

**Shell BDH Hauswärme-Studie**

# **KLIMASCHUTZ IM WOHNUNGSSEKTOR – WIE HEIZEN WIR MORGEN?**

**Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030**



**BDH**

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



# Shell BDH Hauswärme-Studie

## KLIMASCHUTZ IM WOHNUNGSSEKTOR – WIE HEIZEN WIR MORGEN?

Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030



**Shell Deutschland**

Dr. Jörg Adolf  
Dipl.-Ing. Uwe Schabla  
[www.shell.de](http://www.shell.de)

**BDH**

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Andreas Lücke M.A.  
Dr. Lothar Breidenbach  
[www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)



Hamburgisches  
WeltWirtschafts  
Institut

Prof. Dr. Michael Bräuninger  
Dipl.-Vw. Leon Leschus  
Dipl.-Vw. Lars Ehrlich  
Prof. Dr. Alkis Otto  
[www.hwwi.org](http://www.hwwi.org)



Institut für Technische Gebäudeausrüstung  
Dresden Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Dr. Bert Oschatz  
Dipl.-Ing. Bettina Mailach  
[www.itg-dresden.de](http://www.itg-dresden.de)

Hamburg, Köln, Mai 2013

**Herausgeber:**  
Shell Deutschland Oil GmbH  
22284 Hamburg

BDH Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.  
51145 Köln

Gedruckt auf FSC®-zertifiziertem Papier



Gestaltung & Produktion: Mänz Kommunikation

# INHALT

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY – 4

1 EINLEITUNG – 6

2 HEIZSYSTEME – TECHNIK UND POTENZIALE – 10

Öl- und Gas-Brennwerttechnik 12 • Solarthermie 13 • Elektro-Wärmepumpe 13  
Biomasse und Holzfeuerungen 15 • Kraft-Wärme-Kopplung 16 • Brennstoffbetriebene Wärmepumpe 17  
Brennstoffzelle 18 • Integration verschiedener Wärmequellen (Hybridisierung) 19 • System-Optimierung 20  
Warmwasserbereitung 21 • Lüftungsanlagen 22 • Smart Home 22 • Trends in der Heiztechnik 23

3 HAUSWÄRMESZENARIEN – 24

3.1 Daten und Fakten – 25

3.2 Trendszenario – 28

3.3 Szenaretten – 44

3.4 Alternativszenarien – 54

4 ERGEBNISSE – 61

Ergebnisse und Schlussfolgerungen – 62

Hauswärmepolitik 2030 – 65

Literaturverzeichnis – 68

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 eine Energiewende umzusetzen. Hierzu müssen alle Verbrauchssektoren, auch der Haushaltssektor, beitragen. Shell und der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) geben eine gemeinsame Hauswärme-Studie heraus, um zu untersuchen, welchen Beitrag der Haushaltssektor zur Energiewende in Deutschland leisten kann. **Leitthema** der neuen Shell BDH Hauswärme-Studie ist die Weiterentwicklung von häuslicher Wärmezeugung durch Heiztechnik und Energie. Ihr Titel lautet: „Klimaschutz im Wohnungssektor – wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030“.

Im **Trendzenario** werden wie bisher 1% aller Wohngebäude pro Jahr energetisch saniert; in der Folge bleiben auch 2030 noch etwa die Hälfte aller Wohngebäude unsaniert. Bei Fortschreibung der aktuellen Modernisierungsrate von Heizanlagen (3%) wird die Zahl der effizienten Heizungen wie Brennwertkessel bis 2030 von 4,1 auf 10,6 Mio. zunehmen. Alternative Heizsysteme wie Elektro-Wärmepumpe und Holzkessel wachsen überdurchschnittlich. Allerdings entsprechen auch 2030 ca. 7,6 Mio. Heizanlagen noch nicht dem Stand der heutigen Technik. Die Reduktion des spezifischen Endenergieverbrauchs ist im Trend mit gut einem Fünftel zwar substantiell, der Abstand der Gebäudeeffizienz zum Ziel annähernder Klimaneutra-

In der neuen Shell BDH Hauswärme-Studie werden **zwei Fragestellungen** ausführlich untersucht: Im Rahmen einer technischen Potenzialanalyse werden zunächst Einspar- und Ausbaupotenziale der wichtigsten Heiztechniken und Energien untersucht. Zum anderen wird mit Hilfe von Szenario-Technik untersucht, wie sich heutige und neue Heiztechniken im Wohnungssektor in den kommenden 20 Jahren entwickeln und welche Auswirkungen sie auf Energie- und Klimaziele entfalten könnten.

Die **technische Potenzialanalyse** zeigt, dass durch Modernisierung des Heizkesselbestands auf den Stand der Technik erhebliche Energieeinsparungen möglich sind. Eine wichtige Rolle bei der Energieeinsparung spielt die Systemoptimierung zwischen Wärmezeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe. Heiztechniken auf der Basis fossiler Energien bilden weiterhin das technische Rückgrat der Hauswärmeversorgung, mittelfristig wird es aber zu einer stärkeren Diversifizierung von Heiztechniken und Energien kommen. Moderne Heizanlagen bieten vielfältige Möglichkeiten zur Kombination von Wärmeerzeugern (Hybridisierung) und zur Einkoppelung erneuerbarer Energien (Solar- und Umweltwärme, Biomasse) in die Hauswärmeversorgung. Als neue Heiztechniken könnten sich bis 2030 zusätzlich brennstoffbetriebene Wärmepumpen, Mikro- und Mini-KWK-Anlagen und Brennstoffzellengeräte im Heizgerätemarkt etablieren. Perspektivisch könnte es zu einer Integration von Hauswärme und Stromerzeugung kommen (Smart Grid bzw. Smart Home).

Eine Projektion der Wohnungsmarktentwicklung zeigt, dass die Zahl der Haushalte und der Wohnungen bis 2030 trotz zurückgehender Bevölkerung weiter wächst. Gleichzeitig werden bis 2030 nur 12% aller Wohnungen neu gebaut werden. Entscheidend für Energie- und Treibhausgasemissionen sind folglich die energetische Sanierung von Gebäuden und die Modernisierung von Heizanlagen.

lität ist jedoch noch erheblich. Die jährlichen Treibhausgasemissionen gehen im Trend um 22% zurück. Obgleich erneuerbare Energien deutlich zulegen, bestreiten Gas und Öl noch zwei Drittel der Hauswärmeversorgung.

Im Trendzenario können die Energie- und Klimaziele noch nicht erreicht werden. Um den Zielen näher zu kommen, müsste die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes und/oder die Modernisierung der Heiztechnik (einschließlich Wandel im Energieträgermix) beschleunigt werden. Die Analyse politischer Maßnahmen-Programme zeigt: Die erhöhte Gebäudesanierung ist zwar eine effektive Maßnahme, die Heizungsmodernisierung stellt aber in der Regel die wirtschaftlichere und deutlich kosteneffizientere Maßnahme dar.

In einem ambitionierten **Alternativszenario** erfolgt als erster Schritt eine Beschleunigung der Heizungsmodernisierung, in einem zweiten Schritt die Beschleunigung der Sanierung des baulichen Wärmeschutzes. Durch einen beschleunigten Austausch alter Heizkessel würde die Zahl der Gas- und Öl-Brennwertanlagen gegenüber dem Trend auf dann 11,6 Mio. deutlich ansteigen.

Ebenso könnten Elektro-Wärmepumpen und Holzkessel zulegen sowie über 7 Mio. Solarthermieanlagen 2030 eingekoppelt sein. Einen weiteren Beitrag zur Beschleunigung



der Heizungsmodernisierung können neue Heiztechniken wie Gas-/Öl-Wärmepumpen (als Weiterentwicklung von Brennwerttechnik), Mikro-/Mini-KWK-Anlagen und Brennstoffzellengeräte leisten.

Durch verstärkte Heizungsmodernisierung kann der Endenergieverbrauch um zusätzliche knapp 4 Prozentpunkte gesenkt werden. Der spezifische Endenergieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche geht um 25% und die jährlichen Treibhausgasemissionen um 31% zurück. Die erneuerbaren Energien übertreffen ihr Gesamtziel für alle Sektoren (30%) leicht. Der Anteil von Gas und Öl am Heizenergiemix sinkt auf knapp drei Fünftel.

Weitere Energie- und Treibhausgasemissionen lassen sich durch eine beschleunigte Gebäudesanierung erreichen. Bei einer Gebäudesanierungsrate von 2% werden 3,7 Mio. Wohngebäude zusätzlich saniert. Dadurch geht der Anteil unsanierter Wohngebäude auf dann nur noch 30% zurück. Der jährliche Endenergieverbrauch sinkt bis 2030 um 23%, der spezifische Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche um 28% und die Treibhausgasemissionen um 36%.

Energie- und Klima(zwischen)ziele werden in einem ambitionierten Alternativszenario zusammen mit den bisherigen Vorleistungen des Haushaltssektors gut erreicht. Hierfür bedarf es jedoch deutlich höherer Investitionen, durch die wiederum Brennstoffkosteneinsparungen erzielt werden können. Für die Realisierung eines ambitionierten Alternativszenarios sind verlässliche Rahmenbedingungen und Information sowie gegebenenfalls eine geeignete Förderung von Haushalten durch Wirtschaftsakteure und Politik erforderlich.

Germany has set itself the target of achieving an energy transformation ("Energiewende") by 2050. That requires contributions by all consumer sectors, including the household sector. Shell and the German Federal Industrial Association for House, Energy and Environmental Technology (BDH) are publishing a joint Home Heating Study, to examine what contribution the household sector can make to the energy transformation in Germany. The **focus** of the new Shell BDH Home Heating Study is further development of home heating through heating technology and energy use. Its title is "Climate protection in the household sector – how will we heat our homes tomorrow? Facts, trends and perspectives for heating technologies up to 2030".

The new Shell BDH Home Heating Study examines **two questions** in depth: Firstly, it uses a technical potential analysis to examine saving and expansion potentials of the most important heating technologies and energy sources. Secondly, it uses scenario technique to examine how the heating technologies of today and tomorrow can develop in the home sector in the next 20 years, and what impact they could have on energy and climate goals.

The **technical potential analysis** shows that modernisation of existing heating boilers to the latest state of the art permits substantial energy savings. An important role is played by system optimisation between heat generating, heat distribution and heat transfer. Heating technologies based on fossil fuels will continue to be the technical backbone of home heating, but in the medium term there will be more diversification in heating technologies and energy sources. Modern heating systems give a range of possibilities for combination of heating sources (hybridisation) and for coupling renewable energies (solar and environmental heat, biomass) into home heating. Additional new heating tech-

nologies which could become established by 2030 are gas/oil heat pumps, micro and mini CHP systems and fuel cells. A possible perspective is the integration of home heating and power generating (Smart Grid, or Smart Home).

A projection of the development of the housing market shows that the number of households and homes will continue to grow up to 2030, despite a decline in the population. At the same time, only 12% of all homes will be newly built in the period up to 2030. So the key factors for energy and greenhouse gas savings are energy-efficiency modernisation of buildings and modernisation of heating systems.

In the **Trend scenario**, 1% per annum of all residential buildings will be modernised for improved energy efficiency; that means about half of all residential buildings will still not have been modernised by 2030. If the current modernisation rate for heating systems (3% per annum) continues, the number of high-efficiency heating systems such as condensing boilers will increase from 4.1 to 10.6 million by 2030. Alternative heating systems such as electric heat pumps and wood-fired boilers will increase above the average. But in 2030, there will still be about 7.6 million heating systems which are not yet in line with the current state of the art.

The reduction in specific final energy consumption is substantial, with a trend of more than a fifth, but there is still a major gap

between the energy performance of buildings and the goal of nearly zero-energy buildings. In the Trend scenario greenhouse gas emissions go down by 22% per annum. Although renewables increase significantly, gas and oil still account for two thirds of home heating energy.

The energy and climate goals cannot yet be achieved in the trend scenario. To get closer to achieving these goals, it would be necessary to accelerate the modernisation of thermal insulation of buildings and/or modernisation of heating technology (including change in energy mix). Analysis of the political programme of measures shows that,

while increasing the rate of modernisation of buildings is an effective measure, heating modernisation is mostly less expensive and a lot more cost-effective.

The ambitious **Alternative scenario** firstly accelerates the modernisation of heating systems, and then in a second step it accelerates the modernisation of thermal insulation of buildings. The accelerated replacement of old heating boilers would significantly increase the number of gas and oil-fired condensing boiler systems versus Trend, to a total of 11.6 million. Electric heat pumps and wood-fired boilers could also increase, and more than 7 million solar thermal systems could be coupled in by 2030. Another contribution to acceleration of modernisation could be made by new heating technologies such as gas/oil heat pumps (as a further development of condensing boiler technology), micro/mini CHP systems, and fuel cell systems.

Increased modernisation of heating systems can reduce final energy consumption by an additional 4 percentage points. Specific energy consumption per square metre of residential space then drops by 25% and annual greenhouse gas emissions are down 31%. Renewables slightly over-achieve their overall target for all sectors (30%). The share of gas and oil in the heating energy mix drops to just under three fifths.

Further energy and greenhouse gas savings can be achieved by acceleration of building modernisation. A building modernisation rate of 2% would mean energy performance modernisation of 3.7 million additional residential buildings. That means the percentage of non-modernised residential buildings would be down to 30%. Annual final energy consumption drops by 23% by 2030, specific energy consumption per square metre of residential space by 28%, and greenhouse gas emissions by 36%.

Energy and climate goals will be well achieved in an ambitious Alternative scenario, together with the previous improvements made in the home sector. But this will require significantly larger capital expenditure, which in turn could give fuel cost savings. For realisation of an ambitious Alternative scenario the following is needed from industry and government: reliable framework conditions, information and possibly also appropriate support to households.

## 1

## EINLEITUNG



Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 eine umfassende Energiewende umzusetzen. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen sollen drastisch reduziert und der Anteil erneuerbarer Energien deutlich erhöht werden. Hierzu müssen alle Verbrauchssektoren beitragen, auch der Haushaltssektor. Er hat – wie der Straßenverkehr – im vergangenen Jahrzehnt neben Wirtschaft und Verkehr mit den größten Beitrag zu den Energie- und Klimazielen der Bundesregierung geleistet. Dennoch ist der Haushaltssektor nach wie vor mit rund 625 Mrd. kWh und einem Anteil von etwa einem Viertel einer der großen Endenergieverbraucher in Deutschland.

Shell und der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umweltechnik e. V. (BDH) geben eine gemeinsame Hauswärme-Studie heraus, um zu untersuchen, welchen Beitrag der Haushaltssektor zur Energiewende in Deutschland in den kommenden Jahren leisten kann.

Schwerpunkt der Studie sind Optionen und Perspektiven von Heiztechnik und Energie – zusammen mit Gebäudeeffizienz die wichtigsten Stellschrauben zur Beeinflussung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Haushalts- bzw. Wohnungssektor.

## NEUE HAUSWÄRME-STUDIE

Im Jahre 2011 hat Shell eine erste Hauswärme-Studie vorgestellt. Leitthema der Shell Hauswärme-Studie (2011) war die nachhaltige Wärmeversorgung bzw. -nutzung privater Haushalte für Wohnzwecke; ihr Titel lautete: „Nachhaltige Wärmeerzeugung für Wohngebäude – Fakten, Trends und Perspektiven“. Analysiert wurden zum einen die technischen Potenziale der energetischen Sanierung von Wohngebäuden sowie die Modernisierung von Heizanlagen. Zum anderen wurden mit Hilfe von Szenario-Technik Entwicklungspfade für die Hauswärmeversorgung bis 2030 untersucht sowie anhand energiewirtschaftlicher und klimapolitischer Kriterien verglichen und bewertet.

Das wichtigste Ergebnis der Shell Hauswärme-Studie (2011) war, dass die energetische Vollsanierung von Gebäuden zwar die effektivste Maßnahme zur Steigerung von Energieeffizienz bzw. zur Reduktion von Treibhausgasen ist. Gleichzeitig wurde jedoch auch gezeigt, dass die größten praktisch bzw. politisch realisierbaren Effizienz- und Emissionspotenziale in der Modernisierung von Heiztechnik und -systemen liegen. Dennoch bleiben nicht nur Aktivitäten zur energetischen Sanierung von Gebäuden, sondern auch Maßnahmen zur Modernisierung von Heiztechnik – selbst sehr wirtschaftliche und kosteneffiziente – deutlich hinter den Erwartungen und politischen Zielsetzungen zurück.

Programme, Maßnahmen und Rahmenbedingungen für den Hauswärmesektor wurden in den vergangenen zwei Jahren ausführlich diskutiert, notwendige bzw. sinnvolle politische Schritte für eine beschleunigte Energiewende im Wohnungsbereich jedoch nicht beschlossen. Haushalte und Verbraucher sind verunsichert, wie es mit der Energiewende bei der Hauswärme weitergeht und halten sich zurück bzw. warten einfach ab. Neben stabil(er)en Rahmenbedingungen benötigen private Haushalte, aber auch politische Entscheider bis hin zu Fachhandwerk und Energieberatern relevante Information für ihre Entscheidungen und Maßnahmen. Die neue Shell BDH Hauswärme-Studie soll „nützliche“ und relevante Information bereitstellen.

Den aktuellen Stand der Diskussion um die Zukunft der Hauswärme in Deutschland haben Shell und der BDH zum Anlass genommen, eine weitere (vertiefende) Hauswärme-Studie zu erstellen. Shell ist ein führendes Energieunternehmen in Deutschland und befasst sich seit Jahrzehnten mit Zukunftstrends und Szenario-Technik. Shell arbeitet außerdem an der technischen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung von Wärmeerzeugern und Brennstoffen – vielfach in Zusammenarbeit mit führenden Geräteherstellern, Zulieferern und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen. Der BDH ist der Verband der deutschen Heizungsindustrie. Seine Mitglieder reichen von vielfach mittelständischen bis hin zu internationalen Unternehmen. Die breit gefasste Produktpalette der BDH-Mitglieder erstreckt sich auf alle Arten von Heizsystemen für den Hauswärmebereich und andere. Die deutsche Heizungsindustrie nimmt – bei einem Marktanteil von rund 60% in Europa – international eine technologische Spitzenstellung ein.

## ZIELE UND LEITFRAGEN

**Leitthema** der neuen Shell BDH Hauswärme-Studie ist die Weiterentwicklung von häuslicher Wärmeerzeugung durch Heiztechnik und Energie. Ihr Titel lautet: „**Klimaschutz im Wohnungssektor – wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030.**“ In der neuen Hauswärme-Studie werden insbesondere zwei Fragen untersucht:

### ■ Welche Potenziale weisen die wichtigsten Heiztechniken und Energien auf?

Hierfür werden zunächst Funktionsweise und technische Anforderungen, Einsatzgebiete und -grenzen, Stand der Technik sowie Markttrends und Perspektiven von aktuellen Heiztechniken (Brennwerttechnik, Wärmepumpen, Heizkessel und Solarthermie) und neue Heiztechniken (Gas-/Öl-Wärmepumpen, Mikro-/Mini-KWK und Brennstoffzelle) beschrieben. Als immer wichtigere Faktoren in modernen Heizsystemen werden die Hybridisierung, die System-Optimierung und -Integration (einschließlich Internettechnik) dargestellt.

### ■ Wie werden bzw. wie könnten sich heutige und neue Heiztechniken im Wohnungssektor in den kommenden 20 Jahren entwickeln?

Dabei wird anhand von Szenario-Technik versucht abzuschätzen, welchen Beitrag die unterschiedlichen Heiztechniken und -energien (im Vergleich zur Gebäudesanierung) zur Energiewende leisten können. Die möglichen Beiträge zu Zielen der Energie- und Klimapolitik werden anhand eines Trend- und eines Alternativszenarios beziffert. Zur Beurteilung unterschiedlicher Handlungsoptionen werden unterschiedliche Maßnahmen-Programme im Rahmen kleiner Mini-Szenarien (Szenaretten) betrachtet. Die Szenario-Ergebnisse werden anhand aktueller politischer Ziele der Energie- und Klimapolitik bewertet; dazu gehören der absolute und spezifische Energieverbrauch, die Treibhausgasemissionen, Höhe und Anteil erneuerbarer Energien, Investitionen und Brennstoffkosten(einsparungen).

**Szenarien** sind keine Prognosen, sondern in sich konsistente, plausible Entwicklungspfade in die Zukunft. Sie können helfen, alternative „Zukünfte“ zu erforschen, um so künftige Entwicklungen besser zu verstehen sowie Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien zu verbessern. Der Zeitraum von Potenzialabschätzung und Szenarien läuft in der Shell BDH Hauswärme-Studie bis ins Jahr **2030**. Das Jahr 2030 ist einerseits ein wichtiger Zwischenschritt auf dem Weg nach 2050, dem Zieljahr der nationalen Energiewende. Andererseits lassen sich verlässliche Aussagen über die Perspektiven und Potenziale künftiger Techniken kaum über mehr als 20 Jahre machen. Über einen Zeit-/Szenariohorizont von 20 Jahren gibt es eine ganze Reihe stabiler Aussagen und Zusammenhänge, so dass sich wichtige Trends einigermaßen sicher projizieren lassen. Auf der anderen Seite bleibt selbst bei einem Horizont von „nur“ 20 Jahren unsicher, ob bzw. welche neuen Hauswärmetechniken sich bis zum Ende des Szenariohorizonts im Hauswärmemarkt etablieren.

## AUTOREN & MITWIRKENDE

Die Shell BDH Hauswärme-Studie wurde zusammen mit dem **Hamburgischen WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)** erstellt. Das HWWI bearbeitet ein breites Spektrum volkswirtschaftlicher Fragestellungen; darunter die Themenschwerpunkte Immobilienmärkte, Umwelt und Klima sowie Energie und Rohstoffmärkte.

Dem HWWI oblag insbesondere die Entwicklung, Berechnung und Analyse der Szenarien zur künftigen Entwicklung des Hauswärmemarktes im zweiten Teil der Studie. Die wissenschaftliche Leitung lag hier bei Professor Dr. Michael Bräuninger; die Wohnungsmarktprognosen hat Professor Dr. Alkis Otto erstellt; an der Szenarien-Modellierung haben Diplom-Volkswirt Lars Ehrlich und Diplom-Volkswirt Leon Leschus mitgearbeitet.

Die Beschreibung und Abschätzung der Perspektiven unterschiedlicher Heiztechniken und -systeme und die Bereitstellung technisch-ökonomischer Eingangsdaten für das Szenario-Modell leistete das **Institut für Technische Gebäudeausrüstung (ITG)** Dresden, Professor Dr. Bert Oschatz und Diplom-Ingenieurin Bettina Mailach. Das ITG erbringt forschungsorientierte Dienstleistungen auf dem

Gebiet der technischen Gebäudeausrüstung, darunter Heizungs- und Lüftungstechnik sowie Anlagen- und Systemtechnik.

Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen in den Szenarien wurden ferner von Diplom-Biologe Horst Fehrenbach vom **IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung**, Heidelberg aktualisierte spezifische Treibhausgasemissionsfaktoren in einer Kurzex-pertise zusammengestellt; eine Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich im Szenarien-Teil der Shell BDH Hauswärme-Studie.

Die Projektleitung lag bei Dr. Jörg Adolf, Shell Deutschland; Analysen technischer Potenziale erfolgten durch Diplom-Wirtschaftsin-genieur Uwe Schabla, ebenfalls Shell Deutschland. Auf Seiten des BDH wirkten Andreas Lücke M.A. und Dr. Lothar Breidenbach an der Erstellung der Studie mit, insbesondere bei der Bereitstellung von Marktabschätzungen und technischer Expertise.

Zusätzlich wurde eine Reihe von Experten und Entscheidungsträgern aus Wissenschaft, Unternehmen, Verbänden und Politik befragt, denen Shell und der BDH an dieser Stelle ihren Dank aussprechen.

## GEGENSTAND DER UNTERSUCHUNG

Gegenstand der Shell BDH Hauswärme-Studie ist die häusliche Wärmeversorgung; das heißt, im Folgenden wird ausschließlich die Wärmeversorgung von **Wohngebäuden** untersucht, die für die Wohnversorgung von Haushalten bestimmt sind. Zusätzlich zur Shell Hauswärme-Studie (2011) kann der Wohnungssektor wesentlich differenzierter betrachtet werden, so können Wohnungen bzw. Wohngebäude getrennt nach Ein- und Zweifamilienhäusern sowie nach Mehrfamilienhäusern dargestellt werden. Nichtwohngebäude wie Büro- und Verwaltungsgebäude oder Betriebs- und Fabrikgebäude sind nicht Gegenstand der Untersuchung, auch wenn Erkenntnisse der Heiztechnik vielfach hierauf übertragbar sind.

Energie zur Anwendung im Wohnbereich kann unterschiedlichen Zwecken dienen. Sie wird zur Wohnraumbeheizung, für die Warmwasserbereitstellung, zum Kochen, Kühlen oder Gefrieren oder für die Beleuchtung benötigt. Der mit Abstand wichtigste Anwendungszweck ist die Bereitstellung von **Raumwärme** zur Beheizung von Wohnraum. Der zweitwichtigste Anwendungszweck von Energie im Haushalt ist die Bereitstellung von **Warmwasser**. Bei verbesserter Gebäudeeffizienz gewinnt die Warmwasserbereitung relativ eine (immer) größere Bedeutung. Anders als die Shell Hauswärme-Studie (2011) bezieht die Shell BDH Hauswärme-Studie auch den Energieverbrauch für die Warmwassererzeugung mit ein. Unter Hauswärme werden daher in dieser Studie die Bereitstellung von Raumwärme UND Warmwasser für Wohnungen bzw. private Haushalte verstanden.

Energie wird heute jedoch nicht nur für die Bereitstellung von Hauswärme, sondern auch zur Kühlung bzw. Klimatisierung von Räumen genutzt. Zwar sind Lüftungsanlagen inzwischen integraler Bestandteil moderner Hauskonzepte – vor allem im Neubau. Auch mag die ein oder andere Elektro-Wärmepumpe zur Wohnraum-Kühlung eingesetzt werden. Dennoch erfolgt die Klimatisierung von Gebäuden in Deutschland nach wie vor fast ausschließlich im Bereich gewerblicher Immobilien. Klimatechnik wird in dieser Studie folglich nicht weiter untersucht.

Die Bilanzierung des Energieeinsatzes erfolgt anhand des **Endenergieverbrauchs**. Eine ressourcenökonomisch vollständige Bilanzierung des Energieverbrauchs müsste nach Primärenergieaufwand erfolgen; da jede Form der Energiegewinnung auch mit Aufwand verbunden ist. Für den Haushalt zählt jedoch letztendlich der Verbrauch des Brennstoffes oder sonstiger Energieträger. Denn für Endenergie bezahlt er, seinen Endenergieverbrauch kann er direkt beeinflussen. Zudem wird der Endenergieverbrauch auch statistisch sektoral erfasst und ausgewiesen. Untersuchungsgegenstand der Shell BDH Hauswärme-Studie sind daher Brennstoffe und weitere Heizenergien, das heißt Endenergie- und nicht Primärenergieträger.

Eine wesentlich breitere Rolle nehmen auch die **erneuerbaren Energien** ein. Nicht nur feste Biomasse (Holz), sondern auch Umwelt- und Solarwärme werden ausführlich untersucht. Im Gegensatz zur Shell Hauswärme-Studie (2011) werden jedoch Biogas und Bioöl hier nicht nochmals betrachtet.

Nicht untersucht wird auch der **Energiebedarf**. Der Energiebedarf wird in der Regel für typische Gebäude und durchschnittliches Nutzungsverhalten unter Normbedingungen nach standardisierten Verfahren „**errechnet**“. Der tatsächliche Energieverbrauch kann hiervon abweichen. Der Energiebedarf ist ein wichtiges Konzept für die Regulierung, die Bewertung und den Vergleich der Effizienz von (Wohn)Gebäuden und Heizanlagen. Für Verbraucher, Volkswirtschaft, Energie- und Klimapolitik relevanter ist letztendlich jedoch der tatsächliche bzw. „gemessene“ Energieverbrauch.

Anders als beim Energieverbrauch erfolgt im Bereich der **Treibhausgasemissionen** durch Miterfassung und Zuweisung der Vorkettenemissionen auf die Endenergieträger – und anders in der nationalen Emissionsberichterstattung – eine vollständige Bilanzierung der Treibhausgasemissionen. Denn die Betrachtung nur der direkten Treibhausgasemissionen kann zu starken Verzerrungen bei Energieträgervergleichen führen. So weisen alternative Energien ebenso wie Strom und Fernwärme nur geringe bis keine direkten Emissionen, dafür aber oft nicht zu vernachlässigende Vorkettenemissionen auf.

Schließlich fallen bei der häuslichen Wärmeversorgung Kosten an – zum einen für **Investitionen** in Gebäude bzw. Heiztechnik, zum anderen für Brennstoffe bzw. Heizenergieträger. Anders als in der vormaligen Shell Hauswärme-Studie (2011) werden in der neuen Shell BDH Hauswärme-Studie auch **Brennstoffkosten**(einsparungen) erfasst. Denn Brennstoffkosten stellen in der Regel eine wichtige Position bei den Energieausgaben der Haushalte dar.

