³¹ Vgl. DLR/IWES/IfnE 2012, S. 4, 65

ohne Privathaushalte) kalkuliert HTW Berlin 2016³² und Nitsch 2016 hält eine Reduktion auf unter 300 TWh/a für möglich³³.

Vor diesem Hintergrund sieht das Szenario „Neue Wärmewelt“ als Zielwert einen Prozesswärmebedarf von 350 TWh pro Jahr vor, was eine Reduktion um 34 % gegenüber dem Status Quo darstellt. Aus heutiger Sicht ist das ambitioniert, aber wenn der Wille für den Klimaschutz vorhanden ist, bzw. durch entsprechende Rahmenbedingungen gestützt wird, dann lassen sich auch Mittel und Wege finden, Prozesse effizienter zu machen oder energieintensive Produkte und Produktionsweisen durch Alternativen zu ersetzen. Wichtig ist, dass die Anreizstruktur stimmt und eine hohe Energieeffizienz auch mit Wettbewerbsvorteilen verbunden ist³⁴. Derzeit gibt es jedoch verschiedene Regelungen, die einer Effizienzsteigerung entgegen stehen. Dazu gehören zum Beispiel die umfangreichen Ausnahme- und Privilegierungsregelungen bei der EEG-Umlage und bei der Ökosteuer.



4.4 ZWISCHENFAZIT: ENDENERGIEBEDARF FÜR WÄRME IN DER „NEUEN WÄRMEWELT“

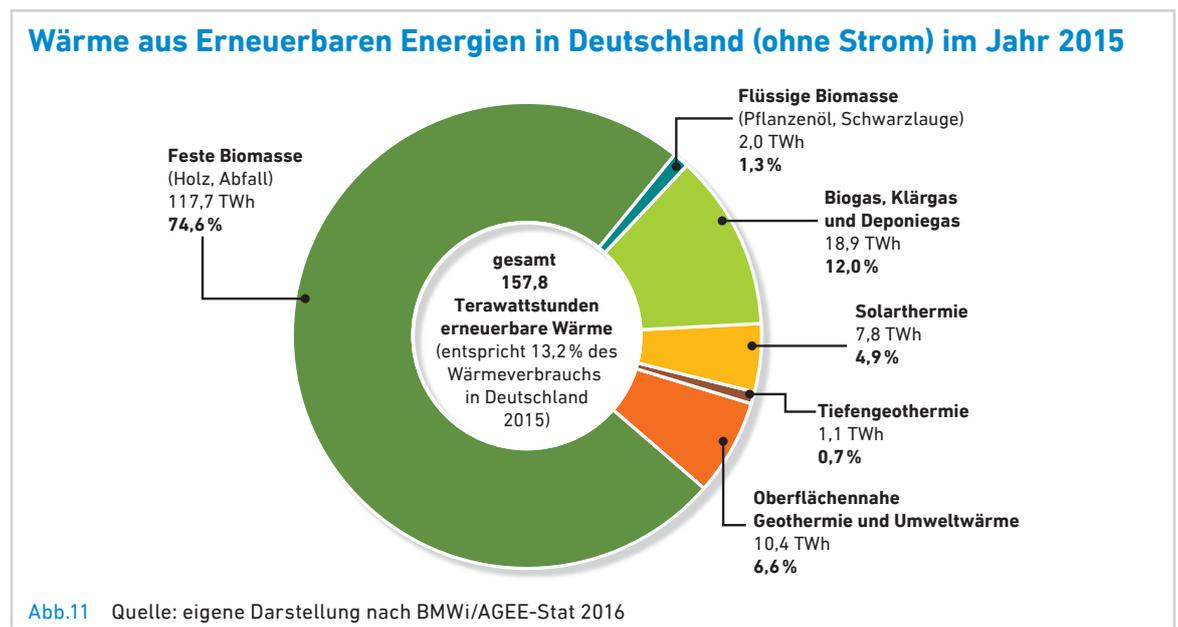
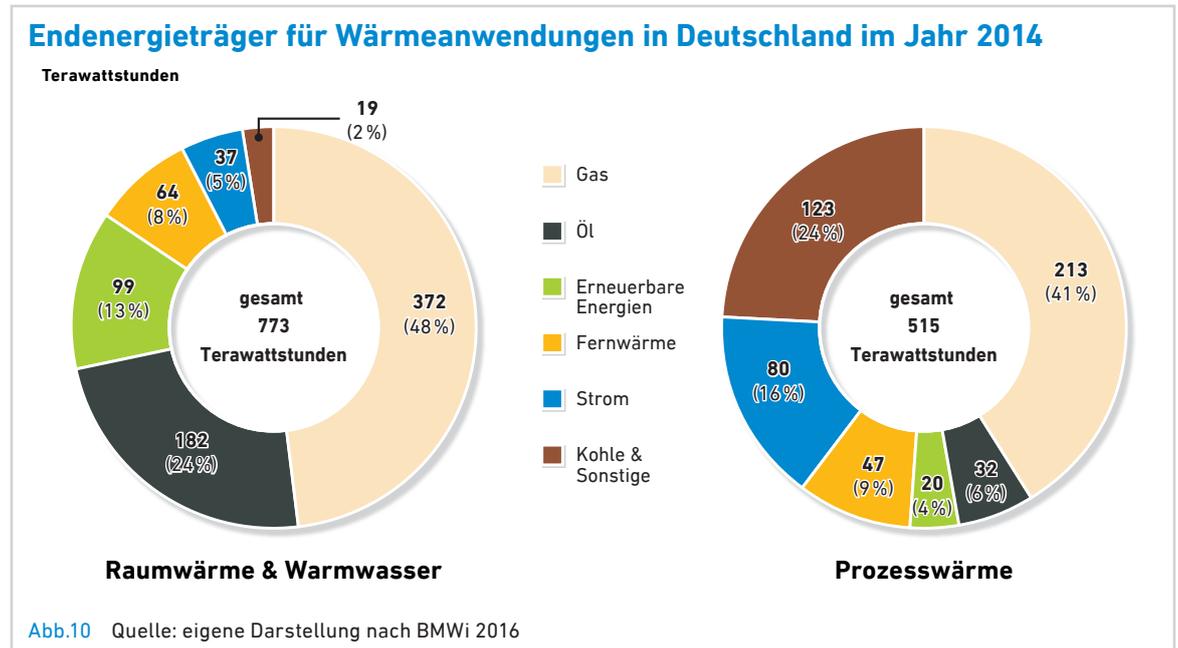
Das Zielszenario „Neue Wärmewelt“ beinhaltet etwa eine Halbierung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser von rund 800 TWh im Jahr 2015 auf 390 TWh. Für den Bereich der Prozesswärme wird mit einer Reduktion um 34 Prozent bzw. von ca. 530 TWh im Jahr 2015 auf 350 TWh gerechnet. Insgesamt muss in der „Neuen Wärmewelt“ also ein Wärmebedarf von jährlich 740

³² HTW Berlin 2016, S.18. Wert berechnet aus 30 % Einsparung gegenüber 477 TWh im Jahr 2014. Beinhaltet nicht die Prozesswärme in Haushalten.

³³ Berechnet aus gesamtem Wärmebedarf abzüglich Endenergiebedarf für Raumwärme + Warmwasser nach Nitsch 2016, S.51, 75

³⁴ Vgl. Deutscher Bundestag 2016: Drucksache 18/8147

TWh ausschließlich mit Erneuerbaren Energien³⁵ gedeckt werden, um die angestrebte klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.



4.5 STATUS QUO DER WÄRMEBEREITSTELLUNG

Für die Wärmeversorgung spielt heutzutage Erdgas die mit Abstand größte Rolle. An zweiter Stelle steht bei den Gebäuden die Ölheizung, bei der Prozesswärme die Kohle. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme ist zwischen 2010 und 2015 lediglich von 11 auf 13 Prozent gestiegen, es gibt hier keine mit dem Stromsektor vergleichbare Ausbaudynamik. Das Gros der erneuerbaren Wärme entfällt auf Biomasse, daneben hat nur die Nutzung der oberflächennahen

³⁵ Daneben wird ein kleiner Anteil durch die auch in Zukunft notwendige Verbrennung von Müll und Klärgas gedeckt werden.

Geothermie und der Umweltwärme durch Wärmepumpen in den vergangenen Jahren erkennbar zugenommen. Obwohl die Solarthermie technisch als ausgereift und einfach gilt, hat sie bisher nicht den großen Durchbruch erzielen können, und die Tiefengeothermie lässt nach wie vor auf ihre Anwendung im großen Maßstab warten.

4.6 POTENZIALE ERNEUERBARER WÄRME

Für die Wärmebereitstellung auf Basis von Erneuerbaren Energien gibt es viele Möglichkeiten, deren Potenziale im Folgenden näher erörtert werden. Dabei ist das für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme benötigte unterschiedliche Temperaturniveau zu beachten. Bei gut gedämmten Gebäuden reichen für die Raumwärme relativ niedrige Temperaturen von maximal 45 Grad Celsius (°C) aus, die Wärme lässt sich dann über eine Fußboden- oder Wandflächenheizung effizient verteilen und nutzen. Bei der Warmwasserbereitung muss aus hygienischen Gründen eine höhere Temperatur (>60°C) erreicht werden können³⁶. Im Bereich der industriellen Prozesswärme geht es zum großen Teil um viel höhere Temperaturen. Um eine möglichst vollständige Durchdringung mit Erneuerbaren Energien zu erreichen, kommen hier für Temperaturen unter 100°C Groß-Wärmepumpen in Frage, die zum Beispiel auch zu einer effizienten Abwärmenutzung beitragen. Bis 500°C rechnen Fraunhofer IWES et al. vor allem mit KWK-Systemen mit integriertem Elektrodenkessel und bei noch höheren Temperaturen mit Gas (Biogas, EE-Gas), fester Biomasse und Strom (Power-to-Heat).³⁷

4.6.1 Bioenergie

Die Biomasse stellt nach wie vor den Löwenanteil an der Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien. Der größte Teil der zuletzt 136 TWh/a Bio-Wärme entfällt auf Holz, das in Heizwerken, Heizkraftwerken sowie zu einem großen Teil in dezentralen Anlagen in Form von Scheitholz, Holzhackschnitzeln und Holzpellets zum Einsatz kommt. Allerdings ist das nachhaltig nutzbare Potenzial an Biomasse begrenzt. UBA 2014 rechnet mit einem „technisch-ökologischen“ Biomasse-Primärenergiepotenzial von insgesamt 202 TWh/a³⁸.

