

# Leitstudie Deutschland

Michael Nast

Institut für Technische Thermodynamik, DLR-Stuttgart

Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart

Tel.: 0711 6862-424, Fax: 0711 6862-787

E-Mail: michael.nast@dlr.de

Internet: www.dlr.de/tt/system

Es wird die Rolle der Solarthermie im Spannungsfeld zwischen Energieeffizienz und den anderen erneuerbaren Energien dargestellt. Gemäß den vom DLR und Partnern für das BMU erstellten Leitstudien kommt der solaren Wärme langfristig eine wesentlich größere Bedeutung zu als dies heute noch der Fall ist. Das Marktsegment mit dem größten Wachstumspotenzial ist die Solare Nahwärme. Das Beispiel Dänemarks zeigt, wie rasch hier Erfolge möglich sind.

## 1. Einleitung

Die Leitstudien und Langfristszenarien des DLR wurden seit 2004 fortlaufend aktualisiert. Allen gemeinsam sind Vorgaben zum Klimaschutz, welche bis zum Jahr 2050 erreicht werden müssen. Dies ist insbesondere eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Industriestaaten um 80% bis 95% entsprechend der Vorgaben des Energiekonzepts der Bundesregierung. Die Leitstudien gehen dabei stets von den in der Vergangenheit bereits erreichten Beiträgen zum Klimaschutz aus und berücksichtigen für die kurzfristige Entwicklung die aktuellen Gesetzesvorschriften und Trends. Für die mittelfristige Entwicklung haben die Leitstudien bereits das Langfristziel des Jahres 2050 im Auge und sehen daher auf eine langfristig tragfähige Technologie- und Marktentwicklung und nicht nur auf eine kurzfristige Kostenoptimierung. Unter Berücksichtigung dieser Prinzipien werden die verschiedenen Möglichkeiten, durch verbesserte Effizienz oder erneuerbaren Energien CO<sub>2</sub> einzusparen, gegeneinander abgewogen. Wichtige diesbezügliche Eigenschaften der erneuerbaren Energien und Randbedingungen bei der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen, welche in die Definition der Szenarien etwa der Leitstudie 2011 [1] eingehen, werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

## 2. Potenzialbeschränkungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Der größte Teil der fossilen Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Emissionen, die dem Wärmebedarf zugeordnet werden können, resultiert aus dem Raumwärmebedarf der Gebäude.

Durch verbesserte Wärmedämmung oder Modernisierung der Heizkessel sind hier erhebliche Einsparungen möglich. Wegen der bereits heute gültigen strengen Anforderungen der EnEV werden Neubauten nur noch wenig zum gesamten Wärmebedarf beitragen. Auch im Jahr 2050 wird der überwiegende Teil des Raumwärmebedarfs in Altbauten anfallen, die bereits heute existieren.

Aus technischer Sicht können auch Altbauten bis auf das Niveau von Passivhäusern saniert werden. Die bisher bei typischen Sanierungen erreichten Reduktionen sind aber deutlich geringer.

Gemäß Untersuchungen des IÖW [2] führen jährlich 5,5% aller Ein/Zweifamilienhausbesitzer eine energetische Sanierung an der Gebäudehülle durch. Gemäß den Berechnungen des IÖW nimmt in den so sanierten Gebäuden der Heizwärmebedarf um  $19 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$  ab, was bezogen auf einen mittleren Heizwärmebedarf von  $146 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$  einer Minderung um 13% entspricht. Im gesamten Bestand an Ein-/Zweifamilienhäusern mindert sich somit der Heizwärmebedarf um jährlich 0,71%. Der Primärenergiebedarf sinkt deutlich schneller, da sich hier nicht nur die Sanierungen an der Gebäudehülle sondern auch die deutlich häufigeren und wirkungsvolleren Verbesserungen am Heizsystem (z.B. Brennwertkessel oder erneuerbare Energien) auswirken. Der Primärenergiebedarf sank dadurch im Untersuchungszeitraum von 2005 bis 2009 um jährlich 1,3%, ausgehend von einem Niveau von  $257 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ . Sanierungsraten und -tiefen müssen sich zukünftig deutlich verbessern, wenn die Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung erreicht werden sollen. Dabei ist als zusätzliche Erschwernis zu berücksichtigen, dass das langlebigste und aus energetischer Sicht wichtigste Gebäudebauteil Außenwand gemäß der Befragungen von IÖW und ISOE nur mit einer jährlichen Rate von 0,9% energetisch saniert wurde. Diese Rate lässt sich auch nur begrenzt steigern, da Wärmedämmmaßnahmen nur im Rahmen des Sanierungszyklus von ca. 40 Jahren wirtschaftlich möglich sind. Eine vollständige Sanierung der Außenwände des Gebäudebestandes ist daher bis zum Jahr 2050 kaum möglich.

