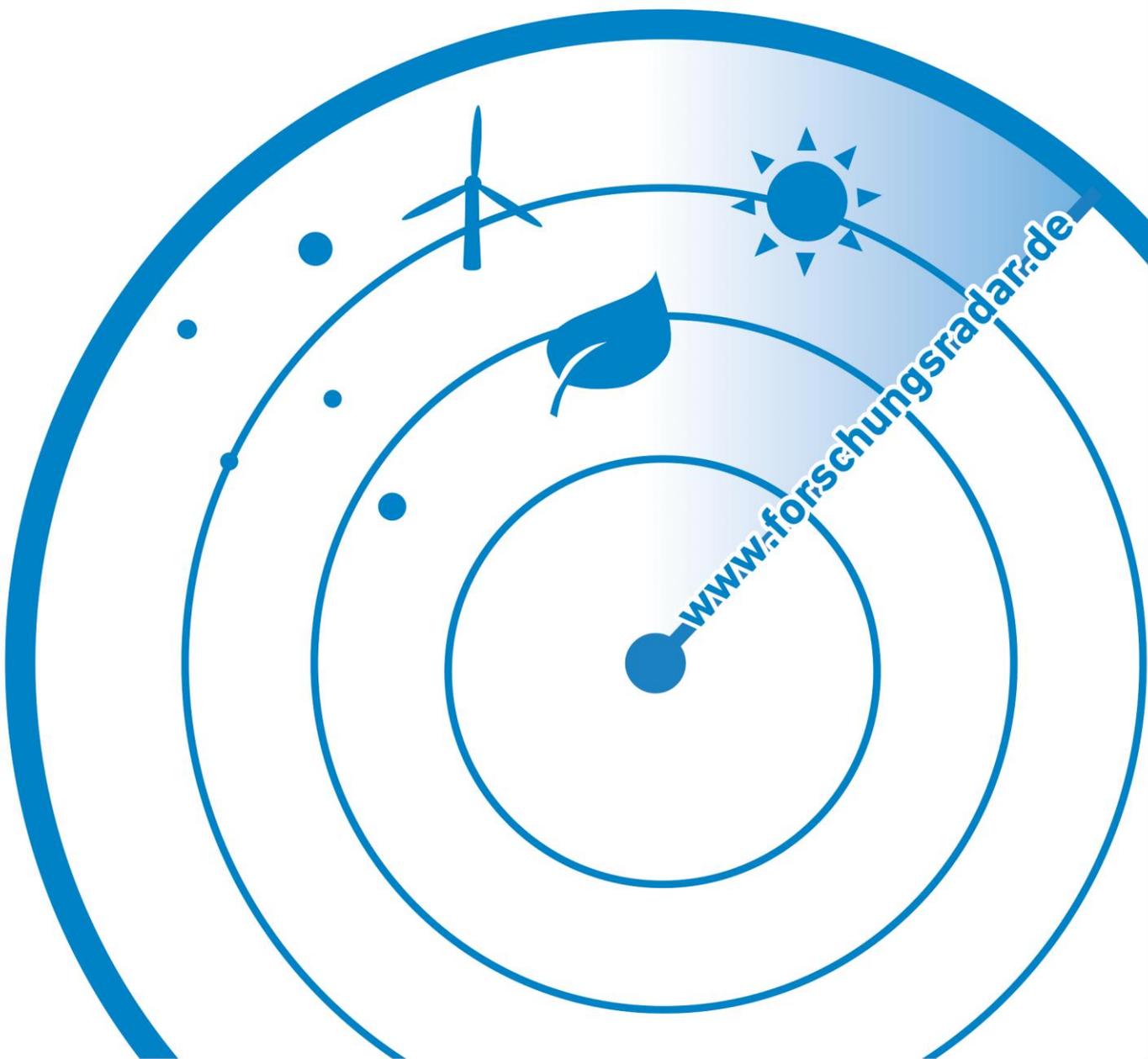


# METAANALYSE

Juli 2015

## Energiewende im Wärmesektor



## Die Bedeutung der Wärme- und Kälteversorgung für die Energiewende

Die Diskussion zur Energiewende in Deutschland fokussiert sich oft auf den Stromsektor. Dies wird jedoch der hohen Bedeutung der Wärmeversorgung für die Energiewirtschaft und den Klimaschutz nicht gerecht. Die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser sowie die Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie machen rund 56 Prozent des gesamten Endenergiebedarfs in Deutschland aus. Hinzu kommen Klimatisierung und Prozesskälte. Die benötigte Wärme wird dabei weitgehend aus fossilen Brennstoffen gewonnen, was mit einem hohen Treibhausgasausstoß und einer starken Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten verbunden ist.

Auch die gesellschaftliche Debatte um die Kosten der Energieversorgung hat bisher vor allem die Strompreise im Blick. Vernachlässigt wird dabei, dass die Ausgaben eines Haushaltes für Raumwärme und Warmwasser im Schnitt etwa doppelt so hoch sind wie die Stromkosten. Zudem ist die Preissteigerung bei Heizöl, Erdgas und Fernwärme in den vergangenen zwanzig Jahren höher ausgefallen als beim Strom.

Für eine sichere, umweltverträgliche und bezahlbare Energieversorgung sind daher die Senkung des Energiebedarfs sowie die Umstellung auf Erneuerbare Energien auch im Wärmesektor von zentraler Bedeutung. Für den Wärmebereich sind vor allem folgende energiepolitische Zielsetzungen relevant, die sich u.a. im Energiekonzept der Bundesregierung finden:

- Verdopplung der Gebäudesanierungsrate auf zwei Prozent pro Jahr;
- Senkung des Wärmebedarfs im Gebäudebestand um 20 Prozent bis 2020 gegenüber dem Referenzjahr 2008;
- Reduktion des Primärenergiebedarfs im Gebäudebestand um etwa 80 Prozent bis 2050;
- 14 Prozent Anteil der Erneuerbaren Energien am Wärmebedarf bis 2020;
- 18 Prozent Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 und 60 Prozent bis 2050;
- Steigerung des Anteils der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung auf 25 Prozent bis 2020.

Während der Ausbau der Erneuerbaren Energien im Stromsektor in den vergangenen Jahren deutliche Fortschritte gemacht hat, ist die Entwicklung im Wärmebereich wesentlich weniger erfolgreich. Biomasse, Solarthermie, Geothermie und Umweltwärme decken gerade einmal zehn Prozent des deutschen Wärmebedarfs, ein dynamisches Wachstum hat bisher nicht stattgefunden. Der Wärmebedarf ist zwischen 2008 und 2013 überhaupt nicht gesunken, sondern sogar leicht angestiegen. Ohne einen drastischen Wandel in der Wärmeversorgung wird es daher keine erfolgreiche Energiewende geben.

## Zur Einordnung und Bewertung des Studienvergleichs

Die Fokussierung der Energiewendebatte auf den Stromsektor spiegelt sich in einer relativ geringen Zahl an Studien und Gutachten, die sich detaillierter mit Szenarien zum Umbau der Wärmeversorgung beschäftigen. Die Recherche für die Metaanalyse hat nur wenige Veröffentlichungen ergeben, die quantitative, vergleichbare Aussagen zur möglichen Entwicklung des Wärmebedarfs und der Wärmebereitstellung treffen. Selbst unter diesen Studien haben die meisten ihren Schwerpunkt auf der Stromversorgung. Oftmals wird auch der Endenergiebedarf der Sektoren „Private Haushalte“, „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, „Industrie“ und „Verkehr“ untersucht, jedoch nicht explizit die Wärme- und Kälteversorgung. Die wenigsten konkreten Abschätzungen konnten zu den Beiträgen der Erneuerbaren Energien im Bereich der

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor in Deutschland

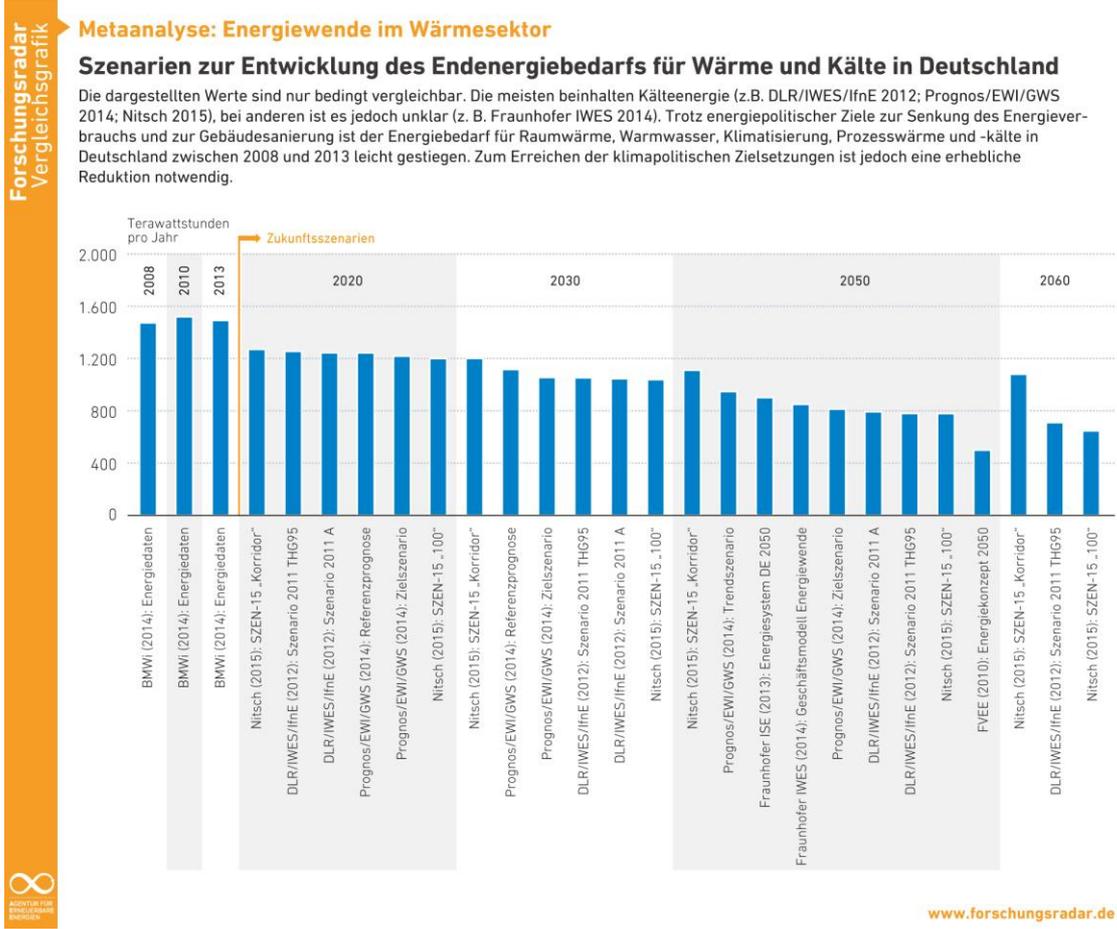
Wärmebereitstellung gefunden werden. Einige Studien führen zwar die für Wärmezwecke genutzte Endenergie auf, oft sind dabei relevante Beiträge Erneuerbarer Energien im nicht näher aufgeschlüsselten Posten „Fernwärme“ enthalten. Insgesamt illustriert das Rechercheergebnis, dass das Thema Wärme aus Erneuerbaren Energien bisher noch wenig beleuchtet ist.