Weil das nachhaltig nutzbare Biomassepotenzial begrenzt ist, muss es so effizient wie möglich eingesetzt werden. Das bedeutet vor allem den Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die gleichzeitig Strom und Wärme auf einem hohen Temperaturniveau bereitstellen können. Für die „Neue Wärmewelt“ ergibt sich somit insgesamt eine Verschiebung von dezentralen Einzelheizungen auf Basis von Biomasse zur netzgebundenen Versorgung bzw. zu industriellen Biomasseanlagen. Das ist wichtig, um Kohle und Gas im Bereich der industriellen Prozesswärme klimaneutral zu ersetzen. Wird die Abwärme aus der Industrie dann noch in ein Nahwärmenetz eingespeist, an das weitere Verbraucher angeschlossen sind, wird die Biomasse optimal genutzt.

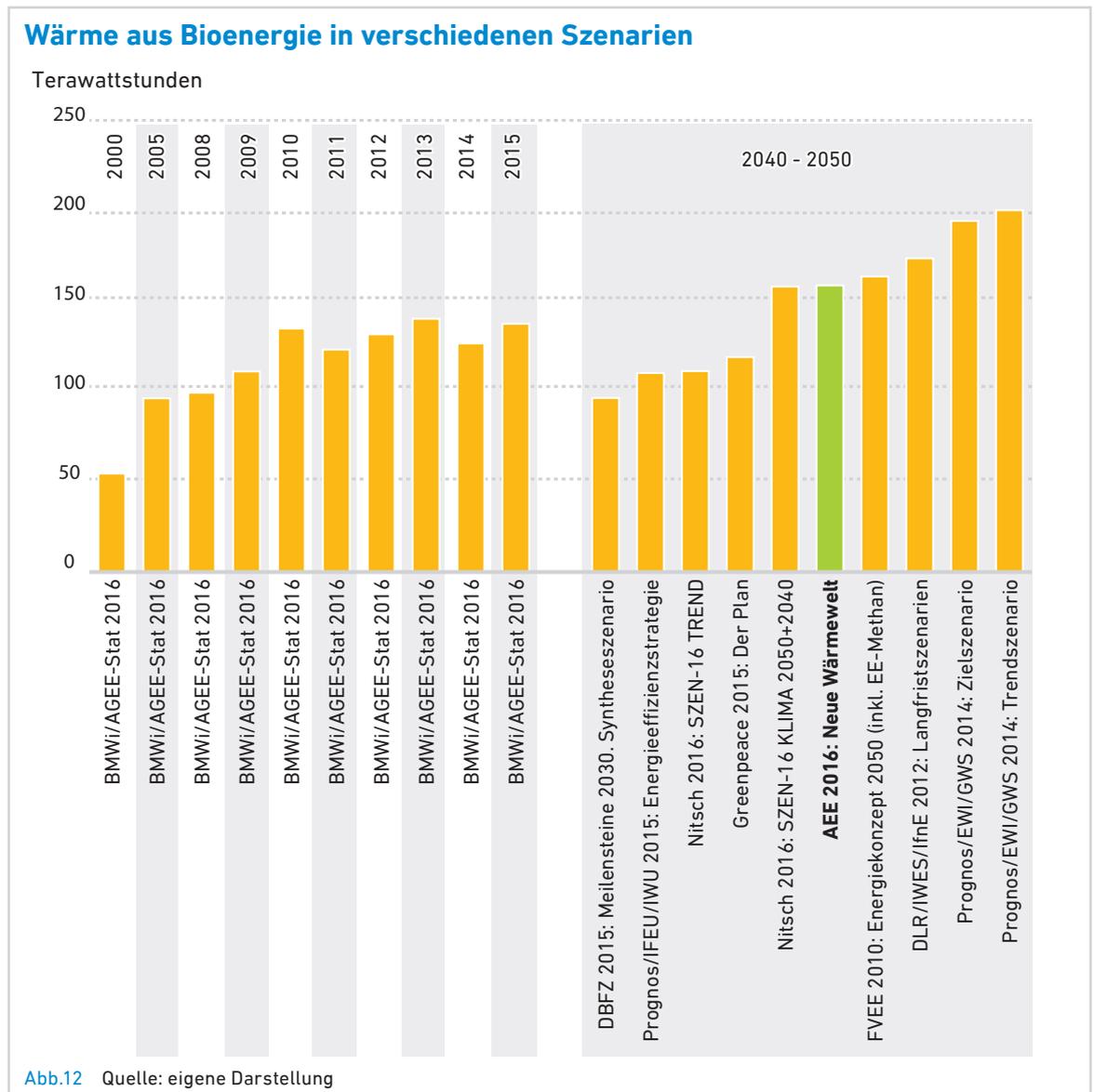
Biogas aus landwirtschaftlichen Anlagen wird im Szenario „Neue Wärmewelt“ nur dann vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verstromt, wenn die dabei entstehende Wärme sinnvoll genutzt werden kann, zum Beispiel zur Beheizung von Ställen und anliegenden Gebäuden. Auch hier ist die Verbindung zu einem Nahwärmenetz sinnvoll, an das Wärmespeicher, weitere Verbraucher und Erzeuger angeschlossen sind. So kann das BHKW flexibel betrieben werden und vor allem der Absicherung

³⁶ Öko-Institut/Fraunhofer ISE 2016, S. 84f.

³⁷ Fraunhofer IWES et al. 2015, S. 146

³⁸ UBA 2014, S.54f

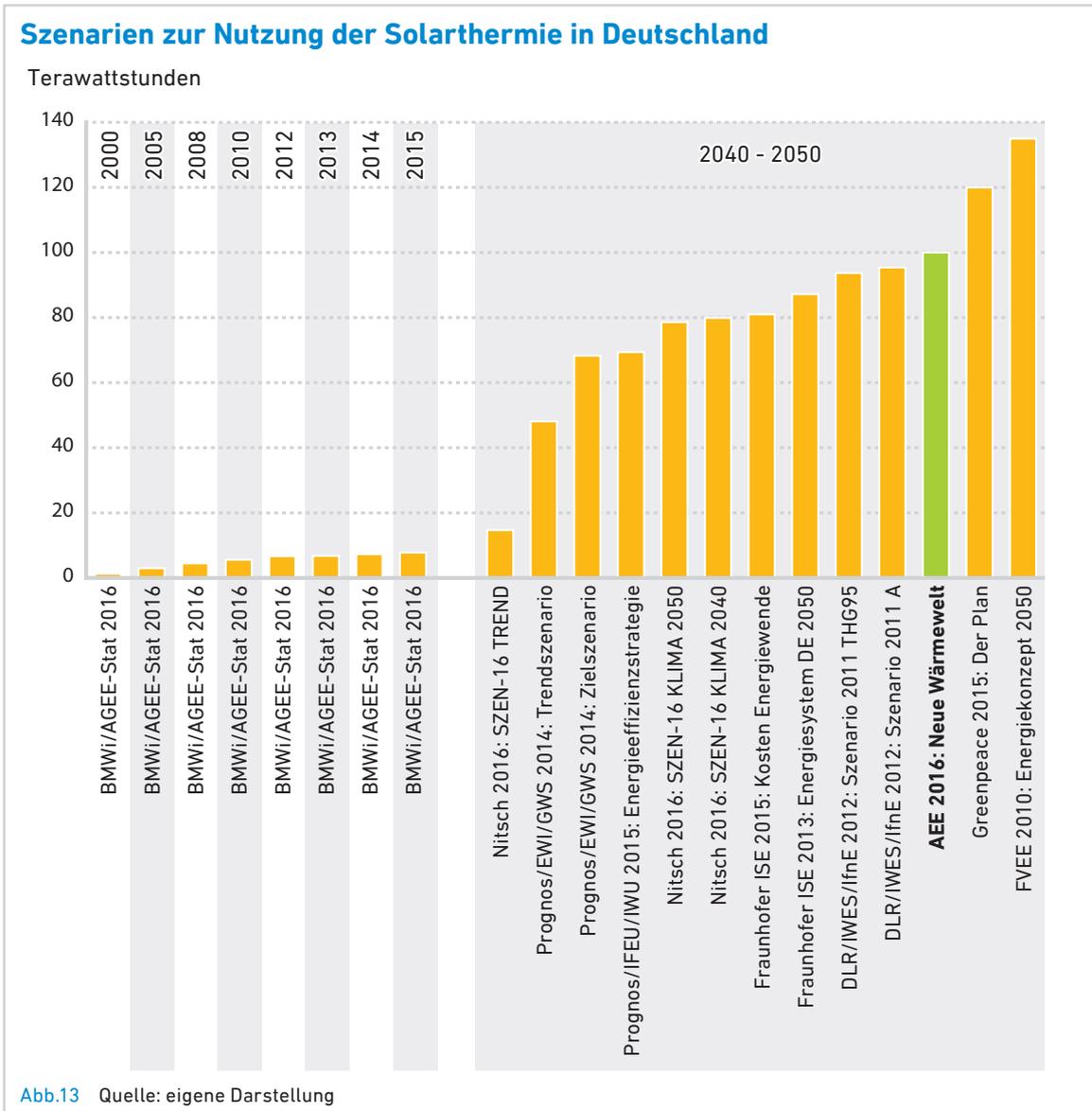
der fluktuierenden Stromerzeugung dienen. Ist in der Nähe keine effiziente Abwärmenutzung möglich, wird das Biogas aufbereitet, ins Gasnetz eingespeist und anderenorts in einer KWK-Anlage verstromt.



Aufgrund der begrenzten Potenziale anderer erneuerbarer Wärmetechnologien und der Vorteile der Bioenergie wird für die „Neue Wärmewelt“ davon ausgegangen, dass das insgesamt vorhandene, unter ökologischen Gesichtspunkten nutzbare Biomasse-Primärenergiepotenzial auch genutzt wird. Eine leichte Steigerung der Wärmebereitstellung aus Bioenergie ist darüber hinaus realistisch, weil es gegenwärtig noch relativ ineffiziente Biomassennutzungsformen gibt, wozu offene Kamine, Biogas-Stromerzeugung ohne effiziente Wärmeauskopplung und Mitverbrennung von Biomasse in Kohlekraftwerken zählen. Durch eine Verschiebung in effizientere Anwendungen kann daher auch ohne den Einsatz zusätzlicher Biomasse eine größere Wärmeausbeute erschlossen werden. Von daher kalkuliert das Szenario „Neue Wärmewelt“ mit 160 TWh Wärme aus Bioenergie, d.h. fester Biomasse, Biogas, Klärgas und dem organischen Anteil des Abfalls. Das sind rund 21 TWh bzw. 15 Prozent mehr als 2015.