Für Untersuchungen zur tatsächlichen Entwicklung des Heizenergieverbrauchs (= zur Beheizung eingesetzte Öl-, Gas- oder Fernwärmemengen) wurden von [3] Energieverbrauchskennzahlen aus der umfangreichen Datenbank der BRUNATA-METRONA-Gruppe für  $\frac{1}{4}$  Million Gebäude ausgewertet. Abbildung 1 zeigt die Abhängigkeit des Heizenergieverbrauchs von Gebäudegröße, eingesetztem Energieträger und dem Sanierungszustand. Bei sanierten Gebäuden wurde die gesamte Gebäudehülle nominell mindestens nach dem Baustandard 1995 überarbeitet. Als vollkommen unsaniert gelten solche Gebäude, bei welchen noch nicht einmal die Originalfenster durch Isolierverglasung ersetzt wurden. Als Neubau gelten alle ab 1995 errichteten Gebäude. Erwartungsgemäß verbessert sich die Energiekennzahl

mit zunehmenden Sanierungsgrad. Die Differenz zwischen sanierten und unsanierten Gebäuden liegt allerdings mit Ausnahme der mit Fernwärme beheizten Gebäude nur bei ca. 20%<sup>1</sup>, bleibt als weit hinter dem technisch möglichen zurück. Mögliche Ursachen für diesen geringen Effekt von Sanierungen werden in der zitierten Quelle nicht diskutiert. Einen gegenüber dem Sanierungsgrad deutlich stärkeren Einfluss auf die Heizenergiekennzahl hat das Gebäudebaujahr. Während die zwischen 1900 und 1964 errichteten Gebäude im Mittel eine Energiekennzahl von 162 kWh/m<sup>2</sup>a aufweisen, sank dieser für die im Zeitraum von 2004 bis 2006 errichteten Gebäude auf 90 kWh/m<sup>2</sup>a, also nahezu auf die Hälfte [4].

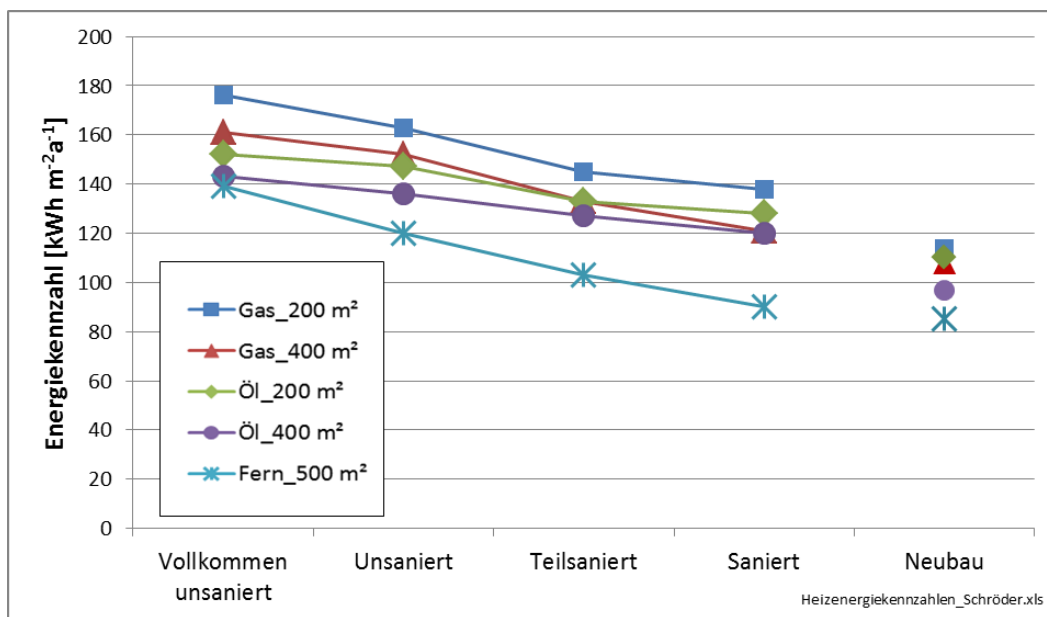


Abbildung 1: Mediane der Heizenergiekennzahlen in Abhängigkeit vom Sanierungszustand [3]

Gemäß den Szenarien der Leitstudie sinkt der temperaturbereinigte Endenergiebedarf (einschließlich des Beitrags erneuerbarer Energien) für die Bereitstellung von Raumwärme trotz Zubaus an Wohnfläche in den 40 Jahren bis 2050 um 59%. Dies ist zwar weniger anspruchsvoll, als in vielen anderen Langfriststudien angesetzt wird, ist aber in Anbetracht der oben zitierten Untersuchungen immer noch ein sehr ambitioniertes Ziel. Es verbleibt so noch für den Ausbau von Wärmenetzen ein genügend hoher Wärmebedarf.

<sup>1</sup> Die Differenz zwischen sanierten und vollkommen unsanierten Gebäuden ist etwas größer. Allerdings hat letztere Gebäudegruppe nur noch einen unbedeutenden Anteil von 3,5%. Dem Cluster der unsanierten Gebäude gehören dagegen 57% der Gebäudegesamtheit an.

Um dennoch bis zum Jahr 2050 die vom Energiekonzept der Bundesregierung vorgesehene Minderung des Primärenergiebedarfs um 80% im Bereich der Wärmebereitstellung für Gebäude zu erreichen, ist daher in der Leitstudie ein vergleichsweise hoher Anteil erneuerbarer Energien von 61% im Wärmemarkt vorgesehen.