Etwas besser sieht die Datenlage bei der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) aus, da im Zusammenhang mit der Novellierung des KWK-Gesetzes (KWKG) Studien in Auftrag gegeben worden sind, die für diesen Bereich zumindest den Zeithorizont bis 2020 näher ausleuchten. Trotz einer vergleichsweise hohen Zahl von 22 betrachteten Studien für die Metaanalyse können somit nur wenige quantitative Angaben verglichen werden.

Grundsätzlich ist bei den Studien und Szenarien zu unterscheiden zwischen solchen,

- die aufgrund der aktuellen Politik und der Entwicklungen der vergangenen Jahre Trends fortschreiben und die modellierte Entwicklung dann mit den politischen Zielwerten vergleichen (sogenannte Trend- oder Referenzszenarien),
- die sich an bestimmten Zielwerten orientieren, hier meist an der Reduktion der Treibhausgase um 80 bis 95 Prozent bis 2050, und Entwicklungspfade und Maßnahmen erörtern, die zur Zielerreichung notwendig wären („Zielszenarien“), sowie
- die – zumeist orientiert an der Interessenlage des Auftraggebers – Einzelaspekte herausgreifen, z. B. die Entwicklung bestimmter Technologien oder Energieträger.

### Die Entwicklung des Wärmeenergieverbrauchs





bei Privathaushalten sowie dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) gesehen. Der bisher erkennbare, aber schwer zu quantifizierende Reboundeffekt, d.h. dass die erzielten Effizienzsteigerungen zum Beispiel durch eine Zunahme des Wohnflächenbedarfs pro Kopf weitgehend kompensiert worden sind, muss sich einigen Studien zufolge (z.B. DLR/IWES/IfnE 2012, Prognos/EWI/GWS 2014) in den nächsten Jahrzehnten nicht mehr im gleichen Maße fortsetzen. Überdies gehen die meisten Studien von einem Bevölkerungsrückgang aus, der sich bedarfsmindernd auswirkt.

Mehrere Studien (z.B. Prognos/EWI/GWS 2014, Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2014) gehen von einem steigenden Klimakältebedarf aus. Mit Ausnahme der Studie DLR/IWES/IfnE (2012) ist der Endenergiebedarf für Klimatisierung nicht in den Werten der obigen Grafik enthalten.

Die Einsparpotenziale beim Prozesswärmebedarf werden hingegen wesentlich geringer eingeschätzt. Je nach Szenario sinkt der Endenergiebedarf hier um etwa 20 Prozent (Trend Szenarien wie z.B. von Prognos/EWI/GWS 2014) bis 30 Prozent (Zielszenarien wie z.B. von DLR/IWES/IfnE 2012). Hier wird zumeist ein allgemeiner Fortschritt in der Energieproduktivität sowie ein struktureller Wandel im produzierenden Gewerbe unterstellt, der eine Stagnation energieintensiver Branchen bei gleichzeitigem stattfindendem Wirtschaftswachstum beinhaltet.

### **Zum Verhältnis zwischen Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien**

Zur Frage, wie stark insbesondere im Gebäudesektor auf Effizienzmaßnahmen und wie stark auf Erneuerbare Energien gesetzt werden sollte, gibt es abweichende Positionen: In einigen Szenarien wird die Minderung des Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>)-Ausstoßes bei der Wärmebereitstellung im Wesentlichen durch die deutliche Reduktion des Wärmebedarfs erreicht. Im Extremfall (Szenario 2011 A von DLR/IWES/IfnE 2012) liegt das Verhältnis bei 80 Prozent (Effizienzmaßnahmen) zu 20 Prozent (Erneuerbare Energien). Allerdings hat die Reduktion des Endenergieverbrauchs von Gebäuden im Jahr 2012 laut Umweltbundesamt (2014) nur bei einem Prozent gelegen. Um den Wärmebedarf im Gebäudebestand entsprechend dem politischen Ziel um 20 Prozent bis 2020 gegenüber dem Referenzjahr 2008 zu senken, müsste der Wert auf jährlich 2,3 Prozent steigen. Aufgrund dieser Lücke plädieren die Autoren einiger Studien wie Fraunhofer ISE (2013) und Hamburg Institut (2015) mittlerweile dafür, mehr auf rationelle Wärmeversorgungstechniken und auf eine stärkere Entwicklung Erneuerbarer Energien im Wärmesektor zu setzen, anstatt darauf zu vertrauen, dass der Gebäudebestand bis etwa 2050 überwiegend Passivhausstandard erreichen könnte. Das Kostenoptimum dürfte bei einem fast ausgeglichenen Mix aus Maßnahmen auf der Versorgungsseite und Wärmeschutzmaßnahmen liegen. So könnte der Wärmebedarf im Gebäudesektor „nur“ um 30 bis 40 Prozent (Fraunhofer IFAM 2013) bzw. 40 bis 50 Prozent (Fraunhofer ISE 2013) sinken und die Klimaziele trotzdem erreicht werden. Für eine solche Strategie spreche auch, dass sich versorgungsseitige Lösungen durch das Handeln weniger Akteure bewerkstelligen ließen, während Wärmeschutzmaßnahmen von Entscheidungen einer Vielzahl von Hausbesitzern abhängig seien, die zudem zu einem großen Teil keine guten Voraussetzungen für die Durchführung der Maßnahmen mitbrächten.

## Veränderungen bei der Wärmebereitstellung

Vor allem Szenarien, die ehrgeizige Klimaziele verfolgen (z.B. FVEE 2010, DLR/IWES/IfnE 2012, UBA 2014), halten einen grundlegenden Strukturwandel im Wärmemarkt für erforderlich und möglich. Demnach könnte die Wärmebereitstellung in privaten Haushalten und im Sektor GHD langfristig nur noch durch Wärmepumpen (mit regenerativem Strom betrieben), Solarthermie und Wasserstoff bzw. Methan erfolgen, das mithilfe von Strom aus Erneuerbaren Energien erzeugt wird („EE-Gas“). Daneben würde Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, zentraler Solarthermie, Industrieabwärme und Geothermie leitungsgebunden über Wärmenetze bereitgestellt. Die Nutzung von Heizöl würde drastisch zurückgehen, von den fossilen Brennstoffen würde im Jahr 2050 nur noch Erdgas in signifikantem Umfang zur Bereitstellung von Prozesswärme und in der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt.

Insbesondere im Zeithorizont bis 2030 gibt es allerdings mehrere Studien, die es unter den aktuellen Rahmenbedingungen für unwahrscheinlich halten, die Treibhausgasemissionsziele (insgesamt oder heruntergebrochen auf den Wärmesektor) zu erreichen. So geht die Shell/BDH Hauswärmestudie (2013) davon aus, dass die jährlichen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Trendszenario bis 2030 nur um 22 Prozent zurückgehen und Gas und Öl dann immer noch zwei Drittel der Hauswärmeversorgung ausmachen könnten. Auch Nitsch (2015) schätzt im Szenario „SZEN-15 Korridor“, dass bis 2030 nur eine Reduktion der Treibhausgase (insgesamt, nicht nur im Wärmesektor) um 35 Prozent erreicht werden könnte. Als Hemmnisse für den Wandel der Wärmeversorgung werden z.B. die Kontingentierung der Erneuerbaren Energien im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), unzureichende Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Gebäudesektor, fehlende Stimulierung von neuen Marktsegmenten wie Wärmenetzen, die Akteursvielfalt im Wärmemarkt sowie die fehlende Akzeptanz der Bevölkerung zur Umsetzung von Gebäudesanierungen genannt.