4.6.2 Solarthermie

Die Sonnenenergie lässt sich auf vielfältige Weise einfangen. Für die Raumwärmeversorgung von Gebäuden kann schon die passive Solarenergienutzung³⁹, zum Beispiel durch spezielle Fenster oder Wärmedämmung einen Beitrag leisten. Solarthermische Kollektoren können zur Wassererwärmung, Raumheizung und Kälteversorgung eingesetzt werden. Selbst Prozesswärme kann bei Temperaturen bis 250 °C anteilig auch solarthermisch unterstützt werden („Hochtemperatur-Solarthermie“)⁴⁰. Von Vorteil ist es, wenn der Energiebedarf saisonal mit einer hohen Solareinstrahlung zusammenfällt. Das ist zum Beispiel in der Getränkeindustrie sowie beim Kühlbedarf für Lebensmittelproduktion und -handel der Fall⁴¹.



Dennoch gilt das (wirtschaftlich erschließbare) Potenzial der Solarthermie in hiesigen Breiten als begrenzt. Die Solarthermie reicht als alleinige Wärmequelle nicht aus, es wird immer eine zusätzli-

³⁹ FVEE 2010, S.17

⁴⁰ FVEE 2010, S.14

⁴¹ FVEE 2010, S.24f

che Heizquelle oder ein großer Wärmespeicher benötigt⁴², um den Ausgleich zwischen hoher Solarstrahlung im Sommer bei geringem Wärmebedarf und niedriger Solarstrahlung im Winter bei hohem Wärmebedarf sicherzustellen. Eine Chance zur effizienten Nutzung der Solarthermie bietet ihre Einbindung in Nahwärmesysteme. Hier können große Wasserspeicher installiert werden und ein optimales Zusammenspiel mit anderen Technologien wie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erreicht werden. Dadurch haben große Solarthermieanlagen, die in Wärmenetze eingebunden sind, deutliche Vorteile in der Wirtschaftlichkeit.

Unter der Voraussetzung, dass die Potenziale der Solarthermie konsequent erschlossen werden und Solarwärme verstärkt in Nahwärmenetze eingespeist wird, ziehen sehr ambitionierte Szenarien die Nutzung von bis zu 135 TWh Solarwärme im Jahr in Betracht⁴³. Die meisten rechnen jedoch eher mit 70 bis 90 TWh/a. Für die neue Wärmewelt gehen wir leicht darüber hinaus und legen einen Zielwert von 100 TWh/a an.

Flächenbedarf: Bei einem Wärmeertrag von 500 Kilowattstunden (thermisch) pro Quadratmeter⁴⁴ Kollektorfläche wird für 100 TWh rechnerisch eine Gesamtfläche von 200 Quadratkilometern bzw. 20.000 Hektar benötigt. Das in Deutschland vorhandene, für die Nutzung der Solarenergie (Photovoltaik und Solarthermie) geeignete Dachflächenpotenzial wird laut einer aktuellen Studie für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit rund 105.000 Hektar⁴⁵ angegeben. Unter der Annahme, dass Solarkollektoren ausschließlich auf Dachflächen installiert würden, bliebe für die Photovoltaik ein Dachflächenpotenzial von 85.000 Hektar. Bei 7 Quadratmeter Modulfläche pro Kilowatt elektrischer Leistung⁴⁶ könnten auf dieser Fläche Photovoltaikanlagen im Umfang von etwa 121 Gigawatt errichtet werden. Das würde für die im Szenario „Neue Stromwelt“ vorgesehene Photovoltaik-Leistung in Höhe von 135 GW nicht ausreichen. Berücksichtigt man jedoch, dass Ende 2014 bereits etwa 9,3 Gigawatt Photovoltaik-Leistung auf Freiflächenanlagen entfielen⁴⁷, schmilzt die Differenz bereits auf rund 5 Gigawatt zusammen. In Anbetracht der Tatsache, dass sowohl bei Solarthermie- als auch bei Photovoltaikanlagen künftig noch Effizienzgewinne bei den Wirkungsgraden zu erwarten sind und fortlaufend neue Nutzungskonzepte (z.B. Fassadenintegration, Anlagen an Lärmschutzwänden, „Solarstraßen“ etc.) entwickelt werden, kann man sagen, dass die heutzutage als für die Solarenergie geeignet abgeschätzten Dachflächen ausreichend sind, um sowohl für die „Neue Stromwelt“ genügend Solarstrom als auch für die „Neue Wärmewelt“ genügend Solarwärme zu erzeugen.

Allerdings müssen die von der Ausrichtung und sonstigen Gegebenheiten her geeigneten Potenziale auch tatsächlich genutzt werden, wenn weitgehend auf Freiflächen verzichtet werden soll. Nichtsdestotrotz sind auch geeignete Freiflächen vorhanden, deren Nutzung in Betracht gezogen werden kann. GIS-basierte Analysen kommen zu der Einschätzung, dass knapp ein Prozent der Landesfläche bzw. 316.000 Hektar im Hinblick auf eine potenzielle Installation von Photovoltaik-Freiflächenanlagen als „restriktionsfrei“ betrachtet werden können⁴⁸. Insgesamt lässt sich also schlussfolgern, dass die Energiewende nicht an der Verfügbarkeit geeigneter Flächen für Solarthermie und Photovoltaik scheitern wird.

⁴² FVEE 2015, S.9

⁴³ Vgl. FVEE 2010, S. 38; Greenpeace 2015, S. 161

⁴⁴ BMVI 2015, S. 95

⁴⁵ BMVI 2015, S. 96

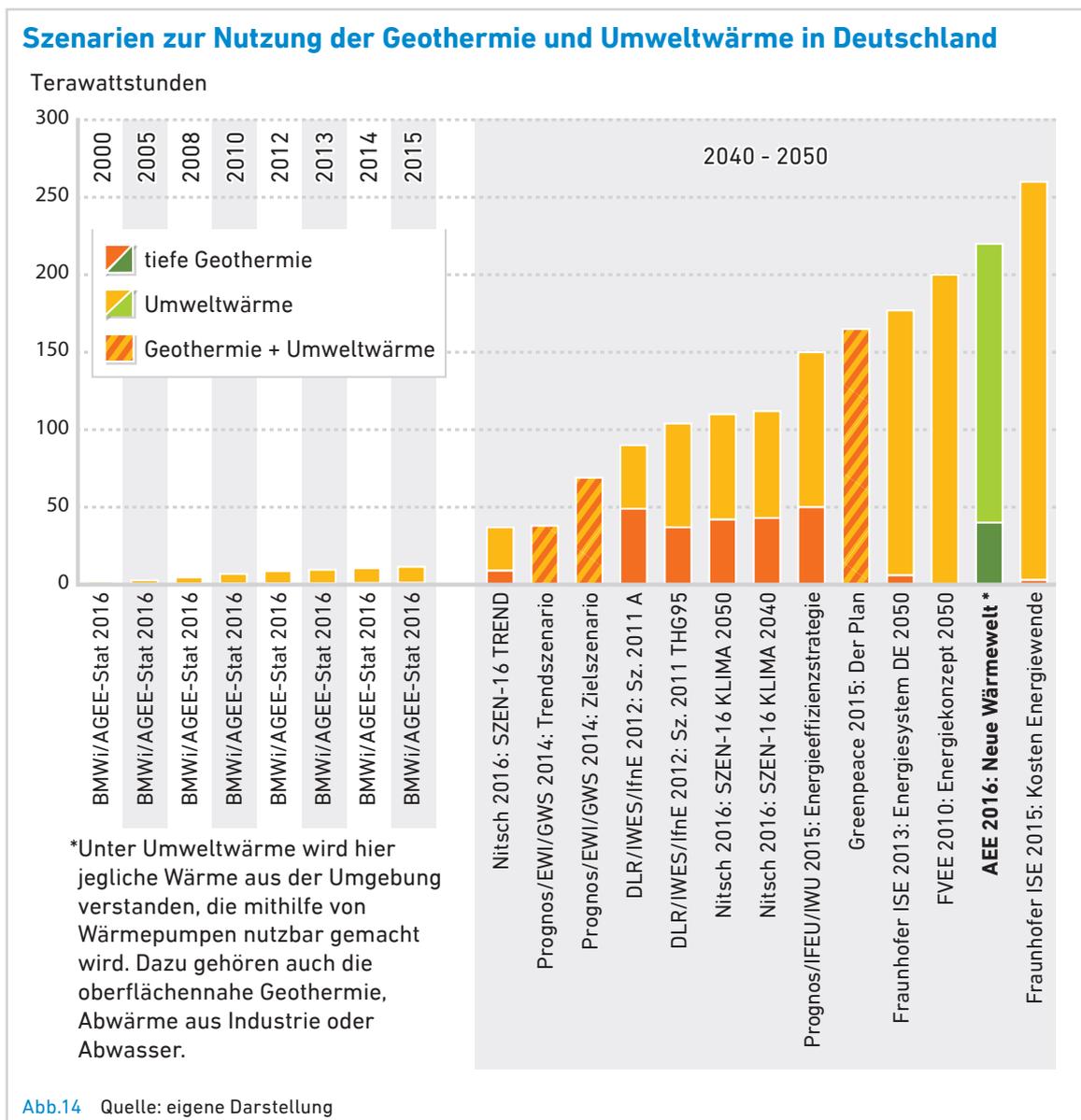
⁴⁶ BMVI 2015, S. 95

⁴⁷ ZSW et al. 2014, S.2

⁴⁸ BMVI 2015, S. 112

4.6.3 Geothermie und Umweltwärme

Die Nutzbarkeit der Tiefengeothermie (ab einer Tiefe von ca. 1.000 Metern) für die Stromerzeugung oder Fernwärmeversorgung ist in Deutschland im Wesentlichen auf drei große Regionen mit hydrothermalen Vorkommen begrenzt. Dazu gehören das Süddeutsche Molassebecken, das Norddeutsche Becken sowie der Oberrheingraben. Die Wirtschaftlichkeit ist dabei an das Vorhandensein großer Wärmeabnehmer wie Industrieunternehmen oder Fernwärmenetze geknüpft. Bisher wird gerade einmal eine Terawattstunde Wärme aus der Tiefe geholt. Die Unsicherheit bezüglich der wirtschaftlich nutzbaren tiefengeothermischen Wärmepotenziale ist hoch, die Bandbreite der Schätzungen bewegt sich in aktuellen Studien von drei⁴⁹ bis 50 TWh_{th}⁵⁰ im Jahr 2050. Für die „Neue Wärmewelt“ wird mit einer Zielgröße von 40 TWh_{th}/a kalkuliert. Ein Beispiel für das große Geothermiepotenzial im Süddeutschen Molassebecken liefert die Stadt München. Dort sind bereits mehrere Anlagen in Betrieb und weitere in Planung. Sie sollen wesentlich dazu beitragen, dass das große städtische Fernwärmenetz mit einer Länge von rund 800 Kilometern bis 2040 zu 100 Prozent aus Erneuerbaren Energien gespeist wird.