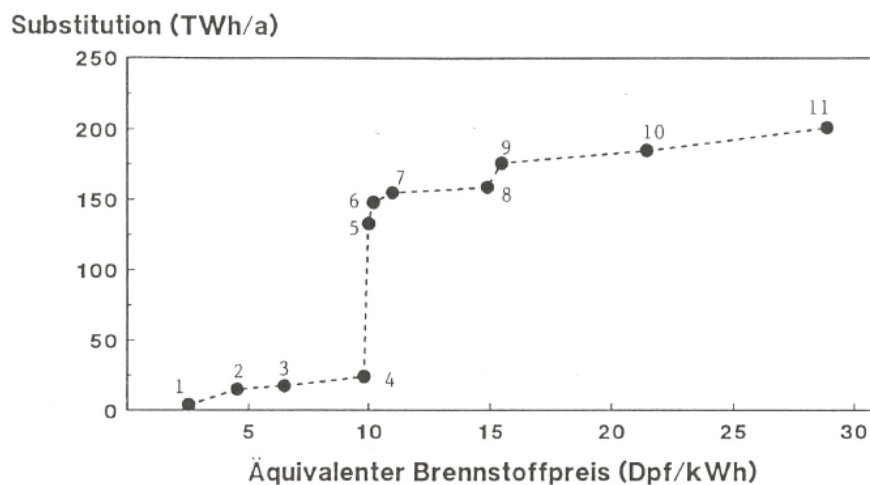
Unter den erneuerbaren Energieträgern stellt heute die Biomasse den weitaus größten Anteil im Wärmemarkt. Biomasse lässt sich auch für die Stromerzeugung oder für die Herstellung von Kraftstoffen verwenden. Dies ist bei der zukünftigen Potenzialausschöpfung zu berücksichtigen. Das inländische Potenzial der Biomasse ist auf etwa 10% des heutigen deutschen Primärenergiebedarfs begrenzt. Importe von Biomasse werden gemäß der Leitstudie nicht als nachhaltig angesehen. Mehr als die Hälfte des zur Verfügung stehenden Potenzials von 1.550 PJ/a (davon 800 PJ/a aus Rest- und Abfallstoffen und 750 PJ/a aus dem Anbau von Energiepflanzen auf einer Ackerfläche von 4,2 Millionen Hektar) wird bereits heute genutzt. 70% dieses Potenzials werden in der Leitstudie für die Erzeugung von Wärme und Strom reserviert (teilweise in KWK-Anlagen). Dies reicht aus, um im Jahr 2050 23% des gesamten Wärmebedarfs (also inkl. Prozesswärme) aus Biomasse zu decken.

Durch Tiefengeothermie aus hydrothermalen Quellen kann in dafür geeigneten Gebieten, zu welchen das Molassebecken rund um München gehört, kostengünstig Wärme mit Temperaturen von über 100 °C bereitgestellt und über Wärmenetze verteilt werden. Derart günstige Verhältnisse werden in Deutschland aber nur an wenigen Orten angetroffen. Gemäß Leitstudie kann bis zum Jahr 2050 Tiefengeothermie einen Anteil von 6% an der Deckung des gesamten deutschen Wärmebedarfs erreichen.

Bei Wärmepumpen geht die Leitstudie von einem Ausbaupfad aus, welcher bis zum Jahr 2030 zwischen den beiden vom Bundesverband Wärmepumpe definierten Ausbauszenarien liegt [5]. Eine Extrapolation bis zum Jahr 2050 führt gemäß Leitstudie zu einem Beitrag der Umweltwärme aus Luft, Wasser oder Erdreich von 5% zum gesamten Wärmebedarf. Hinzu kommen die Wärmemengen, die auf die zum Betrieb der Wärmepumpen benötigten Strommengen zurückzuführen sind. Prinzipiell könnten Wärmepumpen auch einen höheren Anteil an der Wärmebereitstellung erreichen. Es muss aber berücksichtigt werden, dass Wärmepumpen gerade an kalten Tagen Strom benötigen, also zu den Zeiten, in denen auch die Jahreshöchstlast im Stromnetz zu erwarten ist. Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen verschärft sich dieses Problem noch, da sie an kalten Tagen eine besonders schlechte Arbeitszahl aufweisen. Hinzu kommt, dass beim heutigen Strommix der CO<sub>2</sub>-Vermeidungsfaktor bei Wärmepumpen geringer ist als bei allen andern Quellen erneuerbarer Wärme [6].

### 3. Solare Wärme in Deutschland

Auch für solare Wärme sind die technischen Potenziale sehr hoch. Die Ansätze der Langfristszenarien zur Ausschöpfung dieses Potenzials gehen auf Technologiestudien Ende der 80er Jahre zurück, für welche Abbildung 2 ein Beispiel gibt. Die in der Abbildung angegebenen Brennstoffpreise, ab denen Solaranlagen wirtschaftlich sind, berücksichtigen bereits die damals erwarteten Kostendegressionen. Sie sind nach Beachtung von 25 Jahren Geldentwertung auch heute noch näherungsweise gültig. Deutlich erkennbar sind die günstigen Kosten für Solare Nahwärme mit geringem Solaren Deckungsanteil (System 2) und das hohe Potenzial von Solarer Nahwärme mit saisonalen Speicher (System 5). Schon damals war klar, dass großflächige Solaranlagen, welche in Wärmenetze einspeisen, Wärme um etwa einen Faktor 4 günstiger als Kleinanlagen liefern können. Bei Kleinanlagen, welche in jedem Haus auf die individuell unterschiedlichen Gegebenheiten auf dem Dach und im Heizungskeller zugeschnitten werden müssen, wurden von Anfang an die Möglichkeiten für zukünftige Kostendegressionen pessimistischer als bei Großanlagen eingeschätzt. Abbildung 3 zeigt die Kostenentwicklung bei Solaranlagen für Ein- oder Zweifamilienhäuser, wie sie sich gemäß der Auswertung öffentlicher Förderprogramme während der letzten 15 Jahre tatsächlich eingestellt hat. Nach einer anfänglichen Kostendegression sind in den letzten Jahren die Preise sogar wieder angestiegen.