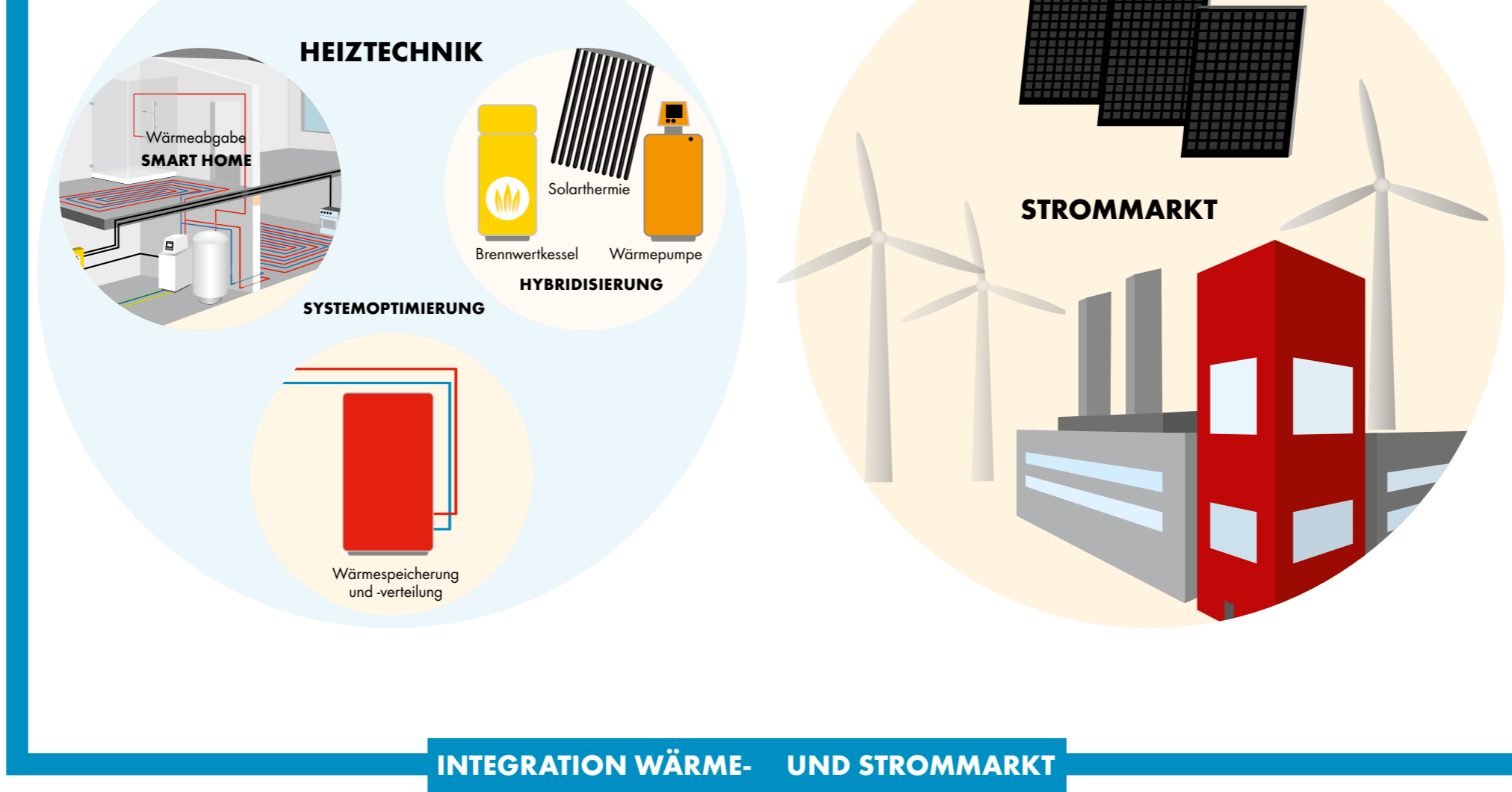
## ADRESSATEN UND WEITERE INFORMATIONEN

Die Shell BDH Hauswärme-Studie wendet sich sowohl an Experten und Entscheider in Unternehmen, Verbänden und Politik als auch an interessierte Bürger und Verbraucher. Ziel der neuen Hauswärme-Studie ist es dabei, „nützliche“ Information zum Thema Hauswärme,

insbesondere zu Heiztechnik und Energie zur Verfügung zu stellen. Weitere Informationen sind im Internet abrufbar unter:

[www.shell.de/hauswaermestudie](http://www.shell.de/hauswaermestudie)  
[www.bdh-koeln.de/shellbdhhauswaermestudie](http://www.bdh-koeln.de/shellbdhhauswaermestudie)

## 2



# HEIZSYSTEME – TECHNIK UND POTENZIALE

**Unter Heiztechnik werden die zur Erzeugung von Wärme in Wohngebäuden eingesetzten Geräte und Technologien verstanden. Zentrale Funktion von Heiztechnik ist es, Brennstoffe bzw. Energieträger möglichst effizient in Nutzwärme für Heizung und Warmwasser umzuwandeln.**

Während Einzelheizungen als Zusatzheizungen eine eher untergeordnete Rolle spielen, dominieren heute zentrale Heizungsanlagen. Diese bestehen aus einem Wärmeerzeuger, der Wärme an zentraler Stelle erzeugt, welche in der Regel mittels Wasser durch ein (Zwei-)Rohrsystem zu den angeschlossenen Heizflächen in den Wohnraum geführt wird. Heizungsanlagen können nach verschiedenen Gesichtspunkten unterteilt werden. Nach der Art des verwendeten Energieträgers unterscheidet man zwischen Gas-, Öl- und Festbrennstoffheizungen, Fernwärme- und Stromheizungen sowie solarthermischen Anlagen. Festbrennstoffheizungen als

Einzelfeuerstätten mit Holz und/oder Kohle dominierten lange Zeit im Wohnbereich. Diese wurden in der Zeit des „billigen Öls“ in den sechziger Jahren zunehmend von Ölheizungen abgelöst. Mit dem Aufkommen von Erdgas als Energieträger setzten sich in den achtziger Jahren Gaskessel durch. Inzwischen sind ca. 80% aller zentralen Heizsysteme entweder Gas- oder Ölheizungen. Diese werden teilweise durch solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung/ Heizungsunterstützung ergänzt. Nachts von Grundlastkraftwerken erzeugter Strom wurde in Nachtspeicheröfen eingesetzt, Fernwärme aus Heizwerken bzw. Heizkraftwerken von Fernwärmeheizungen abgenommen.

Doch nicht nur die verwendeten Brennstoffe, auch die Heiztechnik selbst hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert. Der Standard- bzw. auch Konstanttemperaturkessel für Öl- und Gasheizungen wurde zunächst von der Niedertemperatur- und später von der Brennwerttechnik abgelöst. Seit

1998 sind Standard- bzw. Konstanttemperaturkessel für Öl und Gas nicht mehr zulässig, heute ist der Einsatz von Niedertemperatur- und Brennwertkesseln möglich. Während Nachtspeicheröfen auslaufen (sollen), etablieren sich zunehmend elektrische Wärmepumpen im Wohnungsneubaubereich. Holz erlebt mit dem Holzvergaserkessel, dem Pelletkessel, dem Hackschnitzkessel oder auch mit Einzelfeuerungen (Kaminöfen) eine gewisse Renaissance. Weitere neue Heiztechniken wie brennstoffbetriebene Wärmepumpen oder auch die Brennstoffzelle befinden sich in der Markteinführung bzw. kurz davor. Der Ausbau einer netzgebundenen Wärmeversorgung erfolgt heute vorrangig im Nahwärmebereich. Die Erzeugung von Nah- und Fernwärme erfolgt bei modernen Anlagen oft auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung.

Im Folgenden werden Stand und Perspektiven aktueller und künftiger Heiztechniken untersucht. Dabei werden Funktionsweise und technische Anforderungen, Einsatzgebiete

bzw. -grenzen, jeweiliger Stand der Technik sowie Markttrends und Perspektiven dargestellt. Zu den wichtigsten Heiztechniken der Gegenwart gehören Gas- und Öl-Brennwerttechnik, solarthermische Anlagen, elektrische Wärmepumpen und Holzessel. In der Markteinführung bzw. kurz davor befinden sich Mikro-KWK-Anlagen, brennstoffbetriebene Wärmepumpen und Brennstoffzellengeräte. Heiztechniken, die Wärme außerhalb des Gebäudes erzeugen (Nah- und Fernwärme),

werden nicht näher dargestellt, wohl aber im Szenario betrachtet.

Den Stand moderner Heiztechnik bildet der Neugerätemarkt ab. Einen Überblick über die Präsenz verschiedener Heiztechniken im Neugerätemarkt gibt Abbildung 1. Für einen Technologiewechsel im Heizgerätebestand bedarf es erheblicher Zeiträume. Zunächst müssen sich neue Heiztechniken im Neugerätemarkt durchsetzen, anschließend dann

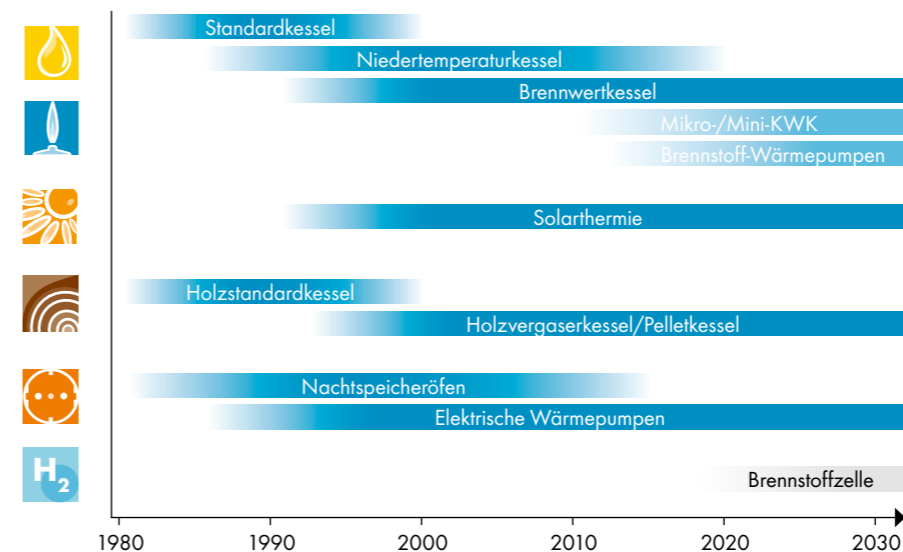
## 2/SCHNITTSTELLEN UND INTEGRATION HEIZTECHNIK

im Gerätebestand. Heizungsanlagen weisen Lebensdauern von 20 Jahren und mehr auf. Heiztechniken, die vom Neugerätemarkt bereits verschwunden sind, sind im Bestand meist noch lange vorzufinden. So befinden sich heute noch rund 2,5 Mio. Gas- und Öl-Standardkessel im Heizungsbestand, obwohl sie seit etwa 15 Jahren nicht mehr eingebaut werden dürfen.

Effiziente Heiztechnik ist zur Erzielung substanzieller Energie- und Treibhausgaseinsparpotenziale notwendig, reicht allein aber nicht aus. Hierfür müssen alle Komponenten des Heizungssystems aufeinander abgestimmt sein. Wärmeerzeugung, Wärmespeicherung, Wärmeverteilung und Wärmeübertragung sind als Gesamtsystem zu betrachten.

Wichtige Fragestellungen hierzu, wie die Integration verschiedener Wärmeerzeuger in eine Heizungsanlage (Hybridisierung), die Systemoptimierung (Heizungsregelung, Hocheffizienzpumpe und hydraulischer Abgleich), die Warmwasserbereitung, deren Bedeutung bei effizienteren Gebäudestandards immer wichtiger wird, Lüftungsanlagen sowie die verstärkte Integration von Hauswärme- und Stromerzeugung (Smart-Grid/Smart-Home) werden im Anschluss an die Wärmeerzeuger diskutiert.

### 1/HEIZTECHNIK IM WANDEL (NEUGERÄTE)



## ÖL- UND GAS-BRENNWERTTECHNIK

### FUNKTIONSWEISE & TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Die im Gerätebestand dominierenden Nieder- und Konstanttemperaturkessel nutzen nur die bei der Verbrennung von Brennstoffen entstehende Wärme – auch Heizwert genannt. Brennwertkessel sind dagegen Heizkessel, die zusätzlich auch die in den Verbrennungsabgasen enthaltene latente Wärme in Form von Wasserdampf und damit (fast) den gesamten Energiegehalt von Brennstoffen (Brennwert) nutzen. Hierfür findet eine stärkere Abkühlung der Verbrennungsgase und damit des bei der Verbrennung entstehenden Wasserdampfes bis zur (Teil-)Kondensation statt.

Für die Abkühlung der Abgase und die gewünschte Kondensation sind möglichst geringe Rücklauftemperaturen aus dem Heizungsnetz notwendig. Vor- und Rücklauftemperaturen von 55/45°C oder geringer sind optimal. Eine (Teil-)Brennwertnutzung kann aber auch bei höheren Auslegungstemperaturen bis 70/55°C erfolgen, da durch eine witterungsgeführte Regelung die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen in Abhängigkeit von der Außentemperatur gleitend abgesenkt werden. Während der Heizperiode treten oft Bedingungen auf, die Rücklauftemperaturen für eine Brennwertnutzung ermöglichen. Moderne Brennwertkessel verfügen zudem über modulierende Brenner, so dass die Leistung an den jeweiligen Bedarf angepasst werden kann.

Die Kondensation der Abgase erfordert konstruktive Maßnahmen am Heizkessel und am Abgassystem. So müssen Wärmeübertrager und Abgasleitung aus korrosionsbeständigen Werkstoffen, wie etwa Edelstahl, bestehen. Auf Grund der niedrigen Abgastemperaturen werden in der Regel Kunststoffabgasleitungen eingesetzt, die Abgasführung muss jedoch ventilatorgestützt erfolgen. Brennwertgeräte können sowohl raumluftabhängig, als auch raumlufunabhängig mit einem Luft-Abgas-System oder mit einer separaten Zulufteitung betrieben werden. Damit entfallen bei raumlufunabhängiger Betriebsweise die sonst erforderlichen Zuluftöffnungen durch die Gebäudehülle, ungewollte Infiltrationsverluste werden vermieden.

Moderne Brennwertkessel sind, je nach Bauart, für den Betrieb mit Heizöl EL schwefelarm oder Erdgas, auch mit biogenen Beimischungen, geeignet. Das anfallende

Kondenswasser muss aufgefangen und in das Abwassernetz eingeleitet werden, dies kann bei Heizkesseln mit einer Nennleistung bis 200 kW ohne zusätzliche Neutralisation erfolgen.

Der Nutzungsgrad wird heute physikalisch korrekt auf den Brennwert bezogen. Brennwertkessel erreichen Nutzungsgrade zwischen 96% und 99%. Durch die nahezu vollständige Ausnutzung des Brennstoffes werden gegenüber Niedertemperaturkesseln allein durch den Kessel sowohl theoretisch als auch praktisch meist Energieeinsparungen zwischen 10% und 15% erzielt.

### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

**Neubau**  
Brennwertkessel sind für den Wohngebäude-neubau in Verbindung mit Fußboden- oder Heizkörperheizungen mit niedrigen Systemtemperaturen geeignet. Sie können problemlos mit thermischen Solaranlagen für Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung kombiniert werden. Brennwert-Solarthermie-Kombinationen erfüllen so die Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetzes (EEWärmeG 2011) zur Nutzung erneuerbarer Energien.

### Modernisierung

Auch bei der Modernisierung von Heizungsanlagen können Brennwertkessel in der Regel ohne Probleme eingesetzt werden. Im Bestand sind oft überdimensionierte

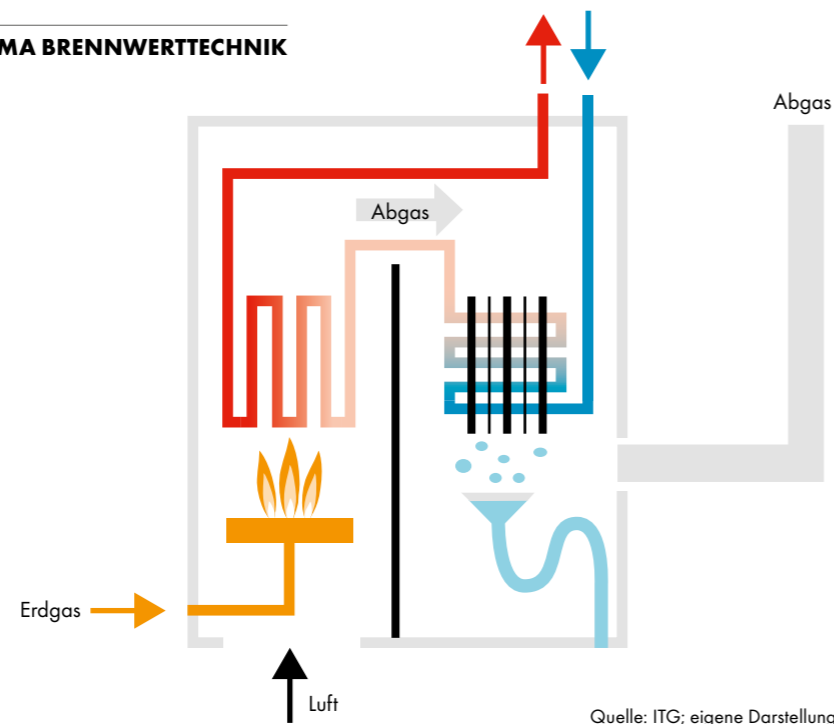
Heizkörper zu finden bzw. es wurden bereits Wärmedämmmaßnahmen an der Gebäudehülle durchgeführt, die eine Absenkung der Systemtemperaturen ermöglichen. Der Betrieb ist auch mit hohen Vorlauftemperaturen möglich. Vorhandene Schornsteine können meist leicht mit starren oder flexiblen Kunststoff- oder Edelstahlsystemen saniert werden.

### STAND DER TECHNIK

Brennwerttechnik ist seit etwa 20 Jahren auf dem Markt und weitgehend ausgereift. In Wohngebäuden werden keine Standard-Kessel mehr eingebaut. Gas-Niedertemperatur-Kessel sind vom Brennwertkessel weitgehend zurückgedrängt worden und praktisch nur noch beim Austausch von Gas-Etagenheizungen in Mehrfamilienhäusern zu finden. Bei Öl-Heizungen vollzieht sich der Übergang zur Brennwerttechnik mit etwas Zeitverzögerung, aber auch hier ist die Brennwerttechnik inzwischen marktbestimmend.

Für den Einsatz in Gebäuden mit geringem Wärmebedarf sind modulierende Brenner kleiner Leistung erforderlich. Durch Entwicklungen wie der Kalten Flammen Technologie und dem vermehrten Einsatz von vorverdampfenden Brennertechnologien können auch bei Nutzung flüssiger Brennstoffe analog zu gasförmigen Brennstoffen Vormischtechniken realisiert werden, die eine hohe Modulierbarkeit des Brenners und damit eine Anpassung der Leistung an den jeweiligen Bedarf ermöglichen (IWO 2011).

### 3/SCHEMA BRENNWERTTECHNIK



### MARKTTRENDS & PERSPEKTIVEN

Öl-/Gas-Brennwertkessel stellen in Kombination mit thermischen Solaranlagen im Neubau bzw. im Bestand auch in Zukunft wirtschaftliche und energieeffiziente Lösungen dar. Öl-Brennwertkessel sind vom Versorgungsnetz unabhängig in Kombination mit thermischen Solaranlagen als Referenzanlagentechnik in der EnEV 2009 vorgesehen. 2012 wurden ca. 458.000 Brennwertgeräte eingebaut (Marktanteil: etwa 60%), der Absatz in den vergangenen drei Jahren ist leicht steigend (BDH 2012).

## SOLARTHERMIE

### FUNKTIONSWEISE UND TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Solarthermische Anlagen nutzen die Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Wärmeversorgung von Gebäuden. Wesentliche Komponenten einer thermischen Solaranlage sind Solarkollektor, Wärmespeicher und Solarkreislauf. Die Anlagen werden in der Regel bivalent, das heißt in Verbindung mit einem zweiten Wärmeerzeuger ausgeführt. Häufig werden solarthermische Anlagen mit Öl- und Gaskesseln kombiniert. Kernstück des Solarkollektors ist der Absorber, dessen meist schwarze Oberfläche einfallendes Sonnenlicht aufnimmt. Nach Art des Absorbers unterscheidet man zwei Kollektortypen: Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren. Vorrangig eingesetzt werden in Deutschland Flachkollektoren, sie bestehen aus selektiv beschichteten Hochleistungsabsorbieren. Vakuum-Röhrenkollektoren erzielen auf Grund der Vakuumdämmung in der Regel höhere Erträge als Flachkollektoren und benötigen somit für den gleichen Ertrag weniger Fläche, sie sind in der Anschaffung jedoch teurer. Für alle Anwendungen stehen ausgereifte Speichertypen, wie bivalente Trinkwarmwasserspeicher, Pufferspeicher oder Kombispeicher mit integrierter Trinkwassererwärmung zur Verfügung.

Thermische Solaranlagen können zur Trinkwassererwärmung allein oder auch zusätzlich zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Bei der Bereitstellung von Warmwasser durch Solarthermie ist das Ziel eine möglichst vollständige Deckung des Warmwasserbedarfes im Sommer, so dass der zweite Wärmeerzeuger abgeschaltet werden kann. Der durchschnittliche jährliche Deckungsgrad für Trinkwassererwärmung liegt bei etwa 60%. Soll neben der Trinkwassererwärmung auch die Raumheizung unterstützt werden, vergrößert sich die Kollektorfläche um das

2- bis 2,5-fache. Die Brennstoffeinsparung heizungsunterstützender Systeme liegt zwischen 10% und 30%, je nach Dämmung des Gebäudes.

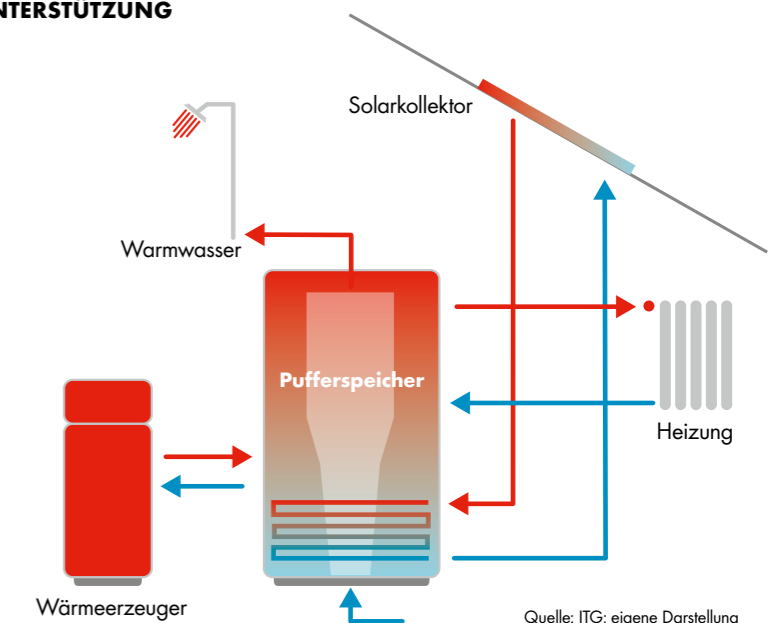
### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

Thermische Solaranlagen finden sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung im Bestand Anwendung. Im Neubau erfüllt sie durch Nutzung erneuerbarer Energien die Anforderungen des EEWärmeG, wenn mindestens 15% des Wärmeenergiebedarfes solar gedeckt werden oder eine Mindestkollektorfläche von 0,04m<sup>2</sup> (EFH/ZFH) bzw. 0,03m<sup>2</sup> (MFH) je m<sup>2</sup> Nutzfläche installiert wird (EEWärmeG 2011). Für typische Einfamilienhäuser ergeben sich damit Kollektorflächen zwischen 6 m<sup>2</sup> und 10 m<sup>2</sup>. Fast alle technischen Systeme im Wärmemarkt (außer KWK-Systeme) lassen sich sinnvoll mit einer solarthermischen Anlage kombinieren. Für die meisten Anwendungen sind fertige Systemlösungen verfügbar. Flachkollektoren finden als Aufdachlösung im Neubau und Bestand Anwendung, im Neubau werden zum Teil auch Indachlösungen installiert. Ebenso können Kollektoren mit einer Aufständigung auf Flachdächern oder an Fassaden installiert werden. Vorzugsweise sollte eine Ausrichtung zwischen Süd-Ost- und Süd-West-Richtung möglich sein. Dabei ist auf eine jahreszeitlich bedingte Verschattung durch Bäume oder Nachbarhäuser zu achten.

### STAND DER TECHNIK

Solarthermische Anlagen sind seit vielen Jahren Stand der Technik, die Komponenten sowie deren Kombination mit einem zweiten

### 4/SOLARANLAGE ZUR WARMWASSERAUFBEREITUNG UND HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG



Wärmeerzeuger bzw. Integration in ein bestehendes Heizungssystem sind weitgehend ausgereift. Als Teil der Referenzanlagentechnik der EnEV 2009 sind sie im Neubau etabliert, aber auch bei der Sanierung von Bestandsanlagen finden sie häufig Anwendung.

### MARKTTRENDS & PERSPEKTIVEN

Derzeit sind 1,66 Mio. thermische Solaranlagen mit einer Kollektorfläche von 15,3 Mio. m<sup>2</sup> installiert (BDH/BSW 2012). Ihr Haupt Einsatzgebiet ist die Trinkwarmwasserbereitung, zum Teil in Verbindung mit Heizungsunterstützung in Ein- und Zweifamilienhäusern. Seit 2011 wird jedoch nur noch heizungsunterstützende Solarthermie im Wohnungsbestand gefördert. Da die Anforderungen des EEWärmeG mit Hilfe von Solarthermie vergleichsweise einfach zu erfüllen sind, ist insbesondere im Neubau mit weiterem Zubau von Solarthermie zu rechnen.

## ELEKTRO-WÄRMEPUMPE

### FUNKTIONSWEISE UND TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Mit einer Wärmepumpe wird die in der Umwelt gespeicherte Sonnenenergie für Heizzwecke nutzbar gemacht. Als Medium zur Übertragung der Heizwärme wird fast ausschließlich Wasser verwendet, welches über Flächenheizungen oder Heizkörper die Wärme an den Raum abgibt. Entsprechend ihrer Wärmequelle werden diese Wärmepumpen in Luft-Wasser-, Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen unterschieden. Eine Ausnahme bilden Luft-Luft-Wärme-

pumpen, bei denen Luft direkt am Verflüssiger erwärmt und dem Raum zugeführt wird. Diese Systeme sind häufig in Niedrigstenergie- bzw. Passivhäusern zu finden; spielen aber in der Sanierung des Gebäudebestands eine untergeordnete Rolle.

Maßstab für die Effizienz einer Wärmepumpe ist die Jahresarbeitszahl, die das Verhältnis der im Jahr abgegebenen Nutzwärme bezogen auf die eingesetzte elektrische Energie angibt. Entscheidend dafür ist eine möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke. Je höher die Quelltemperatur und je niedriger die Systemtemperaturen (Vor- und Rücklauftemperatur) des Heizungssystems, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Besonders geeignet für Wärmepumpen sind daher Fußbodenheizungen, bedingt auch Radiatorheizungen mit Vorlauftemperaturen bis max. 55°C. Moderne Wärmepumpen können sowohl zum Heizen, zur Trinkwassererwärmung, als auch zum Lüften und Kühlen eines Gebäudes eingesetzt werden.

#### ■ Luft-Wasser-Wärmepumpe

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen als Wärmequelle die Außenluft (entweder als Innen- oder als Außenaufstellung) oder auch Abluft.

Der bauliche Aufwand für die Erschließung der Wärmequelle Luft ist gering, jedoch sinkt die Leistungszahl der Wärmepumpe mit der Außentemperatur. Vielfach wird daher die Wärmepumpe monoenergetisch mit einer elektrischen Nachheizung betrieben.

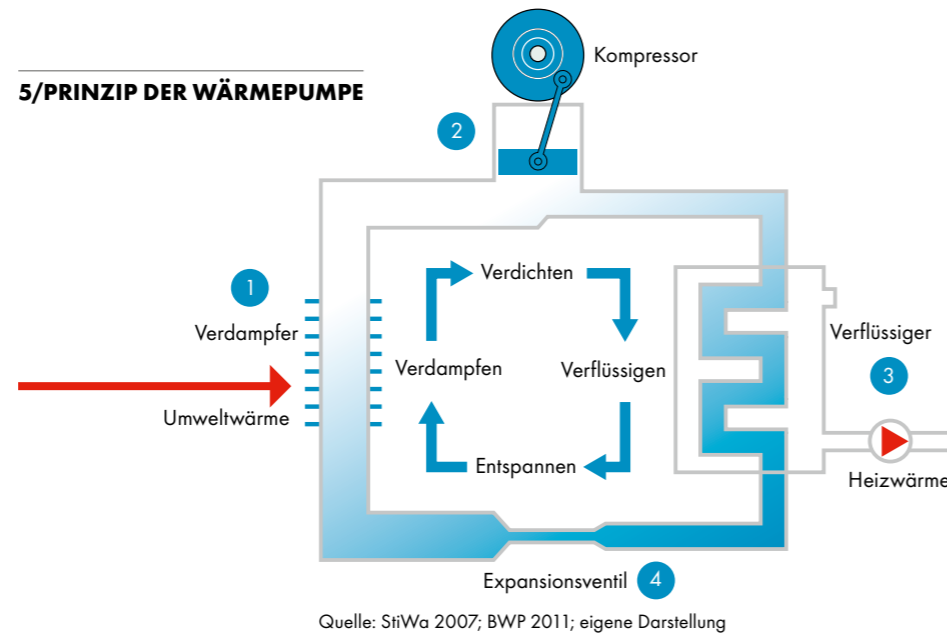
#### ■ Sole-Wasser-Wärmepumpe

Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen als Energiequelle die Erdwärme (auch oberflächennahe Geothermie), die sich durch nahezu konstante Temperaturen über das gesamte Jahr auszeichnet. Je nach Gegebenheiten kommen horizontal verlegte Erdkollektoren oder vertikal eingebrachte Erdsonden zum Einsatz. Für die Bohrung wird eine relativ geringe Fläche benötigt, das Grundstück muss aber genügend Platz für das Bohrgerät bieten. Für einen Flächen-/Erdkollektor ist eine ausreichend große Fläche notwendig, die nicht überbaut werden darf. Der Aufwand für die Erschließung der Wärmequelle Sole ist deutlich höher als bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, jedoch werden höhere Arbeitszahlen erzielt und ein monovalenter Betrieb der Sole-Wärmepumpe ist möglich.

#### ■ Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die über das Jahr nahezu gleichmäßige Tempe-

## 5/PRINZIP DER WÄRMEPUMPE



1. Im Verdampfer nimmt das Kältemittel die Wärme aus der Umwelt auf und verdampft.
2. Das gasförmige Kältemittel wird im Verdichter durch Kompression auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Dafür benötigt das Gerät elektrische Energie.
3. Im Verflüssiger gibt das Kältemittel die Wärmeenergie an den Heizkreislauf ab.
4. Nach der Entspannung des Kältemittels im Expansionsventil durchläuft es den Kreislauf erneut.

ratur des Grundwassers als Wärmequelle, damit sind hohe Arbeitszahlen erreichbar. Voraussetzung ist Grundwasser in ausreichender Menge, Temperatur und Qualität in nicht zu großer Tiefe. Zwei Brunnen für die Grundwasserentnahme (Förderbrunnen) und für die Rückführung (Schluckbrunnen) sind nötig. Die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle ist genehmigungspflichtig, der Planungsaufwand ist vergleichsweise hoch.

#### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN Neubau

Haupteinsatzgebiet für Wärmepumpen ist der Neubau von Wohngebäuden mit einem niedrigen Wärmebedarf. Durch Nutzung von Erdwärme (Geothermie) und Umweltwärme können die primärenergetischen Anforderungen von EnEV 2009 (EnEV 2009) und die Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien nach dem EEWärmeG (EEWärmeG 2011) unproblematisch erfüllt werden.