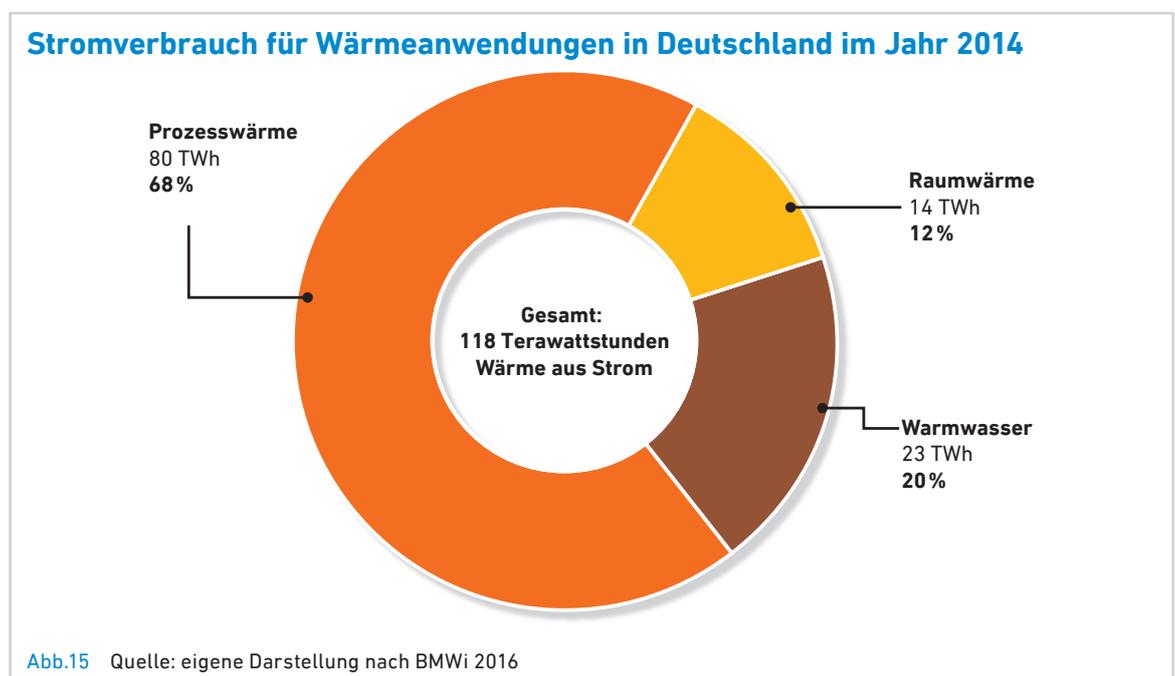
49 Fraunhofer ISE 2015, S. 55

50 Prognos/IFEU/IWU 2015, S. 21

Wesentlich stärker entwickelt sich der Einsatz von Wärmepumpen⁵¹ zur Nutzung der oberflächennahen Erdwärme oder der Umgebungswärme. Im Jahr 2015 wurden auf diese Weise bereits rund 10 TWh Umweltwärme bereitgestellt, etwa doppelt so viel wie im Jahr 2009. Insbesondere für die Raumwärmeversorgung wird elektrischen Wärmepumpen künftig eine sehr große Bedeutung beigemessen. Vor allem in Verbindung mit Wärmespeichern können sie einerseits wichtige Flexibilitätspotenziale für den Stromsektor liefern und andererseits auf eine sehr effiziente Art und Weise Strom nutzen, um die Umgebungstemperatur auf ein für Heizzwecke geeignetes Temperaturniveau zu heben. Wärmepumpen benötigen im Vergleich zu einer direkten Stromheizung nur ca. ein Fünftel bis ein Drittel der Strommenge, wenn sie in effizienten Gebäuden eingesetzt werden, wo ein relativ geringes Temperaturniveau benötigt wird. Wo möglich, sollte Wärmepumpen daher der Vorrang gegenüber anderen Stromanwendungen zur Wärmebereitstellung (Power-to-Heat) eingeräumt werden.

Abschätzungen zur künftigen Wärmeversorgung mit Hilfe von Wärmepumpen weisen eine erhebliche Bandbreite auf. Für das Szenario „Neue Wärmewelt“ legen wir einen relativ hohen Wert von 180 TWh Umweltwärme zugrunde, die mithilfe von Wärmepumpen bereitgestellt wird. Zur Umweltwärme rechnen wir dabei die oberflächennahe Geothermie, Abwärme aus Industrieprozessen, Abwasser oder sonstige Umgebungswärme. Wärmepumpen und Solarthermie decken dann den überwiegenden Teil des Raumwärmebedarfs. Bei einer angenommenen durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von 3,6 entsteht dadurch ein Strombedarf von 50 TWh. Dieser Stromverbrauch ist bereits in der Studie „Neue Stromwelt“ in der Kategorie „neue Verbraucher“ berücksichtigt⁵².

4.6.4 Stromwärme / Power-to-Heat



Gegenwärtig werden rund 120 Terawattstunden Strom für Wärmezwecke genutzt, zwei Drittel davon für Prozesswärme (z.B. Kochen, Waschen, Reinigung, Sterilisieren, Schmelzen und Schweißarbeiten), ein Drittel für Raumwärme und Warmwasser. Das ist fast ein Viertel des heutigen Endenergiever-

⁵¹ Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gas-Wärmepumpen

⁵² AEE 2015a, S. 6, 23

brauchs an Strom in Deutschland. Dieser Teil fällt in der Studie „Neue Stromwelt“ unter die Rubrik „konventionelle Stromverbraucher“. Vor allem bei Raumwärme und Warmwasser bestehen hier erhebliche Einsparpotenziale durch den Ersatz alter, ineffizienter Stromdirektheizungen wie elektrischer Boiler, Durchlauferhitzer oder Nachtspeicherheizungen. Vor allem für Raumwärme und Warmwasser, also Anwendungen mit einem relativ geringen Temperaturniveau, sollten künftig effizientere Techniken eingesetzt werden, insbesondere Wärmepumpen, Solarthermie und Nahwärme.

Für die Bereitstellung von Prozesswärme wird Strom jedoch auch in Zukunft sehr relevant sein. Da das Biomassepotenzial begrenzt ist und andere Wärmeerzeugungstechniken aufgrund des oft benötigten hohen Temperaturniveaus nur eingeschränkt nutzbar sind, wird im Bereich der Prozesswärme oft nur Strom in Frage kommen, um Kohle, Öl und Gas zu ersetzen. Effizienzsteigerungen werden daher durch zunehmende Stromanwendungen überkompensiert werden, so dass mit einem insgesamt wachsenden Strombedarf für die Bereitstellung von Prozesswärme zu rechnen ist.

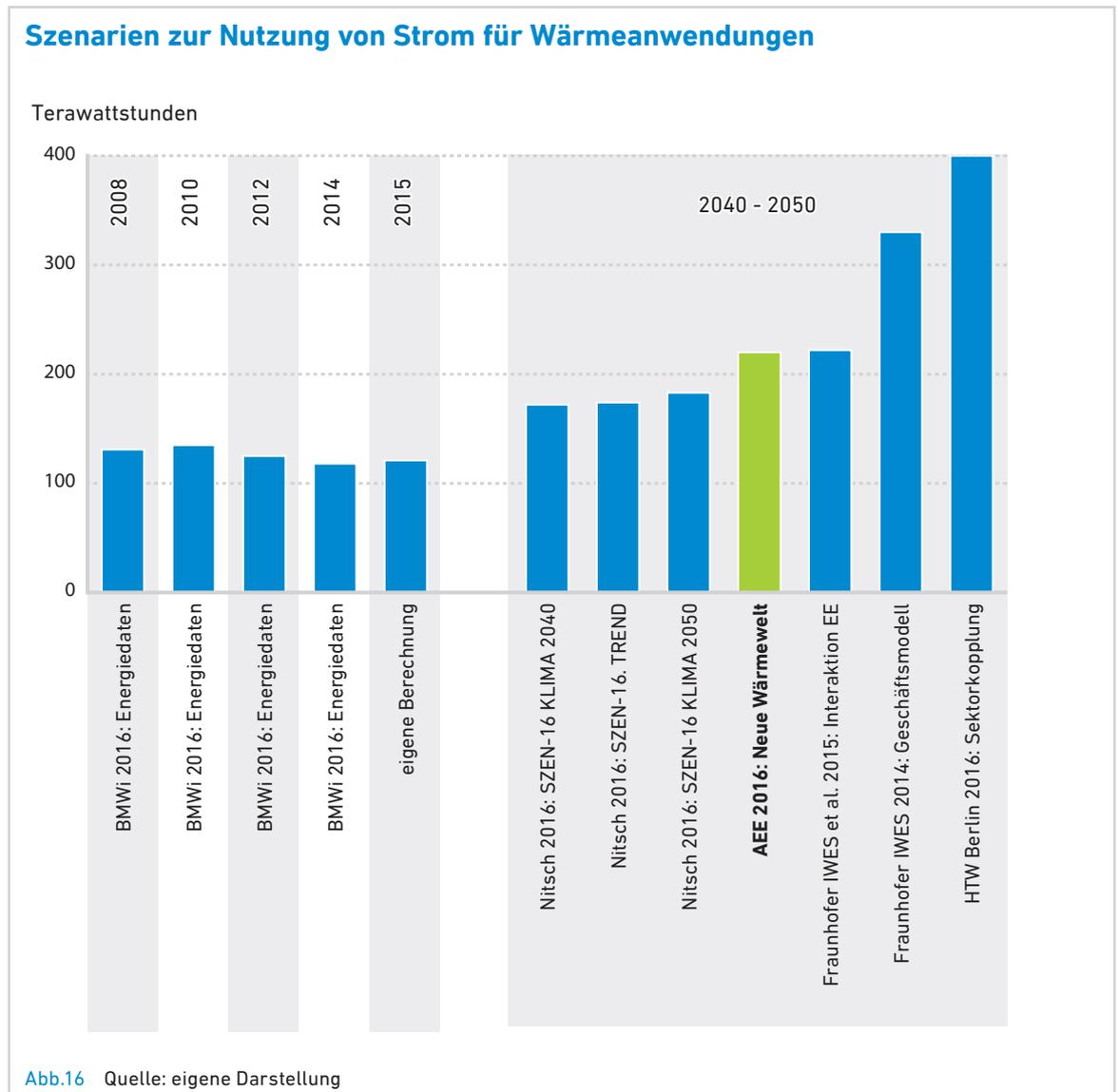
Aus der Perspektive des Stromsektors ist es von Bedeutung, dass Stromwärme-Anwendungen möglichst flexibel betrieben werden können, denn bei steigenden Anteilen fluktuierender Erneuerbarer Energien gibt es einen wachsenden Ausgleichsbedarf zwischen Last und Erzeugung. Bereits heute kommt es lokal und zeitlich begrenzt aufgrund von Netzengpässen zur Abregelung von Erneuerbaren Energien. Im Jahr 2015 gingen durch das sogenannte Einspeisemanagement bereits rund 4,7 TWh Strom aus Erneuerbaren Energien verloren, überwiegend aus Windenergieanlagen an Land⁵³. Bislang liegt das auch an der mangelnden Flexibilität von Großkraftwerken, beim weiteren Ausbau der Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie wird es jedoch künftig auch zu zeitweiligen „echten“ Erzeugungsüberschüssen kommen. Um vor allem kurzfristige Erzeugungsspitzen der Wind- und Solarenergie sinnvoll zu verwerten statt abzuregeln, werden daher zunehmend Power-to-Heat-Konzepte entwickelt. Darunter wird zum Beispiel der Einsatz von Heizstäben oder Elektrodenkesseln in Wärmenetzen verstanden. Hier werden praktisch zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen. Zum einen brauchen Anlagen zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien nicht mehr abgeregelt werden, um das Stromnetz zu stabilisieren, sondern die zugeschaltete Last übernimmt diese Aufgabe. Zum anderen kann die erzeugte Wärme ins Wärmenetz bzw. in Wärmespeicher fließen, was wiederum die Möglichkeit bietet, KWK-Anlagen zu flexibilisieren und Brennstoff einzusparen. Heute kann Power-to-Heat also vorwiegend Erdgas oder Kohle einsparen, im Energiesystem der Zukunft dann Biomasse oder erneuerbares Gas.