**Abbildung 2: Potenzial-Kosten-Kurve für solare Wärme aus dem Jahr 1989, Geldwert 1988 [7].** (1: Schwimmbad; 2 bzw. 5: Solare Nahwärme mit Deckungsanteil 8% bzw. 90%; 3: Krankenhäuser; 6 bzw. 7 bzw. 9: Warmwasser für Mehrfamilienhäuser (MFH) bzw. mittlere Nichtwohngebäude (NWG) bzw. Einfamilienhäuser (EFH); 4 bzw. 8 bzw. 10 bzw. 11: Heizung und Warmwasser für große bzw. kleine NWG bzw. MFH bzw. EFH).

Ein Grund hierfür ist in der Kostenstruktur von Kleinanlagen zu suchen (Abbildung 4). Der Anteil des industriellen Herstellungsprozesses, für welchen hohe Lernraten gelten, am gesamten Endkundenpreis ist nur gering. Im Hinblick auf diese Randbe-

dingungen wurde in den Leitstudien stets ein wachsendes Marktsegment für Großanlagen, insbesondere für Solare Nahwärme vorgesehen.

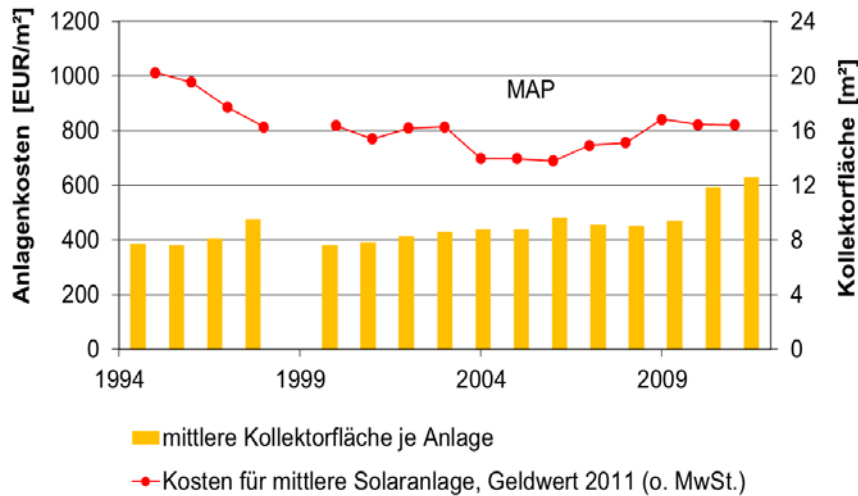
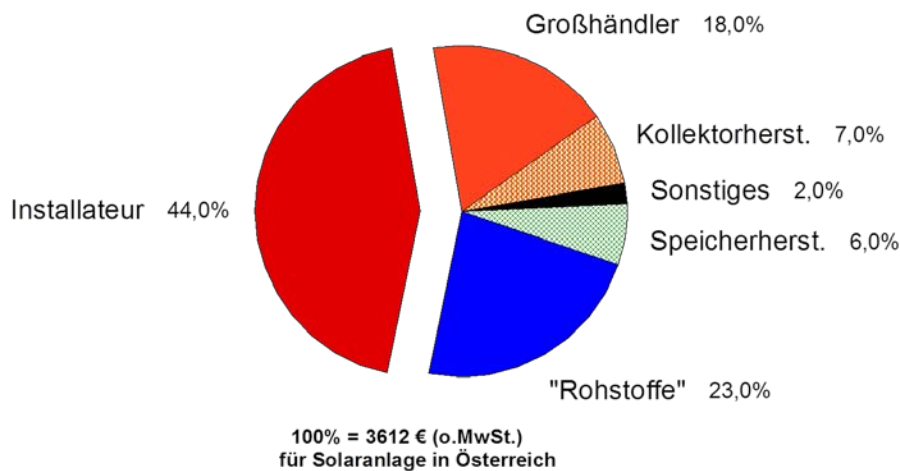


Abbildung 3: Kostenentwicklung von Solaranlagen [8, 9].

In Deutschland hat sich in den letzten Jahren der solarthermische Markt schlechter entwickelt als dies in Anbetracht der Klimaschutzziele erforderlich gewesen wäre. Der Spitzenabsatz von 2,1 Mio. m² Kollektorfläche im Jahr 2008 wird derzeit bei weitem nicht mehr erreicht. Die Nachfrage nach Kleinanlagen ging deutlich zurück. Die Nachfrage nach Großanlagen blieb seit Jahren vernachlässigbar gering. Im Rahmen des MAP wurden von der KfW im Zeitraum von 2009 bis 2012 jährlich zwischen 83 und 105 Anlagen mit Kollektorflächen ab 40 m² gefördert.



"Rohstoffe" = Wertschöpfung bei Vorlieferanten von Glas, Kupfer, Alu, Wärmedämmung, ...  
44% der Wertschöpfung einer Solaranlage resultieren aus Montage und Handelsspanne des Handwerkers. Weitere 18% beim Großhändler. Nur 7% verbleiben beim Kollektorhersteller.