#### Modernisierung

Für einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe bei der Sanierung im Bestand ist es erforderlich, dass das Heizsystem mit niedrigen Systemtemperaturen betrieben werden kann. Infolge der hohen Kosten und des Bohraufwandes sind Sole- oder Wasser-Wärmepumpen in älteren oder teilsanierten Gebäuden eher unüblich. Wärmepumpen finden auch in der Modernisierung in Verbindung mit einem bestehenden Gas- oder

Ölkessel und einem Pufferspeicher als Hybridheizung ihren Einsatz.

#### STAND DER TECHNIK

Die in Feldtests gemessenen mittleren Jahresarbeitszahlen liegen bei etwa 2,7 für Luft-Wasser-Wärmepumpen und 3,6 für Sole-Wasser-Wärmepumpen (ISE 2010, 2011). Für die Einhaltung des EEWärmeG (EEWärmeG 2011) sind rechnerische Mindest-Jahresarbeitszahlen vorgegeben, die in der Regel nach VDI 4650 (VDI 2009) zu bestimmen sind.

#### MARKTTRENDS & PERSPEKTIVEN

Die Absatzzahlen sind in den letzten Jahren auf Grund steigender Energiepreise, Fördermaßnahmen und der Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien im Neubau (EEWärmeG 2011) gestiegen. Ihr Marktanteil beträgt 2012 mit 60.600 verkauften Wärmepumpen ca. 9% (BDH 2012). Dabei sind Luft-Wasser-Wärmepumpen deutlich in der Mehrzahl, was auf höhere Investitionen und den Bohraufwand bei Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen zurückzuführen ist (BWP 2012). Mit der zu erwartenden Novellierung der Energieeinsparverordnung ist eine weitere Verschärfung der Anforderungen an Neubauten in den nächsten Jahren verbunden, dies wird den Einsatz von Wärmepumpen im Neubau antreiben. Der Einfluss der zukünftigen Strompreisentwicklung auf den Absatz von Wärmepumpen kann gegenwärtig nicht sicher bewertet werden.

## BIOMASSE/ HOLZFEUERUNGEN

### FUNKTIONSWEISE & TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Anlagen für feste Biomasse verwenden regenerative, oft einheimische Rohstoffe. Dabei ist grundsätzlich zwischen Einzelfeuerungen, die nur den sie umgebenden Raum beheizen und Holz-Zentralheizungen, die Wärme an einen Wärmeträger (Wasser) abgeben, zu unterscheiden. Einzelfeuerungen sind zumeist Kaminöfen für Stückholz oder Holzpellets, Holz-Zentralheizungen können je nach Bauart entweder mit Scheit-/Stückholz, Pellets oder Hackschnitzeln bzw. auch mit unterschiedlichen Holzarten betrieben werden. Sie sind als alleiniger Wärmeerzeuger einsetzbar, können aber auch in bestehende Anlagen eingebunden werden und eignen sich damit besonders auch für den bivalenten Betrieb im Zuge einer Modernisierung.

#### ■ Einzelfeuerstätte: Kaminöfen

Kaminöfen sind als Alternativheizung vorrangig in Ein-/Zweifamilienhäusern zu finden und dienen hauptsächlich der Behaglichkeit. Verfügt der Kaminofen über eine Wassertasche, kann er in das vorhandene Heizsystem über einen Pufferspeicher integriert werden.

#### ■ Scheit-/Stückholzkessel

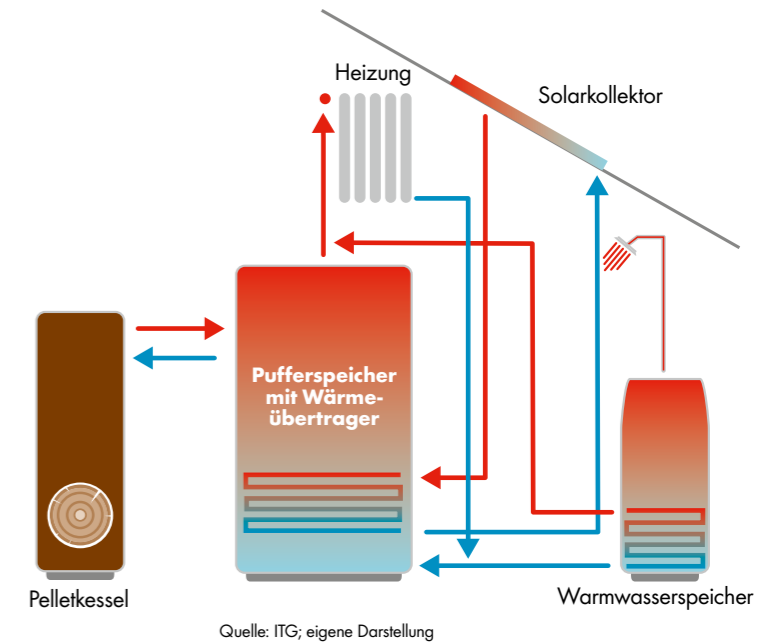
Moderne Scheit-/Stückholzkessel werden als Holzvergaserkessel ausgeführt. Die Flammenführung und Heizgasumlenkung garantieren hohe Wirkungsgrade bei niedrigen Emissionswerten. Der Kessel wird gefüllt und brennt dann mehrere Stunden aus. Da Scheit-/Stückholzkessel von Hand beschickt werden müssen, werden sie vorrangig in Ein- und Zweifamilienhäusern oder in Nahwärmenetzen eingesetzt.

#### ■ Pellet-/Hackschnitzelkessel

Pellet- und Hackschnitzelanlagen werden in der Regel mit einer vollautomatischen Brennstoffversorgung vom Lagerraum zum Kessel (Schnecken- oder Vakuumsystem) ausgerüstet und bieten damit den gleichen Komfort wie andere Zentralheizungen. Pellets weisen bessere Verbrennungs- und Transporteigenschaften als Scheit-/Stückholz auf. Hackschnitzel und Pellets werden in Lagerräumen oder Pelletsilos gelagert. Bei modernen Pelletkesseln ist die Brennerleistung regelbar, der Modulationsbereich ist jedoch brennstoffbedingt kleiner als bei Gasbrennern.

Holz-, Pellet- und Hackschnitzelkessel sind thermisch vergleichsweise träge. Die Kessel werden in der Regel mit einem Pufferspeicher

## 6/PELLETKESEL MIT SOLARER TRINKWASSERERWÄRMUNG



gekoppelt, aus dem dann bedarfsweise die Wärme abgerufen werden kann.

Moderne Holzvergaserkessel und Pelletkessel erreichen im stationären Betrieb Wirkungsgrade von 90–95%, die Jahresnutzungsgrade sind jedoch deutlich geringer. Werden Holz-Zentralheizungen mit solarthermischen Anlagen kombiniert, kann die Kesselaufzeit im Sommer minimiert und die Energieeffizienz gesteigert werden.

#### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

Für die Lagerung von Scheit-/Stückholz, Pellets oder Hackschnitzeln muss eine ausreichend große Fläche zur Verfügung stehen. Diese sollten bei Pellets oder Hackschnitzeln möglichst nah am Heizraum liegen, um die automatische Zufuhr zum Kessel zu gewährleisten. Die Investitionskosten für Biomasseanlagen sind vergleichsweise hoch, dafür ist der Brennstoffpreis je kWh relativ günstig. Pelletkessel werden eher im kleineren Nenn-Wärmeleistungsbereich für Ein-/Zweifamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser angeboten, Hackschnitzelkessel eignen sich eher für Gebäude mit höherem Wärmebedarf. Auf Grund der Handbeschickung finden Holzvergaserkessel hauptsächlich in Ein-/Zweifamilienhäusern Anwendung.

#### STAND DER TECHNIK

Moderne zentrale Holzfeuerungen, insbesondere Holzvergaserkessel, erreichen heute höhere Wirkungsgrade als in der Vergangenheit, diese liegen aber immer noch deutlich unter denen der Gas- und Öl-Brennwerttech-

nik. Pelletkessel bieten überdies den Komfort einer automatischen Beschickung. Auf dem Markt sind fertige Systemlösungen mit und ohne solare Warmwasserbereitung, bei denen die Komponenten genau aufeinander abgestimmt sind, verfügbar. Einzelfeuerungen weisen ein sehr breites Spektrum von Ausstattungen und damit auch Wirkungsgraden auf. Die Anforderungen an die Abgasemissionen von Holzfeuerungen wurden jüngst verschärft (BlmSchV 2010).

#### MARKTTRENDS & PERSPEKTIVEN

Der Marktanteil beträgt 2012 mit etwa 30.000 verkauften zentralen Biomasse-Wärmeerzeugern ca. 4% (BDH 2012). Damit ist er in den letzten drei Jahren zwar gleichbleibend, liegt aber deutlich unter dem Niveau von 2006. Mit der zu erwartenden Novellierung der Energieeinsparverordnung ist eine weitere Verschärfung der primärenergetischen Anforderungen an Neubauten in den nächsten Jahren verbunden. Bleibt es bei der sehr günstigen (ausschließlich auf die nicht erneuerbare Primärenergie bezogenen) Bewertung von Holz in der EnEV, könnte dies den Einsatz von Biomassekesseln weiter antreiben.

Der Absatz von Kaminöfen als modernes Lifestyle-Produkt hält an; die Verschärfung der 1. BImSchV (BImSchV 2010) könnte in den kommenden Jahren zu einem entsprechenden Modernisierungsbedarf führen. Zudem könnten Holzfeuerungen im Bestand bei entsprechender Preisentwicklung zur Energiekostensenkung beitragen.



## KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

### FUNKTIONSWEISE & TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Bei der gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und Strom spricht man von Kraft-Wärme-Kopplung. Man unterscheidet bei den Basistechnologien zwischen internen oder externen Verbrennungsmotoren (z. B. Otto-Motoren oder Stirling-Motoren), Brennstoffzellen und Dampfexpansionsmaschinen. Als Brennstoff kommen gasförmige und flüssige Energieträger wie Erdgas, Bio(erd)gas, Heizöl oder Bioöl zum Einsatz. Je nach Bedarf und Anforderungen stehen KWK-Anlagen von wenigen kW bis zu Leistungen von vielen MW zur Verfügung; üblich ist die rechts oben abgebildete Einteilung.

Die in KWK-Anlagen erzeugte elektrische Energie wird im Gebäude selbst verbraucht oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die dabei entstehende Wärme wird für Heizung und Warmwasserbereitung im Gebäude verwendet, kann aber auch im Gewerbe als Prozesswärme für technische Anwendungen eingesetzt werden. Marktgängige motorische Mini-/Mikro-KWK-Systeme erreichen üblicherweise heizwertbezogene elektrische Nutzungsgrade von 10% bis 30%, die thermischen Nutzungsgrade liegen bei 65% bis 80%. In Summe ergeben sich Gesamt-Nutzungsgrade von etwa 80% bis über 90%. Brennwertbezogen werden Gesamt-Nutzungsgrade von 75% bis 85% erreicht. Für den Betreiber ergeben sich Vorteile durch die Verringerung des Strombezugs, die Vermeidung von Netznutzungsentgelten und die Vergütung des eingespeisten Stroms zuzüglich gesetzlicher Förderung. Beim Einsatz von Heizöl oder Erdgas wird die Energiesteuer zurückerstattet, außerdem wird eine Befreiung der EEG-Umlage diskutiert.

### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

KWK-Anlagen werden in der Regel nach dem Wärmebedarf ausgelegt und betrieben, das heißt, nur wenn Wärme benötigt wird, wird auch Strom erzeugt. Günstige Voraussetzungen für den KWK-Einsatz sind ein ganzjähriger Strom- und Wärmebedarf. Die Mini-/Mikro-KWK-Anlagen werden in der Regel zusätzlich mit einem Pufferspeicher gekoppelt, aus dem bedarfsweise die Wärme abgerufen werden kann.

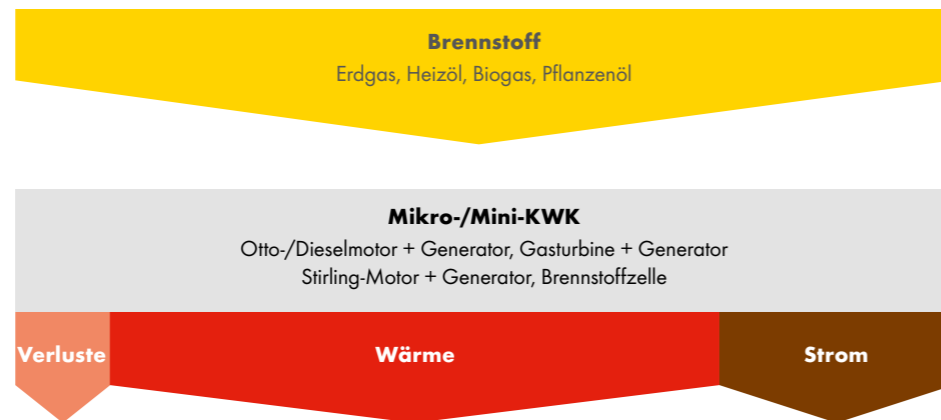
Mini-KWK-Anlagen mit einem internen Verbrennungsmotor sind in Gebäuden mit höherem Wärmebedarf, wie beispielsweise Mehrfamilienhäuser oder in der Sanierung von Einfamilienhäusern einsetzbar, bei denen

### 7/KWK, MIKRO-KWK- UND MINI-KWK-ANLAGEN

	Elektrische Leistung	Einsatzgebiet	Vorwiegende Technologie
Mikro-KWK	bis etwa 2 kW <sub>el</sub>	Ein-/Zweifamilienhäuser	Stirling-Motor, Gas-Verbrennungsmotor
Mini-KWK	bis etwa 50 kW <sub>el</sub>	Mehrfamilienhäuser, Gewerbebetriebe	Otto-/Dieselmotor
KWK	> 50 kW <sub>el</sub>	Industrie, größere Wohngebäudekomplexe	Otto-/Dieselmotor, Gasturbinen, Dampfturbinen

Mikro-/Mini-KWK-Anlagen in Wohngebäuden werden auch als „stromerzeugende Heizung“ bezeichnet.

### 8/FUNKTIONSPRINZIPIEN DER BASISTECHNOLOGIEN



- Interner Verbrennungsmotor (Otto-/Dieselmotor)**  
**Durch Verbrennung des Brennstoffs Erzeugung von Wärme und mechanischer Energie, mit welcher in einem Generator Strom erzeugt wird.**
- Externer Verbrennungsmotor (Stirling-Motor)**  
**Durch äußere Zufuhr von Wärme erfolgt die Erwärmung eines gasförmigen Arbeitsmediums (z. B. Helium) innerhalb eines geschlossenen Zylinders. Das Gas expandiert und setzt einen Arbeitskolben in Bewegung, der den Generator antreibt. Es handelt sich hierbei um einen kontinuierlichen Prozess mit ständiger Erwärmung und Abkühlung des Arbeitsgases. Der elektrische Wirkungsgrad liegt deutlich unter denen von internen Verbrennungsmotoren.**
- Brennstoffzelle**  
**Nach Reformierung des Energieträgers (meist Erdgas) erfolgt eine elektrochemische Energieumwandlung von Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser. Dabei entsteht gleichzeitig Elektroenergie und Wärme. Der elektrische Wirkungsgrad liegt über dem von internen Verbrennungsmotoren. Bei der Reformierung entsteht CO<sub>2</sub>.**
- Dampfexpansionsmaschinen**  
**Wasser wird durch Erhitzen verdampft und dann durch Entspannung in einem Arbeitsraum wieder kondensiert. Dabei wird Wärme freigesetzt und gleichzeitig ein Kolben und damit der Generator angetrieben.**

sie als Grundlastversorger lange Laufzeiten erzielen. Der Wartungsaufwand motorischer KWK-Anlagen ist vergleichsweise hoch. Für die Abgasführung von Mikro-KWK und Spitzenlastkessel ist unter Umständen eine getrennte Abgasführung notwendig. Mikro-KWK-Geräte mit Stirling- oder Verbrennungsmotor sind auf Grund der kleinen Leistung auch für den Einsatz im Einfamilienhausbereich geeignet. Der Wartungsaufwand und die Geräuschemissionen von Stirling-Geräten sind gering.

### STAND DER TECHNIK

Die im Bereich der Mini-KWK dominierenden Anlagen mit einem internen Verbrennungsmotor, wie Otto- oder Dieselmotoren, entsprechen bereits seit vielen Jahren dem Stand der Technik und sind auf dem Markt verfügbar.

Die im Bereich der Mikro-KWK überwiegen den Stirlinggeräte wurden erst in den letzten Jahren schrittweise eingeführt und erlangten seitdem eine zunehmende Bedeutung.

### MARKTTRENDS & PERSPEKTIVEN

Die Zahl der am Markt angebotenen KWK-Geräte und deren Hersteller sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Für das Jahr 2012 kann von einem Absatz von etwa 6.000 Mini-/Mikro-KWK-Geräten ausgegan-

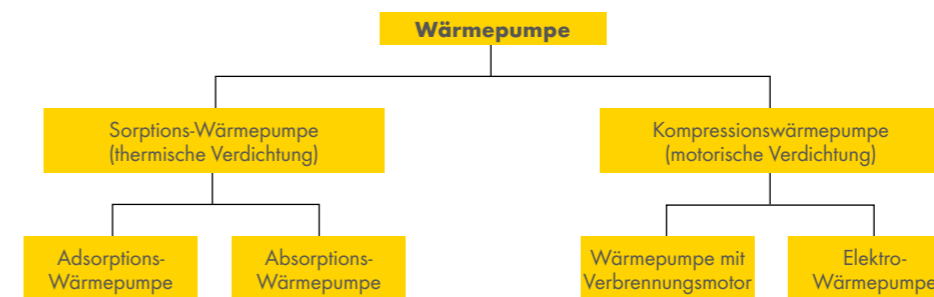
gen werden, von denen die Hälfte im Wohnungsmarkt eingesetzt wird. Mikro-KWK-Geräte machen derzeit davon einen Anteil von etwa 30% des Gesamtabsatzes aus und befinden sich in der Markteinführung. Brennstoffzellen sind noch in der Entwicklungs- und

Erprobungsphase, werden aber bei kontinuierlicher Weiterentwicklung in den nächsten Jahren das Angebot ergänzen. Dampfkraftmaschinen sind derzeit ohne Bedeutung.

## BRENNSTOFFBETRIEBENE WÄRMEPUMPE

### FUNKTIONSWEISE

Brennstoffbetriebene Wärmepumpen nutzen wie Elektro-Wärmepumpen die Umgebungswärme. Sie können entsprechend dem technischen Prinzip in Kompressions- und Sorptionswärmepumpen unterteilt werden.



Der Unterschied zwischen beiden Technologieprinzipien liegt in der Art der Verdichtung. Bei den Kompressions-Wärmepumpen kommt ein mechanischer Kompressor zum Einsatz, der über einen Elektro- oder Verbrennungsmotor angetrieben wird. Bei Sorptions-Wärmepumpen findet eine thermische Verdichtung über Sorption und Desorption statt. Brennstoffbetriebene Wärmepumpen werden derzeit als Motor-Wärmepumpen, Adsorptions- und Absorptions-Wärmepumpen ausgeführt. Als Umweltwärmequellen kommen grundsätzlich die von den elektrischen Wärmepumpen bekannten Quellen Luft, Wasser, Erdreich und zusätzlich auch Sonnenenergie aus Solarkollektoren zum Einsatz. Bedingt durch das Funktionsprinzip können die Wärmequellen jedoch deutlich kleiner dimensioniert werden. Ein mit Erdgas oder Heizöl betriebener Brenner führt die neben der Umweltwärme für den Betrieb zusätzlich benötigte Wärme zu. Brennstoffbetriebene Wärmepumpen können gegenüber Brennwertechnik nochmals deutliche Brennstoffeinsparungen erzielen.

### Wärmepumpe mit Verbrennungsmotor

Motorische Wärmepumpen basieren auf dem gleichen Funktionsprinzip wie elektrisch betriebene Wärmepumpen, der Betrieb des Verdichters erfolgt jedoch mit Brennstoff (derzeit Erdgas) anstelle von Elektroenergie. Die Funktionsweise der mit einem Verbrennungsmotor betriebenen Wärmepumpe gleicht der einer elektrischen Wärmepumpe und wird hier nicht näher erläutert.

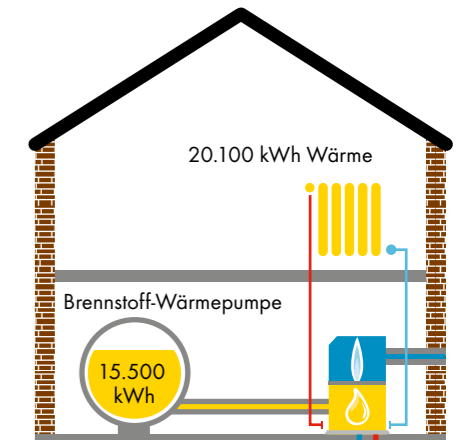
### Absorptions-Wärmepumpe

Bei einer Absorptionswärmepumpe wird das durch Einwirkung von Umweltwärme verdampfte Kältemittel in einer flüssigen Lösung, z. B. Ammoniak/Wasser oder Wasser/Lithiumbromid aufgenommen. Der Absorptionsprozess ist ein kontinuierlicher Prozess. Die nach VDI-Richtlinie VDI 4650 Blatt 2 (VDI 2010) ermittelten Jahresnutzungsgrade für Raumheizung liegen in Abhängigkeit von den Systemtemperaturen und der Wärmequelle zwischen 1,35 und 1,6 (135% bis 160%).

### Adsorptions-Wärmepumpe

Unter Adsorption versteht man die Anlagerung des Kältemittels an der Oberfläche eines Feststoffes, z. B. Zeolith oder Silikagel. Mittelpunkt der Adsorptions-Wärmepumpe ist das Zeolith-Modul, es ist hermetisch verschlossen und arbeitet im Unterdruck. Der Sorptionsprozess einer Adsorptions-Wärmepumpe ist ein zyklischer Prozess, er durchläuft zwei Phasen: die Desorptionsphase und die Adsorptionsphase. Die nach VDI-Richtlinie VDI 4650 Blatt 2 (VDI 2010) gemessenen Gesamt-Jahresnutzungsgrade für Raumheizung und Warmwasserbereitung liegen in Abhängigkeit von den Systemtemperaturen zwischen 1,3 und 1,4 (130% bis 140%).

### 9/BRENNSTOFFWÄRMEPUMPE MIT ERDSONDE



**Für den Betrieb der Gas-/Öl-Wärmepumpe wird nicht Strom, sondern Wärme genutzt, die ein Gas- oder Ölbrenner bereitstellt. Die Effizienz einer Gas-/Öl-Wärmepumpe wird durch den Jahresnutzungsgrad beschrieben. Er setzt die in einem Jahr erzeugte nutzbare Wärme (zur Beheizung eines Gebäudes) ins Verhältnis zur eingesetzten Endenergie (Brennstoff).**

**So benötigt ein nach WSchVO95 saniertes Haus mit einer Wohnfläche von 150 m<sup>2</sup> und einem spezifischen Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser von 134 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr jährlich 20.100 kWh Energie.**

**Besitzt die Gas-/Öl-Wärmepumpe einen Jahresnutzungsgrad von 1,3 bzw. 130%, werden 15.462 kWh Brennstoff zur Beheizung des Gebäudes in einem Jahr benötigt; zusätzlich werden 4.638 kWh Umweltenergie (hier Erdwärme) genutzt.**

Quelle: IWO 2009; eigene Darstellung

Erdsonde  
4.638 kWh

## EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

Gasmotorisch angetriebene Wärmepumpen („Gasklimageräte“) stehen in höheren Leistungsbereichen von 20 bis 1.200 kW zur Verfügung, sie können auch zur Klimatisierung eingesetzt werden und finden meist in Gewerbe und Industrie Anwendung (IKZ-Haustechnik 2011). Sie werden aktuell mit Luft als Wärmequelle angeboten.

Die verfügbaren brennstoffbetriebenen Adsorptions-Wärmepumpen (derzeit Brennstoff Gas) sind für den Bedarf von neugebauten oder grundlegend sanierten Einfamilienhäusern ausgelegt; ein Einsatz in teilsanierten EFH ist aber auch möglich. Sie sind mit Solarkollektoren als Wärmequelle für die Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung und direkt zur Heizungsunterstützung in den Größen 10 kW und 15 kW erhältlich.

Notwendig ist ein Abgasanschluss analog zu Brennkesseln. Brennstoffbetriebene Absorptions-Wärmepumpen (derzeit Brennstoff Gas) stehen im Leistungsbereich bis 40 kW (modulierend) mit den Wärmequellen Luft, Erdreich und Wasser zur Verfügung. Sie sind im Neubau von größeren Mehrfamilienhäusern bzw. auch für die Modernisierung von kleineren Mehrfamilienhäusern sowie im Gewerbebereich einsetzbar. Bei der Nutzung der Wärmequelle Luft werden sie außen aufgestellt, bei Erdwärme oder Wasser kann sie sowohl innen als auch außen aufgestellt werden, sofern innen ein Abgasanschluss vorhanden ist. Brennstoffbetriebene Wärmepumpen arbeiten effizient bei niedrigen Systemtemperaturen, können aber unter Umständen auch an traditionelle Heizkörper mit höheren Vorlauftemperaturen angeschlossen werden.

## MARKTTRENDS UND PERSPEKTIVEN

Gas-Wärmepumpen befinden sich derzeit in der Phase der Markteinführung. Die Entwicklung der Adsorptions-Gaswärmepumpen wird weiter vorangetrieben, dabei wird neben derzeit Sonnenenergie in Zukunft auch Erdwärme oder Luft als Wärmequelle in die Betrachtungen einbezogen. Ebenso ist die Entwicklung von Absorptions-Wärmepumpen im kleineren Leistungsbereich für Ein- und Zweifamilienhäuser vorgesehen, sie sollen in den nächsten Jahren Marktreife erlangen. Derzeit gibt es nur Prototypen für ölbetriebene Wärmepumpen. Sollten sich Gas-Wärmepumpen als Nachfolger für Gas-Brennwertgeräte durchsetzen, kann davon ausgegangen werden, dass ölbetriebene Wärmepumpen kurzfristig ebenfalls Marktreife erlangen.

## BRENNSTOFFZELLE

### FUNKTIONSWEISE & TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Brennstoffzellen-Heizgeräte nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Im Gegensatz zu KWK-Anlagen mit Verbrennungsmotoren wird der eingesetzte Brennstoff nicht verbrannt, sondern elektrochemisch in Energie umgewandelt. Der für diesen Prozess notwendige Wasserstoff wird aus Energieträgern mit einem möglichst hohen nutzbaren Wasserstoffanteil gewonnen (Reformierung). Auf Grund der vorhandenen Infrastruktur bieten sich dafür heute besonders Erdgas und/oder ins Erdgasnetz eingespeistes Bioerdgas an.

Brennstoffzellengeräte haben meist einen höheren elektrischen Wirkungsgrad als sonstige Mikro-KWK-Anlagen. Der thermische Wirkungsgrad liegt daher deutlich niedriger, dies ermöglicht einen ganzjährigen Betrieb und somit lange Laufzeiten, egal ob gerade Strom oder Wärme benötigt wird.

### Wärmebedarf:

Wird Wärme benötigt liefert die Brennstoffzelle gleichzeitig Strom zum Eigenverbrauch im Gebäude. Kann dieser nicht abgenom-

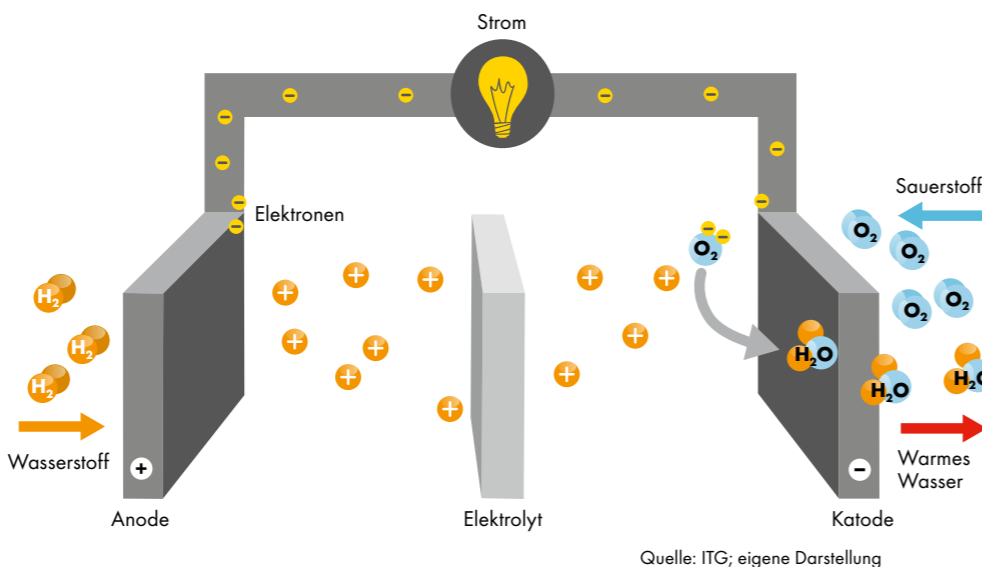
men werden, kann die Brennstoffzelle ihre Leistung anpassen oder der erzeugte Strom wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist.

### Strombedarf:

Wird Strom benötigt, liefert die Brennstoffzelle gleichzeitig ganzjährig Wärme, z.B. für die Warmwasserbereitung. Wird diese gerade nicht benötigt, erfolgt die Speicherung in einem Pufferspeicher, aus dem dann bedarfsweise die Wärme abgerufen werden kann. Die thermische Leistung der Brennstoffzelle deckt nur einen geringen Anteil des Gebäudewärmebedarfs. Bei höherem Wärmebedarf unterstützt ein integriertes oder ein externes Brennwertgerät die Wärmebereitstellung der Brennstoffzelle. Bei den Geräten kommen derzeit entweder PEM- (Proton Exchange Membrane) oder SO-Brennstoffzellen (Solid Oxid) zum Einsatz:

- PEM-Technologie: Niedertemperatur-Brennstoffzelle mit einer Arbeitstemperatur zwischen 60 und 90°C, Reformer für externe Brenngasaufbereitung erforderlich.
- SO-Technologie: Festoxid-Brennstoffzelle, Arbeitstemperatur 900 bis 1.000°C (Hochtemperaturbereich), Brenngas kann innerhalb der Zelle reformiert werden.