## Wärmebereitstellung aus Biomasse

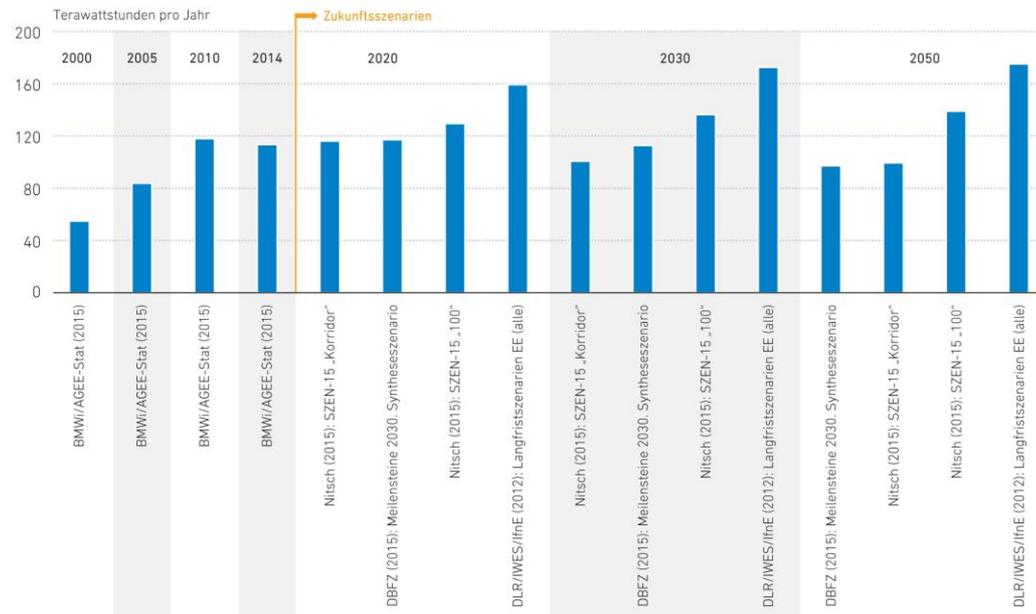
Im Jahr 2014 stellte die Bioenergie mit rund 113 TWh 86 Prozent der gesamten Wärme aus Erneuerbaren Energien bereit. Auch in Zukunft wird die Bioenergie als speicherbare und regelbare Energiequelle eine wichtige Rolle bei der Energiewende einnehmen. Ihre Bedeutung für die Wärmeversorgung wird in den untersuchten Studien allerdings unterschiedlich gesehen:

In den Szenarien, die entsprechende Werte ausweisen, liegt die Wärmebereitstellung aus Biomasse im Jahr 2030 zwischen 101 TWh (Nitsch 2015 „Korridor“) und 173 TWh (DLR/IWES/IfnE 2012) und im Jahr 2050 zwischen 97 TWh (DBFZ 2015 Syntheszenario) und 175 TWh (DLR/IWES/IfnE 2012). Die Erwartungen liegen damit zwischen einem Rückgang gegenüber dem gegenwärtigen Wärmebeitrag und einem Wachstum um rund 50 Prozent. Hintergrund ist die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse und die Frage, für welche Zwecke sie künftig vorrangig eingesetzt werden soll.

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

### Szenarien zur Bioenergienutzung für Wärmezwecke in Deutschland

Zwischen 2000 und 2014 hat sich die Wärmebereitstellung aus Biomasse verdoppelt und leistet mit Abstand den größten Beitrag zur Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien. Die Bandbreite der Zukunftsszenarien liegt zwischen einem leichten Rückgang und einem weiteren Wachstum. Insgesamt machen nur wenige Szenarien konkrete Angaben zur Bioenergie-Wärme. Meist wird die gesamte Endenergie aus Biomasse betrachtet, worunter auch Biokraftstoffe fallen oder ein Teil der Bioenergie-Wärme ist im Posten „Fernwärme“ enthalten.



[www.forschungsradar.de](http://www.forschungsradar.de)

Während heutzutage mehr als 40 Prozent der gesamten erneuerbaren Wärme aus der Verbrennung fester Biomasse in Privathaushalten in oftmals kleinen dezentralen Öfen mit schlechter Energieeffizienz stammt, könnte sich der Biomasseeinsatz im Wärmebereich künftig auf Hochtemperaturprozesse in der Industrie und auf KWK-Anlagen beschränken. Deren Betrieb würde sich auf die stromseitige Residuallastabdeckung konzentrieren, für Niedertemperaturwärme stünden hingegen ausreichend Alternativen zur Verfügung. Manchen Klimaschutzszenarien zufolge (z.B. Fraunhofer ISE 2013, UBA 2014) könnte Biomasse in privaten Haushalten und im Sektor GHD nach 2030 nur noch dann eingesetzt werden, wenn sie aus Abfällen und Reststoffen gewonnen wird (Kaskadennutzung).

## Wärmebereitstellung aus Geothermie und Umweltwärme

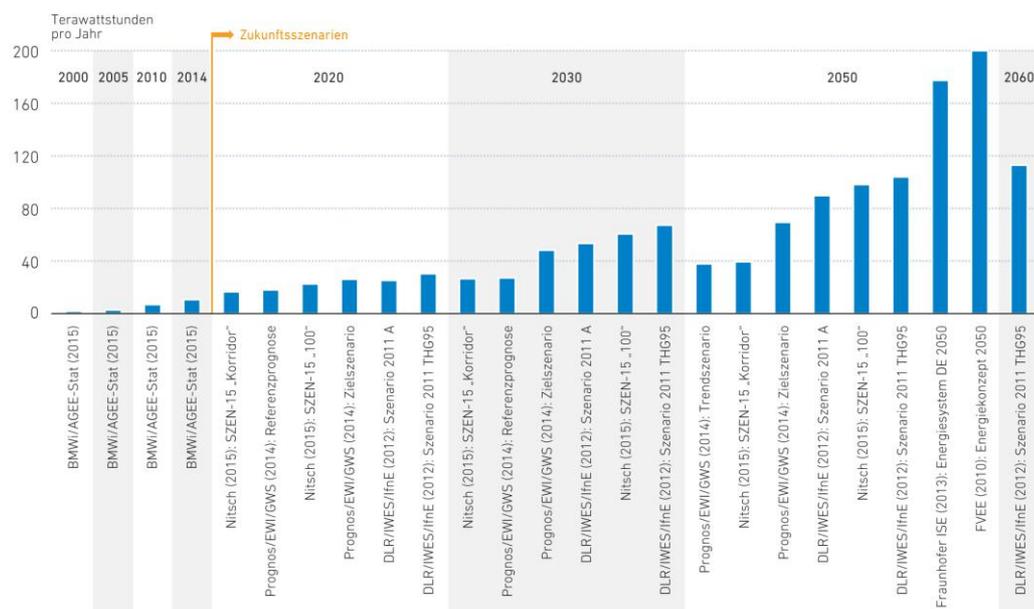
Mit 10,6 TWh trugen die Geothermie bzw. Umweltwärme im Jahr 2014 knapp ein Prozent zur Deckung des gesamten Wärmeenergiebedarfs bei. Umweltwärme wird dabei vor allem im Gebäudesektor mithilfe von elektrischen Wärmepumpen gewonnen. Die hier betrachteten Szenarien messen der Geothermie und Umweltwärme bis zum Jahr 2030 einen möglichen Beitrag von rund 27 TWh (Nitsch 2015: „Korridor“ , Prognos/EWI/GWS 2014: „Trendprognose“) bis 67 TWh (DLR/IWES/IfnE 2012: „THG95“) zu. Für das Jahr 2050 reichen die angenommenen Werte sogar von 38 TWh (Prognos/EWI/GWS 2014: „Trendszenario“) bis zu rund 200 TWh (FVEE 2010). Die enorme Bandbreite zeigt dabei nicht nur den Unterschied zwischen Trend- und Zielszenarien, sondern illustriert auch die enormen Unsicherheiten hinsichtlich der wirtschaftlich zu erschließenden Potenziale.

Mit vielen Unsicherheiten behaftet erscheint hier insbesondere die künftige Rolle der Tiefen-Geothermie. Sie könnte in bestimmten Regionen Deutschlands (vor allem im Oberrheingraben, im süddeutschen Molassebecken und in der norddeutschen Tiefebene) verstärkt zum Einsatz kommen. Zum Beispiel setzen die Stadtwerke München auf einen starken Ausbau der Tiefen-Geothermie, die künftig das Rückgrat der dortigen Fernwärme bilden soll. Inwieweit das tatsächlich gelingen wird, hängt jedoch von der weiteren technischen Entwicklung, den Kosten und der Akzeptanz in der Bevölkerung ab. In deren Einschätzung unterscheiden sich die Studien bzw. thematisieren dies auch selbst (z.B. Fraunhofer ISE 2013). Neben technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Aspekten sind dabei auch rechtliche Fragen von Belang. Die Entwicklung geothermischer Potenziale ist nur möglich, wenn große Wärmeabnehmer oder ein Wärmenetz für die ökonomische Nutzung der Wärme zur Verfügung stehen. Soweit die Wärmenetzbetreiber kein Interesse an einer Nutzung der Geothermie haben, bleiben geothermische Potenziale daher zwangsläufig ungenutzt. Regelungen zur verbindlichen Öffnung der Wärmenetze für erneuerbare Wärme von Dritten könnten insoweit einen Schub für die Nutzung geothermischer Potenziale bringen (Hamburg Institut 2015).

### Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

#### Szenarien zur Nutzung von Wärme aus Geothermie und Umweltwärme in Deutschland

Zwischen 2000 und 2014 hat sich die Wärmegewinnung aus Geothermie und Umweltwärme verzehnfacht. Um den Beitrag zur Wärmeversorgung zu erreichen, den ambitionierte Klimaschutzenszenarien für erforderlich und möglich halten, ist allerdings ein weiteres erhebliches Wachstum notwendig.