Quelle: Greenonetec, SW&W 7/2005

WertKoll pre

Abbildung 4: Kostenstruktur von Solaranlagen für Einfamilienhäuser

#### **4. Solare Nahwärme in Dänemark**

Völlig andere Verhältnisse herrschen in Dänemark. Dort wurden in den letzten Jahren eine größere Anzahl von Kollektorfeldern mit einer typischen Größe von 10.000 m<sup>2</sup> und einem solaren Deckungsanteil von etwa 10% gebaut. Im Jahr 2010 wurde allein von diesen Großkollektoren eine Fläche von 40.000 m<sup>2</sup> installiert, was einem Zubau von 0,008 m<sup>2</sup> je Kopf der dänischen Bevölkerung entspricht. Für das Jahr 2013 ist ein weiterer Zubau von 200.000 m<sup>2</sup> geplant [10]. Das wäre pro Kopf der Bevölkerung weitaus mehr als in Deutschland im Rekordjahr 2008 für alle Arten von Kollektoren erreicht wurde.

Für den dänischen Erfolg kommen mehrere Ursachen in Betracht:

1. Geringe solare Wärmegestehungskosten. Bei Kosten von nur 200 €/m<sup>2</sup> für das schlüsselfertig installierte Kollektorfeld (10.000 m<sup>2</sup>), einem Ertrag von 450 kWh/m<sup>2</sup>,a und einem Annuitätenfaktor von 6,7% ergeben sich solare Wärmekosten von nur 4 ct/kWh. Der Grundstückskauf, die Bodenvorbereitung und 1.000 m Transportleitung zur Heizzentrale sind darin bereits enthalten.
2. In Dänemark gibt es die Akzeptanzprobleme, die in Deutschland von der Installation großer PV-Felder auf Freiflächen bekannt sind, nicht.
3. Fernwärmesysteme sind auch im ländlichen Raum, wo hinreichend Fläche für große Kollektorfelder vorhanden ist, weit verbreitet.
4. Die Vor- und Rücklauftemperaturen in den dänischen Netzen sind deutlich geringer als in Deutschland, was sich günstig auf die Kollektorausbeuten und die Speicherkapazitäten auswirkt.
5. Die KWK-Anlagen, welche in früheren Jahren den Wärmebedarf deckten, stehen heute häufig wegen der aufgrund hoher Windstromeinspeisungen geringen Börsenstrompreise still. Die dadurch entstehende Lücke bei der Bereitstellung von Wärme kann von den Kollektorfeldern wenigstens teilweise geschlossen werden.

Weitere Informationen zum dänischen Beispiel finden sich an anderer Stelle in diesem Tagungsband [11].

Die Übertragbarkeit des dänischen Beispiels auf Deutschland ist mit Herausforderungen verbunden, aber die Randbedingungen haben sich in den letzten Jahren verbessert und erste vielversprechende Beispiele für Solare Nahwärme sind bereits in Betrieb oder im Bau.

Deutschland ist dichter besiedelt als Dänemark. Die siedlungsstrukturellen Voraussetzungen für Wärmenetze sind daher in Deutschland eigentlich besser als in Dänemark. Dennoch sind in Dänemark bereits 60% aller Wohnungen an Wärmenetze angeschlossen und in Deutschland nur 13%. Insbesondere sind in Deutschland in ländlichen Gebieten, wo hinreichend große Flächen für Kollektorfelder zur Verfügung

stehen, Wärmenetze nur wenig verbreitet. Zur Verbesserung dieser Situation wurden durch das MAP in den letzten 5 Jahren wichtige Impulse gesetzt. Seit Anfang 2008 wurden durch die KfW im Auftrag des BMU über 6.000 Wärmenetze mit einer Netzlänge von insgesamt etwa 4.400 km gefördert, die meisten davon im ländlichen Raum. Im Vergleich zu den 154 km, die gemäß den Recherchen des Bundeskartellamtes im Jahr 2008 zugebaut wurden [12], ist dies ein kräftiger Impuls – auch wenn davon auszugehen ist, dass das Kartellamt auf unvollständige Statistiken zurückgreifen musste.

Ein weiterer wichtiger Impuls zugunsten von Solarer Nahwärme ergibt sich durch den in der letzten MAP-Novelle verbesserten Fördersatz für Kollektorfelder, welche in Wärmenetze einspeisen, von 30% auf 40% der Investitionskosten.

Ein sehr interessantes Beispiel für ein Solares Nahwärmenetz wird derzeit von der Solarcomplex AG in Büsingen gebaut. Den im Vergleich zu Dänemark höheren Netztemperaturen wird durch den Einsatz hocheffizienter Vakuumröhrenkollektoren entgegengewirkt. Mit Kosten von 330 €/m<sup>2</sup> für das Kollektorfeld und einer hohen Ausbeute von knapp 600 kWh/m<sup>2</sup>,a soll eine ähnlich gute Wirtschaftlichkeit wie mit den dänischen Kollektorsystemen erreicht werden. Akzeptanzprobleme gibt es bisher nicht, was auch damit zusammenhängen dürfte, dass die Solaranlage nur ein Dreißigstel der Ackerfläche benötigt, welche erforderlich wäre, um die gleiche Wärmemenge aus Mais oder sonstigen Energiepflanzen bereitzustellen. Der überwiegende Teil des Wärmebedarfs wird wie bei vielen anderen Bioenergiedörfern aus einem Hackschnitzelkessel bereitgestellt. So kann auf einen saisonalen Wärmespeicher (zunächst) verzichtet werden. Büsingen könnte zu einem Vorbild für eine Reihe ähnlicher Projekte werden.