### 10/FUNKTIONSPRINZIP PEM-BRENNSTOFFZELLE



- **Wasserstoff wird als Brennstoff der Anode (+) zugeführt. Dort wird der Wasserstoff in Ionen und Elektronen aufgespalten.**
- **Die Elektronen fließen an der Anode über einen externen Stromkreis zur Katode.**
- **Die Ionen wandern durch den Elektrolyten hin zur Katode (-).**
- **Der Katode wird zeitgleich Sauerstoff zugeführt, der sich mit den Wasserstoffionen zu Wasser verbindet. Während des Vorgangs entstehen Wärme und Wasser.**
- **Es erfolgt eine elektrochemische Energieumwandlung von Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser. Dabei entsteht Elektroenergie und Wärme.**

Brennstoffzellengeräte haben im Vergleich zur motorischen Mikro-KWK extrem niedrige Schadstoff- und Schallemissionen. Die Lebensdauer der Brennstoffzellen-Stacks ist derzeit noch verhältnismäßig gering. In Abhängigkeit von der Umsetzung lassen sich teilweise deutlich höhere Stromausbeuten als bei verbrennungsmotorischen KWK erzielen. Aktuelle Brennstoffzellen mit Erdgas erreichen elektrische Wirkungsgrade von 30% bis 35%, Einzelgeräte 60%. Der Gesamtwirkungsgrad liegt bei über 90%. Je nach Betriebsbedingungen werden vergleichbare oder etwas geringere Nutzungsgrade erreicht.

## INTEGRATION VERSCHIEDENER WÄRMEQUELLEN (HYBRIDISIERUNG)

### FUNKTIONSWEISE UND TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Verschiedene Wärmeerzeuger können zu einem Wärmeerzeugersystem kombiniert werden, dies wird als Hybrid-System bezeichnet. Möglich ist die Kombination von Wärmeerzeugern mit gleichem Energieträger (monoenergetischer Betrieb), wie Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einer elektrischen Zusatzheizung oder die Kombination von Mini-/Mikro-KWK und Brennwertgerät. Die beiden Erzeuger können in einem Gehäuse zusammengefasst und als Einheit betrieben werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Kombination von Wärmeerzeugern, die unterschiedliche Energieträger nutzen (bi- oder multivalenter Betrieb), wie z. B. erneuerbare und fossile Energieträger. Dafür gibt es die verschiedensten Lösungsmöglichkeiten, unter anderem findet man Brennwert-Kessel mit solarer Warmwasserbereitung und gegebenenfalls mit solarer Heizungsunterstützung, Holzessel mit solarer Warmwasserbereitung, Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Brennwert-Kessel und Brennwert-Kessel mit Holzessel oder Kachel-/Kaminöfen mit Wassertasche. Die Deckungsanteile der jeweiligen Wärmeerzeuger hängen dabei von den gegebenen Verhältnissen und der Auslegung der Anlage ab und berücksichtigen wirtschaftliche Gesichtspunkte.

### EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

Der Einsatz von erneuerbaren Energien erfordert oft die Kombination verschiedener Wärmeerzeuger, insbesondere dann wenn eine alleinige Beheizung mit erneuerbaren Energien nicht möglich ist oder aus wirtschaftlicher Sicht beziehungsweise aus Gründen des Komforts nicht sinnvoll wäre. So wird ein Scheit-/Stückholzkessel in einem Ein-/Zwei-

## EINSATZGEBIETE & EINSATZGRENZEN

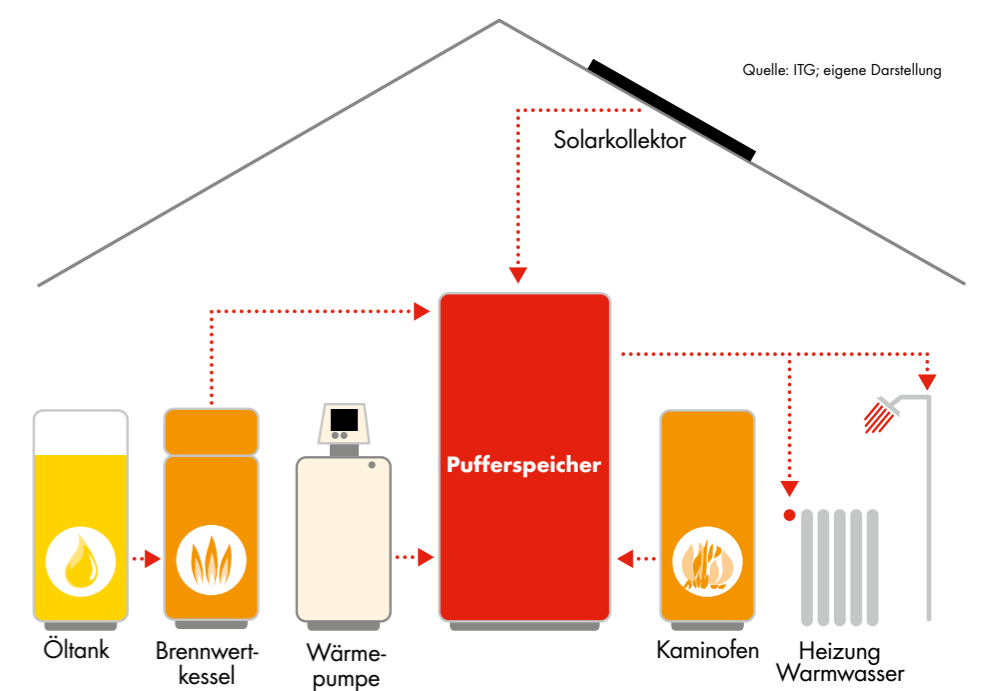
Brennstoffzellengeräte der gegenwärtigen Generation für den EFH/ZFH-Bereich haben eine elektrische Leistung zwischen 0,3 und 1,0 kW<sub>el</sub> und eine thermische Leistung zwischen 0,6 bis 1,8 kW<sub>th</sub>.

Mit einem zusätzlichen Brennwertgerät stellen sie eine Komplettlösung für Modernisierungsfälle von Zentralheizungen dar, aber auch im Neubau ist der Einsatz möglich. Sie sind besonders für Einfamilienhäuser geeignet, in denen die heutigen KWK-Techniken überdimensioniert sind.

## STAND DER TECHNIK, MARKTTRENDS UND PERSPEKTIVEN

Seit Ende 2011 findet mit dem Projekt Callux der bundesweit größte Praxistest von Brennstoffzellen-Heizgeräten fürs Eigenheim statt, an welchem verschiedene Gerätehersteller und Energieversorger mit Unterstützung des BMVBS arbeiten (IBZ 2013). Die erste Markteinführung eines Brennstoffzellenheizgerätes erfolgte bereits 2012. Bei kontinuierlicher Weiterentwicklung könnten Brennstoffzellen als eine Technologie der Zukunft in einigen Jahren das Angebot an Mikro-KWK-Geräten ergänzen.

### 11/KOMBINATION VON WÄRMEERZEUGERN MIT UNTERSCHIEDLICHEN ENERGIETRÄGERN



**Ein zentraler Pufferspeicher ist meist Voraussetzung bei der Kombination verschiedener Wärmeerzeuger mit unterschiedlichen Energieträgern. In den Pufferspeicher speisen die Wärmeerzeuger ihre Wärme, die dann nach Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen wird. Wenn der Pufferspeicher nicht mehr ausreichend auf Basis erneuerbarer Energien beheizt werden kann, erfolgt eine Nachheizung mit einem zweiten, meist fossilen Energieträger.**

**Für die Speicherung der Wärme der verschiedenen Wärmeerzeuger im Pufferspeicher gekoppelt mit einer zentralen Trinkwassererwärmung gibt es verschiedene Lösungen:**

- **Pufferspeicher mit separatem Wärmeübertrager zur Trinkwassererwärmung.**
  - **Schichtenlader-Pufferspeicher mit separatem Wärmeübertrager zur Trinkwassererwärmung.**
  - **Tank-in-Tank Kombispeicher.**
  - **Kombispeicher mit integrierter Edelstahlwendel zur Trinkwassererwärmung.**
- Sofern es Bauart und Dimensionierung des Pufferspeichers zulassen, können auch mehr als zwei Wärmeerzeuger kombiniert werden, zum Beispiel wenn zusätzlich zur Solarthermie ein Kaminofen mit Wassertasche eingebunden wird.**

familienhaus oft in Kombination mit einem zweiten Wärmeerzeuger eingesetzt, der keine manuelle Beschickung benötigt.

### STAND DER TECHNIK & MARKTTRENDS

In Hybridheizungen können alle marktgängigen Geräte verwendet werden, so ist die Kombination von Brennwertgeräten mit

solarthermischen Anlagen, Scheit-/Stückholzkesseln, Kaminöfen mit Wassertasche oder Wärmepumpen möglich. Kombinationen mit solarthermischen Anlagen und einem Öl- oder Gaskessel sind sowohl im Ein- und Zweifamilienhaus als auch im Mehrfamilienhaus Stand der Technik. Darüber hinaus gibt es Kombinationen von Luft-Wasser-Wärme-

pumpen mit speziell entwickelten externen Brennwertgeräten bzw. Komplettlösungen von Luft-Wasser-Wärmepumpe und Brennwertgerät als Einheit. Die Regelung dieser Geräte soll die Wärmekosten durch Wahl der optimalen Betriebsart minimieren.

## SYSTEM-OPTIMIERUNG

### Heizungssysteme

Für Neubau und Altbau sowie für alle Energieträger stehen optimale Systemlösungen der Heizungstechnik zur Verfügung. Größtmögliche Energieeinsparpotenziale moderner Wärmeerzeuger kommen nur zum Tragen, wenn alle Komponenten des Heizungssystems optimal aufeinander abgestimmt sind. Wärmeerzeugung, Wärmespeicherung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe sowie eine intelligente Heizungsregelung müssen immer als Gesamtsystem betrachtet werden. Richtig dimensionierte Heizkörper oder Flächenheizungen als Wärmeübertrager sind Voraussetzung, um niedrige Systemtemperaturen im Heizungssystem zu realisieren. Nur so können die hohen Effizienzwerte der modernen Wärmeerzeuger erreicht und erneuerbare Energien sinnvoll eingebunden werden. Wärmespeicher bieten die Möglichkeit, erneuerbare Energien aus Solarthermie und Einzelholzfeuerungen in die Wärmeversorgung einzubinden. Zusätzlich bieten sie die Option, Wärmeerzeugung und -verbrauch zu entkoppeln. Wärmeerzeugung und Wärmebereitstellung erfolgen voneinander zeitlich getrennt.

Moderne Hocheffizienzpumpen, Thermostatventile und Armaturen sowie die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs sorgen für eine energieeffiziente Wärmeverteilung bei gleichzeitig niedrigem Stromverbrauch. Intelligente Regelungs- und Kommunikationseinrichtungen ermöglichen das optimale Zusammenspiel aller Komponenten eines modernen Heizungssystems.

### Heizungsregelung

Eine moderne Heizungsregelung steuert bedarfsgerecht die Systemtemperaturen und den Massestrom in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, dem Nutzerverhalten und der Anwesenheit der Nutzer. Moderne Heizungsregelungen und ein optimiertes Heizungssystem bieten das Potenzial, den Energieverbrauch für die Beheizung der Gebäude und die Warmwasserbereitung zu senken. Zukünftig kann unter Zuhilfenahme aktueller Preissignale durch Einsatz von beispielsweise Smart Metern der Betrieb der Heizungsanlage wirtschaftlich optimiert werden. Neueste Heizungsregelungen ermöglichen z. B. über Smartphones die Überwachung und Steuerung der eigenen Wärmeversorgung von jedem Standort aus.

### Hocheffizienzpumpe

Der Heizwasserkreislauf einer modernen Zentralheizung wird von einer Umwälzpumpe angetrieben; sie transportiert das Heizwasser vom Kessel zu den Heizkörpern bzw. -flächen. Eine ungeregelte Standardpumpe drückt das Heizwasser stets mit voller Leistung durch die Leitungen und verbraucht dabei viel Strom. Geregelt Standardpumpen arbeiten demgegenüber hauptsächlich im Teillastbetrieb. Ab 2015 werden gemäß der Ökodesign-Anforderungen nur noch geregelte Hocheffizienzpumpen mit optimierter Motortechnik angeboten, die der verschärften Energieeffizienzklasse A entsprechen. Diese besitzen einen hohen Wirkungsgrad und passen sich den veränderten Leistungsanforderungen der Anlage stufenlos an. Gegenüber unregulierten Heizungspumpen können Stromeinsparungen bis zu 80 % erzielt werden.

### Hydraulischer Abgleich

Für eine einwandfrei funktionierende und energieeffiziente Heizungsanlage ist, neben der Auswahl von hocheffizienten Anlagenkomponenten, das aufeinander abgestimmte Zusammenwirken aller Einzelkomponenten Voraussetzung. Grundlage bildet die richtige Planung der Heizungsanlage mit einer korrekten Dimensionierung und Einstellung der Anlagenteile. Beim Einbau einer neuen Heizungsanlage ist die Durchführung des hydraulischen Abgleichs Pflicht. Dagegen sind Bestandsanlagen häufig nicht hydraulisch abgeglichen. Eine effektive Maßnahme zur Optimierung des Zusammenspiels von Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

Beim Ersatz eines alten Wärmeerzeugers durch Brennwerttechnik oder eine Wärmepumpe muss die Deckung des Wärmebedarfs beim Betrieb der vorhandenen Heizflächen mit niedrigeren Systemtemperaturen gewährleistet sein. Ist dies nicht der Fall, müssen gegebenenfalls Heizkörper ersetzt oder ergänzt werden. Ein hydraulisch abgegli-

chenes Heizungsnetz gewährleistet die Versorgung der Heizkörper mit den jeweils notwendigen Masseströmen und damit einen energieeffizienten und wirtschaftlichen Betrieb der Heizungsanlage. Zudem werden Komforteinbußen wie die Unter- bzw. Überversorgung der Heizkörper (Räume) mit Wärme sowie mögliche Strömungsgeräusche an den Heizkörperventilen verhindert. Im Mittel bewirkt ein hydraulischer Abgleich eine Energieeinsparung, wobei die Einsparungen bei Neubauten höher ausfallen als bei schlechter gedämmten Altbauten.

Als Indizien für nicht abgeglichene Anlagen gelten etwa starke Strömungsgeräusche in den Rohrleitungen und an den Thermostatventilen, ebenso auf Maximalleistung eingestellte Heizkreispumpen und von der Anlagenauslegung abweichende (höhere) Systemtemperaturen (SAENA 2011). Für die Anlagentechnik sind es fehlende einstellbare Thermostatventile, Rücklaufverschraubungen Strangregulierventile und bzw. oder Differenzdruckregler (bei größeren Anlagen). Wenn sich Thermostatventileinsätze bzw. einstellbare Rücklaufverschraubungen in der gleichen Einstellung befinden, ist dies ein weiteres Indiz.

Ist nur eine der anlagenseitigen Voraussetzungen nicht erfüllt, kann davon ausgegangen werden, dass der hydraulische Abgleich nicht erfolgt ist. Daraus ergibt sich unter Umständen für den nachträglichen hydraulischen Abgleich ein Maßnahmenpaket aus verschiedenen gering investiven Maßnahmen, welche jede für sich zu weiteren Energieeinsparungen führt: Eingebaut werden können eine automatisch geregelte Heizungspumpe bzw. Hocheffizienzpumpe, voreinstellbare Thermostatventile und Strang-Regulierventile bzw. Strang-Differenzdruckregler (wenn erforderlich).

Grundlage für den hydraulischen Abgleich für Neuanlagen ist die Rohrnetzrechnung. Die Armaturen für den hydraulischen Abgleich sind entsprechend einzustellen. Für Altanlagen ist diese Methode nicht so einfach geeignet. Es gibt aber andere Möglichkeiten, unter anderem Berechnungstools für den hydraulischen Abgleich bei größeren Anlagen und bei häufigerer Anwendung sowie manuelle Datenschieber für EFH und MFH mit maximal zehn Wohneinheiten.

Handwerker sind nach EnEV verpflichtet, neue Heizungsrohrnetze hydraulisch abzugleichen. Der hydraulische Abgleich wird auch von allen bundesweiten Förderprogrammen vorgeschrieben.

## WARMWASSERBEREITUNG

### BEDEUTUNG & ANFORDERUNGEN

Die Warmwasserbereitung ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Planung von Neubauten und bei der Gebäudesanierung. Wenn man den Energiebedarf eines Gebäudes insgesamt betrachtet, wurden deutliche Verbesserungen an der Gebäudehülle von Neubauten erzielt, der Transmissionswärmeverlust konnte stark verringert werden. Mit dem Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wird auch der Lüftungswärmeverlust weiter reduziert.

Dem gegenüber steht ein weitgehend unveränderter Warmwasserbedarf in Wohngebäuden, welcher durch die Komfortexpectationen der Nutzer bestimmt wird. Mit Verbesserung von Wärmedämmung und Reduzierung von Lüftungswärmeverlusten steigt damit der Anteil des Energiebedarfes für Warmwasser am gesamten Energiebedarf eines Gebäudes. Die Warmwasserbereitung von Wohngebäuden wird so in Zukunft aus energetischer Sicht einen höheren Stellenwert einnehmen. An die Planung und den Betrieb zukünftiger Warmwasserbereitungssysteme werden wesentliche Anforderungen aus Sicht der Trinkwasserhygiene, der Energieeinsparung und des Komforts gestellt.

Infolge der technischen Anforderungen aus hygienischer Sicht werden die Warmwasserverteilsysteme auf hohem Temperaturniveau gehalten. Die sich daraus ergebenden Verteilverluste sind durch geeignete Maßnahmen gering zu halten:

- Dämmung von Leitungen und Armaturen nach den Vorgaben der EnEV, gegebenenfalls nachträgliche Dämmung im Bestand.
- Zeitabhängiger Betrieb der Zirkulationspumpe.

Mit solarer Warmwasserbereitung, Wärmepumpen oder Biomassekesseln erfolgt die Trinkwassererwärmung unter Nutzung erneuerbarer Energien. Damit kann der Verbrauch fossiler Energieträger verringert werden.

Die bereitzustellende Menge an Warmwasser muss die Komfortanforderungen der Nutzer erfüllen. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass eine Steigerung des Anteils von Warmwasser am gesamten Trinkwasserbedarf in Wohngebäuden zu verzeichnen ist. Damit kann von eher steigenden Komfortanforderungen ausgegangen werden, so dass zukünftig die hygienische und energieeffiziente Bereitstellung von Warmwasser weiter an Bedeutung gewinnt.

### TECHNIK

Die Warmwasserbereitung kann grundsätzlich zentral (üblicherweise in der Nähe des Wärmeerzeugers) oder dezentral in unmittelbarer Nähe zur Entnahmestelle erfolgen. Bei einer zentralen Warmwasserbereitung ist in der Regel eine Zirkulationsleitung mit Pumpe und Zeitsteuerung oder eine elektrische Begleitheizung erforderlich.

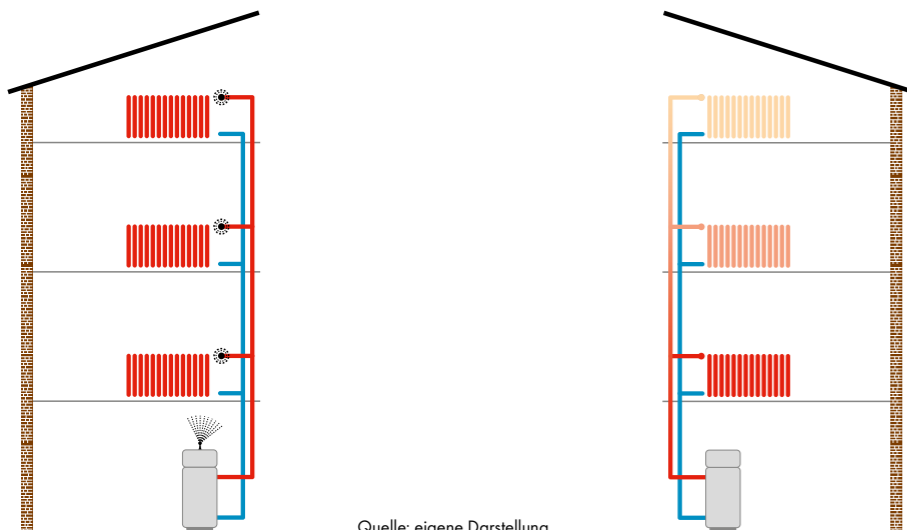
### Zentrale Warmwasserbereitung

Bei einer zentralen Warmwasserbereitung wird Warmwasser zentral im Speicher oder Durchlauferhitzer erwärmt und dann zu den Entnahmestellen verteilt. Aus hygienischer Sicht werden Durchflusssysteme in größeren Anlagen an Bedeutung zunehmen, da immer nur die notwendige Menge an Wasser erwärmt wird und eine Speicherung von warmem Trinkwasser und den damit verbundenen höheren Temperaturen entfällt.

### Dezentrale Warmwasserbereitung

Bei einer dezentralen Warmwasserbereitung wird das Wasser wohnungsweise oder an jeder Entnahmestelle erwärmt. Infolgedessen kann die Warmwassertemperatur verringert werden und Verteilungsverluste entfallen weitgehend. Dezentrale Warmwasserbereitung in Wohngebäuden erfolgt heute in der Regel mittels elektrischer Durchlauferhitzer oder Kleinspeicher, dies ist primärenergetisch relativ ungünstig. Alternativ kann ein zentraler Wärmeerzeuger wohnungsweise Trinkwasser mit Heizungswasser im Durchflusprinzip erwärmen bzw. können wohnungsweise Heizgeräte zur Beheizung und Trinkwassererwärmung (Speicher oder Durchflusprinzip) eingesetzt werden.

### 12/HEIZSYSTEM MIT HYDRAULISCHEM ABGLEICH (LINKS) UND OHNE (RECHTS)



Quelle: eigene Darstellung

## PERSPEKTIVEN

In den nächsten Jahren wird der Einsatz erneuerbare Energien bei der Warmwasserbereitung weiter zunehmen. Der Einsatz von Solarkollektoren zur Trinkwassererwärmung wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. An Bedeutung gewinnt ebenso die Trink-

wasserhygiene, die durch zentrale oder dezentrale Durchflusssysteme bei größeren Wohngebäuden verbessert wird. Die Kosten von Photovoltaik-Anlagen sind in den letzten Jahren deutlich gesunken. Wenn diese Entwicklung anhält, ist zukünftig auch eine direkte Nutzung des PV-Stromes zu Heiz-

zwecken und zur Erwärmung des Trinkwassers in Speichern durch einen Heizstab oder eine (Abluft-)Wärmepumpe denkbar. Der Einsatz von Solarkollektoren zur Trinkwassererwärmung wird zunehmend an Bedeutung gewinnen.

## LÜFTUNGSANLAGEN

Beim Energiebedarf von Neubauten ist in den vergangenen Jahren eine deutliche Reduzierung des Transmissionswärmeverlusts zu verzeichnen. Der Anteil der Lüftungswärmeverluste gewinnt deshalb in energieeffizienten Gebäuden an Bedeutung. Zunehmend werden Abluftanlagen oder Zu-/Abluftanla-

gen mit Wärmerückgewinnung (WRG) zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und zur Gewährleistung des hygienisch notwendigen Außenluftwechsels eingesetzt. Eine bedarfsgeführte Abluftanlage ist in der EnEV 2009 (EnEV 2009) Bestandteil der Referenzanlagentechnik und damit Stand der Technik.

Sie dominiert im Neubau, findet aber auch bei der Gebäudesanierung Anwendung.

Bei der Errichtung von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden ist der Einbau einer Zu-/Abluftanlage mit WRG energetisch sinnvoll.

## SMART HOME

Während früher Strom fast ausschließlich in zentralen Kraftwerken erzeugt und von da zum Verbraucher geleitet wurde, erfährt die dezentrale Erzeugung von Strom und dessen Einspeisung ins öffentliche Netz in den letzten Jahren ein starkes Wachstum. Die Stromerzeugung erfolgt zunehmend aus erneuerbaren Energien, wie Photovoltaik (PV)-, Windkraft- oder Biogasanlagen oder in dezentralen Mini-/Mikro-KWK-Anlagen. Jedoch ist die Stromproduktion der Anlagen je nach Wetter- bzw. Windlage unterschiedlich, massive Einspeiseschwankungen sind die Folge. Diese sind nicht planbar und müssen vom Stromnetz aufgefangen werden, insbesondere dann, wenn viele Verbraucher gleichzeitig viel Strom benötigen.

lichkeiten; Speicher mit Megawatt-Kapazitäten sind derzeit in der Entwicklung. Zur Stabilisierung des Gesamtsystems können auch Verbraucher einbezogen werden, die elektrische Energie in Wärme oder Kälte umwandeln und speichern, wie Wärmepumpenanlagen, Gefriergeräte oder Kühlhäuser.

Zudem soll durch variable Tarife ein Anreiz für die Verbraucher geschaffen werden, den Bedarf an Strom zu Spitzenlastzeiten zu reduzieren und damit tageszeitbasierte Schwankungen auszugleichen. Dafür ist ein elektronischer Stromzähler, der Smart Meter, notwendig. Dieser zeigt dem Verbraucher den jeweils in Abhängigkeit von Tageszeit und Netzauslastung geltenden Tarif und wie viel Strom er wann verbraucht. Stromintensive Haushaltsgeräte wie Waschmaschine und Trockner können dann zu Zeiten günstiger Tarife benutzt werden. Zudem kann das Versorgungsunternehmen die Stromerzeugung besser auf die Bedürfnisse der Abnehmer abstimmen.

Ein weiterer Schritt ist die Entwicklung von intelligenter Technik für Wohngebäude. So können Haushaltsgeräte, wie Waschmaschinen oder Trockner, zukünftig durch den intelligenten Stromzähler selbst gesteuert werden.

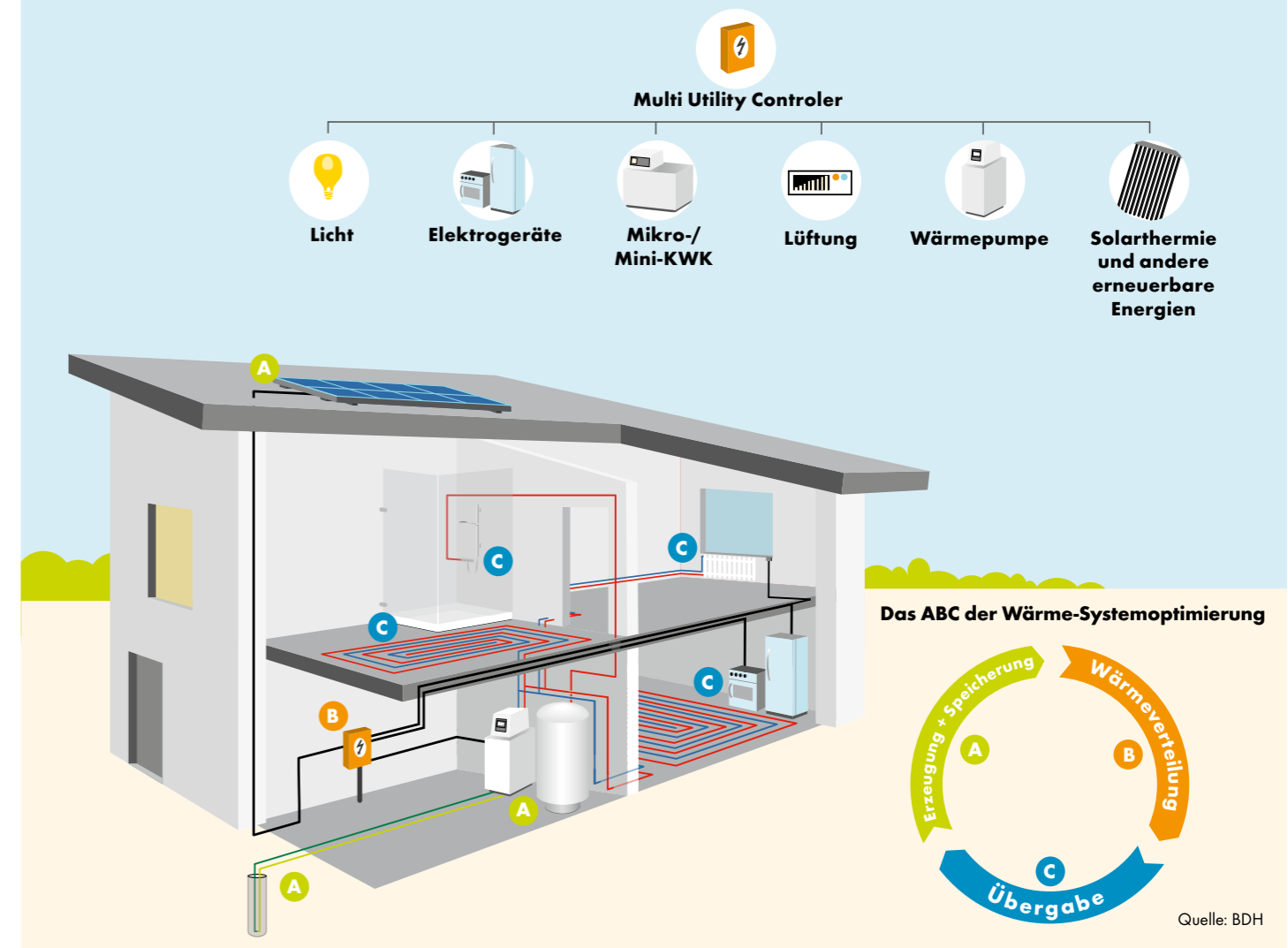
Wirtschaftlicher als die Neuerrichtung von zentralen Speichern zum Ausgleich von Stromschwankungen ist die Erschließung der bereits vorhandenen dezentralen Speichermöglichkeiten direkt beim Verbraucher. Durch intelligente

bidirektionale Kommunikation könnten diese sowohl durch den Stromzähler innerhalb des Gebäudes oder auch durch das Versorgungsunternehmen von außen gesteuert werden.

Bei der Heizungstechnik besitzen Wärmepumpen und Mikro-KWK-Anlagen, als schalt- und steuerbare Systeme, Potenzial. So können Wärmepumpen ein Überangebot an Strom für das Aufheizen von Warmwasser- und/oder Pufferspeicher nutzen. Im Gegensatz zu den Wärmepumpen nutzen Mikro-KWK-Anlagen Zeiten mit einer Stromunterversorgung für die Stromerzeugung, die dabei entstehende Wärme wird wieder im Warmwasser- und/oder Pufferspeicher gespeichert. Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch werden so durch den Pufferspeicher entkoppelt.

Mit einer Home-Automation werden alle elektronischen Systeme und Sensoren eines Hauses miteinander vernetzt. So können Thermostate, Jalousien, Licht, Fensteröffner und vieles mehr zentral per Funk gesteuert werden. Dies ist per Smartphone oder Internet über mobile Apps problemlos auch von unterwegs möglich. Neben den erhofften Energieeinspareffekten, zum Beispiel durch die automatische Abschaltung des Heizkörperthermostats bei Fensteröffnung, ist auch eine Komfortsteigerung zu erwarten. So kann zum Beispiel die Heizung bequem von unterwegs eingeschaltet oder die Alarmanlage aktiviert werden.