## Solarthermie

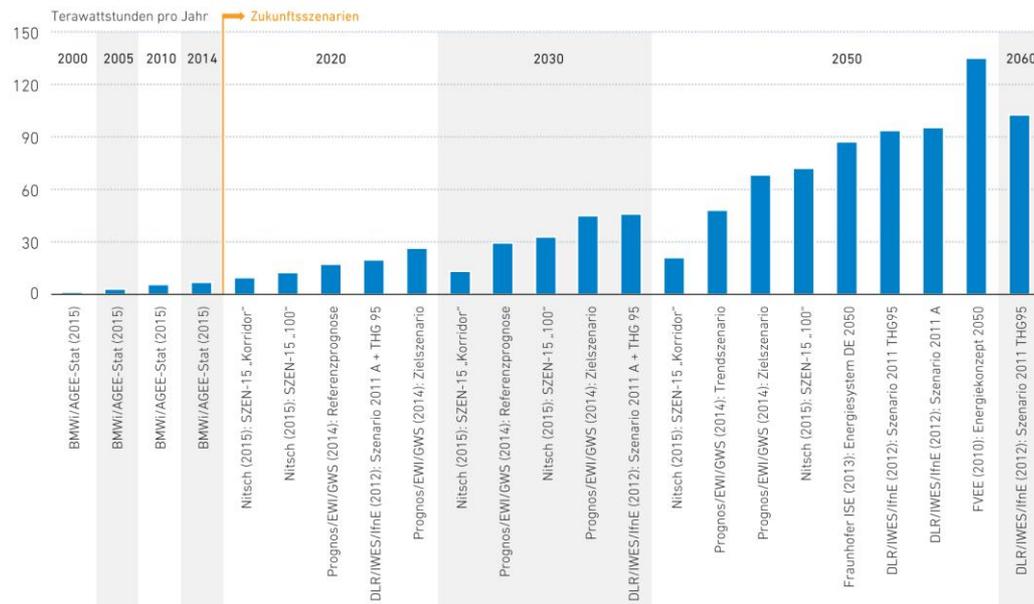
Die Solarthermie spielte im Jahr 2014 mit 7 TWh bzw. einem Anteil von 0,5 Prozent am gesamten Wärmeenergiebedarf noch eine sehr untergeordnete Rolle im Wärmemarkt. Grundsätzlich hat sich die Technologie zur Warmwasserbereitung und Unterstützung der Raumheizung in Wohngebäuden bewährt, ihr möglicher Beitrag zur Wärmeversorgung in der Zukunft wird allerdings extrem unterschiedlich eingeschätzt: Die im Rahmen der Metaanalyse betrachteten Szenarien messen der Solarthermie in Deutschland eine Wärmeerzeugung von 13 TWh (Nitsch 2015: „Korridor“) bis 46 TWh (DLR/IWES/IfnE 2012: „THG95“) im Jahr 2030 zu. Bis 2050 könnte ihr Beitrag demnach auf 21 TWh (Nitsch 2015: „Korridor“) bis 135 TWh (FVEE 2010) steigen.

Neben dem bisher in Deutschland vorherrschenden Markt von Kleinanlagen auf Ein- und Zweifamilienhäusern bietet die Einbindung großer Freiflächenanlagen in Wärmenetze eine kostengünstigere Option zur Integration Erneuerbarer Energien in den Wärmemarkt. Dieser Markt hat sich aufgrund niedriger Wärmegegestehungskosten von 3-5 Ct/kWh in den vergangenen Jahren in Dänemark rasant entwickelt. Die Marktentwicklung wird in Dänemark flankiert durch eine langfristig angelegte Wärmestrategie, die den Ausbau der leitungsgelassenen Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien fördert und fossile Brennstoffe besteuert. Ein solcher Regulierungsrahmen fehlt bisher in Deutschland (Fraunhofer IFAM 2013, Hamburg Institut 2015).

### Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

#### Szenarien zur Nutzung der Solarthermie in Deutschland

Zwischen 2000 und 2014 hat sich die Nutzung der Solarwärme etwa verfünffacht. Der bisherige Entwicklungspfad bleibt damit deutlich hinter den Werten zurück, die Klimaschutzszenarien für erforderlich halten. Die Bandbreite der langfristigen Ausbautrends und -ziele fällt mit dem Faktor 6 sehr hoch aus.



## Anteil Erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung

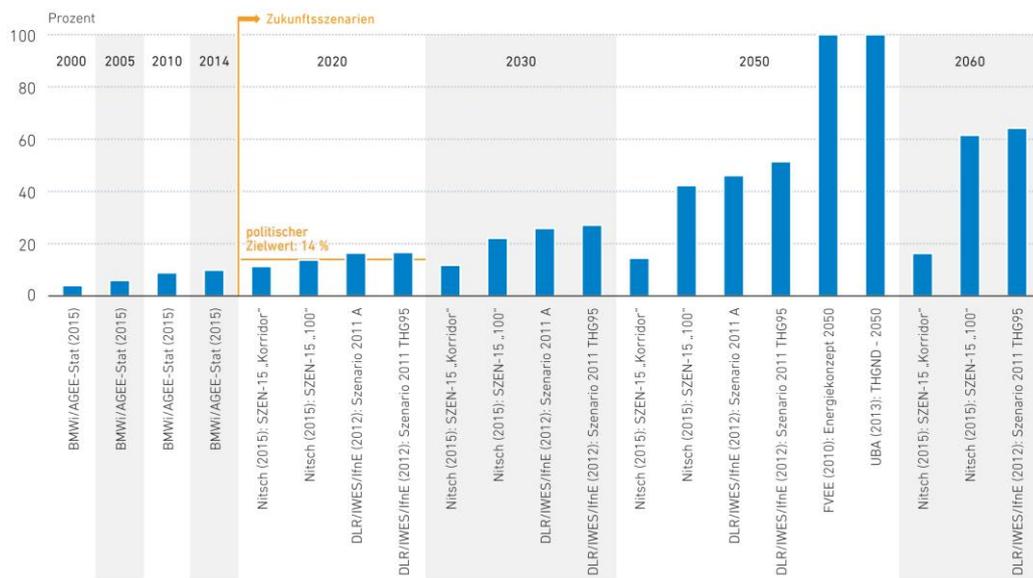
Im Jahr 2014 lag der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung bei knapp zehn Prozent bzw. 131 TWh. Für die Zukunft modellieren nur wenige Studien den Deckungsbeitrag erneuerbarer Wärme am gesamten Wärmebedarf und die wenigen Aussagen dazu fallen auch noch sehr unterschiedlich aus.

Forschungsradar  
Vergleichsgrafik

### Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

#### Szenarien zum Anteil Erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung in Deutschland

Die Angaben sind nur eingeschränkt vergleichbar. Die Daten bis 2014 sowie die Szenarien von DLR/IWES/IfnE (2012) und Nitsch (2015) umfassen die aus erneuerbaren Wärmetechnologien (Geothermie, Umweltwärme, Solarthermie, Bioenergie) sowie ab ca. 2040 auch die aus Wasserstoff bereitgestellte Nutzwärme in Relation zum gesamten Wärmebedarf, also inklusive der aus Strom gewonnenen Wärme. Die direkte Wärmeerzeugung aus Strom wird dabei nicht als erneuerbar gezählt. Sehr hohe Anteile Erneuerbarer Energien, wie in den beiden 100%-Szenarien gehen hingegen davon aus, dass der zur Wärmeerzeugung eingesetzte Strom aus erneuerbaren Quellen stammt oder betrachten den Wärmebedarf ohne den durch Strom gedeckten Anteil.



www.forschungsradar.de

Für das Jahr 2050 schwanken die Angaben nach der aktuellen Berechnungsmethodik der Erneuerbare-Energien-Statistik zwischen 15 und 51 Prozent. Dabei wird die durch Solarthermie, Geothermie, Umweltwärme, Bioenergie sowie synthetische Brennstoffe auf Basis Erneuerbarer Energien („EE-Gas“) bereitgestellte Wärme im Verhältnis zum gesamten Wärmebedarf betrachtet, also inklusive der direkt aus Strom gewonnenen Wärme. Der Anteil, den die Erneuerbaren Energien am Strom haben, wird nicht als erneuerbar gezählt. Je nach Umfang der unterstellten Stromnutzung ist die Verzerrung erheblich: Zum Beispiel kommt das Szenario 2011 THG95 (DLR/IWES/IfnE 2012) für 2060 auf einen Anteil von 94,5 Prozent Erneuerbaren Energien, wenn man beim Wärmebedarf den Teil abzieht, der durch Strom gedeckt wird. Zieht man diesen Teil nicht ab, beläuft sich der Anteil Erneuerbarer Energien im selben Szenario lediglich auf 64,2 Prozent (siehe Grafik). Szenarien, die einkalkulieren, dass der für Wärmezwecke genutzte Strom vollständig aus Erneuerbaren Energien stammen wird, weisen bis zu 100 Prozent erneuerbare Wärme aus (UBA 2014: Treibhausgasneutrales Deutschland; FVEE 2010). Der große Unterschied, den die Methodik bei der Berechnung des Deckungsbeitrags Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf macht, zeigt die wachsende Bedeutung, die elektrischem Strom für Wärmeanwendungen beigemessen wird.

## Zusammenspiel von Strom- und Wärmesektor

### Wärme aus Strom

Die Literaturlauswertung zeigt: Hohe Deckungsbeiträge Erneuerbarer Energien können im Wärmesektor nur dann erreicht werden, wenn auch Strom aus Erneuerbaren Energien bzw. daraus produzierter Wasserstoff oder Methan („EE-Gas“) eingesetzt werden. Vor allem für den Prozesswärmebedarf der Industrie, der zum großen Teil auf Hochtemperaturwärme (>300 Grad Celsius) entfällt, ist die direkte Nutzung erneuerbarer Wärmetechnologien nur eingeschränkt möglich. Neben der unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nur begrenzt nutzbaren Bioenergie könnte die Solarenergie hier einen Beitrag leisten. Bei Fraunhofer ISE (2013) sind es 25 TWh (von insgesamt 445 TWh Prozesswärmebedarf). Ansonsten reichen jedoch die mithilfe von Geothermie und Solarthermie erzielbaren Temperaturen bei weitem nicht an das erforderliche Niveau heran. Hochtemperatur-Prozesswärme wird daher in einigen Szenarien schon vor 2040 teilweise durch EE-Gas (mithilfe von erneuerbarem Strom und Elektrolyse hergestellter Wasserstoff oder Methan) bereitgestellt.