## **5. Solare Wärme in der Leitstudie und im Fahrplan Solarwärme**

Die Leitstudie misst der Solarthermie eine ähnlich hohe Bedeutung zu wie für Geothermie und Umweltwärme. Abbildung 5 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs gemäß Leitstudie 2011 und seine Deckung, welche zunehmend aus erneuerbaren Energien erfolgt. Der dargestellte Ausbau der erneuerbaren Energien benötigt noch bis zum Jahr 2026 Förderung, danach ist bei einem dann bis auf 120 \$/bbl angestiegenen Ölpreis der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt auch aus einer rein volkswirtschaftlichen Sicht kostengünstiger als ein Beharren auf fossilen Brennstoffen.

Um bis zum Jahr 2050 das so gesteckte Langfristziel für solare Wärme mit einem Anteil von 10% im Wärmesektor zu erreichen, ist ein stetiges Wachstum des Kollektormarktes erforderlich. Bis zum Jahr 2020 sollte demgemäß der jährliche Zubau an Kollektorfläche einen Wert von 6,6 Mio. m<sup>2</sup>/a erreichen. Dies ist einerseits deut-



lich weniger als die 10 Mio. m<sup>2</sup>/a, die vom BSW im Jahr 2007 prognostiziert wurden, entspricht aber andererseits dem optimistischsten der drei Szenarien des „Fahrplans Solarwärme“ [13], der im Jahr 2011 im Auftrag des BSW erarbeitet wurde. Ein wichtiger Unterschied ist, dass in der Leitstudie 2,0 Mio. m<sup>2</sup>/a von der für das Jahr 2020 ausgewiesenen Kollektorfläche Nahwärmesystemen zugeordnet sind. Diese spielen im Szenario „Forcierte Expansion“ des Fahrplans Solarwärme mit weniger als 0,05 Mio. m<sup>2</sup>/a nur eine vernachlässigbar geringe Rolle. Nur im BSW-Szenario „Globaler Wandel“ und dort erst ab dem Jahr 2025 wird Solare Nahwärme in merklichem Umfang berücksichtigt.

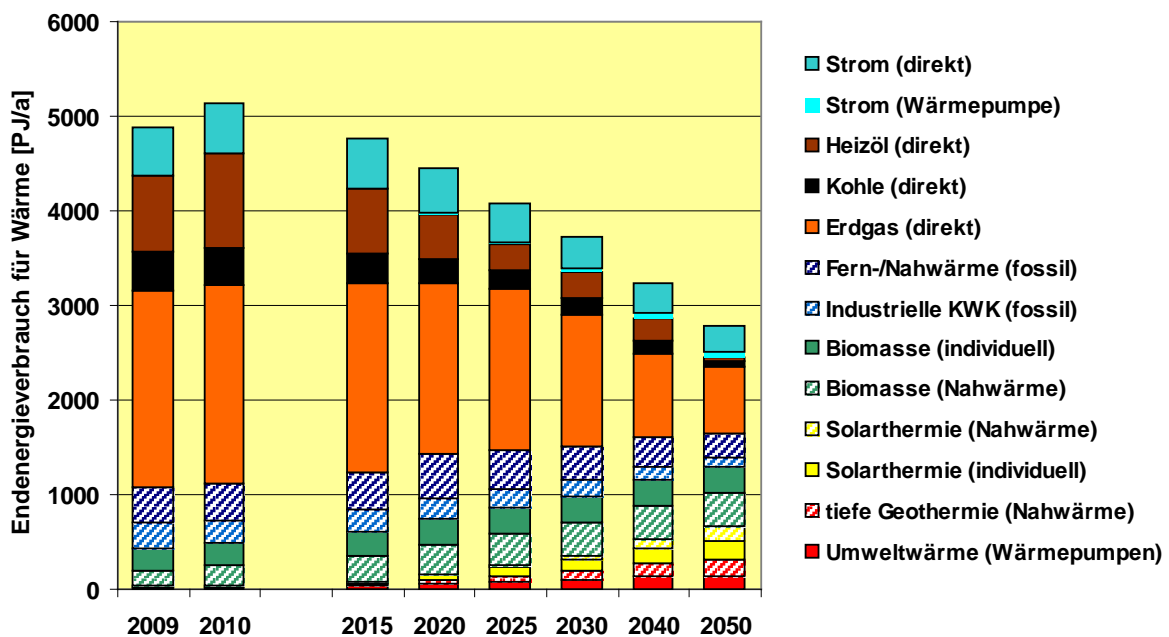
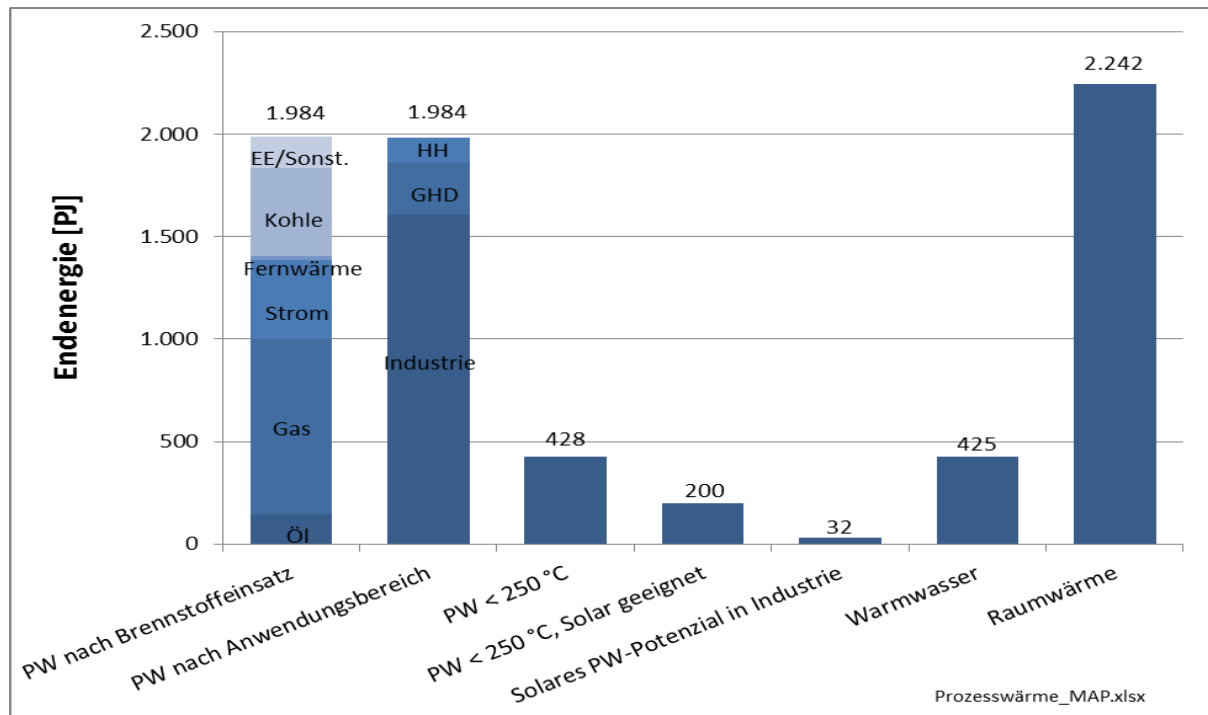