Aus Effizienzgründen ist jedoch zu betonen, dass Power-to-Heat eine Verwertung von Überschüssen an Strom aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen darstellen sollte, für die es keine andere, effizientere Nutzungsmöglichkeit gibt. Es kann insbesondere nicht als Ersatz für den Ausbau des Stromnetzes betrachtet werden. Kurzfristige Erzeugungsüberschüsse von Wind- und Solarenergie lassen sich durch Power-to-Heat sinnvoll in die Wärmeversorgung integrieren, es dient also vorrangig dem Lastmanagement im Stromsektor. Aus der Perspektive des Stromsektors sollte jedoch die Priorität grundsätzlich darauf liegen, Strom überregional so zu verteilen, dass er direkt in klassischen Stromanwendungen genutzt bzw. in Batterien, Pumpspeichern oder in Form von Gas gespeichert wird, um eine sehr hochwertige und vielseitig nutzbare Energieform zu erhalten. Zur Deckung des Wärmebedarfs für Raumwärme und Warmwasser sollten effizientere Techniken wie Wärmepumpen die erste Wahl sein.

Unter Berücksichtigung des Strombedarfs für den Betrieb von Wärmepumpen, der wachsenden Bedeutung von Strom für Prozesswärme und von Power-to-Heat als Flexibilitätsoption für den Strom-

53 BNetzA 2016, S.6, 18

sektor wird für das Szenario „Neue Wärmewelt“ mit einem Stromverbrauch für Wärmezwecke in Höhe von 220 TWh gerechnet. Die Auswertung verschiedener Studien und Szenarien zeigt, dass sich dieser Wert im Rahmen anderer aktueller Studien bewegt, allerdings lassen sich insgesamt nur wenige vergleichbare Angaben finden. Wie die Kopplung von Strom- und Wärmesektor im Hinblick auf das Zusammenspiel von Wärmelasten und Stromerzeugung möglichst effizient gestaltet werden kann, ist ein noch wenig beleuchtetes Thema.



Der im Szenario „Neue Wärmewelt“ gegenüber dem Jahr 2015 zusätzliche Strombedarf für Wärmezwecke in Höhe von rund 100 TWh lässt sich gerade noch durch das Szenario „Neue Stromwelt“ abbilden. Dort sind 80 TWh für sogenannte „neue Verbraucher“ wie Wärmepumpen sowie 37 TWh „Erzeugungsüberschüsse“ einkalkuliert⁵⁴, also Strommengen, die innerhalb des Stromsektors nicht verwertbar sind. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die im Szenario „Neue Stromwelt“ kalkulierte Bruttostromerzeugung von 638 TWh/a nicht ausreicht, wenn die sowohl im Stromsektor als auch im Wärmesektor unterstellten Effizienzsteigerungen bzw. Energieverbrauchsreduktionen verfehlt oder die angenommenen Potenziale der Solarthermie, Biomasse oder andere Wärmebereitstellungsopti-

⁵⁴ AEE 2015a, S.6

onen nur unvollständig erschlossen werden. Einzelne Zielabweichungen werden im Endeffekt immer einen höheren Stromverbrauch bedeuten und damit einen erhöhten Ausbaubedarf im Bereich der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien nach sich ziehen⁵⁵. Hierfür kommt vor allem ein zusätzlicher Ausbau der Windenergie in Betracht, deren Erzeugungspotenzial im Szenario „Neue Stromwelt“⁵⁶ noch nicht ausgereizt wird und die verstärkt im Winterhalbjahr zur Verfügung steht, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist.

4.6.5 Erneuerbare Gase (Power-to-Gas, Wasserstoff, EE-Methan)

In Elektrolyseanlagen kann mithilfe von Strom Wasserstoff erzeugt werden, der anschließend gegebenenfalls in synthetisches Methan umgewandelt und wie Erdgas verteilt und genutzt werden kann. Das Verfahren ist eine wichtige Speicheroption zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Stromsektor, denn nach heutigem Kenntnisstand sind synthetische Brennstoffe die einzige Möglichkeit, große Energiemengen über lange Zeit zu speichern. Wird das Gas anschließend in Gaskraftwerken rückverstromt, können auch mehrwöchige sogenannte „Dunkelflauten“, also Zeiten mit gleichzeitig wenig Wind und Sonneneinstrahlung, überbrückt werden. Weil die Umwandlung von Strom zu Gas und die anschließende Rückverstromung mit erheblichen Umwandlungsverlusten verbunden ist, wird die Erzeugung von synthetischem Gas zur Verwendung innerhalb des Stromsektors in großem Stil erst bei hohen Anteilen fluktuierender Erneuerbarer Energien zum Einsatz kommen, wenn große Stromüberschüsse aus Wind- und Solarenergie entstehen. Zuvor kann jedoch bislang fossil erzeugter Wasserstoff in industriellen Anwendungen ersetzt werden.

Um die gespeicherte Energie möglichst effizient zu nutzen, sollte sowohl die bei der Elektrolyse bzw. Methanisierung als auch die bei der Rückverstromung und sonstigen Prozessen entstehende Abwärme zur weiteren Wärmeversorgung genutzt werden. Hierfür sind Wärmenetze sinnvoll. Für die klimafreundliche Bereitstellung von Prozesswärme in der Industrie wird synthetisches Gas neben Biomasse und der direkten Stromnutzung auch von Bedeutung sein, da hiermit sehr hohe Temperaturen erreicht werden können. Das ist mit Solarthermie, Geothermie oder Umweltwärme allein nicht möglich. Insgesamt rechnet die „Neue Wärmewelt“ mit einer Wärmemenge von etwa 40 TWh aus erneuerbarem Gas.

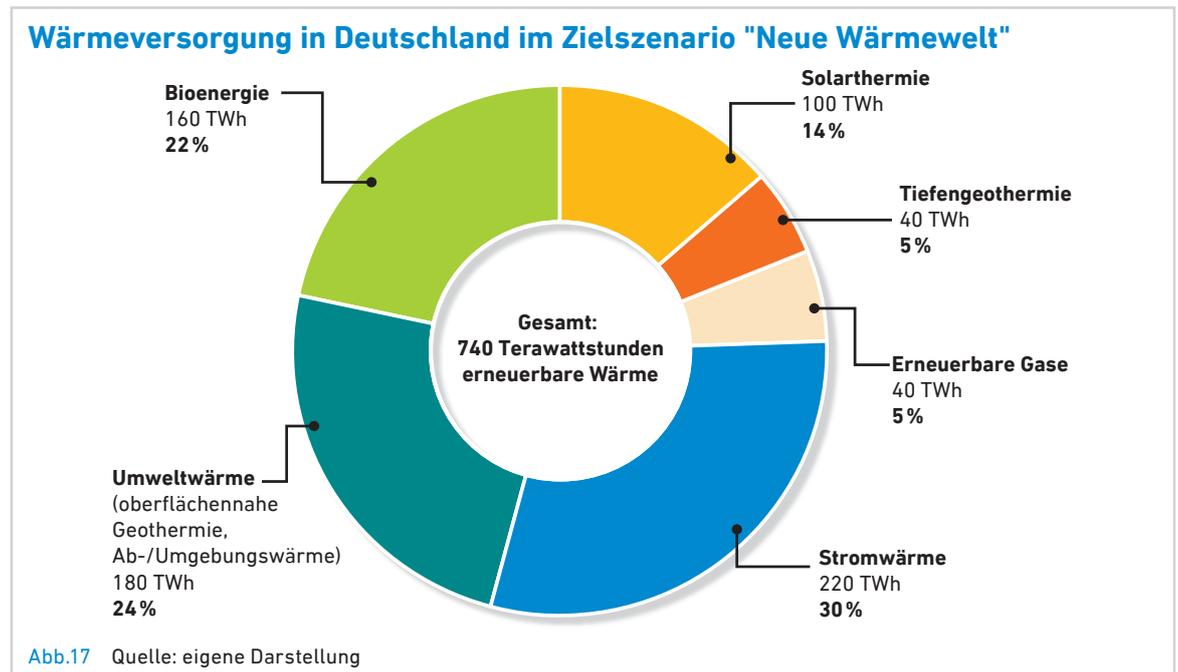
4.7 ZWISCHENFAZIT: ZUSAMMENSETZUNG DER WÄRMEBEREITSTELLUNG IN DER „NEUEN WÄRMEWELT“