Ein breiter Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff im Industriesektor wäre hingegen nur nach umfangreichen infrastrukturellen Veränderungen (z. B. Errichtung eines deutschlandweiten Wasserstoffnetzes) sowie prozesstechnischen Neu- und Weiterentwicklungen in den einzelnen Branchen möglich (vgl. UBA 2014).

Bei Verwendung von regenerativ erzeugtem Methan kann hingegen die Infrastruktur des vorhandenen Erdgasnetzes genutzt werden und der Grad der notwendigen technischen Anpassungen wird als deutlich geringer eingeschätzt. Daher betrachtet UBA (2014) für den gesamten Industriesektor ausschließlich den Einsatz von regenerativ erzeugtem Methan. Mit einem Anteil von rund 50 Prozent (199 TWh/a) im Jahr 2050 wäre EE-Methan in diesem Szenario Hauptenergieträger für den gesamten industriellen Endenergieverbrauch (überwiegend Prozesswärme).

Der vermehrte Einsatz von Strom in der Industrie für den Ersatz von Erdgas in der industriellen Prozesswärme, für den Betrieb von elektrischen Wärmepumpen sowie für die thermische Nutzung von zeitweiligen Stromüberschüssen in Wärmenetzen („Power-to-Heat“) wird einen höheren Stromverbrauch im Wärmesektor zur Folge haben. Einzelne Klimaschutzszenarien kalkulieren langfristig mit bis zu 330 TWh Strom (Fraunhofer IWES 2014), der für Wärme- (und Kälte-)zwecke eingesetzt werden könnte (mehr als doppelt so viel wie bisher). Andere Szenarien rechnen nur mit einem geringfügig höheren Stromeinsatz für Wärmezwecke im Vergleich zu heute. Der weitaus größte Teil würde für die Industrie benötigt, während für Raumwärme und Warmwasser im Jahr 2050 nur etwa 25 bis 29 TWh (z.B. Prognos/EWI/GWS 2014 und Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2014) Strom eingesetzt würden. Hierfür müsste dann natürlich gezielt Strom aus Erneuerbaren Energien genutzt werden, der nicht für andere Stromanwendungen benötigt wird.

Aus Sicht des Stromsektors kann die direkte Nutzung von Strom für Wärmezwecke („Power-to-Heat“) sowie die indirekte Stromnutzung durch EE-Gas eine sinnvolle Verwertung von Stromüberschüssen aus fluktuierenden Erneuerbaren Energien bedeuten, die ansonsten abgeregelt werden müssten. Es ist allerdings darauf zu achten, dass durch die neuen Wärmeanwendungen keine zusätzlichen residualen Lasten entstehen, die wiederum nur schwer oder gar nicht durch Erneuerbare Energien gedeckt werden könnten. Hierfür ist die Kombination mit Wärmespeichern erforderlich. Der Erfolg der Energiewende wird also auch von einem guten Zusammenspiel zwischen Strom- und Wärmesektor abhängen.

## Wärmenetze

Ein sinkender Wärmebedarf von Gebäuden und niedrigere Vorlauftemperaturen stellen die traditionelle leitungsgebundene Versorgung mit Fernwärme vor neue Herausforderungen. Bei einem abnehmenden Wärmeabsatz, aber gleich bleibenden Fixkosten für die Wärmeverteilung sinkt ihre Wirtschaftlichkeit. Dennoch kann eine leitungsgebundene Wärmeversorgung energieeffizienter Gebäude ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein. Insbesondere in den städtischen Siedlungsräumen bietet die Fernwärmeversorgung eine Infrastruktur, die Erneuerbare Energien kostengünstiger integrieren kann als dies auf der Ebene der Einzelgebäude möglich wäre.

Vor diesem Hintergrund gehen die Meinungen zur zukünftigen Rolle von Wärmenetzen auseinander:

- Auf der einen Seite steht die These, dass die hohen Fixkosten der Wärmenetze nicht in eine Welt mit geringem Wärmeenergiebedarf passen (Prognos/EWI/GWS 2014 bezogen auf KWK-Fernwärmenetze). Ein Ausbau von Wärmenetzen findet daher in diesem Szenario nicht statt. Gebäude werden insbesondere bei geringeren flächenbezogenen Wärmedichten (ländlicher Raum und Neubaugebiete) dezentral und oft über Strom (Wärmepumpen) versorgt. Im urbanen Umfeld könnte langfristig auch durch die meist vorhandene Gasnetz-Infrastruktur eine Verdrängung bestehender Wärmenetze stattfinden. Die Versorgung könnte dann über EE-Gas erfolgen.
- Auf der anderen Seite steht die in der Mehrzahl der hier betrachteten Studien vertretene These, dass Wärmenetze ein wesentlicher Bestandteil einer weitgehend dekarbonisierten Wärmeversorgung sein können (z.B. DLR/IWES/IfnE 2012, Fraunhofer IFAM 2013, Hamburg Institut 2015). Wärmenetze könnten eine Vielzahl unterschiedlicher Erzeugungseinheiten mit dem Bedarf der Verbraucher verknüpfen: Große Miets- und Bürohäuser sowie Altbauten, die ihren Wärmebedarf trotz energetischer Sanierung lokal nicht emissionsfrei decken können, könnten leitungsgebunden mit Wärme aus KWK (auf Basis von Biomasse oder EE-Gas), Industrieabwärme, EE-Überschussstrom (Power-to-Heat), Solarthermie und Geothermie versorgt werden. Durch die Skaleneffekte bei großen Anlagen wäre die Einbindung erneuerbarer Wärmequellen über Wärmenetze deutlich kostengünstiger als auf der Ebene einzelner Gebäude. So sieht das Szenario 2011 A von DLR/IWES/IfnE 2012 insbesondere durch den Zubau von Nahwärme aus Solarthermie und tiefer Geothermie den Fernwärmeanteil der Erneuerbaren Energien am Raumwärme-Endenergieverbrauch von heute vier Prozent auf 40 Prozent im Jahr 2050 steigen.

## Kraft-Wärme-Kopplung

Die wesentliche Schnittstelle zwischen Strom- und Wärmemarkt bildet heute die Kraft-Wärme-Kopplung. Der KWK-Anteil an der Stromversorgung lag in den vergangenen zehn Jahren zwischen 14 und 18 Prozent, der Anteil an der Wärmeerzeugung in ähnlicher Größenordnung. Fast alle der hier untersuchten Studien bezweifeln, dass das energiepolitische Ziel, 25 Prozent des im Jahr 2020 produzierten Stroms in KWK-Anlagen zu erzeugen, noch erreicht werden kann bzw. erreicht werden sollte. Für das Jahr 2030 rechnen die untersuchten Studien mit einem Anteil der KWK-Stromerzeugung von 15,2 bis maximal 26,3 Prozent. Den Erwartungen zufolge könnte dieser Wert bis 2050 auf 11,6 bis 23,7 Prozent sinken.

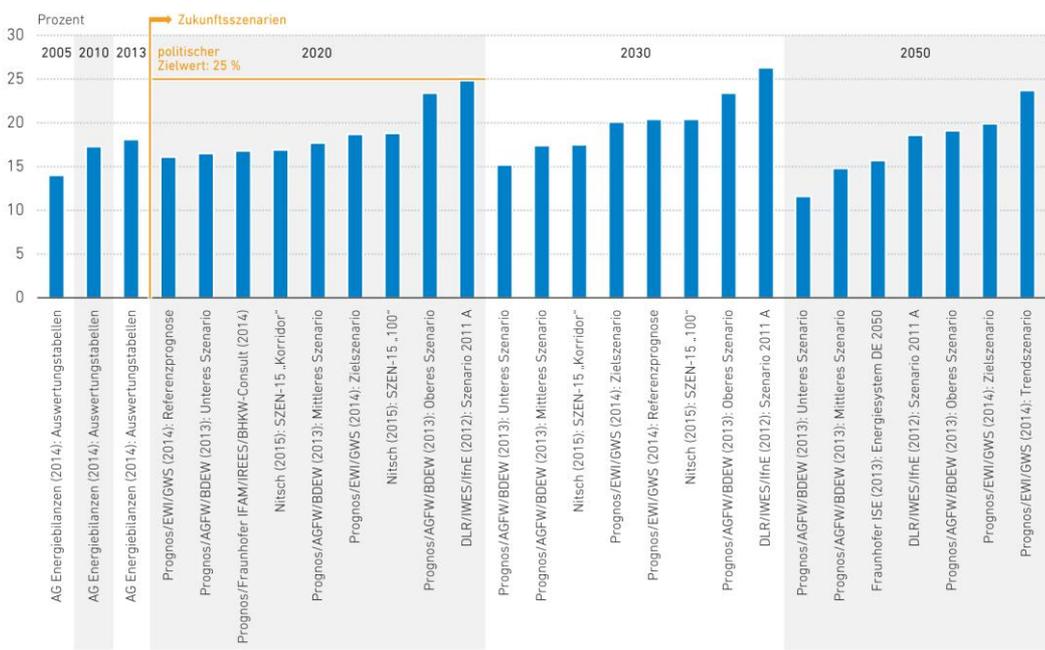
In absoluten Werten bedeutet das, dass die Nettostromerzeugung aus KWK in den verschiedenen Szenarien im Jahr 2020 zwischen 96 und 143 TWh liegen könnte (2013: 108 TWh). Bis 2050 ergeben sich in den Szenarien dann Werte von 65 bis 134 TWh.

Forschungsradar Vergleichsgrafik

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

### Szenarien zum Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Nettostromerzeugung in Deutschland

In einem stark von fluktuierenden Erneuerbaren Energien geprägten Energiesystem muss die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung flexibilisiert werden. Ihr Beitrag zur Stromerzeugung wird den meisten Szenarien zufolge eher sinken oder stagnieren, aber nicht wesentlich steigen.