## 13/SMART HOME UND SYSTEMOPTIMIERUNG



## ZWISCHENFAZIT: TRENDS IN DER HEIZTECHNIK

**Heiztechnik ist – neben baulichem Wärmeschutz – ein zentraler Baustein für eine Energiewende im Wohnungssektor. Für die Energiewende muss Heiztechnik im Wohnungsbestand deutlich effizienter werden.**

**Neue Heiztechniken sind deutlich sparsamer als ältere. So kann allein Brennwerttechnik zum Beispiel gegenüber der im Bestand noch vorherrschenden Niedertemperaturtechnik etwa 10 bis 15% einsparen. Brennstoffbetriebene Wärmepumpen können gegenüber Brennwerttechnik nochmals zu deutlichen Brennstoffeinsparungen führen. Andere Heiztechniken weisen ebenfalls deutliche Effizienzsteigerungen auf.**

**Heute dominieren Öl- und Gaskessel im Wohnungsbestand. Künftig wird es jedoch zu einer stärkeren Diversifizierung von Heiztechniken kommen. Heiztechnik wie zentrale Holzfeuerungen, Wärmepumpen und Mikro-/Mini-KWK-Anlagen gewinnen an Bedeutung.**

**Die Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien (Solar- und Umweltwärme, Biomasse) durch Heiztechnik nehmen zu – durch Solarthermie, Wärmepumpen und Holzessel.**

**Im Haushalt ist ein Trend zur Hybridheizung zu beobachten, das heißt nicht nur einer, sondern mehrere Wärmeerzeuger decken unter Nutzung eines Pufferspeichers (Systemintegration) den Wärmebedarf. Die Bedeutung der Warmwasserbereitstellung nimmt gegenüber Raumwärme zu.**

**Durch die Optimierung von Wärmeerzeugung, Wärmeübertragung und Wärmeabgabe kann die Effizienz des Heizungssystems zusätzlich gesteigert werden. Perspektivisch könnte es zu einer Integration von Hauswärme und Stromerzeugung kommen (Smart Grid bzw. Smart Home).**



# 3 HAUSWÄRME-SZENARIEN

Der erste Teil der Shell BDH Hauswärme-Studie hat den aktuellen Stand sowie künftige Trends in der Wärme- und Heiztechnik für den Wohnbereich untersucht. Aufbauend auf der Analyse der technischen Potenziale von häuslicher Wärme- und Heiztechnik werden mit Hilfe von Szenario-Technik im zweiten Teil mögliche Entwicklungspfade der Wärmeerzeugung sowie ihrer Nutzung im Haushaltsbereich bis in das Jahr 2030 untersucht. Dabei erstrecken sich die folgenden Szenarien sowohl auf die Heiz- und Wärmetechnik einschließlich der eingesetzten Brennstoffe; sie schließen jedoch auch Projektionen des baulichen Wärmeschutzes mit ein. Schwerpunkte der folgenden Hauswärme-Szenarien sind jedoch Optionen und Variationen in der Entwicklung von **Wärme- und Heiztechnik** einschließlich der eingesetzten Brennstoffe.

Im Weiteren wird zunächst ein kurzer Überblick über die wichtigsten **Daten und Fakten** zum Wohn- und Hauswärmebereich gegeben. Die anschließende Szenarien-Analyse unterteilt sich in drei Teile. Zunächst wird ein **Trendszenario** aufgestellt. Hierbei werden zum einen Technik- und Markttrends der jüngeren Vergangenheit fortgeschrieben. Zusätzlich fließen schon beschlossene oder als sehr wahrscheinlich erwartete Regulierungen – wie zum Beispiel der deutschen Energieeinsparverordnung oder die europäischen Verordnungen zur Ökodesign-Richtlinie – bereits mit in die weitere Entwicklung der Hauswärme ein. Das Trendszenario dient im Folgenden als Referenzszenario, ist jedoch schon anspruchsvoller als eine reine Trendfortschreibung wie in einem Business-As-Usual-Szenario.

Im Rahmen kleiner Mini-Szenarien (**Szenaretten**) werden im Anschluss an das Trendszenario eine Reihe von befristeten politischen Maßnahmen-Programmen vorgestellt, die eine Energiewende im Hauswärmesektor beschleunigen könnten. Zu den diskutierten Maßnahmen gehören sowohl ein beschleunigter baulicher Wärmeschutz als auch eine zügigere Modernisierung von Heiztechnik.

Aufbauend auf dem Trendszenario und der Analyse von Programm-Maßnahmen wird schließlich ein ambitioniertes Alternativszenario entwickelt. Das **Alternativszenario** wiederum ist kein Zielszenario – wie etwa die Zielszenarien für das Energiekonzept der Bundesregierung (Prognos/EWI/GWS 2010/2011) oder der Internationalen Energieagentur zur Erreichung des 2-Grad-Ziels der Klimapolitik (IEA 2012).

Das Alternativszenario baut vielmehr auf Experten-Abschätzungen von Technik- und Markttrends sowie der Analyse politischer Programm-Maßnahmen auf und beschleunigt Markt- und Technikentwicklungen gegenüber dem Trend (nochmals); dazu gehört auch die Einführung neuer (Heiz)Techniken (wie stromerzeugender Heizungen oder brennstoffbetriebener Wärmepumpen), die bislang noch kaum im Hauswärmemarkt vertreten sind – einschließlich der Abschätzung ihrer Potenziale und möglichen Auswirkungen.

**Ziel** der Hauswärmeszenarien ist es, zu ermitteln, welchen Beitrag der Hauswärmesektor zur Energiewende in Deutschland wie beitragen kann. Aktuelle politische Programme und Regulierungen bieten eine Vielfalt von Zielen und Kriterien zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Wärmeversorgung im Wohnbereich: darunter finden sich die Sanierungsgeschwindigkeit des Wohngebäudebestands, die Schaffung eines klimaneutralen Gebäudebestands oder der Anteil erneuerbarer Energien an der Hauswärmeerzeugung (Bundesregierung 2010; EEWärmeG 2011). Das eigentliche Ziel einer nachhaltigen Hauswärmeversorgung ist jedoch Ressourcen- und Klimaschutz – und das bezahlbar bzw. zu möglichst wirtschaftlichen Bedingungen. Im Rahmen der Szenarien-Analyse werden daher Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen sowie Investitionen und Energiekosten(einsparungen) betrachtet.

## 3.1 DATEN UND FAKTEN

### WOHNUNGSMARKT HEUTE

2011 existierten in Deutschland 39,7 Mio. Wohneinheiten in Wohngebäuden, weitere 800.000 fanden sich in Nichtwohngebäuden. Die Wohngebäude setzen sich aus 15,1 Mio. Ein- und Zweifamilienhäusern (11,5 Mio. und 3,6 Mio.) und 3,1 Mio. Mehrfamilienhäusern zusammen. Von den insgesamt 39,7 Mio. Wohnungen befinden sich 18,7 Mio. und damit 47% in Ein- und Zweifamilienhäusern (11,5 Mio. und 7,2 Mio.) und die verbleibenden 21 Mio. Einheiten bzw. 53% in Mehrfamilienhäusern (StaÄBL 2013). Insgesamt nahm die Zahl der Wohneinheiten im Zeitraum 1995 bis 2011 um 4,4 Mio. bzw. 12,5% zu. Die Wohnfläche erhöhte sich im Zeitraum 1995 bis 2011 von rund 3 Mrd. m<sup>2</sup> auf gut 3,5 Mrd. m<sup>2</sup> (siehe Abbildung 14). Dies entspricht einem Wachstum von 17%. Gleichzeitig stieg auch die Wohnfläche von 37 m<sup>2</sup> auf 43 m<sup>2</sup> pro Kopf an.

Dabei ist die Zahl fertiggestellter Wohnungen von über 600.000 im Jahre 1995 auf weniger als 160.000 im Jahre 2009 gesunken. Gleichzeitig stieg der Anteil der in Ein- und Zweifamilienhäusern befindlichen Wohneinheiten an der Gesamtzahl der neu errichteten Wohneinheiten. Aufgrund der geringen Neubautätigkeit lag jedoch die absolute Zahl der 2009 neugebauten Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern niedriger als 1995. Denn die moderate Preis- und Mietentwicklung auf dem deutschen Wohnimmobilienmarkt wie auch der weitgehende Rückzug

des Staates aus dem sozialen Wohnungsbau führten zudem zu einem stark rückläufigen Geschosswohnungsbau. Der Tiefpunkt mit rund 160.000 Wohnungsfertigstellungen wurde 2008/09 erreicht. Die Fertigstellungen für 2012 wurden auf 239.500 Wohnungen geschätzt, was einem Anstieg von fast 5% gegenüber dem Vorjahr entspricht (StaBu 2013).

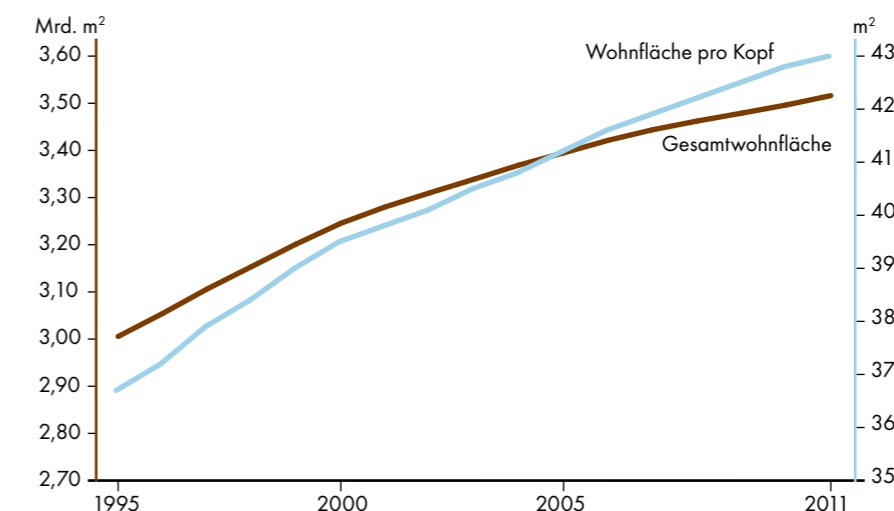
Da die Zahl der Neubauten die der Abrisse überstieg, ist die Gesamtzahl der Wohneinheiten im Zeitraum 1995 bis 2011 stetig gewachsen. Vor allem in den alten Bundesländern ist die Zahl der Wohneinheiten im vorgenannten Zeitraum um 14,2% gewachsen. Zwar nahm die Zahl der Wohneinheiten in den neuen Bundesländern (einschließlich Berlin) im Zeitraum von 1995 bis 2011 ebenso zu, aber der Anstieg betrug hier lediglich 5,3%. Nach der vollzogenen Einheit zu Beginn der 1990er Jahre bestand zwar ein erheblicher Erneuerungs- und Sanierungsbedarf. Dieser schlug sich jedoch vor allem im Bau größerer Wohnungen nieder. Die Zahl der Wohneinheiten in den neuen Bundesländern stagnierte bereits zu Beginn des neuen Jahrtausends und wies am Ende des ersten Jahrzehnts im neuen Jahrtausend eine fallende Tendenz auf. Hemmend dürfte hier vor allem die Abwanderung jüngerer Bewohner gewirkt haben, die zu einem Rückgang der Nachfrage führte.

Eine wichtige Determinante für den Wohnungsmarkt sind die Haushalte. Die Entwick-

lung der Zahl der Haushalte verläuft jedoch nicht immer parallel zur Entwicklung der Zahl der Wohneinheiten. Knappheiten am Wohnungsmarkt führen vorübergehend zu verändertem Wohnverhalten: So kann einem regional knappen Wohnungsangebot durch die Bildung von Wohngemeinschaften begegnet werden. In der jüngeren Vergangenheit Deutschlands konnte ein derartiges Auseinanderklaffen von Wohnungs- und Haushaltszahlen Anfang der 1990er Jahre beobachtet werden. So wurden 1990 rund 1,2 Mio. mehr Haushalte als Wohneinheiten gezählt. Diese erhebliche Differenz, die tendenziell auf ein Wohnungsunterangebot hindeutet, führte vielerorts zu deutlich steigenden Miet- und Immobilienpreisen. Das Unterangebot an Wohneinheiten konnte aber bereits zu Beginn des neuen Jahrtausends in Folge starker Bautätigkeit geschlossen werden. Seitdem haben sich auf Bundesebene Haushaltszahlen und Wohneinheiten weitestgehend parallel entwickelt, wengleich auf regionaler Ebene weiterhin substantielle Differenzen beobachtet werden konnten.

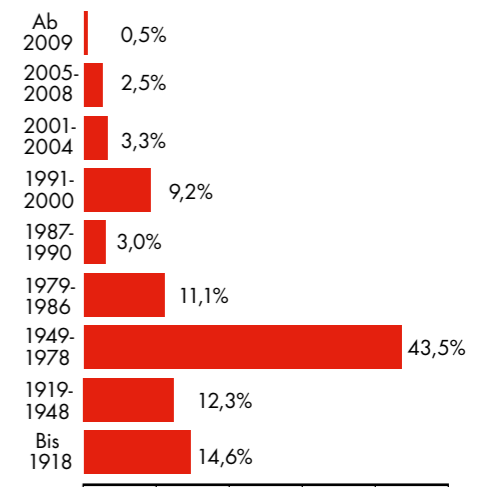
Zur Beurteilung der Potenziale bei der Sanierung von Häusern ist es von Bedeutung, die Altersstruktur der in Deutschland bewohnten Wohnfläche zu kennen. Die bautechnischen Standards älterer Häuser sind zum Teil weit hinter den Standards heutiger Neubauten. Daher besteht hier noch großes Potenzial für energetische Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Wärmedämmung und Heiztechnik. Mehr als 84,5% der 2010 bewohnten Wohnfläche sind im Jahre 1990 oder davor erbaut worden, wobei mit 43,5% der größte Anteil auf den Zeitraum 1949 bis 1978 entfällt (StaBu 2012 MZ). Nach 2000 wurden

### 14/WOHNFLÄCHENENTWICKLUNG IN DEUTSCHLAND



Quelle: StaBu (2012) Bau; HWWI

### 15/BEWOHNTE WOHNFLÄCHE IN DEUTSCHLAND 2010 (BAUJAHR)



Quelle: StaBu (2010) MZ; HWWI

dagegen knapp 6,3% der Wohnfläche neu errichtet (siehe Abbildung 15). Die Zahlen machen damit deutlich, dass im weitaus größten Teil des Wohnungsbestandes ein Sanierungsbedarf besteht, insbesondere dort, wo bisher noch keine bzw. kaum energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden.

## ENDENERGIEVERBRAUCH

Der Endenergieverbrauch der Haushalte betrug 2011 ca. 625 Mrd. Kilowattstunden (kWh) (StaBu 2012 UGR). In Abbildung 16 wird die Entwicklung, beginnend mit dem ersten Jahr, für das Daten der Umweltökono-

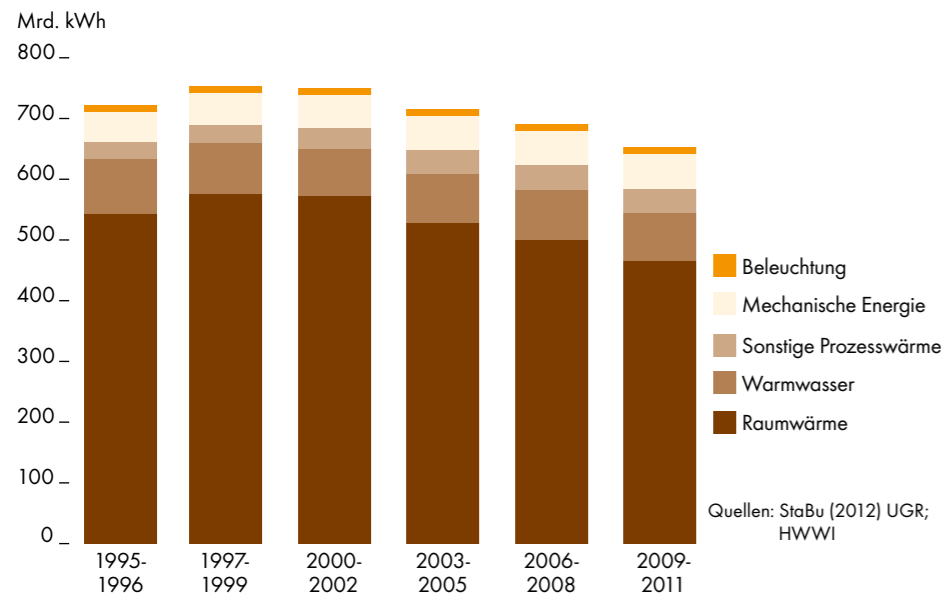
mischen Gesamtrechnung vorliegen dargestellt. Um jährliche Verbrauchsschwankungen zu glätten werden mehrjährige Durchschnittswerte abgebildet. Dabei zeigt sich ein im Trend fallender Verlauf des Endenergieverbrauchs. Gegenüber dem Jahr 1995 verbrauchten die Haushalte 2011 insgesamt rund 12% weniger Endenergie. Dabei ist der Rückgang des Gesamtenergieverbrauchs im Wesentlichen auf Einsparungen bei der Raumwärme zurückzuführen. Hier sank der Energieverbrauch um rund 18%. Um rund 13% hat der Energieverbrauch für Warmwasser abgenommen. Nahezu konstant über den gesamten Zeitraum ist die für Beleuchtung aufgewendete Energiemenge. Demgegen-

über ist die für Prozesswärme verwendete sowie mechanische Energie im Vergleich zum Basisjahr gestiegen.

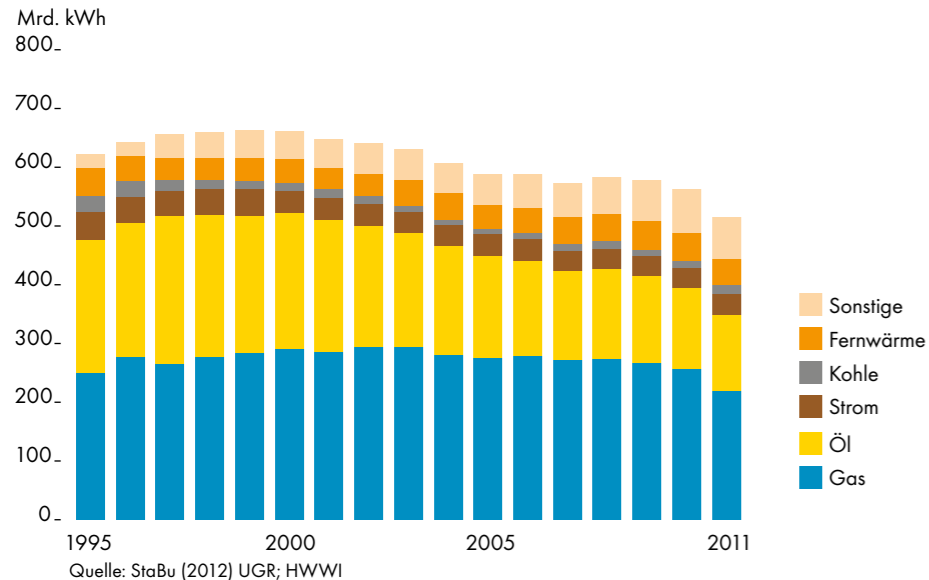
Mit diesen Entwicklungen hat sich die relative Bedeutung der Anwendungsbereiche verschoben. So ist der Anteil von Raumwärme am Endenergieverbrauch der Haushalte von 76% im Jahr 1995 auf 71% im Jahr 2011 gesunken. Damit ist Raumwärme weiterhin der bei weitem wichtigste Verwendungszweck und daher mit Blick auf zukünftige Energieeinsparungen von großer Bedeutung. Nach Raumwärme besitzt Warmwasser mit 13% den zweitgrößten Anteil am gesamten Energieverbrauch in deutschen Haushalten.

Warmwasser umfasst dabei lediglich den Energieverbrauch für die Erwärmung des Wassers zum Duschen oder Baden. Die Bereitstellung von Warmwasser für Geschirrspüler und Waschmaschinen fällt dagegen in die Kategorie „sonstige Prozesswärme“. Dazu gehört auch Energie zum Kochen, Trocknen und Bügeln, die insgesamt einen Anteil von 6% hatte. Haushaltsgeräte (inklusive Kommunikationsgeräte) verbrauchen insgesamt rund 9%, Beleuchtungskörper nur rund 2% der gesamten Energie.

## 16/ABSOLUTER ENDENERGIEVERBRAUCH FÜR WOHNEN



## 17/ENERGIEVERBRAUCH ZUR ERZEUGUNG VON WARMWASSER UND RAUMWÄRME NACH ENERGIETRÄGERN



## RAUMWÄRME UND WARMWASSER

2011 wurden 515 Mrd. kWh von den privaten Haushalten für Raumwärme und Warmwasser aufgewendet. Das sind 107 Mrd. kWh bzw. 18% weniger als 1995. Der Rückgang des Endenergieverbrauchs zur Erzeugung von Raumwärme trotz der gestiegenen Wohnfläche ist hauptsächlich auf die Modernisierung von Heizanlagen und die Sanierung von Gebäuden zurückzuführen. Der Energieverbrauch zur Warmwassererzeugung ist ebenfalls rückgängig; allerdings nicht so stark wie bei Raumwärme. Der Anteil des Energieverbrauchs zur Warmwassererzeugung am Gesamtendenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitung stieg damit von 13,9% im Jahr 1995 auf 14,5% im Jahr 2011.

Die größte Bedeutung für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser hat der Energieträger Erdgas (siehe Abbildung 17). Gas hat im Zeitraum von 1995 bis 2011 einen Anteil von über 40% mit leicht steigender Tendenz. Den höchsten Anteil erreichte Gas im Jahr 2007 mit rund 47% der insgesamt 272 Mrd. kWh (ca. 26 Mrd. m³). Im Gegensatz dazu hat der Anteil von Heizöl als Energieträger für Raumwärme und Warmwasser abgenommen. Hatte Heizöl 1995 noch einen

Anteil von rund 36% an der Warmwasser- und Raumwärmeerzeugung, betrug dieser Anteil 2011 nur noch rund 25%.

Sonstige Energieträger, das heißt insbesondere auch Erneuerbare, haben dagegen kontinuierlich zugenommen. Der Anteil Sonstiger am Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser stieg von 4% (25 Mrd. kWh) im Jahr 1995 auf rund 14% (72 Mrd. kWh) im Jahr 2011. Der Verbrauch von Strom 2011 (35 Mrd. kWh) ist im Vergleich zu 1995 (46 Mrd. kWh) leicht zurückgegangen, wobei der Stromanteil seit dem Jahr 2000 nahezu konstant bei rund 6% liegt. Demgegenüber hat Fernwärme leicht an Anteilen hinzugewonnen – von rund 47 Mrd. kWh und einem Anteil von 8% 1995 auf zuletzt 9% bei 44 Mrd. kWh. Kohle weist einen langjährig rückläufigen Trend auf, konnte zuletzt jedoch leicht zulegen; seine Bedeutung für den Hausbrand bleibt jedoch marginal (vgl. Abbildung 17).

## WÄRMEERZEUGER

2011 gab es in Deutschland rund 21,3 Mio. Wärmeerzeuger in Wohnhäusern (BDH 2012, ZIV 1995-2013, eigene Berechnungen). Davon sind etwa 19,7 Mio. zentrale Heizungen, also Wärmeerzeuger, die von einer zentralen Heizstelle aus ein Gebäude mit Wärme versorgen. Die große Mehrheit wird mit Gas oder Öl betrieben. Mit über 12,5 Mio. Heizkesseln – davon 3,6 Mio. Brennwertkessel – hat Gas den größten und Öl mit 5,8 Mio. den zweitgrößten Anteil. Besonders verbreitet sind mit Öl oder Gas betriebene Niedertemperaturkessel – sie stellen 60% aller zentralen Wärmeerzeuger. Gas- und Öl-Brennwertkessel haben gemeinsam einen Anteil von 21% am Bestand der zentralen Wärmeerzeuger. Restbestände veralteter Konstanttemperaturkessel liegen bei 13%. Biomassekessel stellen mit rund 800.000 Stück knapp 4%. Wärmepumpen haben mit 440.000 Einheiten einen Anteil von rund 2%.

Für die weitere Entwicklung des Energieverbrauchs ist es letztlich auch interessant, die Unterschiede von Neubauten und bestehenden Gebäuden zu analysieren. Rund drei Viertel der Neubauten, die im Zeitraum 2000 bis 2006 fertiggestellt wurden, heizen mit Gas. Damit war auch bei Neubauten Gas der wichtigste Energieträger. Allerdings wird anders als im Wohnungsbestand ein deutlich größerer und steigender Anteil von Neubauten mit Elektro-Wärmepumpen beheizt. So hat der Anteil von Gas langsam zu Gunsten von Wärmepumpen abgenommen und lag 2011 nur knapp über 50%. Der Anteil der

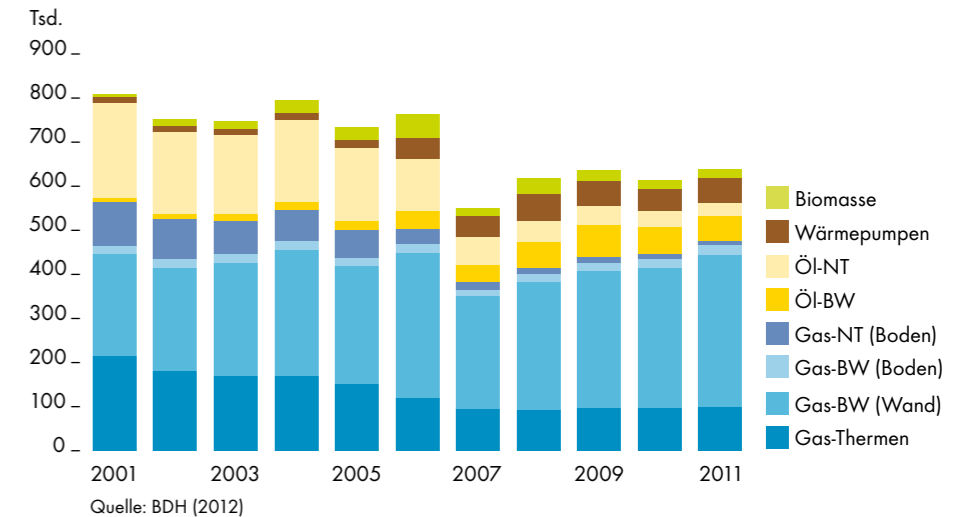
Neubauten, die mit Wärmepumpen heizen, ist von 1% im Jahr 2000 auf etwa ein Drittel angestiegen. Öl spielt als Energieträger in Neubauten eine deutlich geringere Rolle. Knapp 20% der Neubauten, die im Jahr 2000 fertiggestellt wurden, hatten eine Ölheizung; 2011 traf dies nur noch auf 2% aller neuen Wohngebäude zu.

Eine Zuordnung der Heizsysteme zu Gebäuden (oder Wohnungen) ist nicht exakt möglich, denn ein Wärmeerzeuger kann sowohl zur Beheizung einer Wohneinheit – zum Beispiel eines Einfamilienhauses – oder zur Wärmebereitstellung für mehrere Wohnungen eines Mehrfamilienhauses benutzt werden. Außerdem gibt es Unschärfen durch die zunehmende Hybridisierung, besonders im Ein- und Zweifamilienhausbereich. Hier kann und wird oftmals mehr als eine zentrale Heizanlage installiert; Wärme kann dann je nach Bedarf durch nur eine Heizung oder auch durch zwei gleichzeitig arbeitende erzeugt werden.

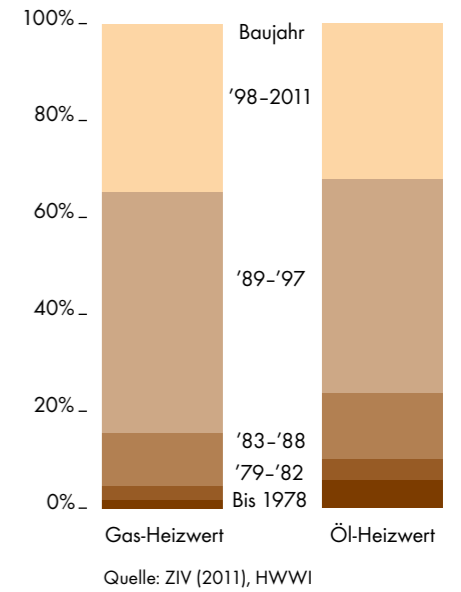
Eine Zuordnung zwischen Gebäude und Wärmeerzeuger gestaltet sich noch schwieriger bei Nicht-Zentralheizungen, zum Beispiel Fernwärme und Nachtspeicherheizungen. Die Anzahl der mit Nachtspeichern beheizten Wohneinheiten beträgt schätzungsweise etwas unter 2 Mio. (Kämper 2013) und beheizt etwas über 400.000 Ein- und Zweifamilienhäuser sowie gut 200.000 Mehrfamilienhäuser (StaBu 2012 MZ).

Mit Nah- und Fernwärme werden rund 3% der Ein- und Zweifamilienhäuser beheizt, was einer Anzahl von ca. 346.000 Gebäuden entspricht (AGFW 2011). Hingegen werden 23% der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern mit Nah- und Fernwärme beheizt; daraus

## 19/ANZAHL NEU EINGEBAUTER WÄRMEERZEUGER



## 18/ALTERSSTRUKTUR DER ÖL- UND GAS-HEIZWERTEKESSEL



resultieren 710.000 mit Nah- und Fernwärme beheizte Gebäude in diesem Bereich.

Der Bestand an Wärmeerzeugern in Deutschland ist teilweise stark veraltet. Das gilt insbesondere für Heizwerttechnik (Konstant- und Niedertemperaturkessel), denn Stand der Technik ist Brennwerttechnik. So sind rund 1,4 Mio. bzw. 24% der Öl-Heizwertgeräte und etwa 1,3 Mio. bzw. 16% der Gas-Heizwertgeräte jeweils über 25 Jahre alt, also seit mindestens 1988 in Betrieb (Abbildung 18).

Jährlich wurden in den letzten Jahren ca. 600.000-700.000 neue Wärmeerzeuger installiert. Seit der Mehrwertsteuererhöhung im Jahre 2007 liegt der Neugeräteabsatz dauerhaft um rund 100.000 niedriger als in den Vorjahren (vgl. Abbildung 19).

# 3.2 TRENDSZENENARIO

## STRUKTUREN UND DETERMINANTEN

Die Szenarien zur Shell BDH Hauswärme-Studie werden mit einem Wärmemarkt-Modell erstellt, das den Markt für Hauswärme, das heißt Raumwärme einschließlich Warmwasser, im Wohnungsbereich abbildet. Die Grundlage des Wärmemarkt-Modells bilden zwei interagierende Teilmodelle – ein Wohnungs- und ein Wärme- bzw. Heiztechnik-Teilmodell.