Auf Grundlage der vorangegangenen Erörterungen zu den Potenzialen und Restriktionen verschiedener Optionen zur Wärmeerzeugung ergibt sich für die „Neue Wärmewelt“ ein Wärmemix, der jeweils zu einem Viertel auf Strom, Biomasse und Umweltwärme beruht. Das übrige Viertel liefern Solarthermie, Tiefengeothermie und erneuerbare Gase. Unter der Voraussetzung, dass die in Kapitel 4.4 beschriebene Reduktion des Endenergiebedarfs für Wärmezwecke erreicht wird, kann somit der gesamte Wärmebedarf vollständig durch erneuerbare Quellen gedeckt werden. Eine Schlüsselstellung nimmt

⁵⁵ Das gilt erst recht für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Die im Szenario „Neue Stromwelt“ zugrunde gelegte Bruttostromerzeugung von 638 TWh/a reicht bei weitem nicht aus, um neben dem Bedarf im Strom- und Wärmebereich auch noch ausreichende Mengen für Elektromobilität und insbesondere für die Produktion strombasierter Kraftstoffe bereitzustellen. Hier sind gegebenenfalls auch Importe in Erwägung zu ziehen.

⁵⁶ Vgl. AEE 2015a: Die neue Stromwelt. In der Studie wird eine komplett erneuerbare Stromversorgung Deutschlands beschrieben, Strommengen für den Wärmesektor sind dabei bereits teilweise berücksichtigt. Das Stromszenario sieht 35 Gigawatt (GW) Offshore- und 90 GW Onshore-Anlagen vor (S. 5). Andere Studien sehen die installierte Leistung von Offshore-Windenergieanlagen langfristig eher bei 70 GW, bei der Windenergie an Land kalkuliert z.B. Nitsch 2016 mit 136 GW.

dabei die effiziente Verknüpfung von Strom- und Wärmesektor bzw. die Integration von Wind- und Solarstrom in die Wärmeversorgung ein.



4.8 ZIELERREICHUNG IN 25 ODER 35 JAHREN

Die nachfolgende Tabelle zeigt den jährlichen Fortschritt, der ausgehend von den Werten im Jahr 2015 bei der Reduktion des Endenergieverbrauchs für Wärmezwecke sowie der Steigerung der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien erzielt werden muss, um das Zielszenario „Neue Wärmewelt“ in 25 oder 35 Jahren zu erreichen. Die Ampelfarben signalisieren wiederum, inwiefern sich die bisherige Entwicklung von 2008 bis 2015⁵⁷ jeweils auf dem Zielpfad bewegt oder nicht.

Die Tabelle zeigt, dass die Entwicklung der Wärmeversorgung in den vergangenen sieben Jahren lediglich bei der Bioenergie im grünen Bereich liegt. Hier reicht ein Bruchteil des bisherigen Wachstums aus, um das Zielszenario zu erreichen. Mit der Ampelfarbe Gelb wird lediglich die Reduktion des Endenergieverbrauchs bei Raumwärme und Warmwasser bewertet. Der durchschnittliche jährliche Fortschritt im Zeitraum 2008 bis 2015 reicht unter der Annahme einer weiteren linearen Entwicklung aus, um das Zielszenario in 35 Jahren zu erreichen, aber nicht in 25 Jahren. Typischerweise können bei Effizienzsteigerungen zunächst die "low hanging fruits" geerntet werden. Das heißt, ausgehend von einem niedrigen Effizienzstandard lassen sich relativ leicht Einsparungen erzielen, im weiteren Zeitverlauf wird es jedoch schwieriger, den Energiebedarf noch stärker zu senken. Deshalb sind auch zur Reduktion des Raumwärmebedarfs größere Anstrengungen erforderlich als bisher. Das gilt umso mehr, je früher das Ziel einer 100 Prozent erneuerbaren Wärmeversorgung erreicht werden soll.

Erheblich größere Anstrengungen sind zur Senkung des Prozesswärmebedarfs sowie beim Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung erforderlich. Bei einer Fortsetzung des bisherigen Trends ist das angestrebte Zielszenario weder in 25, noch in 35 Jahren erreichbar. Der jährliche Fort-

⁵⁷ Die Jahre 2008 und 2015 hatten laut AG Energiebilanzen ein vergleichbares Temperaturniveau (mit jeweils acht Prozent geringeren Gradtagzahlen und damit etwas wärmer als im langjährigen Mittel). Daher sind die beiden Jahre als Orientierungswert für die Ermittlung des jährlichen Fortschritts bei der Raumwärme gut geeignet. Bei der Prozesswärme war die konjunkturelle Situation 2015 deutlich stärker, hier wurden die in der Zwischenzeit erzielten Effizienzfortschritte durch das Wachstum kompensiert (AGEB 2009 / AGEB 2016b).

schritt bei der Einsparung fossiler Energieträger müsste sich im Vergleich zu den vergangenen sieben Jahren etwa verdoppeln. Die Wärmenutzung aus erneuerbaren Gasen wird nicht nach dem Ampelsystem bewertet, weil sie mengenmäßig erst zu einem späteren Zeitpunkt relevant wird und sich aus den Gegebenheiten im Stromsektor ergibt. Auch der Bereich Stromwärme wird nicht bewertet, da der Einsatz von Strom für Wärmezwecke im Wesentlichen von den Entwicklungen in anderen Bereichen (Wärmepumpen, Effizienzsteigerung) abhängt und keine eigenständige Zielgröße darstellt.

	2008 (TWh)	2015 (TWh)	ZIEL (TWh)	jährlicher Fortschritt 2008-2015 (TWh/a)	notwendiger jährlicher Fortschritt (TWh/a)	
					bei 25 Jahren	bei 35 Jahren
Endenergieverbrauch:						
EEV Raumwärme + Warmwasser	889	797	390	-13,1	-16,3	-11,6
EEV Prozesswärme	535	530	350	-0,7	-7,2	-5,1
EEV Wärme	1.424	1.327	740	-13,8	-23,5	-16,8
Wärmebereitstellung nach Energieträgern:						
Stromwärme	131	121	220	-1,4	4,0	2,8
Bioenergie	100	136	160	5,5	0,9	0,6
Umweltwärme (oberflächennahe Geothermie, Umgebungswärme)	4	10	180	0,9	6,8	4,8
Solarthermie	5	8	100	0,5	3,7	2,6
Tiefengeothermie	1	1	40	0,1	1,6	1,1
Erneuerbare Gase	0	0	40	0,0	1,6	1,1
Fossile Energieträger	1.183	1.048	0	-19,3	-41,9	-29,9

Tab.1 Bewertung der bisher erzielten Fortschritte im Hinblick auf die für das Erreichen des Zielszenarios „Neue Wärme-welt“ notwendige Entwicklung. Quelle: BMWi, AG Energiebilanzen, AGEE-Stat, eigene Berechnungen

Ampelsystem:

bisherige Entwicklung unzureichend	
Trend geht in die richtige Richtung, aber für ambitionierten Zeitpfad nicht schnell genug	
Ziel wird erreicht, wenn sich die bisherige Entwicklung fortsetzt	
keine Bewertung	

5 DAS LEBEN IN DER „NEUEN WÄRMEWELT“

Die Wärmeversorgung in der „Neuen Wärmewelt“ basiert auf dem Zusammenspiel verschiedener erneuerbarer Wärmetechnologien sowie einer effizienten Kopplung mit dem Stromsektor. In ländlichen Regionen dominieren dezentrale Technologien wie Wärmepumpen zur Versorgung von Gebäuden, die nur noch einen sehr geringen Wärmebedarf aufweisen. Hier ist genug Fläche vorhanden, um zum Beispiel die oberflächennahe Geothermie zu erschließen, andererseits lohnt sich aufgrund der geringen Wärmebedarfsdichte oft keine netzgebundene Wärmeversorgung.