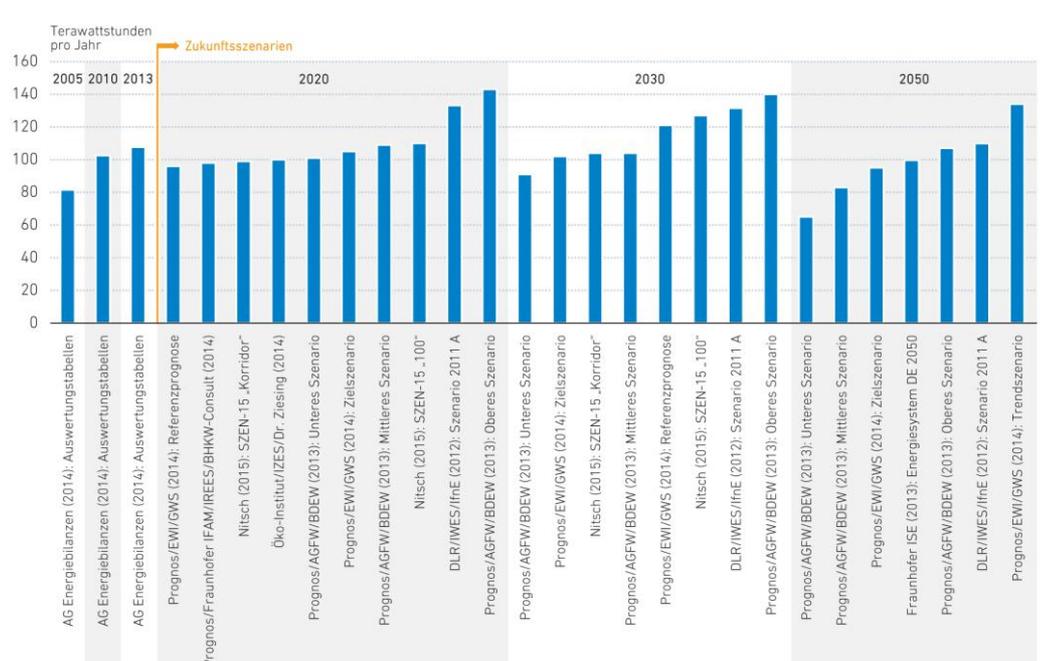
www.forschungsradar.de

Forschungsradar Vergleichsgrafik

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

### Szenarien zur Entwicklung der Nettostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland

Manche Studien messen der Kraft-Wärme-Kopplung auch in einem stark von Erneuerbaren Energien geprägten Energiesystem eine hohe Bedeutung zu, andere rechnen mit einem deutlichen Rückgang. Je nach Szenario könnten KWK-Anlagen langfristig ausschließlich mit Bioenergie, Geothermie und Wasserstoff bzw. Methan aus Erneuerbaren Energien betrieben werden.



www.forschungsradar.de

Die Wärmebereitstellung aus KWK betrug im Jahr 2013 rund 216 TWh. Für die weitere Entwicklung der KWK arbeiten die untersuchten Studien sehr unterschiedliche Perspektiven heraus. Der Wärmebeitrag könnte sich demnach im Jahr 2020 auf 157 bis 245 TWh und im Jahr 2050 auf 73 (Fraunhofer ISE 2013) bis 282 TWh (Prognos/EWI/GWS 2010: Referenzszenario) belaufen.

### Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor

#### Szenarien zur Entwicklung der Wärmeversorgung aus Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland

Manche Studien messen der Kraft-Wärme-Kopplung auch in einem stark von Erneuerbaren Energien geprägten Energiesystem eine hohe Bedeutung zu, andere rechnen mit einem deutlichen Rückgang. Je nach Szenario könnten KWK-Anlagen langfristig ausschließlich mit Bioenergie, Geothermie und Wasserstoff bzw. Methan aus Erneuerbaren Energien betrieben werden.



www.forschungsradar.de

Der in den meisten Szenarien geringer werdende Stellenwert der KWK erklärt sich aus der Gegenläufigkeit des KWK-Ziels zu anderen Zielen der Energiewende, wie dem steigenden Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung und der Reduktion der Treibhausgasemissionen. Eine gekoppelte Erzeugung in KWK-Anlagen ist zwar aufgrund des höheren Brennstoffnutzungsgrades meist effizienter als die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme, jedoch ist die Nutzung fossiler Brennstoffe niemals emissionsfrei. Zudem reduziert sich bei einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien schlichtweg der Absatzmarkt für Strom aus KWK-Anlagen. Hohe Beiträge der Kraft-Wärme-Kopplung ergeben sich daher überwiegend in Szenarien, die im Gegenzug relativ geringe Anteile Erneuerbarer Energien sehen (Prognos/EWI/GWS 2010).

Die künftige Rolle der KWK bestünde vor allem in der flexiblen Ergänzung der Erneuerbaren Energien. Die Flexibilisierung kann durch die Integration von Wärmespeichern erfolgen. Große Wärmespeicher in Verbindung mit Wärmenetzen bewirken, dass Anlagen überwiegend stromgeführt betrieben werden können (statt wie heute zumeist wärmeorientiert). Sie können dann stromseitig die Residuallast (einschl. Regelenergie) decken, wenn nicht ausreichend Wind- und Solarenergie verfügbar sind, müssen aber nicht laufen, wenn zwar Wärme benötigt wird, aber auch ohne die KWK genug Strom im Netz vorhanden ist (LBD 2015, Hamburg Institut 2015).

Bis 2050 steigt der Anteil an Wärme aus Geothermie, Solarthermie und Biomasse in Wärmenetzen in vielen Szenarien (z.B. DLR/IWES/IfnE 2012, Fraunhofer IFAM 2013, Fraunhofer ISE 2013) deutlich an und tritt damit in Konkurrenz zur KWK-Wärme auf dem insgesamt kleiner werdenden

Wärmemarkt. Auch der Einsatz von Strom im Wärmesektor (z.B. über Groß-Wärmepumpen) wird demnach die Auslastung der KWK-Anlagen verringern und damit langfristig eine geringere Wärmeproduktion aus KWK nach sich ziehen.

Für sehr starke Treibhausgasminierungsziele wird es erforderlich, in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen EE-Gas einzusetzen. Die vergleichsweise großen Verluste bei der Erzeugung synthetischer Brennstoffe bedingen wiederum einen stärkeren Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien. Die Analyse der untersuchten Studien legt somit nahe, dass der Strom- und der Wärmemarkt tendenziell zusammenwachsen werden.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die in jüngster Zeit erstellten Studien (z. B. Expertenkommission 2014/2015, Nitsch 2015) stellen einen beträchtlichen politischen Handlungsbedarf fest, um den drohenden Zielverfehlungen (nicht nur im Wärmemarkt) entgegenzuwirken. Es mangle nicht an technischen Potenzialen, jedoch solle der investive Aufwand nicht unterschätzt und die Investitionsbereitschaft nicht überschätzt werden.

Wirksamere Instrumente und Maßnahmen als bisher seien erforderlich, um die wachsende Lücke zwischen den politischen Zielen für Klimaschutz und Energieeffizienz und der tatsächlichen Entwicklung zu schließen. Die energetische Sanierung im Gebäudebestand sei besonders dringend, könnte jedoch auf mangelnde Akzeptanz stoßen. Eine ganzheitliche Betrachtung von Gebäudeeffizienz, Anlagentechnik und sozialen Aspekten sei erforderlich.

Zu den möglichen Maßnahmen zählen die Weiterentwicklung der EnEV und des KWK-Gesetzes sowie die Bereitstellung ausreichender Fördermittel für die Gebäudesanierung. Der ordnungsrechtliche Rahmen solle auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion und erneuerbare Wärme fokussiert werden. Bei den Erneuerbaren Energien gelte es, vor allem die Potenziale von Solar- und Geothermie zu erschließen. Die im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) festgelegte Nutzungspflicht solle auf Bestandsgebäude ausgeweitet werden. Die Anreize für die Nutzung Erneuerbarer Energien in Wärmenetzen und in Verbindung mit Wärmespeichern sollten ausgebaut werden.

Wichtige Instrumente seien flächendeckende kommunale Wärme- und Kältepläne sowie Sanierungskonzepte für den Gebäudebestand. Um keine neuen Pfadabhängigkeiten zu schaffen, sollten kostenintensive und langlebige Investitionen (z.B. in Großkraftwerke und Fernwärmenetze) erst auf Basis konkreter Wärmekonzepte getätigt werden.

Die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen könne durch eine Steuer auf fossile Brennstoffe und/oder eine gebäudebezogene Klimaschutzabgabe erhöht werden. Gleichzeitig entstünden dadurch finanzielle Spielräume für Förderprogramme und Infrastrukturmaßnahmen.

## Ausgewertete Literatur und Erläuterungen

Die folgenden seit 2010 erschienenen Veröffentlichungen wurden auf Aussagen zur Entwicklung der Wärmeversorgung im Kontext der Energiewende ausgewertet:

- ▶ [BMVBS \(Hrsg.\) \(2013\): Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario.](#)

In der im Auftrag des BMVBS durchgeführten Studie des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) wurden im Hinblick auf die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung im

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor in Deutschland

Wohngebäudesektor (Heizung und Warmwasserversorgung) Szenarioanalysen durchgeführt und die notwendigen Instrumente zur Zielerreichung diskutiert. Dabei wurden für den Zeitraum bis 2020 ein Trendszenario sowie ein Zielszenario entwickelt. Die langfristige Perspektive wurde in Form von Momentaufnahmen hinsichtlich denkbarer Situationen für den Wärmeschutz und die Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahr 2050 untersucht. Dabei wurde berücksichtigt, dass Biomasse nur in begrenztem Umfang zur Verfügung steht. Im Ergebnis erachteten die Autoren eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Wärmeversorgung um 40 Prozent bis 2020 (gegenüber 1990) für möglich, allerdings nur bei weitergehenden Anstrengungen.