Das erste Wohnungsmarkt-Teilmodell basiert auf einer Erweiterung und Aktualisierung des HWWI-Wohnungsmarktmodells (Bräuninger et al. 2006). Die demografischen und sozioökonomischen Trends und Strukturen des Wohnungsteiles sind relativ robust und aus Sicht des Wärmemarktes weitgehend exogen. Relevante Trends und Strukturen werden daher nur einmal für alle folgenden Szenarien in die Zukunft projiziert.

Im **Wohnungsteilmodell** wird zunächst auf Basis der demografischen Entwicklung eine Prognose für die **Zahl der Wohngebäude** und deren **Größe in Quadratmetern** erstellt. Dabei wird zwischen **Ein- und Zweifamilienhäusern** einerseits und **Mehrfamilienhäusern** andererseits unterschieden. Die Wohnungsmarkt-Szenarien zeigen, wie sich in Abhängigkeit von der Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung die Zahl der Ein- und Zweifamilienhäuser, die Zahl der Mehrfamilienhäuser, deren Wohnflächen und auch die Wohnflächen insgesamt entwickeln werden.

Der aktuelle und auch der projizierte Gebäudebestand werden sodann in energetische Klassen differenziert. Die Einteilung erfolgt anhand des Zustandes des baulichen Wärmeschutzes in „unsaniert“, „saniert“ und „vollsaniert“. Der Anteil an den jeweiligen Klassen ändert sich zum einen durch **Neubau und Abriss** von Wohngebäuden, zum anderen durch **energetische Sanierung** des Gebäudebestands. Dabei wird unter „**Sanieren**“ immer eine Maßnahme des baulichen Wärmeschutzes verstanden, die ein „**unsaniertes**“ Gebäude in Klasse „**saniert**“ oder „**vollsaniert**“ bringt.

Das zweite Teilmodell bildet die **Dynamik der Wärmeerzeuger** ab. Es wird zum einen der Wechsel zwischen Energieträgern und zum anderen aber auch der **Wechsel von**

**Heiztechnologien** – teilweise bzw. größtenteils innerhalb der einzelnen Energieträger – dargestellt. Unter der **Modernisierung** von Heiztechnologien wird der Wechsel der Heiztechnologie verstanden, unabhängig davon, ob diese mit einem Wechsel des Energieträgers verbunden ist oder nicht.

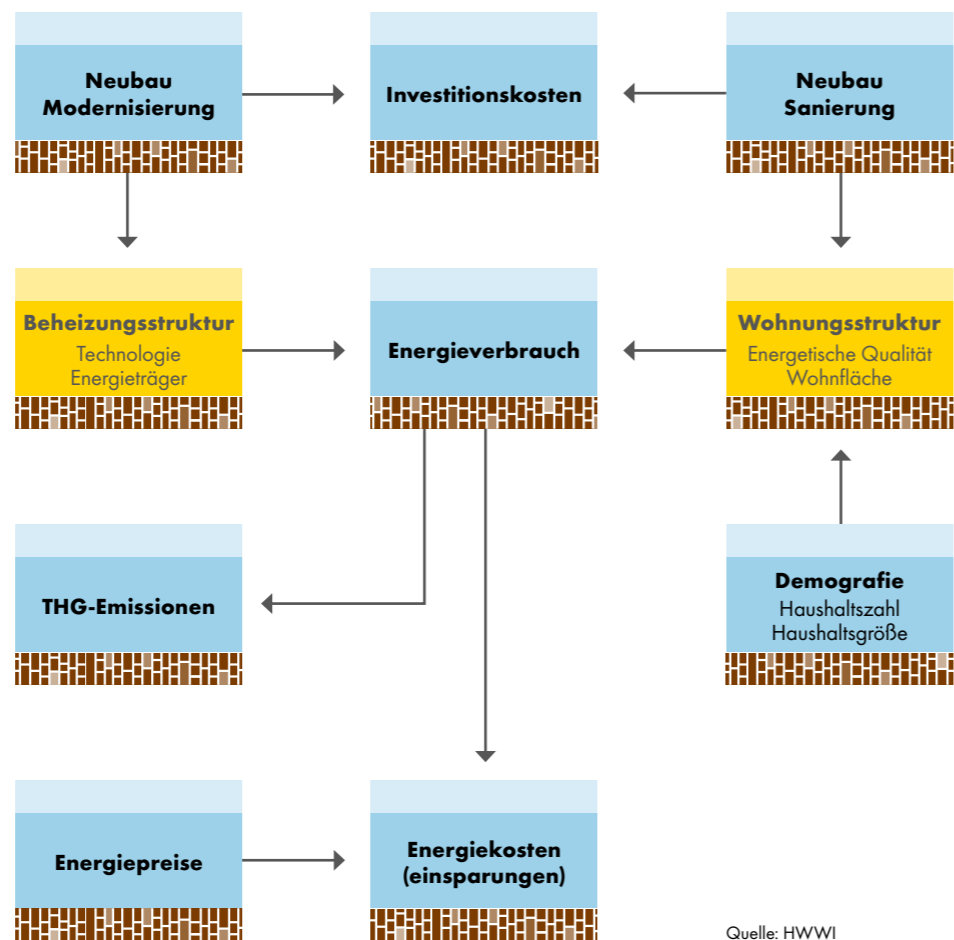
Dann werden die Wärmeerzeuger den Gebäuden bzw. Wohnungen zugeordnet. Auf Basis der Kombination Gebäude und Wärmeerzeuger wird daraufhin der flächenspezifische Brennstoff- bzw. Endenergieverbrauch errechnet. Über die durchschnittlichen Gebäudegrößen kann nun der **aggregierte Endenergieverbrauch** berechnet werden. Unter Verwendung brennstoffspezifischer Treibhausgasemissionsfaktoren ergeben sich damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die zentralen Determinanten des Energieverbrauchs sind die Beheizungsstruktur und die Wohnungsstruktur. Die Beheizungsstruktur kann durch Neubau und Modernisierung, die Wohnungsstruktur durch Neubau und Sanie-

rung verändert werden. Beides verursacht Investitionskosten. Denen stehen die Energiekosten gegenüber, die sich aus dem Energieverbrauch und den Energiepreisen ergeben. Investitionen in Wärmeschutz und Heiztechnik führen in der Regel zu Brennstoffkosteneinsparungen.

Im Folgenden wird ein **Trendszenario** dargestellt. Ausgehend von projizierten Wohnungsmarktrends – Neubau, Abriss und Sanierung – werden Sanierungsraten des baulichen Wärmeschutzes sowie Modernisierungsraten für Heizungen aus der Vergangenheit fortgeschrieben. Im Trendszenario werden im Kern die Technologien abgebildet, die schon heute verwendet werden. Als Ergebnis erhält man eine mögliche Entwicklung von Beheizungsstruktur, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission, sofern sich die Trends aus der Vergangenheit fortsetzen. Außerdem können die Investitionskosten für baulichen Wärmeschutz sowie für Modernisierungen der Heizanlagen differenziert abgebildet und darüber hinaus mit den Betriebskosten verglichen werden.

### 20/MODELLSTRUKTUR



## WOHNUNGSMARKT-TRENDS

**Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung** Ausgangspunkt der Szenarien für den Wohnungsmarkt ist die Prognose der Haushaltsentwicklung in Deutschland. Aus dieser werden Projektionen über die Zahl der Wohneinheiten in Häusern und im Geschosswohnungsbau abgeleitet. Die Entwicklung der Zahl und der Struktur der Haushalte stellt neben dem Einkommen eine wesentliche Einflussgröße für die Wohnungsnachfrage dar. Konkret baut die Projektion künftiger Wohneinheiten auf der Prognose der Haushaltszahlen auf, die vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR 2012 Markt) im Rahmen der Raumordnungsprognose 2030 erstellt wurde. Die Grundannahme der Raumordnungsprognose lautet, dass die Bevölkerungszahl zwischen 2010 und 2030 sinken wird, so dass im Jahre 2030 die Einwohnerzahl Deutschlands 79,3 Mio. beträgt.

Neben einer Fortschreibung der Geburten- und Sterberaten geht auch die Zuwanderung als ein zentraler Einflussfaktor in die Prognose ein. Hierbei geht der BBSR davon aus, dass sich der Wanderungssaldo innerhalb der Bandbreite entwickelt, die in den mittleren Varianten der 12. Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes angenommen werden. Die mittleren Varianten unterstellen dabei einen Nettozuzug von 100.000 Personen pro Jahr ab 2014 (Variante 1 W1) und im oberen Szenario eine Nettozuwanderung von jährlich 200.000 Personen ab dem Jahre 2020 (Variante 1 W2). Alles in allem bewegt sich der prognostizierte Rückgang des BBSR-Szenarios

damit innerhalb der Bandbreiten der mittleren Varianten der 12. Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes (StaBu 2009).

Wie Abbildung 21 illustriert, wird die Zahl der Haushalte in den kommenden zwei Jahrzehnten gleichwohl insgesamt zunehmen. So werden im Jahre 2030 mit 41,5 Mio. Haushalten etwa 1,2 Mio. mehr Haushalte in Deutschland zu verzeichnen sein als im Jahr 2010. Dabei wird der Anstieg bei den Haushaltszahlen in den Jahren 2010 bis 2020 deutlich stärker sein als im darauf folgenden Jahrzehnt, da sich bereits zur Mitte des laufenden Jahrzehnts die Zunahme der Haushaltszahlen kontinuierlich abschwächen und am Ende des Prognosezeitraums sogar negativ werden wird.

Neben der allgemeinen Haushaltsentwicklung ist auch die regionale Entwicklung der Haushalte für den Bau von Wohneinheiten und insbesondere deren Verteilung auf Ein- und Zweifamilienhäuser sowie den Geschosswohnungsbau von Bedeutung. Die regionale Entwicklung wird dabei durch mehrere sich überlagernde Einflüsse und Trends beeinflusst, die zu zum Teil erheblichen regionalen Differenzierungen führen werden. Diese Trends sind vor allem die voranschreitende Alterung der Gesellschaft, die Entwicklung der Zuwanderung sowie die Entwicklung der Binnenwanderung von den ländlichen Regionen in die städtischen Zentren und deren Umland (vgl. Bayern LB 2009). Vor allem die Alterung der Gesellschaft führt zu einer größeren Zahl der Haushalte und tendenziell zu einer höheren Wohnnachfrage. Dies liegt

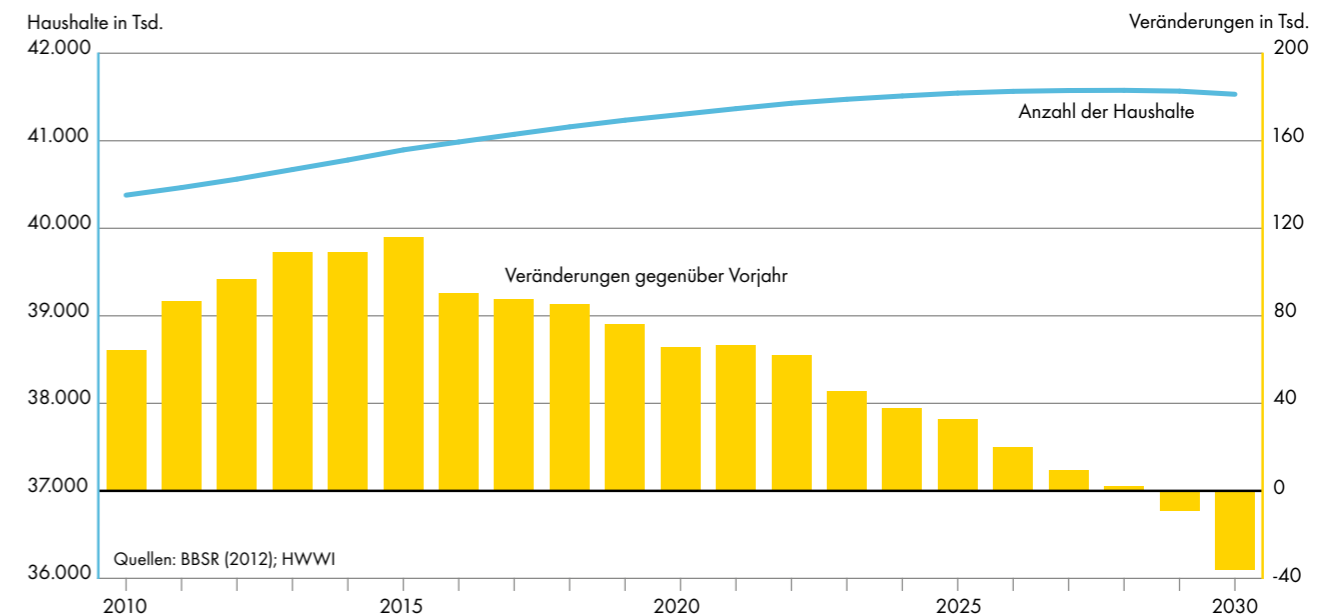
darin begründet, dass die demografische Entwicklung eine Zunahme der Zahl kleinerer Haushalte begünstigt, da zum einen die geburtenstarken Jahrgänge der 1960er Jahre in eine Lebensphase eintreten, in der die Kinder ausziehen und eigene Haushalte gründen. Zum anderen verlangsamt sich die Zahl der Abgänge der Haushalte auch infolge der steigenden Lebenserwartung der Bevölkerung und der damit zunehmenden Bedeutung der Senioren-Haushalte.

Die regionale Wohnnachfrage wird ferner durch Zuwanderung und Binnenmigration beeinflusst. Während für die Nettozuwanderung die bereits oben genannten Annahmen getroffen werden, lassen sich bei der Binnenmigration in den kommenden Jahren zwei Trends identifizieren. Zum einen wird in Ostdeutschland die Abwanderung – vor allem jüngerer – Einwohner anhalten, zum anderen dürfte der gegenwärtig wieder beobachtbare Trend zur Urbanisierung, aber auch die anhaltende Suburbanisierung vor allem im alten Bundesgebiet weiter anhalten.

### Neubau

Eine Zunahme der (regionalen) Haushalte führt zu einer höheren Nachfrage nach Wohneinheiten und damit auch zu einer steigenden Zahl von Wohngebäuden. Steigende Haushaltszahlen erfordern dabei aber nicht zwingend eine Zunahme der Nachfrage in gleicher Höhe, da vor allem in Städten Haushalte in substantieller Zahl in Wohngemeinschaften leben und mehrere Haushalte sich somit eine Wohneinheit teilen. Sofern eine eventuelle Mehrnachfrage nicht durch am Markt vermittelbare Leerstände gedeckt

### 21/ENTWICKLUNG DER HAUSHALTSZAHLEN IN DEUTSCHLAND



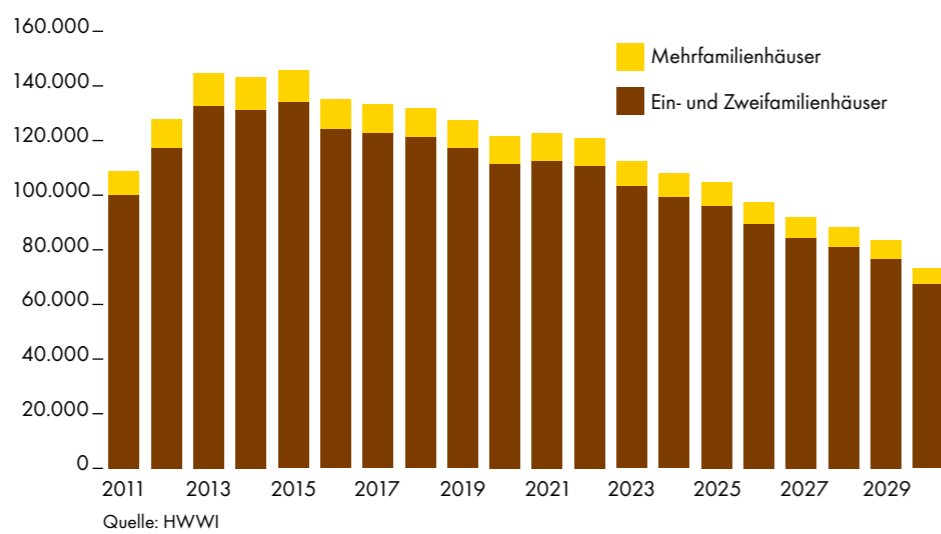
werden kann, werden Nachfrageüberschüsse zu steigenden Mieten und Preisen führen und mit Verzögerung tendenziell den Bau neuer Wohneinheiten induzieren. Die relativen Preise von Ein- und Zweifamilienhäusern auf der einen und Mehrfamilienhäusern auf der anderen Seite beeinflussen die relative Bedeutung der Gebäudetypen im Neubau. Darüber hinaus ist ein Großteil der Neubauten aber nicht auf einen Mehrbedarf zurückzuführen, sondern dient dem Ersatz baufälliger oder nicht mehr marktgängiger Wohnungen. Dabei wird für die Abgänge vom Wohnbestand kalkulatorisch angenommen, dass jedes Jahr durchschnittlich 0,3% der Wohneinheiten abgerissen werden. Diese Abgangsquote stellt – im Einklang mit zahlreichen anderen Studien – lediglich eine Approximation dar, da die amtliche Statistik Abgänge nur unzureichend erfasst und somit eine auf quantitativen Methoden basierende und gleichzeitig belastbare Ermittlung nicht möglich ist (vgl. etwa BBSR 2010 und Just 2009).

2010 wurden 40,3 Mio. Wohneinheiten im Bundesgebiet statistisch erfasst. Insgesamt kommt es in der Projektion auf Basis des HWWI-Wohnungsmodells im Zeitraum 2010 bis 2030 zu einem Neubau von 4,1 Mio. Wohneinheiten. Dies entspricht einem durchschnittlichen Neubauvolumen von 197.000 Wohneinheiten pro Jahr. Davon dienen 2,5 Mio. und damit knapp zwei Drittel der neugebauten Wohneinheiten dem Ersatz alter Wohnungen. Das verbleibende Drittel, rund 1,6 Mio. Wohneinheiten, erhöhen den Bestand. Durch diesen Nettoneubau wird der Wohnungsbestand Ende 2030 bei 41,9 Mio. Wohneinheiten liegen.

Damit übersteigt der Nettoneubau in dieser Projektion in einzelnen Jahren den Zuwachs bei den Haushaltszahlen, was ein höheres Leerstandsrisiko von Wohnimmobilien in einzelnen Regionen zur Folge hat. Dies bedeutet aber nicht, dass Neubauten eine Fehlinvestition darstellen. Leerstände am Immobilienmarkt treten schon deshalb auf, da sowohl die Suchaktivität der Wohnungsmarktteilnehmer als auch der gelegentlich bestehende Renovierungsbedarf bei Altbauten zu Friktionen führen. Da die regionale Haushalts- und Nachfrageentwicklung nicht überall monoton verläuft, können vorübergehende Nachfraganstiege aber regional zu Neubauaktivitäten führen, die den Bestand über das langfristig vermittelbare Maß hinaus ansteigen lassen.

Die Zusatzerhebung im Mikrozensus 2010 zur Wohnsituation zeigt eine stichtagsbezo-

## 22/ANZAHL DER NEUBAUTEN



gene Leerstandsquote von fast 10% (StaBu 2012 MZ). Dabei ist jedoch nicht deutlich, wie lange die jeweiligen Wohnungen leer stehen und wie diese beheizt werden. Damit ist auch unklar, was der Leerstand für den Wärmemarkt bedeutet. Während dauerhaft leer stehende Gebäude, deren Abriss langfristig geplant ist, wohl nicht oder kaum beheizt werden, wird bei einem kurzfristigen Leerstand aufgrund von Fluktuationen teilweise weiter geheizt. Im Folgenden wird der Wärmebedarf dennoch an einem um 10% korrigierten Gebäudebestand geschätzt. Tendenziell führt dies zu einer leichten Überschätzung des spezifischen Energieverbrauchs bewohnter Wohnungen.

Wie Abbildung 22 zeigt, dürfte die Neubauproduktion von 2010 bis 2020 – und damit der Haushaltsentwicklung folgend – stärker ausfallen als in dem darauf folgenden Jahrzehnt. Die Modellprojektion wird auch durch die aktuelle Entwicklung im Bausektor unterstützt; so nähert sich die Entwicklung in den Jahren 2011 und 2012 den Modellprojektionen an und könnte diese aufgrund aufgestauten Nachholbedarfs sogar zeitweise übertreffen. Der modellierte Verlauf der Neubauproduktion kann sich aber aufgrund der teils langwierigen und nicht prognostizierbaren Genehmigungs-, Planungs- und Bauprozesse auch anders über die Jahre als hier dargestellt verteilen. Weitere Prognoserisiken bestehen ferner in einer anderen als der vom BBSR prognostizierten Haushaltsentwicklung, substantiellen Änderungen des Wohnverhaltens der Marktteilnehmer sowie Änderungen des makroökonomischen Umfelds. Neben der guten Lage auf dem deutschen Arbeitsmarkt

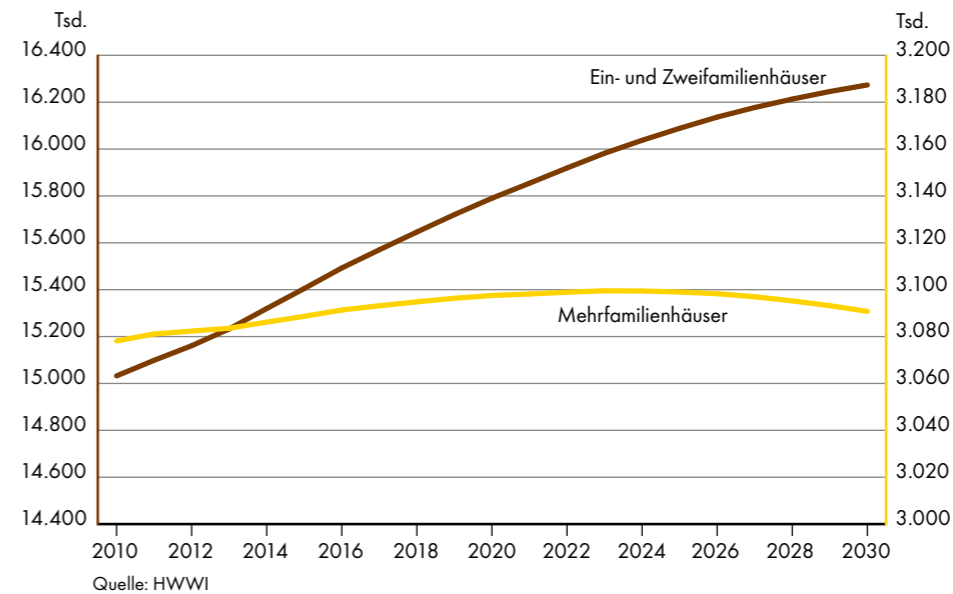
und steigenden Realeinkommen dürfte die aktuell gestiegene Neubauproduktion auch auf die günstigen Finanzierungsbedingungen und damit auf Vorzieheffekte zurückzuführen sein.

## Entwicklung des Wohnungsbestands

Hinsichtlich des künftigen Energieverbrauchs ist auch die Verteilung der neugebauten Wohneinheiten auf die unterschiedlichen Gebäudetypen von Bedeutung. Grundlage für die Projektion der neugebauten Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie im Geschosswohnungsbau ist eine Fortschreibung des bisherigen regionalen Bauverhaltens. Eine Fortschreibung dieser Entwicklung birgt den Vorteil, dass die regional differenzierten Entwicklungspfade bei der Haushalts- und Wohneinheitenentwicklung auch im Hinblick auf die erstellten Gebäudetypen berücksichtigt werden können. Die Aufteilung der Fertigstellungen von Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern und im Geschosswohnungsbau wird entsprechend der durchschnittlichen Entwicklung der letzten Jahre fortgeschrieben. Das HWWI-Wohnungsmodell zeigt eine weiterhin fortschreitende Zunahme des Anteils der Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern (vgl. Abbildung 23).

Die Verteilung der Wohneinheiten auf unterschiedliche Gebäudetypen wirkt sich ferner auf die durchschnittliche Größe pro Wohneinheit aus. Die Quadratmeter pro Wohneinheit werden demnach von rund 85 m<sup>2</sup> im Jahre 2010 (StaÄBL 2013) auf knapp 89 m<sup>2</sup> im Jahre 2030 steigen. Hauptursache für den Anstieg ist der Umstand, dass ältere, kleinere Wohneinheiten künftig durch neuere, größere

## 23/BESTAND DER WOHNGEBÄUDE IN DEUTSCHLAND



ersetzt werden. Dabei werden vor allem aktuell fertiggestellte Häuser im Randgebiet der urbanen Zentren zu dieser Steigerung beitragen. Sie liegen mit durchschnittlich 140 m<sup>2</sup> pro Wohneinheit deutlich über der durchschnittlichen Größe des heutigen Bestands. Da außerdem noch die durchschnittliche Personenzahl je Haushalt sinkt, steigt der Flächenbedarf je Kopf noch stärker als die gesamte Wohnfläche.

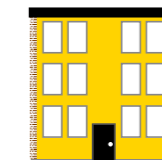
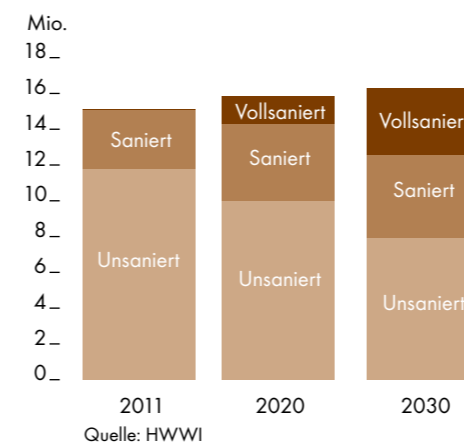
## Energetische Qualität des Wohnungsbestands

Der Energieverbrauch von Gebäuden wird wesentlich durch deren energetische Qualität bestimmt. Energetische Standards

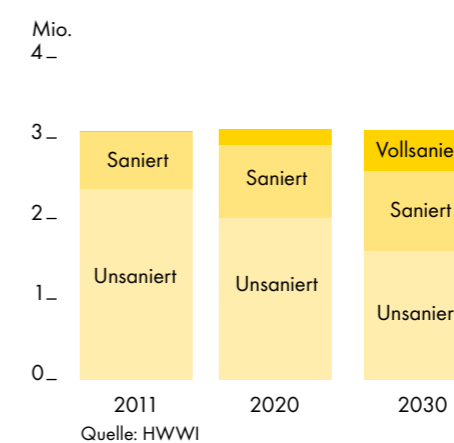
für den Neubau wurden zunächst in den Wärmeschutzverordnungen 1978, 1984 und 1995 und dann in den EnEV-Standards 2002 und 2009 festgelegt. Derzeit wird an einem neuen Standard gearbeitet, der wahrscheinlich 2014 umgesetzt wird (vgl. EnEV Online 2013). Für das Modell wird hier eine zusammengefasste Klassifikation verwendet. Gebäude, die den Wärmestandard der WSchVO 95 erfüllen, werden als **saniert** bezeichnet, Gebäude die diesen Standard nicht erfüllen als **unsaniert**. Derzeit befinden sich 78% der Gebäude im unsanierten Zustand (BMVBS 2012 a). Die energetische Qualität des Wohnungsbestands ändert sich durch Abriss und Neubau. Der Abriss



## 24/ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER EIN- UND ZWEIFAMILIENHÄUSER



## ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER MEHRFAMILIENHÄUSER



trifft grundsätzlich Gebäude im unsanierten Zustand. Neue Gebäude erfüllen mindestens den jeweils gültigen EnEV-Standard. Für das Modell wird neben dem Wärmestandard der WSchVO 95 eine weitere Sanierungsstufe eingeführt: Gebäude, die den im Entwurf vorliegenden Standard der gegenüber EnEV 2014 noch mal verschärften EnEV 2016 erfüllen, werden als **vollsaniiert** bezeichnet. Im Trendszenario wird angenommen, dass im Jahr 2011 die Hälfte des Neubaus den höheren Gebäudestandard EnEV 2016 (Entwurf) erfüllt. Bis 2016 steigt diese Quote dann auf 100%, so dass der gesamte Neubau diesem Standard entspricht. Die Projektion des Wohnungsmarkts zeigt, dass bis 2030 etwa 14% des derzeitigen Bestands an Ein- und Zweifamilienhäusern neu gebaut und 6% des derzeitigen Bestandes abgerissen werden. Bei den Mehrfamilienhäusern werden 6% neu gebaut und 5% abgerissen.

Neben Abriss und Neubau führt auch die Sanierung des Gebäudebestands zur Verbesserung der energetischen Qualität. Dabei werden unter einer Sanierung Maßnahmen verstanden, die der baulichen Verbesserung eines Bauwerks dienen und mit denen Schäden beseitigt oder der Wohnstandard erhöht werden (vgl. dazu auch die Energieszenarien von Prognos/EWI/GWS 2010, S. 68). Insofern geht eine Sanierung über die Instandhaltung und Instandsetzung hinaus. Bei der energetischen Sanierung besteht das Hauptziel in einer Senkung des Energieverbrauchs und/oder der energiebedingten Emissionen.

Es wird angenommen, dass wie in der Vergangenheit, 1% des Gebäudebestands baulich saniert wird (IWU/BEI 2010). Dabei wird für Ein- und Zweifamilienhäuser die gleiche Sanierungsquote unterstellt wie für Mehrfamilienhäuser. Unter dieser Annahme wird auch 1% der Wohnfläche saniert. Im Trendszenario wird angenommen, dass ab dem Jahr 2010 25% der Sanierungen und die Hälfte des Neubaus den höheren Gebäudestandard EnEV 2016 (Entwurf) erfüllt. Ab 2016 steigt der Anteil der Sanierungen, die diesen Standard erfüllen, schrittweise an, so dass 2021 50%, im Jahr 2025 75% und 2030 alle Sanierungen diesen Standard erfüllen. Der Neubau hat diesen Standard ab dem Jahr 2016.

Bis 2030 wird sich noch immer etwa die Hälfte der Gebäude im unsanierten Zustand befinden. Die andere Hälfte wurde saniert. Bei den Ein- und Zweifamilienhäusern erfüllen 23%, bei den Mehrfamilienhäusern 16% den Standard EnEV 2016.



## TRENDS IN DER BEHEIZUNGSSTRUKTUR

Die Beheizungsstruktur gibt an, mit welchen Energieträgern, welchen Heiztechnologien, wie – zentral oder dezentral – Gebäude, Wohnungen bzw. Wohnflächen (hauptsächlich) beheizt werden. Üblich ist der Bezug verwendeter Haupt-Heiztechnologien auf Wohnungseinheiten. Oftmals finden sich jedoch auch noch zusätzliche bzw. ergänzende Wärmeerzeuger für Raumwärme oder Warmwasser.