Die Wärmeversorgung der Zukunft - auf dem Land

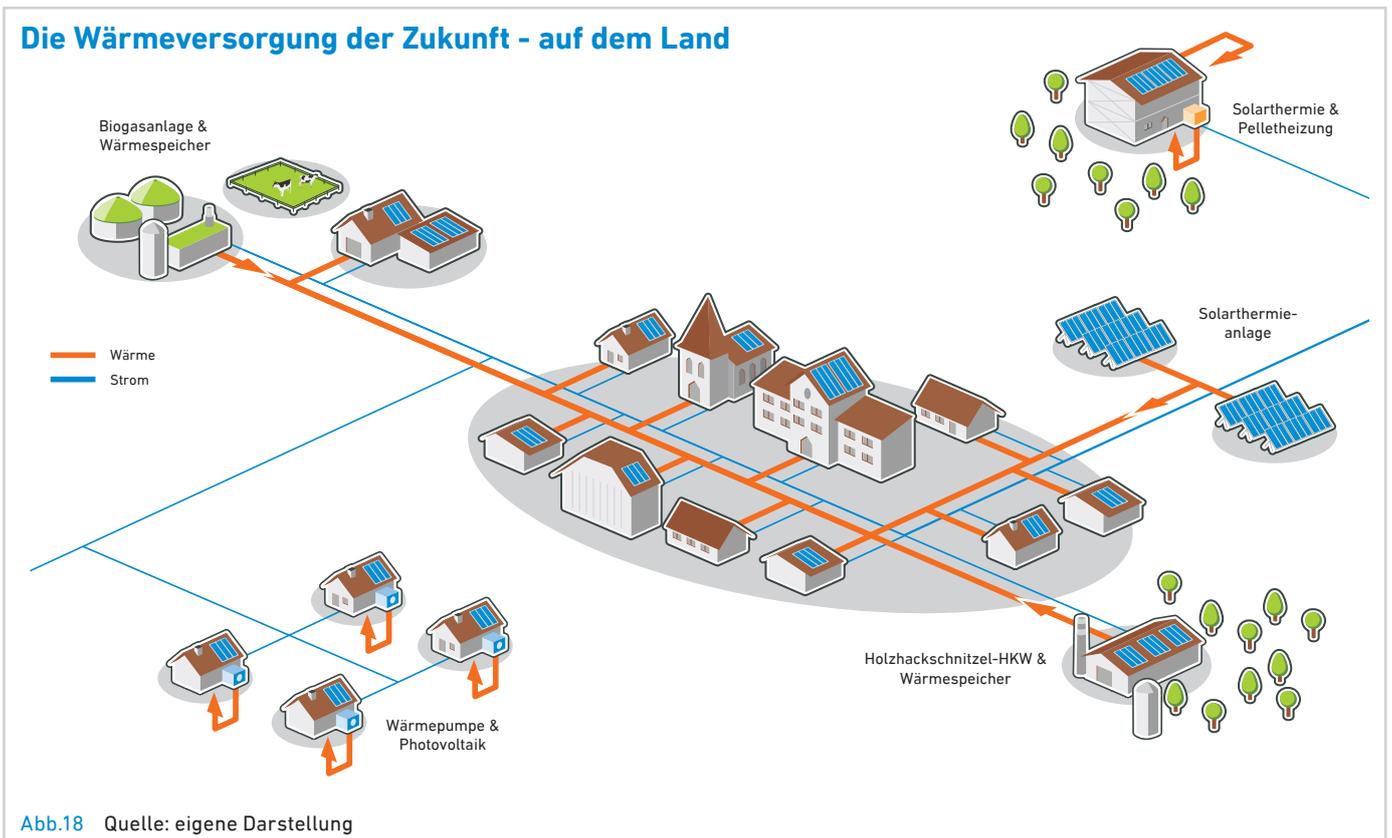


Abb.18 Quelle: eigene Darstellung

Sowohl auf dem Land als auch in der Stadt sind praktisch alle von ihrer Ausrichtung und Beschaffenheit her geeigneten Dachflächen mit Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen ausgestattet. Sie dienen entweder der Selbstversorgung oder sie speisen Strom und Wärme in die entsprechenden Netze ein. Dort, wo größere Wärmeabnehmer vorhanden sind, spielt die netzgebundene Wärmeversorgung eine große Rolle. Wärmenetze sind in der Lage, alle möglichen Wärmequellen einzubinden. Dazu gehören Solarthermieanlagen und Wärmepumpen unterschiedlicher Größe bzw. Leistung. Eine sehr hohe Effizienz bzw. eine Minimierung der Transportverluste lässt sich durch Nahwärmeconzepte auf Quartiersebene erreichen. So können zum Beispiel zur Versorgung von Mehrfamilienhäusern Solar-

thermianlagen, Abluftwärmepumpen, geothermische Speicher und Erdwärmepumpen miteinander kombiniert werden.

Soweit benötigt, wird die gewonnene Wärme direkt genutzt, die im Sommer überschüssige Solarwärme kann jedoch auch durch die Einbindung von im Erdreich untergebrachten saisonalen Pufferspeichern mit in den Herbst und Winter genommen werden. Im Sommer lässt sich sogar die Kühle des Erdreichs zur Klimatisierung nutzen. Der Wärmeaustausch erfolgt mithilfe von Wärmepumpen. Je nach Umgebung, der benötigten Temperatur und Wärmemenge können sich auch Biogas-BHKW, Strohheizkraftwerke, Solarkollektoren und andere Anlagen ergänzen.

Wärmenetze sind auch für die Nutzung der Tiefengeothermie sowie von Abwärme aus Industrieprozessen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (z.B. Biomasse- oder Müllheizkraftwerke) von Bedeutung. Durch integrierte thermische Speicher stellen Wärmenetze eine hohe Flexibilität bereit. Bei hohem Stromaufkommen aus Wind- und Solarenergie kann beispielsweise das mit synthetischem Gas oder Biogas betriebene Blockheizkraftwerk abgeschaltet werden, weil die Wärmeversorgung durch Speicher gedeckt ist. Überschüssige Leistung im Stromsektor kann mittels Power-to-Heat in Wärme gewandelt und gespeichert werden. Bei allen Varianten ist jeweils eine intelligente und effiziente Steuerung des vernetzten Systems von Bedeutung, damit Strom- und Wärmemarkt optimal zusammenspielen.

Die Wärmeversorgung der Zukunft - in der Stadt

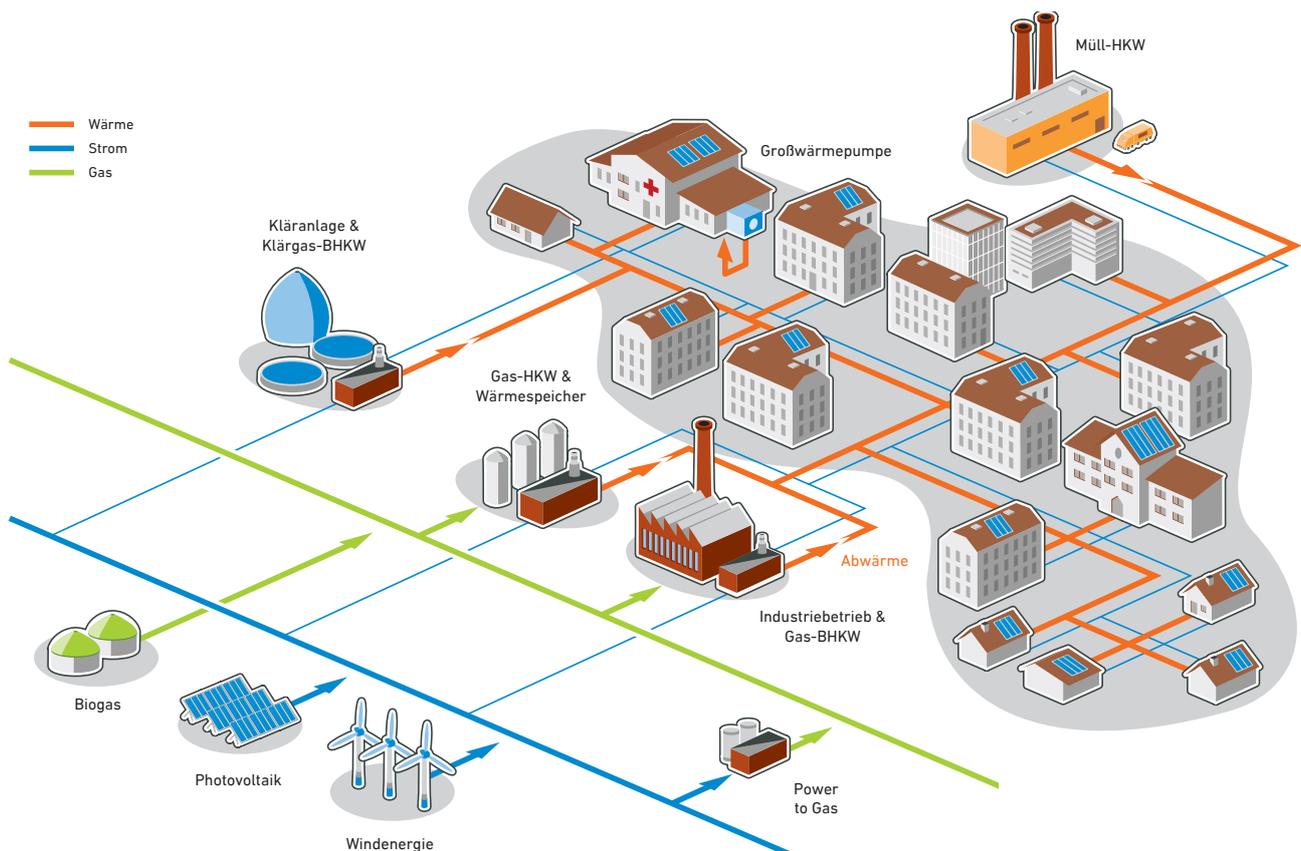


Abb.19 Quelle: eigene Darstellung

Für die Menschen bedeutet die „Neue Wärmewelt“, dass sie in modernen, energieeffizienten und gesunden Gebäuden leben und arbeiten. Die gute Dämmung der Außenwände und der Dächer sorgt in Verbindung mit der automatisierten Raumlüftung für einen geringen Wärmebedarf im Winter und für

ein angenehmes Raumklima im Sommer. Dort, wo der Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist, benötigen die Bewohner keine eigenen Heizungsanlagen. Das spart Platz und Aufwand für die Investition und Instandhaltung der Anlagen. Der geringe Wärmebedarf in modernen Gebäuden und der Umstieg auf Erneuerbare Energien sorgen dafür, dass die Heizkosten auch bei stark schwankenden Öl- und Gaspreisen kalkulierbar bleiben. Intelligente Mess- und Steuerungssysteme („Smart Home Systeme“) lassen Wärmepumpen und andere elektrische Wärmeerzeuger vorrangig dann laufen, wenn große Mengen an Solar- und Windstrom zur Verfügung stehen. Zeiten mit knappem Stromangebot und entsprechend höheren Strompreisen werden durch thermische Pufferspeicher und den hohen Effizienzstandard der Gebäude selbst überbrückt.

Die für die „Neue Wärmewelt“ notwendige energetische Gebäudesanierung, die Planung und der Betrieb von Wärmenetzen sowie die Nutzung lokal vorhandener Energieressourcen sorgen zudem für eine hohe lokale Wertschöpfung und Arbeitsplätze. Außerdem bietet dieser dezentrale Ansatz der Wärmeversorgung zahlreiche Möglichkeiten für Bürgerbeteiligung und damit ein hohes Unterstützungspotenzial.

6 BEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die erfolgreiche Energiewende in der Wärmeversorgung ist kein Selbstläufer. Den Wärmebedarf im für den Klimaschutz erforderlichen Umfang zu senken, erneuerbare Wärmetechnologien jenseits der Bioenergie dynamisch zu entwickeln und den Stromverbrauch für Wärmeanwendungen in Grenzen zu halten, stellt eine große, aber machbare Aufgabe dar. Die bisherigen regulatorischen Vorschriften, Informations- und Förderinstrumente reichen dafür jedoch bei Weitem nicht aus. Die politischen Zielvorstellungen sind bislang zu langfristig und unverbindlich formuliert, um die für umfangreiche Investitionen in Energieeffizienz und Erneuerbare Energien notwendige Planungssicherheit zu geben. Zudem fehlen nach 2020 politische Zwischenziele für die Jahre bis 2050. Steht die Bundesregierung zu ihren Klimaschutzzielen, muss sie zeitnah zusätzliche, effektive Maßnahmen umsetzen und verbindliche Fahrpläne für den Ausstieg aus den fossilen Energieträgern auch im Wärmemarkt entwickeln.