- ▶ [Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH \(DBFZ\) et al. \(2015\): Meilensteine 2030. Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie.](#)

Die Studie entwickelt vier Extremszenarien zur zukünftigen Nutzung von Biomasse mit unterschiedlichen Versorgungsprioritäten. So wird Biomasse einmal vorrangig zur Kraftstoffbereitstellung und einmal zur Strom-Wärme-Bereitstellung genutzt. Zusätzlich werden unterschiedliche Nachhaltigkeitsanforderungen im Hinblick auf Flächenverbrauch, Einfluss auf Biodiversität, Treibhausgase etc. modelliert. Die vorliegende Metaanalyse betrachtet das Ergebnis des Syntheszenarios für die Wärmenutzung aus Bioenergie.

- ▶ [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt \(DLR\) / Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik \(IWES\) / Ingenieurbüro für neue Energien \(IfnE\) \(2012\): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.](#)

Wie ihre Vorgängerversionen zeigt diese Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums mittels verschiedener Szenarien unterschiedliche, in sich konsistente Wege auf, um die deutschen Energie- und Klimaschutzziele zu erfüllen. Vorrangig orientieren sich die Szenarien am 80-Prozent-Treibhausgas-minderungsziel bis 2050, erfüllen dabei aber auch weitgehend die Unterziele in Bezug auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz sowie des KWK-Anteils bis 2020.

Für die vorliegende Metaanalyse wird die Entwicklung des Wärmesektors in zwei Szenarien betrachtet: Das Szenario 2011 A orientiert sich an der unteren Grenze des Klimaschutzziels (80 % THG-Reduktion bis 2050) und das Szenario 2011 THG95 gibt einen Ausblick auf den EE-Ausbau und die Effizienzentwicklung, die zum Erreichen der oberen Grenze des Zielkorridors zur Reduktion der Treibhausgase (-95%) im Energiekonzept erforderlich wären. Das 95 % THG-Minderungsszenario erfordert demnach die annähernde Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien in allen Nutzungsbereichen. Dabei wird die Ziellinie von 2050 auf 2060 verschoben, weil ein Erreichen in 2050 schon bei Abfassen der Studie (2011) für unrealistisch gehalten wurde. In diesem Szenario kommt dem Wasserstoff (oder alternativ EE-Methan) als Energiespeicher eine tragende Rolle zu. Er wird für die Integration zusätzlicher Stromerzeugungsleistung und auch für eine Vollversorgung des Wärmesektors mit Erneuerbarer Energie benötigt.

- ▶ [Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ \(2014\): Stellungnahme zum ersten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2013.](#)

Im Rahmen des Monitoring-Berichts „Energie der Zukunft“ überprüft die Bundesregierung regelmäßig die Fortschritte bei der Erreichung der deutschen Energie- und Klimaschutzziele. Die Stellungnahme der Expertenkommission dient wiederum der wissenschaftlichen Einordnung und

## Metaanalyse: Energiewende im Wärmesektor in Deutschland

Bewertung des Berichts der Bundesregierung. Sie nimmt eine weitreichendere Beurteilung der absehbaren Entwicklungen sowie eine tiefgehende Analyse der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im Hinblick auf die bestehenden sowie noch notwendigen Maßnahmen zum Erreichen der politischen Zielsetzungen vor. Auftragsgemäß verzichtet die Kommission auf Modellrechnungen, sondern schätzt anhand der bisherigen Entwicklung und der politisch definierten Zielgrößen ab, inwieweit die deutschen Energie- und Klimaschutzziele erreicht werden.

- ▶ [ForschungsVerbund Erneuerbare Energien \(2010\): Energiekonzept 2050. Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100 % erneuerbaren Energien.](#)

Die im ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE) zusammengeschlossenen Institute entwerfen in dieser Studie ein Leitbild für eine vollständig auf Erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung. Dabei werden alle Sektoren – Strom, Wärme und Verkehr – betrachtet. Neben der technischen Analyse zur möglichen Erschließung von Effizienzpotenzialen, dem Ausbau der verschiedenen Erneuerbaren Energien sowie den Ausgleichsmöglichkeiten für die fluktuierenden Energieträger führen die Autoren auch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des entwickelten Szenarios durch. Im Ergebnis halten sie eine Energieversorgung auf der Basis von 100 Prozent Erneuerbaren Energien für erreichbar bei ungefähr gleich bleibenden volkswirtschaftlichen Kosten des Energiesystems.

- ▶ [Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM \(2013\): Flexibilitätsreserven aus dem Wärmemarkt.](#)

Die im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. (BEE), und des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) erstellte Studie zeigt anhand von Modellrechnungen mit dem Zeithorizont bis 2030 das (mögliche) Zusammenspiel zwischen Erneuerbaren Energien, KWK-Anlagen, Wärmepumpen und Fernwärmenetzen auf. Zudem geht es um den volkswirtschaftlichen und systemtechnischen Mehrwert der Nutzung von Wärmeflexibilitäten für den Ausgleich von Erzeugungsschwankungen im Stromsektor.

- ▶ [Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE \(2013\): Energiesystem Deutschland 2050. Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien.](#)

Die Studie beinhaltet eine sektor- und energieträgerübergreifende Modellanalyse zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und Erneuerbare Energien. Das Modell umfasst die Sektoren Strom, Wärme, Mobilität sowie Prozesse aus Gewerbe und Industrie. Im Fokus steht ein kostenoptimales Energiesystem mit einer CO<sub>2</sub>-Minderung um 80 Prozent bis 2050.

Im Ergebnis übernehmen die fluktuierenden Erneuerbaren Energien (FEE) nicht nur eine tragende Rolle bei der Deckung des Strombedarfs, sondern auch zunehmend im Wärme- und Verkehrssektor. Voraussetzung für hohe Anteile fluktuierender Erneuerbarer Energien sei die Erschließung von Flexibilitätsoptionen in allen Sektoren. Hierfür sieht die Studie zum Beispiel einen moderaten Ausbau von Wärmenetzen mit großen Wärmespeichern vor, die durch KWK-Anlagen mit Wärme versorgt werden. Eine Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als 85 Prozent mache überdies die verstärkte Erzeugung synthetischer Brennstoffe wie Wasserstoff und Methan für verschiedene Anwendungsbereiche erforderlich.

- ▶ [Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik \(IWES\) \(2014\): Geschäftsmodell Energiewende. Eine Antwort auf das „Die-Kosten-der-Energiewende“-Argument.](#)

Die Studie greift die Diskussion um die Kosten der Energiewende auf und vergleicht sie mit den möglichen Erlösen. Dafür stellen die Autoren den Investitionen in neue kapitalkostenintensive Technologien die vermiedenen Kosten für fossile Brennstoffe der alten betriebskostenintensiven Technologien gegenüber. Im Ergebnis sei die Finanzierbarkeit des Gesamtprojekts Energiewende auch unter sehr konservativen Annahmen (d.h. ohne steigende Brennstoffpreise und CO<sub>2</sub>-Schadenskosten) möglich. Die Energiewende sei ein risikoarmes Investitionsvorhaben mit positiver Gewinnerwartung. Auch eine erneuerbare Vollversorgung sei wirtschaftlich darstellbar. Das Kostenargument solle im Kontext klimapolitischer Entscheidungen korrigiert werden auf die Bilanzierung des Gesamtgeschäfts mit Kosten und Erlösen.

- ▶ [Hamburg Institut Research gGmbH \(2015\): Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik.](#)

Die Studie analysiert im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen die Bedeutung der Fernwärme für die Energiewende und entwickelt Leitlinien für eine zukunftsorientierte Fernwärmestrategie. Neben dem notwendigen technisch-ökologischen Strukturwandel wird der Zusammenhang von regionalen Wärmesystemen und Bürgerbeteiligung skizziert sowie der notwendige Regulierungsrahmen für den Ausbau der Fernwärme vorgestellt.

- ▶ [LBD Beratungsgesellschaft mbH \(2015\): Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende. Status quo, Perspektiven und Weichenstellungen für den sich wandelnden Strom- und Wärmemarkt.](#)

Die Studie untersucht im Auftrag von Agora Energiewende die zukünftige Rolle der KWK in einem Energiesystem, das mehr und mehr von Wind- und Solaranlagen geprägt ist. Sie analysiert den Status quo der KWK, ihr wirtschaftliches Umfeld und ihren gegenwärtigen regulatorischen Rahmen und macht Vorschläge für dessen Weiterentwicklung.

- ▶ [Nitsch, Joachim \(2015\): SZEN-15. Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Eckdaten des Jahres 2014.](#)

Die Kurzexpertise für den Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. setzt sich im Szenario SZEN-15 „Korridor“ mit der Frage auseinander, wie sich die Energieversorgung in Deutschland vor dem Hintergrund der in der EEG-Novelle vorgegebenen Ausbaukorridore für die Erneuerbaren Energien, dem aktuellen Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) und dem Aktionsprogramm Klimaschutz voraussichtlich entwickeln wird. Das Szenario SZEN-15 „100“ zeigt demgegenüber, wie ein erfolgreicher Umbau der Energieversorgung im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes aussähe. Es modelliert ein Energiesystem, das die Treibhausgasminderungsziele des Energiekonzepts mit einer ausgewogenen Kombination von Effizienzsteigerungen und Ausbau der Erneuerbaren Energien in allen Sektoren erreichen würde. Langfristig könne so auch das obere Treibhausgasminderungsziel von minus 95 Prozent verwirklicht werden, wozu eine Energieversorgung auf der Basis von nahezu 100 Prozent Erneuerbaren Energien erforderlich sei.

► [Öko-Institut / Fraunhofer ISI \(2014\): Klimaschutzszenario 2050. 1. Modellierungsrunde.](#)

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums analysiert die Studie Szenarien mit verschiedenen klimapolitischen Zielsetzungen für den Zeithorizont bis 2050. Sie geht der Frage nach, welche Emissionsminderung bei Fortschreibung der aktuellen Energie- und Klimapolitik erreicht werden könnte, und welche Maßnahmen notwendig wären für 80 bis 90 Prozent Treibhausgasminderung. Überdies werden Kosten/Nutzen-Relationen für die Verbraucher und die Volkswirtschaft analysiert. Eine Aktualisierung der Szenarien ist 2015 und 2016 geplant.