Abbildung 5: Endenergieeinsatz für Wärme (einschließlich Stromeinsatz für Wärme) [1]

Derzeit verläuft der Kollektormarkt nahe des pessimistischen „Business as Usual“-Szenarios des „Fahrplans Solarwärme“. Die starken Kostenreduktionen bei der konkurrierenden PV-Technik lassen befürchten, dass sich dies auch in der näheren Zukunft nicht ändern wird. In den Leitstudien wurden bisher im Bereich der solaren Kleinanlagen wenigstens moderate Lernfaktoren angesetzt, welche zukünftig zu kostengünstigeren Anlagen führen sollten. Werden diese auch weiterhin nicht erreicht, wird dies in zukünftigen Fassungen der Leitstudie zu berücksichtigen sein. Bei Solarer Nahwärme kann dagegen aufgrund der gegenüber Kleinanlagen wesentlich besseren Wirtschaftlichkeit auf eine günstigere Entwicklung gehofft werden. Ein Blick auf Dänemark kann hier als Ansporn dienen und Anlass zur Zuversicht geben. Die Leitstudie geht bis zum Jahr 2050 für Solare Nahwärme von einem Anteil von 5% an

der Deckung des gesamten Wärmebedarfs aus. Der „Fahrplan Solarwärme“ misst den Möglichkeiten, die sich hier bieten, nur eine geringe strategische Bedeutung bei.



**Abbildung 6: Vergleich des Prozesswärmebedarfs (PW) mit dem Gesamtwärmebedarf und dem Potenzial solarer Prozesswärme [14].** (HH = Haushalte; GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistung)

Der Einsatz von solarer Wärme im Bereich der industriellen Prozesswärme ist heute noch völlig unbedeutend, könnte aber wegen der dort benötigten großen Wärmemengen und den dementsprechend großen Kollektorfeldern aus wirtschaftlicher Sicht interessant sein. Er wird daher derzeit in der Branche intensiv diskutiert. In einer im Rahmen der Begleitforschung für das MAP angefertigten Untersuchung [14] wurden die Möglichkeiten erneuerbarer Energien im Bereich der industriellen Prozesswärme und hier insbesondere die solare Prozesswärme untersucht. Der Bedarf an Prozesswärme ist insgesamt ähnlich groß wie der für Raumwärme (Abbildung 6). Für eine solare Bedarfsdeckung kommt in etwa der Temperaturbereich bis 250 °C in Betracht. In diesem Temperaturbereich fallen 428 PJ/a des gesamten industriellen Prozesswärmebedarfs von 1.609 PJ/a an. Nach Abzug derjenigen Wirtschaftsbranchen, welche sich für eine Solarisierung weniger gut eignen (z.B. wegen großer bisher ungenutzter Abwärmemengen), verbleiben hiervon noch 200 PJ/a. Auch hiervon wird sich wegen der Besonderheiten innerhalb der einzelnen Betriebe (mangelnde Stellflächen, zwingende Wärmebereitstellung aus Strom...) und einem solaren Deckungsanteil von im Mittel 40% nur ein kleiner Teil von 32 PJ/a realisieren lassen. Das sind 2% des gesamten industriellen Prozesswärmebedarfs. Andere Untersu-

chungen errechnen ein theoretisches Potenzial von 15,6 TWh/a (= 56 PJ/a) [15]. Darin berücksichtigt sind aber auch die Branchen mit großen Abwärmemengen (z.B. Papiergewerbe) sowie die Beiträge zur solaren Deckung des Raumwärmebedarfs in den von der Industrie genutzten Gebäuden.