Den Ausgangspunkt der Analyse bildet die aktuelle aggregierte Beheizungsstruktur, die sich auf Basis der Daten des Zentralinventionsverbandes der Schornsteinfeger und der Absatzzahlen des BDH ergeben (ZIV 1995–2013; BDH 2012). Ergänzt werden diese durch Daten der amtlichen Statistik und Schätzungen auf Haushaltsebene. Konkret werden die Daten zu Baugenehmigungen (StaBu 2012 Bau) und die Sonderauswertung des Mikrozensus zur Wohnsituation (StaBu 2012 MZ) der Haushalte herangezogen.

Um die weitere Entwicklung im Trendszenario bis 2030 darzustellen, werden die Ab- und Zugangsraten für die einzelnen Energieträger und Heiztechnologien fortgeschrieben. Dazu werden die Trends aus der Vergangenheit herangezogen und plausible Annahmen über die zukünftige Entwicklung getroffen. Die Analyse differenziert nach Ein- und Zweifamilienhäusern auf der einen Seite und Mehrfamilienhäusern auf der anderen Seite.

### Wechsel Energieträger im Bestand

Derzeit dominieren **Gasheizungen** und **Ölheizungen** die Beheizungsstruktur. Hier ergibt sich dadurch eine Veränderungsdynamik, dass alte ineffiziente Geräte ausgetauscht und durch neue ersetzt werden. Da ein Wechsel der Energieträger mit höheren Kosten verbunden ist als der Austausch von Geräten bei Beibehaltung desselbigen, werden die neuen Geräte überwiegend dieselben Energieträger verwenden wie die Vorgänger. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ein Teil der Abgänge von Öl- und Gasheizungen zu neuen Technologien wechselt.

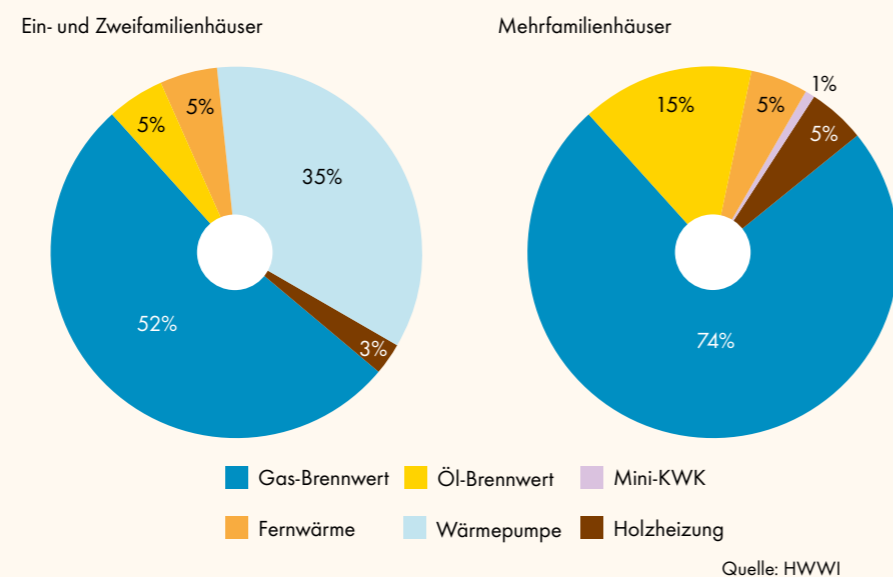
Bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind das **Wärmepumpen** (5%), bei Mehrfamilienhäusern **Mini-KWK-Anlagen in Verbindung mit Brennwerttechnik** (1%).

Außerdem hat bei Ölheizungen im Sanierungsfall in den letzten Jahren ein gewisser Wechsel von Öl zu Gas stattgefunden. Er wird

### Energieträger im Neubau

Da sich die Beheizungsstruktur im **Neubau** von der im Gebäude-Bestand unterscheidet, findet ein „natürlicher“ Wechsel der Bedeutung von Energieträgern und Heiztechnologien im Rahmen von Abriss und Neubau statt. Bei 52% der in den letzten Jahren neu erstellten Ein- und Zweifamilienhäuser wurden **Gas-Brennwertkessel** installiert; in 35% der Gebäude wurden Wärmepumpen eingebaut. **Öl-Brennwertkessel** hatten einen Anteil von ca. 5%, während **Holz-Zentralheizungen** einen Anteil von 3% erreichten. Im Bereich der neuen Mehrfamilienhäuser wurde zu 74% Gas eingesetzt (vgl. StaBu 2012 Bau). Im Trendszenario werden diese Anteile in die Zukunft fortgeschrieben. Als neue Technologie wird hier zukünftig in 1% der Mehrfamilienhäuser eine **Mini-KWK-Anlage** eingebaut, die als Spitzenlastkessel zusätzlich einen Gas-Brennwertkessel verwendet. In den letzten Jahren wurde bei etwa 20% der Neubauten ergänzend zur Heizung Solarthermie eingesetzt – nahezu vollständig in Ein- und Zweifamilienhäusern. Bei Mehrfamilienhäusern ist der Anteil solarthermischer Anlagen statistisch praktisch nicht wahrnehmbar. In zwei Drittel der Fälle wird **Solarthermie** nur zur Warmwasserbereitung genutzt, in einem Drittel der Fälle heizungsunterstützend eingesetzt.

### 25/ANTEIL DER HAUPT-HEIZTECHNIKEN IM NEUBAU



langfristig weitgehend zum Stillstand kommen, da nicht alle Haushalte an das Gasnetz angeschlossen sind. Insofern wird sich perspektivisch ein Grundplateau an Ölheizungen ergeben. Da dieses aber noch lange nicht erreicht ist, wird über den Szenariohorizont angenommen, dass 10% der auszutauschenden Ölheizungen durch Gasheizungen ersetzt werden. Eine konstante Abgangsquote impliziert bei einem zurückgehenden Bestand, dass die Zahl der Wechsler von Öl zu Gas im Zeitablauf immer geringer wird.

Eine Technologie, die mittelfristig vollständig ersetzt wird, sind **Nachtspeicherheizungen**. Dabei ist deren Ersatz in der Regel mit größeren Sanierungsarbeiten – wie dem Einbau von Rohrleitungen und Heizkörpern – verbunden. Insofern wird die Ersatzstruktur der Beheizung der im Neubau ähnlich sein. Die Zahl der nachtspeicherbeheizten

Wohnungen geht um 3% p. a. zurück (Kämper 2013). Parallel dazu sinkt auch die Zahl der Heizungen. Derzeit werden ca. 1,4 Mio. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern mit Nachtspeichern beheizt. Diese befinden sich in etwas über 200.000 Gebäuden. In über drei Viertel werden bei Modernisierung der Anlagentechnik in Mehrfamilienhäusern Nachtspeicherheizungen durch **Gasheizungen** ersetzt. Weiterhin wird bei abgehenden Nachtspeicherheizungen in Mehrfamilienhäusern in 1% der Fälle eine **Mini-KWK-Anlage mit Gas-Brennwert-Zusatzkessel** installiert. Die Verbleibenden verteilen sich auf Fernwärme und Holzheizungen. Weiterhin werden etwas mehr als 410.000 Ein- und Zweifamilienhäuser mit Nachtspeichern beheizt. In Ein- und Zweifamilienhäusern werden als Ersatz für Nachtspeicheröfen über die Hälfte auf Gas und etwa ein Drittel auf **Wärmepumpen** umstellen.

Aus der Sonderauswertung des Mikrozensus 2010 ergibt sich, dass ca. 1,5 Mio. **Solarthermieanlagen** verwendet werden. Die Zahl der installierten Anlagen stieg zuletzt um ca. 150.000 Stück pro Jahr (BSW-Solar 2012 a). Auf den Neubau entfielen dabei ungefähr 25.000 Stück, die übrigen werden im Bestand im Zusammenhang mit einer Heizungsmodernisierung installiert (StaBu 2012 Bau). Es wird angenommen, dass sich der mengenmäßige Zubau von Solarthermie in der Zukunft fortsetzt. Dabei wird wie im Neubau ein Drittel der Anlagen heizungsunterstützend eingesetzt.

### Modernisierung Heiztechnik

Neben der Dynamik, die sich durch Wechsel von Energieträgern ergibt, entsteht eine Dynamik durch den Wechsel von Heiztechnologien bei gegebenen Energieträgern. Die technisch und ökonomisch veralteten **Gas- und Öl-Konstanttemperaturkessel** werden nach und nach ersetzt. Dabei werden die durchschnittlichen Abgangsraten der letzten Jahre in die Zukunft weitergeführt.

Auch **Gas- und Öl-Niedertemperaturkessel** sind eine inzwischen veraltete Technologie. Wie für die Konstanttemperaturkessel werden die Abgangsraten aus den letzten Jahren fortgeschrieben. Allerdings wurden Niedertemperaturkessel sowohl bei Ein- und Zweifamilienhäusern als auch bei Mehrfamilienhäusern noch in den letzten Jahren installiert; die Zahl der Neuinstallationen ist jedoch stark rückläufig und vergleichsweise gering. Da Niedertemperaturkessel eine relativ geringe Effizienz haben, erfüllen sie die vom zuständigen Regelausschuss beschlossenen Mindesteffizienzanforderungen der EU-Verordnung zur Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG für Wärmeerzeuger künftig nicht mehr. Nach deren voraussichtlicher Veröffentlichung im EU-Amtsblatt Ende Juni 2013 werden Niedertemperaturkessel (mit Ausnahme Gasthermen) ab Ende 2015 nicht mehr am Markt zulässig sein. Insofern wird im Trendszenario angenommen, dass die Zahl der Neuinstallationen (Gasthermen wiederum ausgenommen) bis 2016 auf null sinkt.

In den letzten fünf Jahren wurden durchschnittlich fast 100.000 Niedertemperaturkessel als **Etagenheizungen (Gas-Thermen)** neu installiert. Hier würde ein Wechsel von Thermen zu Brennwertgeräten erhebliche bauliche Mehrkosten bedingen, da die Abgasanlage aufwendig erneuert werden müsste. Ein Technologiewechsel kommt daher in der Regel aus baulichen und auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage. In

der Folge ergibt sich ein Plateau von etwa 4 Mio. Gasthermen. Defekte Geräte werden auch zukünftig durch neue Geräte mit derselben Technologie ersetzt. Als Ersatz für die veralteten Technologien wird im Wesentlichen **Brennwerttechnik** eingesetzt. In Ein- und Zweifamilienhäusern werden bei Gas über 90% und bei Öl über 80% der abgehenden Anlagen durch Brennwerttechnik mit dem jeweiligen Energieträger ersetzt. Bei Mehrfamilienhäusern liegen diese Ersatzraten noch etwas höher als bei Ein- und Zweifamilienhäusern. In den nächsten Jahren sind die zu ersetzenden Anlagen im Wesentlichen die Konstant- und Niedertemperaturkessel. Bei einer unterstellten Lebensdauer von zwanzig Jahren werden am Ende des Szenariohorizonts dann auch vermehrt Brennwertgeräte modernisiert, das heißt wiederum durch Brennwertgeräte ersetzt.

Mit verbesserten Gebäudestandards wird es zukünftig immer weniger attraktiv, Neubauten an das Fernwärmenetz anzuschließen. Nur in Bereichen, in denen bereits ein Netz vorliegt, wird es zu Neuanschlüssen kommen. Dies spricht für zurückgehende Anschlusszahlen. Andererseits werden in vielen Regionen Nahwärmenetze ausgebaut. In der Summe wird im Trendszenario davon ausgegangen, dass **Nah- und Fernwärme** wie in den vergangenen Jahren einen Anteil von ca. 5% des Neubaus haben.

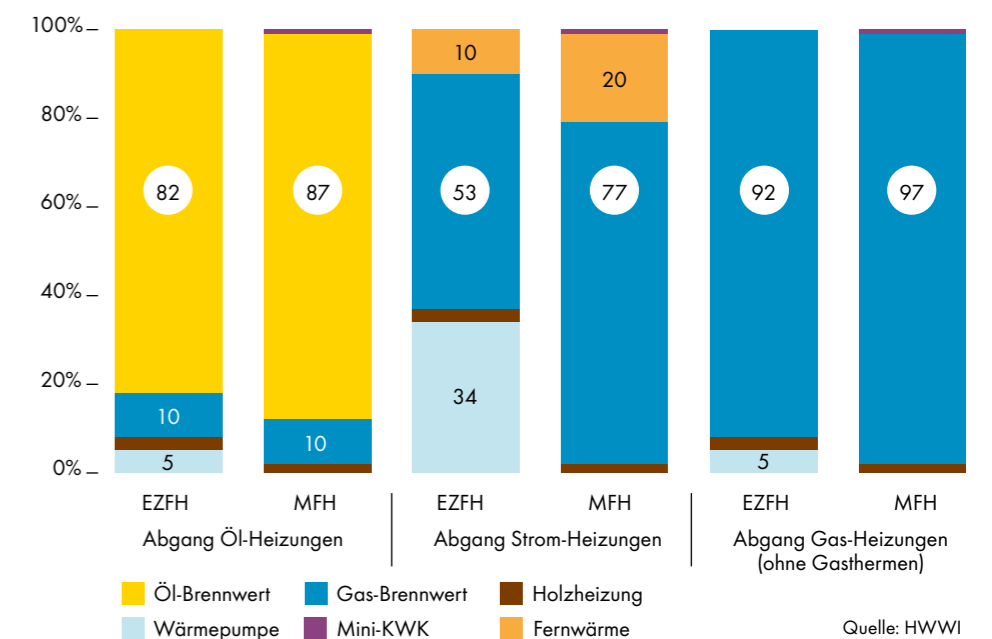
In den letzten Jahren hat die Bedeutung von Holzheizungen deutlich zugenommen (Mantau 2012). Dabei muss zunächst

zwischen **zentralen Holzheizungen** und **Einzelfeuerstätten** unterschieden werden. Die Einzelfeuerstätten sind ausschließlich als Unterstützung eines zentralen Heizsystems modelliert. Bei den zentralen Holzheizungen kann im Wesentlichen zwischen **Holzvergaserheizungen**, die Scheitholz verwenden, und **Pellet- oder Hackschnitzelheizungen** unterschieden werden. Bei den Zentralheizungen dominieren stückholzbefeuerte Kessel deutlich; Hackschnitzelheizungen eignen sich aufgrund ihres Leistungsspektrums vorwiegend für größere Gebäudeeinheiten.

Die Sonderauswertung des Mikrozensus 2010 zeigt, dass über 20% der Ein- und Zweifamilienhäuser hybride Heizsysteme verwenden. Im Bereich der Mehrfamilienhäuser liegt der Anteil dagegen unter 10%. Dabei ist aber eine scharfe Abgrenzung zwischen zentralen Heizsystemen und Einzelfeuerstätten nicht möglich. Außerdem ist auf Basis der vorliegenden Daten keine direkte empirische Zuordnung der hybriden Heizsysteme durchführbar.

Eine sinnvolle Interpretation ergibt sich aber, wenn man annimmt, dass Holzcentralheizungen häufig in Kombination mit Gas- und Ölheizungen betrieben werden. In diesen Fällen werden die Gas- und Ölheizungen einen deutlich kleineren Teil der Heizlast decken, so dass deren Austausch trotz ineffizienter Technologie auch zukünftig nicht rentabel ist. Eine Schätzung auf Basis der Sonderauswertung des Mikrozensus, der BDH-Daten und der Absatzzahlen von Pelletheizungen zeigt,

### 26/WECHSELRATEN BEIM AUSTAUSCH VON HEIZGERÄTEN AB 2016



dass 80% der zentralen Holzheizungen als Hybridsysteme betrieben werden. Es wird angenommen, dass von diesen Holzhybridsystemen 50% mit Öl- und 50% mit Gasheizungen kombiniert werden.

Abbildung 26 fasst die Wanderungsbewegungen bei der Modernisierung von Heizanlagen im Wohnungs-/Gebäudebestand für Ein- und Zweifamilienhäuser einerseits sowie Mehrfamilienhäuser andererseits noch einmal zusammen. Nicht dargestellt werden die Wechsel der Gasetagenheizungen, die sich selbst ersetzen. In den Säulen wird für die abgehenden Heizungen unterschiedlichen Typs gezeigt, durch welche diese bei einer Modernisierung ersetzt werden. Beispielsweise werden bei heizanlagentechnischer Modernisierung eines bisher mit Öl beheizten Ein- und Zweifamilienhauses 82% einen modernen Öl-Brennwertkessel einbauen (erste Säule). Weitere 10% wechseln zusätzlich den Energieträger und installieren einen Gas-Brennwertkessel, während 3% zu einer Holzheizung wechseln. Die verbleibenden 5% installieren eine Wärmepumpe.

Die Sonderauswertung des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger hat für

Niedersachsen gezeigt, dass 53% der Ein- und Zweifamilienhäuser mit **Einzelfeuerstellen** ausgestattet sind (3N/LIV 2010). Da Niedersachsen stärker ländlich geprägt ist als Deutschland insgesamt, ist eine Extrapolation für Gesamtdeutschland nicht möglich. Auf Basis der Untersuchungen von Mantau (2009, 2012) zeigt sich, dass etwa 30% der Ein- und Zweifamilienhäuser in Deutschland über Einzelfeuerstätten verfügen; bei Mehrfamilienhäusern sind Einzelfeuerstellen von untergeordneter Bedeutung. Dieser Anteil wird im Folgenden auch für alle Ein- und Zweifamilienhäuser im Bestand angenommen. Für den Neubau wird entsprechend der Gesamtverteilung angenommen, dass auch in Zukunft in einem Drittel der Ein- und Zweifamilienhäuser Einzelfeuerstätten eingebaut werden. Implizit wird hierbei an dieser Stelle unterstellt, dass hierfür ausreichend Brennstoff Holz verfügbar ist.

**Trendprognose**

Abbildung und Tabelle 27 zeigen die Entwicklung der Beheizungsstruktur bezogen auf die Heiztechnik und den jeweiligen Gebäude-/Wohnungsbestand bis zum Jahr 2030. In dieser Zeit wird die Zahl der Heizungen um 1,2 Mio. auf 22,5 Mio. zuneh-

men. Damit entspricht das Wachstum der Zahl der Heizungen etwa dem der Gebäude. Im Trendszenario wird die Beheizungsstruktur auch 2030 durch Gas- und Ölheizungen bestimmt. Innerhalb der Öl- und Gaskessel erfolgt jedoch ein merklicher Technologiewechsel. Die Zahl der Konstant- und Niedertemperaturkessel geht deutlich zurück und die Zahl der Brennwertkessel wächst. So steigt der Anteil der Brennwertgeräte bei Erdgas auf 60% und bei Heizöl auf 53%. Gleichwohl hat die schon heute veraltete Niedertemperaturtechnik im Jahre 2030 noch immer eine große Bedeutung. Insbesondere durch die hohe Zahl von Gasetagenheizungen bleibt ein Sockel an Gas-Niedertemperaturkesseln bestehen. Ein Teil der Gas-Etagenheizungen weist entsprechend der europäischen Kesselwirkungsgrad-Richtlinie einen geringeren spezifischen Energieverbrauch als klassische Konstanttemperaturkessel auf. Ihre Verbrauchswerte entsprechen eher denen von Niedertemperaturkesseln. Da sie aber die Wirkungsgradanforderungen von NT-Kesseln bei Teillast nicht erfüllen, werden sie als Konstanttemperaturkessel klassifiziert.

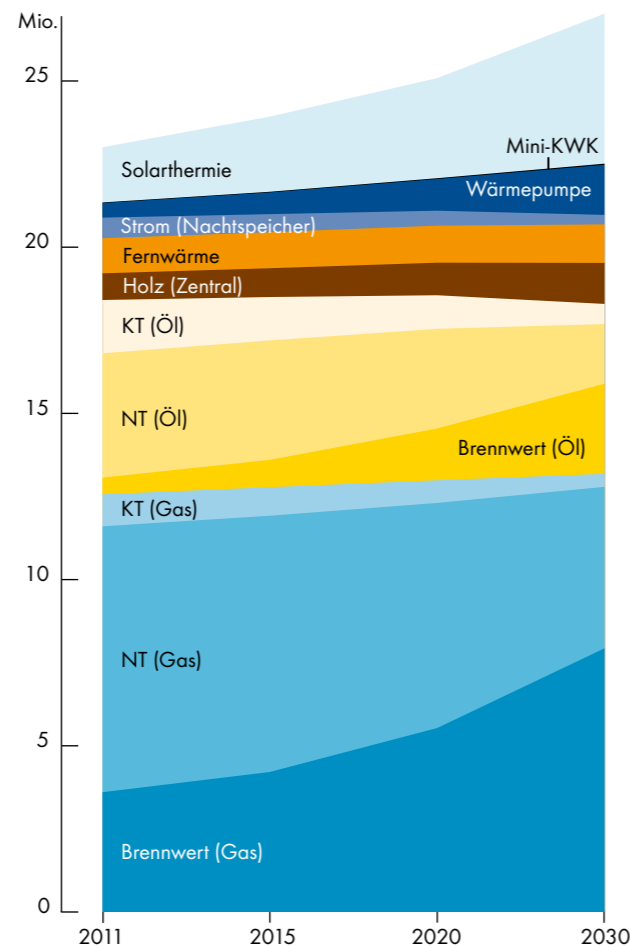
Bei Mini-KWK-Anlagen ergibt sich ein deutlicher Anstieg, wenn auch von einem

**27/ANZAHL UND STRUKTUR DER HEIZUNGEN TRENDSZENARIO**

Heizungsart	2011 in Tsd.	2015 in Tsd.	2020 in Tsd.	2030 in Tsd.
Brennwert (Gas)	3.603	4.212	5.534	7.933
NT (Gas)	8.000	7.709	6.771	4.857
KT (Gas)	963	859	683	393
Brennwert (Öl)	500	822	1.557	2.710
NT (Öl)	3.742	3.593	2.997	1.795
KT (Öl)	1.604	1.306	1.011	605
Holz (Zentral)	802	866	980	1.235
Fernwärme	1.056	1.084	1.114	1.158
Strom (Nachtspeicher)	620	544	450	286
Wärmepumpe (Strom)	441	655	954	1.508
Mini-KWK	15,9	18,8	23,6	34
<b>Summe</b>	<b>21.346</b>	<b>21.667</b>	<b>22.075</b>	<b>22.513</b>
Solarthermie	1.660	2.260	3.010	4.510

Quelle: HWWI

Anmerkung: Die Heizungsart weist grundsätzlich die Zahl der (zentralen) Heizanlagen im jeweiligen Wohnungsbestand aus. Abweichend hiervon bezieht sich die Heizungsart Nachtspeicheröfen auf die Zahl mit Nachtspeicheröfen beheizter Gebäude. Bei Solarthermie wird die Zahl von Solarwärmeeinheiten angegeben, nicht aber die Solarkollektorfläche in m<sup>2</sup>.



**TRENDS IM ENERGIEVERBRAUCH**

Der gesamte Brennstoff- bzw. Endenergieverbrauch des Wohnungssektors für Raumwärme und Warmwasser ergibt sich aus dem spezifischen Endenergieverbrauch und der jeweils zu beheizenden Wohnfläche. Die spezifischen Energieverbräuche sind auf Basis gebäude- und heiztechnischer Überlegungen vom ITG abgeschätzt worden. Die jeweils zugrunde gelegten Werte finden sich in

Tabelle 28. Betrachtet man beispielsweise ein durchschnittliches Ein- oder Zweifamilienhaus mit baulichem Wärmeschutz in „saniertem“ Zustand, beheizt mit einem Gas-Niedertemperaturkessel und zusätzlicher solarthermischer Warmwasserbereitung, so lässt sich aus der Tabelle ableiten, dass dort durchschnittlich pro Jahr und Quadratmeter Wohnfläche 148 kWh abzüglich der Reduktion durch die Solarthermieanlage von 13%, also resultierend 129 kWh Endenergie für Raumwärme und Warmwasser verbraucht werden. Bei

**28/SPEZIFISCHER ENERGIEVERBRAUCH FÜR ALTERNATIVE KOMBINATIONEN VON WÄRMERZEUGERN UND BAULICHEM WÄRMESCHUTZ**

Spezifischer Endenergieverbrauch je m <sup>2</sup> Wohnfläche Heizung und Trinkwassererwärmung (TWE)	Ein-/Zweifamilienhaus			Mehrfamilienhaus		
	Unsaniiert (WSchVO78)	Saniert (WSchVO95)	Vollsaniiert	Unsaniiert (WSchVO78)	Saniert (WSchVO95)	Vollsaniiert

**Ausgangszustand: Wärmeerzeuger und TWE, in kWh/m<sup>2</sup> Wfl.a**

Öl-/Gas-Standardkessel	263			211		
Nachtstromspeicherheizung	127			117		
Öl-/Gas-Niedertemperatur	232	151		185	127	

**Sanierungsvariante: Wärmeerzeuger und TWE (indirekt beheizter Speicher), in kWh/m<sup>2</sup> Wfl.a**

Öl-/Gas-Niedertemperatur	170	148		149	125	
Öl-/Gas-Brennwert	152	134	97	134	113	77
Luft-Wasser-Wärmepumpe		48	31		41	26
Sole-Wasser-Wärmepumpe		35	24		30	19
Pellet-/Hackschnitzelanlagen	214	186	134	185	155	104
Holzvergaserkessel (Scheit-/Stückholz)	271	235	170			
Fernwärme	158	137	102	140	117	80
Mikro-/Mini-KWK mit Gas-BW-Zusatzkessel	204	181	137	210	166	112
Damit erzeugter Strom	39	37	32	15	13	9
Adsorptions-Gaswärmepumpen (Zeolith-Gas-WP mit solarer TWE)		89	62			
Absorptions-Gaswärmepumpen* (ohne solare TWE)		89	62		72	51

**Verringerung des Endenergieverbrauches Heizung und TWE bei Zu-/Abluftanlage mit WRG, in kWh/m<sup>2</sup> Wfl.a**

Reduktion um		20	24		21	23
--------------	--	----	----	--	----	----

**Verringerung des Endenergieverbrauches Heizung und TWE bei Solarthermie (nicht bei Zeolith-Gas-WP)**

Bei solarer Warmwasserbereitung um	11%	13%	18%	10%	13%	19%
Bei solarer TWE und Heizungsunterstützung um	16%	21%	30%	15%	19%	29%

**Einbindung von Holzvergaserkessel (Scheit-/Stückholz) in Warmwasserheizsystem: Deckungsanteile**

Wärmeerzeuger 1	33%	33%	33%			
Wärmeerzeuger 2: Scheit-/Stückholz	67%	67%	67%			

**Verringerung des Endenergieverbrauches bei zusätzlicher Einzelfeuerstätte (Kaminofen)**

Für Wärmeerzeuger 1	14%	14%	11%			
---------------------	-----	-----	-----	--	--	--

**Verbrauch bei zusätzlicher Einzelfeuerstätte (Kaminofen), in kWh/m<sup>2</sup> Wfl.a**

Wärmeerzeuger 2	37	30	20			
-----------------	----	----	----	--	--	--

\* Absorptionswärmepumpen im kleineren Leistungsbereich für EFH sind derzeit am Markt nicht verfügbar. Es wird davon ausgegangen, dass diese zukünftig auch ohne solare Warmwasserbereitung ähnliche Verbrauchswerte erreichen, wie die Adsorptions-Wärmepumpen dieses Leistungsbereiches. Bei den Absorptions-Wärmepumpen ist noch zusätzlich solare Warmwasserbereitung möglich, wodurch sich der Verbrauchswert verringert.

Quelle: ITG

Verwendung einer Einzelfeuerstätte sinkt der Energieverbrauch des primären Wärmeerzeugers um weitere 14%. Dafür werden in einem sanierten Ein- oder Zweifamilienhaus 30 kWh pro Jahr und m<sup>2</sup> Wohnfläche Energie verbraucht. Durch den Einbau einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung können 20 kWh pro Jahr und m<sup>2</sup> Wohnfläche eingespart werden.

Die Tabelle 28 zeigt spezifische Verbrauchswerte für alle technisch möglichen Kombinationen von Heiztechniken und baulichem Wärmeschutz; dies schließt eventuell technisch oder ökonomisch nicht sinnvolle Kombinationen mit ein. Nicht ausgefüllte Kombinationen weisen hingegen technisch nicht zu vereinbarende Verknüpfungen von Heiztechnik und baulichem Wärmeschutz aus.

Die Prognose für den aggregierten Endenergieverbrauch ergibt sich aus den spezifischen Verbrauchsfaktoren, der Zahl und Größe der Wohngebäude, dem Gebäudestandard sowie der Beheizungsstruktur.

Bei Fortschreibung der jüngeren Trends der Sanierung des baulichen Wärmeschutzes sowie der Modernisierung der Heiztechnik wird der absolute Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung von 515 Mrd. kWh im Jahr 2011 um 14,5% auf 440 Mrd. kWh im Jahr 2030 sinken. Zu dem Rückgang des Endenergieverbrauchs kommt es, obwohl der Gebäudebestand um 6,3% und die Wohnfläche um 8,4% steigen. Der durchschnittliche Energieverbrauch eines Ein- oder Zweifamilienhauses sinkt von 23,3 Tsd. kWh auf 18,7 Tsd. kWh pro Jahr, dies entspricht etwa 300 Liter Heizöl oder 310 m<sup>3</sup> Erdgas weniger. Der Verbrauch eines Mehrfamilienhauses geht von 64,9 Tsd. kWh auf 52,6 Tsd. kWh pro Jahr zurück – dies entspricht ungefähr 900 Litern Heizöl bzw. 950 m<sup>3</sup> Erdgas weniger. Damit sinkt der spezifische Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche in Deutschland von 159,4 kWh um 21% auf dann 126,2 kWh.

Durch den Wandel der Beheizungsstruktur ergeben sich auch erhebliche Verschiebungen zwischen den Energieträgern. Der Ölverbrauch geht von 141,5 Mrd. kWh um 45,8% auf 76,7 Mrd. kWh zurück. Damit sinkt der Anteil des Heizölverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch von derzeit etwa 27,5% auf 17,4% im Jahr 2030. Und obgleich Erdgas der führende Heizenergieträger im Neubau ist und zusätzlich ein Teil der Ölheizungen durch Gasheizungen ersetzt wird, geht auch der Gasverbrauch von 234,5 Mrd.

kWh um 9% auf 213,9 Mrd. kWh zurück. Der Anteil des Gasverbrauchs am Energiemix steigt dagegen von 45,5% auf 48,4%. Der Verbrauch von Fernwärme geht von 45,2 Mrd. kWh auf 42,7 Mrd. kWh zurück, wobei der Anteil am Energieverbrauch leicht auf 9,7% steigt.