► [Öko-Institut/IEK-STE/DIW/Fraunhofer ISI \(2013\): Politiksznarien für den Klimaschutz VI.](#)

Die im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellte Studie modelliert die Entwicklung der deutschen Treibhausgasemissionen bis 2030 unter Zugrundelegung bestimmter energie- und klimapolitischer Instrumente. Das „Aktuelle-Politik-Szenario“ berücksichtigt dabei alle Maßnahmen, die bis Juli 2011 ergriffen wurden. Darüber hinausgehende zusätzliche Maßnahmen werden im „Energiewende-Szenario“ berücksichtigt.

► [Öko-Institut/IZES/Dr. Ziesing \(2014\): KWK-Ausbau: Entwicklung, Prognose, Wirksamkeit im KWK-Gesetz unter Berücksichtigung von Emissionshandel, Erneuerbare-Energien-Gesetz und anderen Instrumenten.](#)

Die von Umweltbundesamt und Bundesumweltministerium beauftragte Studie gibt einen umfassenden Überblick über den Stand der Kraft-Wärme-Kopplung sowie der netzgebundenen Wärmeversorgung. Anlass ist das im Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP) formulierte Ziel, den Anteil an KWK-Strom an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 von 12,5 auf 25 Prozent zu verdoppeln. Außerdem dienen die Informationen aus dem Forschungsprojekt bereits als Basis für die Novelle des KWKG in den Jahren 2011 und 2012. Die Autoren stellen die in den Jahren 2009 bis 2012 erfolgte KWK- und Wärmenetz-Förderung durch das KWKG dar und betrachten sie im Verhältnis zu den Ergebnissen anderer Förderinstrumente. Auf Basis dieser Erkenntnisse, einer Literaturanalyse zu Potenzialen der KWK und der netzgebundenen Wärmeversorgung sowie einer anlagenscharfen Betrachtung von im Bau befindlichen und geplanten Kraftwerke schätzen sie die künftige Entwicklung der KWK ab. Für verschiedene KWK-Anlagengrößen wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Die Studie gibt einen Überblick über Instrumente mit Bezug zur KWK (KWKG, EEG, Emissionshandel) und leitet auf Basis der vorhergehenden Analysen Handlungsempfehlungen ab.

► [Prognos \(2013\): Maßnahmen zur nachhaltigen Integration von Systemen zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in das neue Energieversorgungssystem.](#)

Im Auftrag des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) und des Energieeffizienzverbands für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) verfolgt die Studie das Ziel, das Potenzial für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in allen KWK-Anlagen für den Zeitraum bis zum Jahr 2050 zu ermitteln, die daraus resultierenden Vorteile zu quantifizieren und Vorschläge für eine Anpassung und Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Hintergrund ist die Überprüfung des KWK-Gesetzes, bei der entscheidende Weichen für die zukünftige Rolle der KWK gestellt werden. Eine wesentliche Prämisse der Berechnungen ist, die Verdrängung der Stromeinspeisung aus Erneuerbaren Energien durch den KWK-Einsatz auszuschließen und den Wärmebedarf der an KWK-Systeme angeschlossenen Nutzer zu jeder Zeit bedarfsgerecht zu decken.

► [Prognos/EWI/GWS \(2010\): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung.](#)

Das Gutachten im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) und des Bundesumweltministeriums lieferte Grundlagen für das Energiekonzept 2010 der damaligen Bundesregierung. Neben einem Referenzszenario wurden vier Klimaschutz-Zielszenarien festgelegt, die insbesondere von unterschiedlichen Laufzeitverlängerungen der Atomkraftwerke ausgingen sowie eine Marktreife von Carbon-Capture-and-Storage (CCS) bis 2025 in Aussicht stellten. Der Wärmemarkt wurde nur am Rande behandelt.

► [Prognos/EWI/GWS \(2014\): Entwicklung der Energiemärkte - Energierferenzprognose.](#)

Die im Auftrag des BMWi erstellte Studie zur Energieversorgung in Deutschland berücksichtigt die aktuellen energie- und klimapolitischen Vorgaben in Deutschland und der EU, die Situation auf den internationalen Rohstoffmärkten sowie die sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen. Die Autoren prognostizieren die wahrscheinliche energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland bis zum Jahr 2030, ergänzt um ein Trendszenario bis zum Jahr 2050. Die Ergebnisse zeigen, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung voraussichtlich nicht erreicht werden.

Zusätzlich beinhaltet die Studie ein (von den Autoren für unwahrscheinlich erachtetes) Szenario auf Basis der aktuellen energiepolitischen Zielsetzungen und Sensitivitätsrechnungen zu bestimmten Fragestellungen. Das Zielszenario zeigt, welche Entwicklungen zur Erreichung der von der Bundesregierung im Energiekonzept definierten Ziele nötig wären. Es unterstellt, dass den energie- und klimapolitischen Ziele in Deutschland Vorrang eingeräumt wird und bestehende Hemmnisse mithilfe politischer Maßnahmen überwunden werden können. Wichtige Rollen spielen demnach die Steigerung der Energieeffizienz, neue und weiterentwickelte Technologien sowie die Reduktion der Erzeugung aus CO<sub>2</sub>-intensiven Kraftwerken.

► [Prognos/Fraunhofer IFAM/IREES/BHKW-Consult \(2014\): Potential- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung \(Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014.\)](#)

Die Studie im Auftrag des BMWi dient der Bundesregierung als Grundlage für die Definition der Rolle der KWK im zukünftigen Strom- und Wärmeversorgungssystem in Verbindung mit der Evaluierung des KWKG. Damit soll der Vorgabe der EU-Effizienzrichtlinie entsprochen werden, bis Ende 2015 eine umfassende Bewertung des Potenzials für den Einsatz sogenannter hocheffizienter KWK und der Fernwärme- und Fernkälteversorgung durchzuführen. Die Studie prognostiziert u.a. die KWK-Stromausbeute und den KWK-Anteil an der Stromerzeugung bis 2020 und kommt zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der aktuellen Marktbedingungen die KWK-Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 gegenüber dem heutigen Stand stagnieren werde. Das Ziel von 25 % KWK-Anteil im Jahr 2020 werde deutlich verfehlt. Die KWK-Potenziale könnten zumindest bis 2030 gemeinsam mit einem weiteren starken Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien erschlossen werden.

► [Shell/BDH \(2013\): Hauswärme-Studie. Klimaschutz im Wohnungssektor – wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030.](#)

Die von der Deutschen Shell und dem Bundesverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) herausgegebene und in Kooperation mit dem HWWI und der ITG GmbH erstellte Studie analysiert in einer technischen Potenzialanalyse die Einspar- und Ausbaupotenziale der wichtigsten Heiztechniken. Zudem werden ein Trendszenario sowie zwei Alternativszenarien zur Entwicklung heutiger und neuer Heiztechniken im Wohnungssektor bis 2030 und die Auswirkungen auf die Energie- und Klimaziele analysiert.

► [TU München \(2013\): Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung.](#)

Im Rahmen der Studie im Auftrag des Bundesverbandes Wärmepumpe wird der Einsatz von Elektrowärmepumpen energiewirtschaftlich bewertet. Schwerpunkte sind dabei der Bedarf an Primärenergie und der Ausstoß von CO<sub>2</sub> im Zeitraum bis 2030 im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen in Bestandsgebäuden und Neubauten.

► [Umweltbundesamt \(2014\): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050.](#)

Die Studie zeigt eine Möglichkeit auf, wie Deutschland den Ausstoß von Treibhausgasen maximal reduzieren kann. Sie orientiert sich dabei am ehrgeizigsten Klimaschutzziel im Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 (-95 % THG-Ausstoß bis 2050 gegenüber 1990, Pro-Kopf-Ausstoß von einer Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr).

Im Zentrum steht eine hundertprozentige Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien bei weitestgehender Ausnutzung der Energieeffizienzpotenziale. Die Erzeugung von regenerativem Wasserstoff und Methan ermöglicht in diesem Szenario, den Bedarf an Brenn-, Kraft- und Rohstoffen in Industrie, Verkehr und Wärme zu decken. Neben der Energieversorgung (einschl. des Wärme- und Verkehrssektors) betrachtet die Studie auch die THG-Emissionen der Industrieprozesse, Abfall-, Land- und Forstwirtschaft sowie aus der Landnutzungsänderung. Das Szenario verzichtet weitestgehend auf die energetische Nutzung von Biomasse und gänzlich auf die CCS-Technik.

► [Umweltbundesamt \(2014\): Der Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand.](#)

Das Positionspapier setzt sich mit der Ausgangslage im Gebäudebereich auseinander und diskutiert mögliche Instrumente, um den Gebäudebestand langfristig klimaneutral zu gestalten. Daneben zeigt es auf, welche Instrumente aus Sicht des UBA kurz- und mittelfristig eingesetzt werden sollten. Das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050 ist dabei gekennzeichnet durch einen sehr niedrigen Nutzenergiebedarf und eine möglichst vollständige Versorgung mit Erneuerbaren Energien.

**Bearbeiter:**

Dr. Matthias Sandrock (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH) / Dr. Hilmar Westholm (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH), Claudia Kunz (AEE)

Weitere Informationen und Grafiken finden Sie im Forschungsradar Energiewende: [www.forschungsradar.de](http://www.forschungsradar.de).

**Kontakt:**

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Claudia Kunz

Projektleiterin Forschungsradar Energiewende

Tel: 030-200535-43

E-Mail: [c.kunz@unendlich-viel-energie.de](mailto:c.kunz@unendlich-viel-energie.de)

[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)