Des Weiteren ist bei der Umsetzung von Projekten zur solaren Prozesswärme zu berücksichtigen, dass sich die einzelnen Betriebe stark voneinander unterscheiden, sodass jede Solaranlage individuell sorgfältig geplant werden muss. Störungen des Produktionsablaufs infolge einer neuen Solaranlage müssen ausgeschlossen werden. Im „Fahrplan Solarwärme“ wird ab dem Jahr 2025 in den Szenarien, die über „business as usual“ hinausgehen, für die solare Prozesswärme ein sehr optimistischer Anteil von einem Drittel am gesamten Kollektormarkt erwartet.

## **6. Zusammenfassung**

Um die für Deutschland vorgegebenen Ziele des Klimaschutzes zu erreichen, ist in der Leistudie ein ausgewogener Mix von Effizienzverbesserungen und erneuerbaren Energien vorgesehen. Im Wärmemarkt bedeutet dies, dass aufgrund von Effizienzmaßnahmen bis zum Jahr 2050 der heutige Endenergiebedarf für Wärme sich nahezu halbiert. Vom verbleibenden Restbedarf wird dann ebenfalls knapp die Hälfte aus erneuerbaren Energien gedeckt. Innerhalb der erneuerbaren Energien entfällt dann etwa die Hälfte auf Bioenergien und ein Viertel auf solare Wärme, an welcher solare Kleinanlagen und Solare Nahwärme etwa gleiche Anteile haben.

Aktuell bleibt in Deutschland der Ausbau solarer Wärme hinter den Erwartungen zurück. Bei Kleinanlagen sind die prognostizierten Kostensenkungen bisher ausgeblieben und mit der zunehmend kostengünstigeren PV ist zusätzlich ein neuer, ernstzunehmender Konkurrent vorhanden. Solare Prozesswärme und Solare Nahwärme sind bisher in Deutschland unbedeutend. Das Beispiel Dänemark zeigt aber, dass sich dies wenigstens bei Solarer Nahwärme rasch ändern kann.

Um die derzeitige Krise im Solarmarkt zu überwinden, bieten sich zwei Hauptzielrichtungen an: Erstens eine deutliche Kostenreduktion im etablierten Markt für solare Warmwasser- und heizungsunterstützende Anlagen und zweitens die Markteinführung solarer Großanlagen, besonders in Verbindung mit Wärmenetzen. Das dänische Beispiel kann hier als Ansporn und zur Zerstreung von Zweifeln dienen.

## **Literatur**

[1] Nitsch, J. u.a.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht für das BMU von DLR, IWES und IFNE, März 2012.

- [2] Weiß, J. und Dunkelberg, E.: Erschließbare Energieeinsparpotenziale im Ein- und Zweifamilienhausbestand. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin, 2010.
- [3] Schröder, F. u.a.: Universelle Energiekennzahlen für Deutschland – Teil 1: Differenzierte Kennzahlenverteilungen nach Energieträger und wärmetechnischem Sanierungsstand. Bauphysik 31 (2009), Heft 6, S. 393-402.
- [4] Greller, M. u.a.: Universelle Energiekennzahlen für Deutschland – Teil 2: Verbrauchskennzahlenentwicklung nach Baualtersklassen. Bauphysik 32 (2010), Heft 1, S. 1-6.
- [5] BWP-Branchenstudie 2011 - Szenarien und politische Handlungsempfehlungen.
- [6] Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2009. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate Change 12/2009“.
- [7] Nast, P.-M. : Sonnenkollektoren und solare Nahwärmesysteme. In Energie und Klima, Band 3 „Erneuerbare Energien“, Hrsg.: Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Dt. Bundestages, Economica-Verlag, Bonn 1990, S. 519 ff.
- [8] Reichert, J., Gruber, E. und Mannbart, W.: Evaluierung der Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien durch das Bundesministerium für Wirtschaft (1994 – 1998). Studie des FhG/ISI für das BMWi, Karlsruhe 1999
- [9] Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm). Mehrere Berichte für die Jahre 2000 bis 2011 im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- [10] Holm, L.: Success factors in Danish District Heating. Vortrag beim Fachforum: „Fernwärme mit Erneuerbaren Energien“ am 23.10.2012 in Kiel.
- [11] Nielsen, J.-E.: Masterplan Dänemark. 23. Symp. Th. Solarenergie, 2013.
- [12] Bundeskartellamt: Abschlussbericht Sektoruntersuchung Fernwärme. Bericht gemäß § 32e GWB, August 2012.
- [13] Fahrplan Solarwärme - Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030. Ausarbeitung von Technomar, ITW, co2-online und BSW im Auftrag des BSW, Langfassung, Juni 2012.
- [14] Nast, u.a.: Prozesswärme im MAP. Zwischenbericht für das BMU von DLR und IFEU, Juli 2010.
- [15] Lauterbach, C., Schmitt, B. und Vajen, K.: Das Potential solarer Prozesswärme in Deutschland. Abschlussbericht für das BMU, Institut für Thermische Energietechnik, Universität Kassel, Dezember 2011.

---

**Notizen**

---

**Notizen**