Dabei ist zu beachten, dass die Wärmeversorgung viele unterschiedliche Akteure betrifft - vom Stadtwerk über die Gebäudeeigentümer bis hin zu den Mietern. Zudem ist sie stark regional bzw. lokal strukturiert, denn Wärme lässt sich ohne große Verluste nicht über weite Strecken transportieren. Eine faire Kosten- und Nutzenverteilung, zum Beispiel zwischen Eigentümern und Mietern, wird aufgrund des hohen Anteils an Mietwohnungen in Deutschland für die Akzeptanz der politischen Instrumente und die praktische Umsetzung der Wärmewende essenziell sein.

Vor diesem Hintergrund empfehlen verschiedene Studien einen breiten Instrumentenmix, der verschiedene Akteure und Maßnahmen adressiert. Ökonomische Anreize sollen vor allem die Wirtschaftlichkeit von investiven Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Nutzung Erneuerbarer Energien verbessern. Sie zielen zum einen auf eine Verteuerung fossiler Energieträger, zum anderen auf finanzielle Fördermaßnahmen und Investitionsprogramme für Wärme aus Erneuerbaren Energien, Gebäudesanierung oder den Bau von Wärmenetzen. Parallel dazu empfehlen viele Studien ordnungsrechtliche Vorgaben. So soll die Nutzung von Wärme aus Erneuerbaren Energien nicht nur in Neubauten vorgeschrieben werden, sondern auch im Gebäudebestand. Veraltete Heizungsanlagen sollen schneller ausgetauscht und die Vorgaben der Energieeinsparverordnung auch bei Gebäudesanierungen besser umgesetzt und kontrolliert werden. Zudem werden kommunale Wärmeversorgungspläne, Gebäude- und Quartierssanierungsfahrpläne als sehr wichtige und daher möglichst verbindlich zu erstellende planerische Instrumente betrachtet.

Einen Überblick über verschiedene Ansatzpunkte, die in aktuellen Studien und Energieszenarien genannt werden, gibt die folgende Abbildung. Sie beinhaltet eine stark aggregierte Darstellung. Im Detail unterscheiden sich die Vorstellungen zur konkreten Umsetzung in den einzelnen Studien deutlich, zum Beispiel ob eine Verteuerung fossiler Energieträger über eine CO₂-Abgabe oder über eine Energiesteuer erreicht werden soll, ob es eine Einspeisevergütung für Wärme aus Erneuerbaren Energien in Wärmenetzen geben oder das bestehende Marktanreizprogramm nachgebessert werden soll. Die meisten Studien empfehlen dabei eine Kombination von ordnungsrechtlichen Vorgaben zur energetischen Gebäudesanierung, zum Austausch von Heizungssystemen und zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit ökonomischen Anreizen. Eine stärkere finanzielle Förderung der energetischen Gebäudesanierung und Nutzung Erneuerbarer Energien in Verbindung mit einer Verteuerung fossiler Energieträger soll dabei die notwendige Investitionssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen sicherstellen.

Gebäude / Effizienz	KWK, Wärmenetze, Kopplung Strom-/Wärmesektor	Heiztechnologien
Energetische Städtebauförderung	Marktdesign für Sektorkopplung (Strom/Wärme)	Fossile Energieträger verteuern
Förderung energetischer Gebäudesanierung	KWK-Förderung auf Flexibilisierung und Klimaschutz ausrichten	Förderprogramme verstetigen und ausbauen
Steuern / Abgaben für Gebäudeeigentümer	Investitionsprogramme (Wärmenetze, Wärmespeicher)	Änderungen Mietrecht zur Aufhebung Investor- / Nutzer-Dilemma
Förderprogramme Effizienztechnologien	Einspeisung Erneuerbarer Energien in Wärmenetze	Verbot bestimmter Heiztechnologien
Harmonisierung Instrumente im Wärmesektor	Regulierung von Wärmenetzen / Wärmeversorgung	Nachrüstverpflichtungen Heizanlagen, Austausch alter Anlagen beschleunigen
Verpflichtungen bei Sanierungsmaßnahmen	Kommunale Wärmeversorgungspläne	Zusammenarbeit Gewerke verbessern
Vollzugskontrolle Sanierungen / Effizienzstandards	Stärkung kommunaler Bauleitplanung	Information, Bildung, Beratung
Änderungen Mietrecht zur Aufhebung Investor- / Nutzer-Dilemma	Information, Bildung, Beratung	Forschung & Entwicklung
Standards für Nichtwohngebäude / Gebäudekühlung	Forschung & Entwicklung	
EnEV: Primärenergiefaktor durch Emissionsfaktor ersetzen		
Kennwert für energetische Gebäudequalität		
Stärkung kommunaler Bauleitplanung		
Gebäudemonitoring		
Gebäudesanierungsfahrpläne		
Zusammenarbeit Gewerke verbessern		
Information, Bildung, Beratung		
Forschung & Entwicklung		

ökonomisch
ordnungsrechtlich
planerisch
weich

Tab.2 Ansatzpunkte von Instrumenten und Maßnahmen zur Beförderung der Energiewende im Wärmesektor. Die Übersichtsmatrix ordnet die verschiedenen Studien entnommenen Handlungsempfehlungen nach ihrer Lenkungswirkung und ihrem Ansatzpunkt. Quelle: AEE 2016b

7 LITERATURVERZEICHNIS

AG ENERGIEBILANZEN (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. 1990 bis 2015. Stand: Juli 2016. 2016a

AGEB: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2015. 2016b

AGEB: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008. 2009

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (AEE): Die neue Stromwelt. Szenario eines 100% Erneuerbaren Stromversorgungssystems. 2015a

AEE: Metaanalyse „Energiewende im Wärmesektor“. 2015b

AEE: Metaanalyse „Flexibilität durch Kopplung von Strom, Wärme und Verkehr“. 2016a

AEE: Metaanalyse „Instrumente und Maßnahmen für die Wärmewende“. 2016b

AGORA ENERGIEWENDE/LBD BERATUNGSGESELLSCHAFT: Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende. 2015

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWI): Zahlen und Fakten. Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Stand: 5. April 2016

BMWI/ARBEITSGRUPPE ERNEUERBARE ENERGIEN-STATISTIK (AGEE-STAT): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Stand: August 2016

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) (HRSG.): Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland. 2015

BUNDESNETZAGENTUR: 3. Quartalsbericht 2015 zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen. Viertes Quartal 2015 sowie Gesamtjahresbetrachtung 2015. 2016

BUNDESNETZAGENTUR/BUNDESKARTELLAMT: Monitoringbericht 2015

DEUTSCHER BUNDESTAG: Drucksache 18/8147. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Krischer, Dr. Julia Verlinden, Annalena Baerbock, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/7961 – Besondere Ausgleichsregelung – Energieeffizienz und Kostenfairness. 2016

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) / FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK (IWES) / INGENIEURBÜRO FÜR NEUE ENERGIEN (IFNE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. 2012

EXPERTENKOMMISSION ZUM MONITORING-PROZESS „ENERGIE DER ZUKUNFT“: Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2014. 2015

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG (IFAM) / BUNDESVERBAND ERNEUERBARE ENERGIE (BEE) / ARBEITSGEMEINSCHAFT FERNWÄRME (AGFW): Flexibilitätsreserven aus dem Wärmemarkt. 2013

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME (ISE): Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems. 2015

FRAUNHOFER ISE: Energiesystem Deutschland 2050. 2013

FRAUNHOFER IWES ET AL.: Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr. 2015

FRAUNHOFER IWES: Geschäftsmodell Energiewende. Eine Antwort auf das „Die-Kosten-der-Energiewende“-Argument. 2014

- FORSCHUNGSVERBUND ERNEUERBARE ENERGIEN (FVEE): Energiekonzept 2050. 2010
- FVEE: Erneuerbare Energien im Wärmesektor - Aufgaben, Empfehlungen und Perspektiven. 2015
- GREENPEACE: Was bedeutet das Pariser Abkommen für den Klimaschutz in Deutschland? 2016.
- GREENPEACE: Klimaschutz: Der Plan. Energiekonzept für Deutschland. 2015
- HAMBURG INSTITUT RESEARCH (HIR): Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. 2015
- HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG / INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (IFEU): Wärmewende in Kommunen. Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. 2015
- INSTITUT FÜR NACHHALTIGE ENERGIE- UND RESSOURCENNUTZUNG (INER): Erneuerbare Energien zur individuellen Wärme- und Kälteerzeugung. Innovationen und Herausforderungen auf dem Weg in den Wärmemarkt. 2015
- NITSCH, JOACHIM: Die Energiewende nach COP21 - Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung. 2016
- ÖKO-INSTITUT/FRAUNHOFER ISE: Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Studie im Auftrag des Umweltbundesamts. 2016
- ÖKO-INSTITUT/FRAUNHOFER ISI: Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. 2015
- PROGNOS / INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (IFEU) / INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU): Hintergrundpapier zur Energieeffizienzstrategie Gebäude. 2015
- PROGNOS / ENERGIEWIRTSCHAFTLICHES INSTITUT AN DER UNIVERSITÄT ZU KÖLN (EWI) / GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTLICHE STRUKTURFORSCHUNG (GWS): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. 2014
- QUASCHNING, VOLKER (HTW BERLIN): Sektorkopplung durch die Energiewende. 2016
- STADTWERKE MÜNCHEN: Geothermie-Anlagen. www.swm.de Abrufdatum: November 2016
- UMWELTBUNDESAMT (UBA): UBA-Emissionsdaten für 2015 zeigen Notwendigkeit für konsequente Umsetzung des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020. Presseinfo Nr. 09 vom 17.03.2016
- UBA: Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. 2014
- ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRTTEMBERG (ZSW): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG. Vorhaben IIc. Solare Strahlungsenergie. 2014

IMPRESSUM

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.
Invalidenstraße 91
10115 Berlin
Tel.: 030 200535 30
Fax: 030 200535 51
E-Mail: kontakt@unendlich-viel-energie.de

Aktuelle Informationsangebote finden Sie im Internet:

www.unendlich-viel-energie.de
www.kommunal-erneuerbar.de
www.foederal-erneuerbar.de
www.forschungsradar.de
www.kombikraftwerk.de
www.waermewende.de