Einen merklichen Bedeutungsgewinn würde hingegen der Brennstoff Holz erfahren. Sein Anteil am Heizenergieträgermix würde sich in der Trendprojektion von 12% (62,7 Mrd. kWh) im Jahr 2011 auf dann fast 19% (82,1 Mrd. kWh) 2030 erhöhen. Der Verbrauchsanstieg wird in erster Linie von zentralen Holzheizungen angetrieben. Der Energiever-

brauch von Einzelfeuerstätten wäre mit 43,5 Mrd. kWh im Jahr 2030 nur etwas über dem Niveau von 38,8 Mrd. kWh im Jahr 2011.

Obwohl Wärmepumpen und Mini-KWK-Anlagen deutlich zunehmen, bleibt ihr Anteil am Endenergieverbrauch gering. Der Anteil der Wärmepumpen am Endenergieverbrauch wird von 0,4% auf 1,4% steigen, der Anteil der Mini-KWK-Anlagen von 0,07% auf 0,6%. Das Heizen mit Nachtspeicheröfen verliert an Attraktivität, so dass der Anteil von Strom am Energiemix für Hauswärme 2030 nur noch 3,8% beträgt – im Jahr 2011 waren es noch 4,8%. Der Rückgang des Nachtspeicherbedarfs kompensiert den zusätzlichen Strom-

bedarf der Wärmepumpen deutlich, so dass Strom insgesamt an Bedeutung verliert.

Die **erneuerbaren Energien** für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung wachsen wie in Abbildung 30 dargestellt bis zum Jahr 2030 von 73 Mrd. kWh auf 110 Mrd. kWh stetig. Dabei geht die Nutzung von Umwelt- und Solarwärme – anders als Biomasse – nicht in den in Abbildung 29 gezeigten Endenergieverbrauch ein; dort werden nur die statistisch erfassten Endenergieverbräuche bzw. -absätze erfasst. Umwelt- und Solarwärme müssen vielmehr hilfsweise „berechnet“ werden (vgl. den Kasten zu den Energiebilanzkreisen).

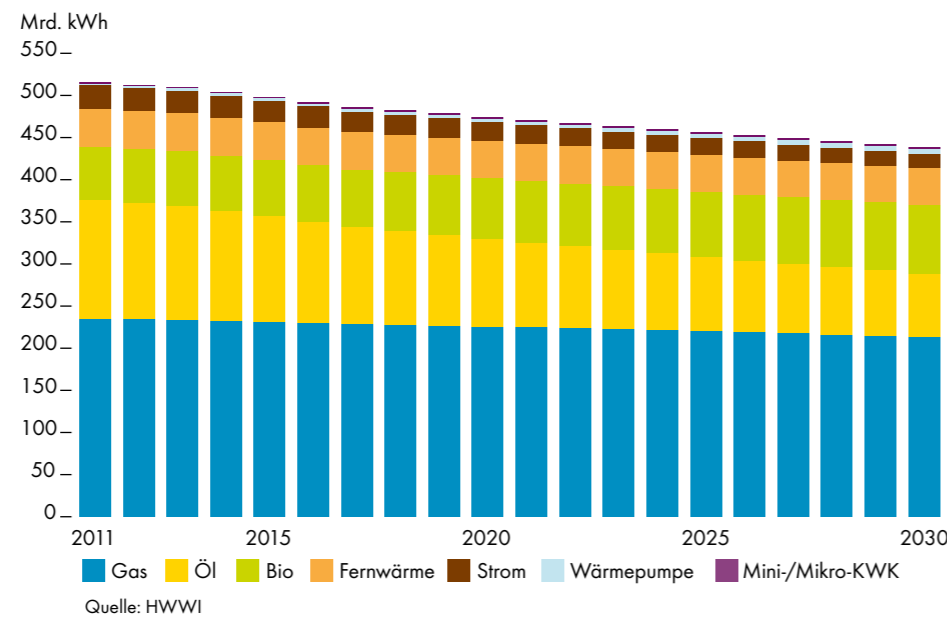
Umweltwärme, die Wärmepumpen aus der Umgebung zur Wärmeerzeugung aufnehmen, steigt von 6,7 Mrd. kWh im Jahr 2011 auf knapp 20 Mrd. kWh. Damit wiederum könnten Wärmepumpen den Endenergieverbrauch bis zum Szenario-Horizont um zusammengerechnet 270 Mrd. kWh verringern. Der Anteil an den Erneuerbaren Energien für häusliche Raumwärme und Warmwasser durch Umweltwärme erhöht sich damit von 10% im Jahr 2011 auf 18% 2030.

Die durch Solarkollektoren eingesammelte solare Strahlungsenergie hatte im Jahr 2011 mit 3,5 Mrd. kWh einen Anteil von knapp 5% an den Erneuerbaren Energien zur privaten

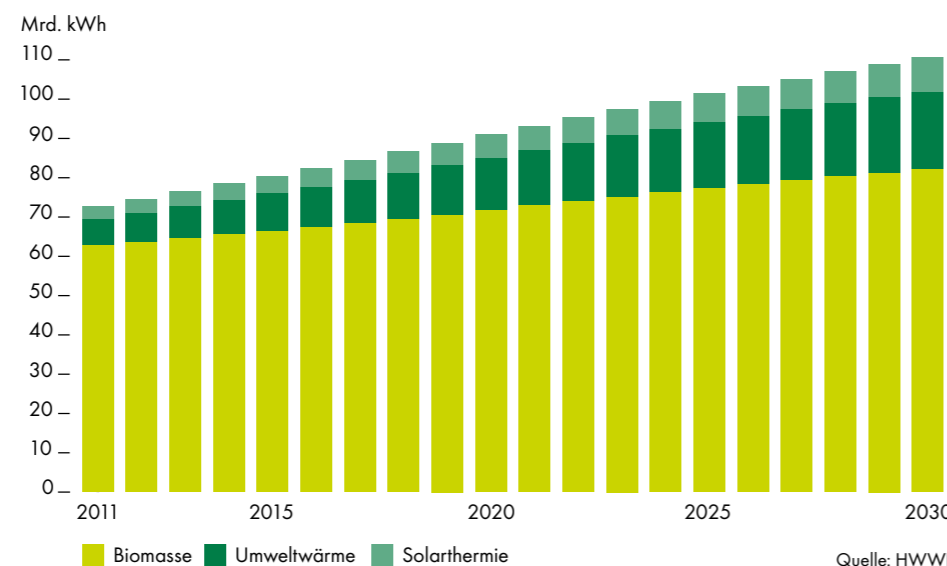
Wärmeerzeugung und könnte bis 2030 auf fast 8% (8,8 Mrd. kWh) kommen. Über den gesamten Zeitraum des Szenarios aggregiert sich die solar bedingte Brennstoffeinsparung auf insgesamt 55,7 Mrd. kWh.

Durch die Nutzung der regenerativen Solar- und Umweltwärme werden bis 2030 in Summe damit 326 Mrd. kWh an Endenergieverbrauch eingespart. Das entspricht im Jahr 2011 einem Anteil von knapp 2% am Gesamtendenergieverbrauch einschließlich Solar- und Umweltwärme und steigert sich bis 2030 auf 6% des jährlichen Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser.

### 29/ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN (TREND)



### 30/WÄRMEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN (TREND)



## ENERGIEBILANZKREISE: ABGRENZUNG UND ERFASSUNG

Energieverbrauchsdaten werden nach Maßgabe des Energiestatistikgesetzes (EnStatG) erhoben. Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland werden von der AG Energiebilanzen erstellt (AGEB 2010). Grundlage der Energiebilanzen bildet die **Primärenergiebilanz**. Sie erfasst den Primärenergieverbrauch im Inland von der Entstehungsseite als Summe aus der Gewinnung von Primärenergie im Inland, den Bestandsveränderungen und dem Außenhandelsaldo abzüglich der Hochseebunkerungen. Auf der Verwendungsseite errechnet er sich als Summe aus dem Endenergieverbrauch, dem nichtenergetischen Verbrauch und dem Saldo in der Umwandlungsbilanz, wobei letztere den Energieverlust oder Energiegewinn bei Umwandlung von Energieträgern darstellt.

Die Berechnungen in den Energiebilanzen basieren auf Lieferungen und Verkäufen von Energie, welche die AG Energiebilanzen auswertet. In der AG Energiebilanzen sind die Verbände der deutschen Energiewirtschaft und Forschungsinstitute vertreten. Erfasst werden die fossilen Energieträger (Kohle, Erdgas, Öl) und erneuerbare Energieträger (Solarenergie, Umgebungswärme, Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie), sofern sie – wie im Strombereich – zu Lieferungen und Zahlungen führen.

Der Primärenergieverbrauch sowie der Saldo der Umwandlungsbilanz bestimmen das Energieangebot im Inland nach Umwandlungsbilanz. Der energetisch genutzte Teil des Energieangebots im Inland nach Umwandlung wird unter dem **Endenergieverbrauch** verbucht, der unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dient. Der Endenergieverbrauch wird nach bestimmten Verbrauchergruppen und Wirtschaftszweigen aufgeschlüsselt.

Für den **Haushaltssektor** stehen Angaben über den Energieverbrauch nicht bzw. nur aufgrund „abgeleiteter“ statistischer Ermittlungen zur Verfügung. Die Energiebilanz der Haushalte basiert auf den aggregierten Lieferungen an den Haushaltssektor, das heißt nur so genannte „verkaufte Wärme“ wird

statistisch erfasst. Ein alternativer Ansatz geht von einer Haushaltserhebung aus und rechnet auf den aggregierten Verbrauch hoch. Dabei kommt es zum Teil zu wesentlichen Abweichungen zu den Daten der Energiebilanzen (RWI 2012 a). In der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) des statistischen Bundesamts werden die Lieferungen in temperaturbereinigte Verbrauchsdaten umgerechnet. Letztlich wird aber auch in der UGR von Lieferungen an den Haushaltssektor auf den Endenergieverbrauch geschlossen. Folglich werden Umwandlungsgewinne von Solarthermie und Umweltwärme als Erneuerbare Energien – anders als Biomasse – in den Energiebilanzen nicht erfasst.

Eine Schätzung des Endenergieverbrauchs, der durch Solarthermie und Umweltwärme bereitgestellt wurde, ist aber möglich. Die Wärmebereitstellung durch Solarthermie wird z. B. aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag errechnet; bei Wärmepumpen kann aus dem Verbrauch elektrischer Energie und durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen auf die gewonnene Umweltwärme geschlossen werden. Demgegenüber sind die mengenmäßig wichtigen biogenen Festbrennstoffe zwar in den Energiebilanzen enthalten; sie weisen durch das Verschneiden unterschiedlicher Statistiken und notwendiger Schätzungen jedoch zum Teil erhebliche Spannweiten auf (Bayer 2011). Berechnungen von Bundesumweltministerium und Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien Statistik (AG EE Stat) zeigen für Solarthermie und Umweltwärme einen Anteil von knapp 9% an den erneuerbaren Wärmeenergien; die Angaben beziehen sich aber nicht nur auf Hauswärme, sondern auf sämtliche Wärmezwecke.

Um mit der amtlichen Energiestatistik und aktuellen politischen Zielen kompatibel zu bleiben und für Endenergieverbraucher relevante Informationen über Energieverbräuche bereitzustellen, wird im Folgenden dem Prinzip „verkaufte Wärme“ gefolgt sowie Umweltwärme und Solarthermie gegebenenfalls zusätzlich ausgewiesen.

(Feste) Biomasse hatte mit 86% im Jahr 2011 den größten Anteil an den erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung; und sie legt mit knapp plus 1 Mrd. kWh pro Jahr auf dann 82 Mrd. kWh absolut am stärksten zu. Da Umwelt- und Solarwärme relativ schneller wachsen, geht der Anteil fester Biomasse jedoch auf 74% der für Hauswärmeerzeugung eingesetzten Erneuerbaren Energien zurück.

Der Anteil erneuerbaren Energien (Umwelt- und Solarwärme, feste Biomasse) an allen für die häusliche Wärme- und Warmwassererzeugung eingesetzten bzw. genutzten Energieträgern steigt von heute (2011) 13,8% auf 23,5% im Jahre 2030. Die Anteile beziehen sich dabei auf den Gesamtverbrauch an Endenergie wie in Abbildung 29 ausgewiesen zuzüglich der in Abbildung 30 ausgewiesenen genutzten Solar- und Umweltwärme.

## WARMWASSER UND SOLARTHERMIE

Der Energieverbrauch der privaten Haushalte für Warmwasserbereitstellung lag im Jahr 2011 bei 77,7 Mrd. kWh. Damit lag der Warmwasseranteil des privaten Heizenergieverbrauchs bei 15,1%. Die Entwicklung des Warmwasseranteils am gesamten Wärmeenergieverbrauch wird dabei von verschiedenen zum Teil gegenläufigen Faktoren beeinflusst.

So haben einerseits energetische Sanierungsmaßnahmen, die darauf abzielen den Heizenergiebedarf zu verringern, z. B. durch eine verbesserte Dämmung der Gebäudehülle, oft nur einen geringen oder gar keinen Effekt auf den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung. Deshalb hat die Warmwasserbereitung in Gebäuden

mit einem hohen baulichen Wärmeschutz einen hohen Anteil am Endenergieverbrauch. Außerdem erfordern die Trinkwasserhygiene und Komfortwünsche, dass die Warmwasserverteilsysteme auf einem hohen Temperaturniveau gehalten werden.

Die Warmwasserbereitung von Wohngebäuden wird so in Zukunft aus energetischer Sicht einen höheren Stellenwert einnehmen. Tabelle 31 gibt den Anteil des Energieverbrauchs für Warmwasser in Abhängigkeit vom spezifischen Energieverbrauch für Wärme. Je niedriger der Energieverbrauch je m<sup>2</sup>, desto höher ist der Anteil für Warmwasser.

Ein Vergleich mit den spezifischen Verbrauchswerten in Tabelle 28 zeigt, dass es zu großen Veränderungen des Warmwasseranteils erst bei vollsanierten Gebäuden oder sehr effizienten Heiztechniken (z. B. „vollsaniert“ und Brennwerttechnik oder „saniert“ und Wärmepumpe) kommt. Dennoch führt die Gebäudesanierung zu einem steigenden Anteil von Warmwasser.

In der Folge stiege damit im Trendszenario der Warmwasseranteil des gesamten Energieverbrauchs für Wärme von 15,1% im Jahr 2011 auf 17,2% 2030.

Andererseits steigt die Zahl der Gebäude, die Warmwasser nicht (nur) mit Hilfe des primären Wärmeerzeugers, sondern mit Hilfe einer solarthermischen Anlage bereitstellen. Die Solaranlagen senken den Verbrauch extern zugeführter Heizenergie für die Warmwasserproduktion. Da die Sonnenwärme nicht in den Endenergieverbrauch der Energiebilanz eingeht, sinkt der Anteil des Energieverbrauchs für Warmwasser am Endenergieverbrauch hierdurch wieder.

Im Jahr 2011 wurden 150.000 solarthermische Anlagen neuinstalliert. Damit stieg der Bestand auf 1,66 Mio. Überwiegend werden die Solaranlagen zur Warmwassererzeugung genutzt und nur zu einem geringen Teil auch heizungsunterstützend eingesetzt.

Bei Fortschreibung des Trends wird sich die Zahl der installierten solarthermischen Anlagen bis 2030 annähernd verdreifachen und rund 4,5 Mio. betragen. Auch aufgrund dieser Entwicklung geht der Endenergieverbrauch für Warmwasser um 10,2% auf 69,8 Mrd. kWh zurück. Der Rückgang des Energieverbrauchs für Warmwasser liegt damit deutlich unter dem für Raumwärme, so dass der Anteil von Warmwasser am gesamten Energieverbrauch für Wärme von 15,1% auf 15,9% steigt.

## TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Aus dem Einsatz von Brennstoffen und anderen Endenergieträgern zur Wärmeerzeugung entstehen – direkt oder indirekt – Treibhausgasemissionen. Mithilfe von spezifischen Treibhausgasfaktoren des Instituts für Energie- und Umweltforschung (IFEU) werden im Folgenden die resultierenden Treibhausgasemissionen berechnet und ausgewiesen. Dabei enthalten die ausgewiesenen Treibhausgasemissionen sowohl direkte als auch indirekte Emissionen; sie sind damit nur eingeschränkt vergleichbar mit ausschließlich auf direkten Treibhausgasemissionen basierenden Trendtabellen (UBA 2011) bzw. Sektorzielen der Klimapolitik (Bundesregierung 2010).

Die emittierten Treibhausgase (THG) werden zum einen vom absoluten Energieträgereinsatz, zum anderen durch die Energieträgerstruktur beeinflusst. Generell lässt sich festhalten, dass einerseits im Trendszenario künftig weniger Endenergie zur Wärmeerzeugung in Haushalten verbraucht wird, andererseits sich der Energiemix allmählich hin zu kohlenstoffärmeren Energieträgern verschiebt – zum Beispiel hin zu Gas, Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme.

Im Trendszenario sinken folglich die jährlichen Treibhausgasemissionen für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser von 119,3 Mio. t im Jahr 2011 auf 93,4 Mio. t im Jahre 2030, was einer Reduktion um 21,7% entspricht. Die Treibhausgasemissionen gehen – aufgrund des Struktureffektes im Energiemix – damit um 7,2 Prozentpunkte stärker als der Endenergieverbrauch zurück.

# TREIBHAUSGASFaktoren FÜR HEIZENERGIEN

Von Horst Fehrenbach, IFEU-Institut, [www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)

**Für die Shell Hauswärme-Studie (2011) hat das Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) eine Auswahl relevanter spezifischer Treibhausgasemissionsfaktoren für flüssige, gasförmige und feste Brennstoffe (jeweils fossil und biogen) sowie Fernwärme und Strom zusammengestellt. Als Grundlage für die Berechnung der Treibhausgasentwicklung in der Szenario-Analyse für die Shell BDH Hauswärme-Studie (2013) hat das IFEU-Institut die vorliegenden Treibhausgasemissionsfaktoren auf Aktualität überprüft und angepasst. Die meisten der im Jahre 2011 ermittelten Treibhausgasfaktoren haben auch weiterhin Bestand. Angeglichen wurden die Stromfaktoren an die jüngere Entwicklung des Strommixes und zusätzlich Treibhausgasfaktoren für die neue Heiztechnik Mikro-/Mini-KWK bereitgestellt.**

### Quellen und Methodik

Die Zusammenstellung erfolgte anhand von Datenbanksystemen wie dem Globalen Emissions-Modell Integrierter Systeme GEMIS (Version 4.6), Ecoinvent 2.2 sowie Probas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente) und der ZSE-Datenbank (Zentrales System Emissionen). Des Weiteren wurden am IFEU entwickelte Datengrundlagen und Datenmodelle herangezogen, um konsistente und plausible Faktoren zu ermitteln bzw. abzuschätzen.

Als Systemgrenze wird grundsätzlich der Gesamtlebensweg inklusive der Prozessvorkette sowie der im Zuge der Nutzungsphase freigesetzten Treibhausgase einbezogen. Im Verkehrsbereich haben sich hierbei die Konzepte Well-to-Wheels (WTW) für die Gesamtbilanz, Well-to-Tank (WTT) für die Vorkette sowie Tank-to-Wheels (TTW) für die Nutzungsphase etabliert (JRC-IET 2011). In Analogie dazu kann man bei Brennstoffen von Well-to-Warmth (dann ebenfalls WTW) – von der Rohstoffquelle bis zur Abgabe der Heizwärme im Wohngebäude – sprechen.

Die Emissionen durch die Bereitstellung der Investitionsgüter werden – ebenso wie in der EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG – nicht einbezogen (EU-Kommission 2009); zumal deren Emissionsanteile hier in der Regel über einen Lebenszyklus meist unter 1% des Gesamtwertes liegen. Neben Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) fossiler Herkunft werden grundsätzlich alle gemäß Weltklimarat (IPCC) auszuweisenden Treibhausgase in die Emissionsfaktoren einbezogen; für Brennstoffe relevant sind hier insbesondere Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O).

Für Brennstoffe (Heizöl, Erdgas, etc.) wird als Bezugsgröße der Emissionsfaktoren der Wärmeinhalt als (unterer) Heizwert in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro kWh (bzw. MJ) ausgewiesen. Bei Strom und Fernwärme ist der Bezug auf die beim Kunden bereitgestellten Energieträger gesetzt. Die Einheit ist hierbei ebenfalls Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro kWh.

Für Bioenergieträger stellt die EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG mit ihren Emissionswerten eine relevante Maßgabe dar (vgl. zuletzt auch EU-Commission 2012). Es wird insbesondere davon ausgegangen, dass die steigenden Nachhaltigkeitsanforderungen für Biokraftstoffe auch auf biogene Brennstoffe übertragen werden.

Anders als bei den übrigen Brennstoffen wird bei Strom in den kommenden Jahren eine deutliche Änderung der Erzeugungs-

struktur und folglich auch dessen spezifischer Emissionsfaktoren erwartet. Auf Basis von GEMIS, des IFEU-Netzstrommodells und unter Zuhilfenahme der aktualisierten Energieszenarien für das Energiekonzept der Bundesregierung (Prognos/EWI/GSW 2010, 2011) werden zwei unterschiedliche Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix fortgeschrieben: ein eher konservativer Emissionsfaktor wurde aus dem Referenzszenario, ein anspruchsvollerer Emissionsfaktor aus dem Szenario Atomausstieg, das von einem höheren Erneuerbaren-Anteil ausgeht, abgeleitet.

### Treibhausgasemissionsfaktoren

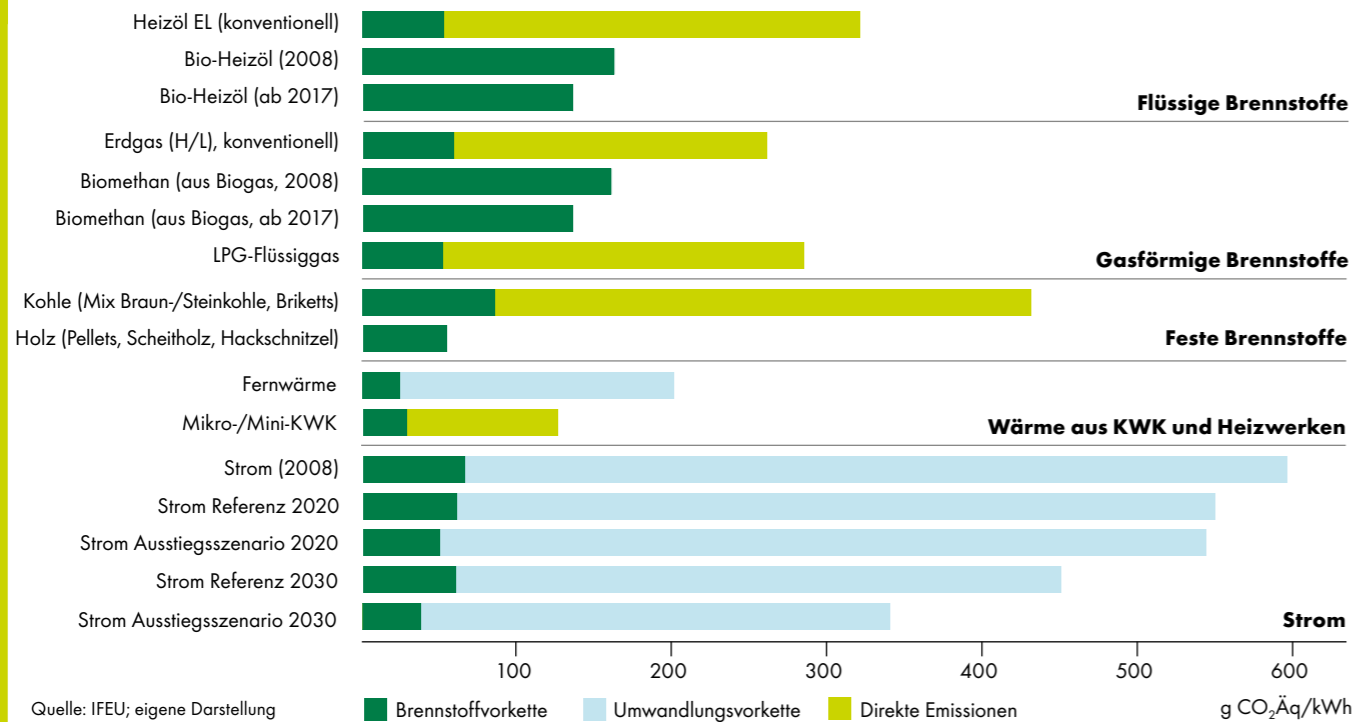
Die ermittelten bzw. abgeschätzten Emissionsfaktoren werden in Abbildung 32 synoptisch dargestellt. Die Treibhausgasemissionen über die gesamte Lebenswegkette lassen sich an der jeweiligen Gesamtlänge des Balkens ablesen. Danach weist Strom – bedingt durch relativ hohe Verluste bei der Umwandlung von Primärenergie – heute im Durchschnitt den höchsten spezifischen Treibhausgasfaktor auf. Eine wesentliche Reduktion der spezifischen Emissionen wird jedoch insbesondere im Zielszenario Atomausstieg jenseits 2020 erreicht. Nach Strom folgen feste, dann flüssige und gasförmige fossile Brennstoffe, wobei biogene Brennstoffe in der Regel deutlich niedrigere Treibhausgasfaktoren besitzen als fossile. Einen ebenfalls günstigen Emissionsfaktor weist Fernwärme auf. Dessen Höhe ist jedoch vor allem eine Frage des Zurechnungsprinzips (Allokations- oder Wirkungsgradmethode) der bei gemeinsamer Strom- und Wärmeproduktion anfallenden Treibhausgasemissionen.

Abbildung 32 zeigt zudem die strukturellen Unterschiede in den Emissionsbilanzen der einzelnen Heizenergieträger auf. Dazu erfolgt eine Zerlegung der Emissionsfaktoren in drei Komponenten: direkte Treibhausgasemissionen durch die Wärmeerzeuger im Wohngebäude, die bei der Verbrennung entstehen; Emissionen der Umwandlungsvorkette in Heiz(kraft)werken bzw. Kraftwerken; und Emissionen der Brennstoffvorkette für die Förderung und Aufbereitung von Primärenergie und deren Transport. Bei fossilen Brennstoffen fallen die Treibhausgasemissionen primär – zu etwa 85% – im Verbrennungsprozess, also beim Einsatz des Brennstoffs in der Heizanlage an. Für einen Emissionsvergleich wurden in der Vergangenheit nur diese direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen bilanziert. Solange hauptsächlich fossile Energieträger wie Kohle, Heizöl oder Erdgas für die Wärmeerzeugung verwendet wurden, reichte diese Art der Bilanzierung aus. Doch inzwischen kommen neue Wärmeerzeuger und alternative

## 31/ENERGIEKENNWerte UND WARMWASSERANTEILE

Energiekennwert kWh/m <sup>2</sup> Wfl.a	Relativer Warmwasseranteil %
60	33
90	25
120	22
180	18
240	16
300	15
360	14

## 32/SPEZIFISCHE TREIBHAUSGASEMISSIONSFAKTOREN



Energieträger zum Einsatz, die ganz andere Emissionsstrukturen aufweisen als fossile Brennstoffe.

Bioenergieträger entziehen der Atmosphäre bei ihrer Herstellung Kohlendioxid und geben es bei der Verbrennung wieder ab. Sie weisen daher keine direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus, unterscheiden sich jedoch – zum Teil deutlich – in den Vorkettenemissionen. Holz weist unter den Bioenergieträgern die günstigste Treibhausgasbilanz auf, wobei hier der Bezug hauptsächlich einheimischen Holzes unterstellt wird.

Nah- und Fernwärme sowie Strom für die Wärmeerzeugung sind beim Endverbraucher emissionsfrei. Treibhausgasemissionen fallen vor allem bei der Erzeugung von Kraft bzw. Strom und Wärme im Kraft- bzw. Heiz(kraft)werk an – und damit außerhalb des Haushaltssektors. Entsprechend hoch ist der Anteil der Umwandlung an den spezifischen Treibhausgasemissionen. Für Heiz(kraft)werke wird ein unveränderter Energiemix unterstellt. Bei Strom sinkt mit zunehmendem Anteil von erneuerbaren Energien im Erzeugungsmix auch der Treibhausgasfaktor. Dabei ist zu beachten, dass der durchschnittliche Stromfaktor vom Faktor des im konkreten Fall tatsächlich verbrauchten Stroms (Marginalstrom) abweichen kann; dieser kann schwanken, je nachdem, ob der gerade verbrauchte Strom aus erneuerbaren Energien oder aus fossilen Energien erzeugt wurde. Eine exakte Zuordnung marginalen Stroms zu Hauswärme ist nur mit Modellannahmen möglich. Allgemein anerkannte Modelle liegen bislang nicht vor, weswegen hier der durchschnittliche Stromfaktor verwendet wird. Mikro- und Mini-KWK-Anlagen für den Hauswärmebereich basieren ebenso wie Heizkraftwerke auf dem Prinzip der

Kraftwärmekoppelung, aus dem sich wiederum hohe Gesamtwirkungsgrade und ein entsprechend günstiger Treibhausgasfaktor ergeben. Allerdings werden Strom und Wärme im Haushalt selbst produziert, so dass hier wiederum direkte Treibhausgasemissionen anfallen. Der KWK-Treibhausgasfaktor basiert auf dem Brennstoff Erdgas und gibt einen mittleren Wert für Strom- bzw. Wärmewirkungsgrade unterschiedlicher KWK-Technologien (darunter in- und externe Verbrennungsmotoren und Brennstoffzelle) an.

Die Einbeziehung des gesamten Lebenswegs des jeweiligen Energieträgers wird für die ganzheitliche Betrachtung der Wärmenutzung in Haushalten als sachgerecht und notwendig erachtet. Eine Beschränkung auf die direkten wärmebedingten Emissionen würde dem tatsächlichen Umfang der Klimawirkung eines Heizenergieträgers nicht gerecht werden und auch die Vergleichbarkeit der Energieträger in Frage stellen.

Zu beachten ist hierbei allerdings, dass die im Folgenden als Gesamtbilanz oder Well-to-Warmth ausgewiesenen Treibhausgasemissionen nicht mehr unmittelbar mit der nationalen Emissionsberichterstattung vergleichbar sind. Diese wird streng nach Quellen bzw. Sektoren untergliedert und weist somit vom Prinzip her nur direkte Emissionen aus. So werden dort beispielsweise die strombedingten Emissionen der Energieerzeugung zugerechnet und nicht den privaten Haushalten. Die Zuteilung der Emissionen aus der Well-to-Wheel-Bilanz von Bio-Brennstoffen erfolgt sogar über mehrere Quellsektoren: Landwirtschaft, Landnutzung, verarbeitendes Gewerbe, Energiewirtschaft, Verkehr (UBA 2011).

## KOSTEN

Betrachtet werden die beiden wichtigsten Kosten-Positionen der häuslichen Wärmeversorgung: Investitionskosten und Verbrauchskosten. Bei den Investitionskosten werden nur Kosten der Gebäudesanierung, nicht aber Neubaukosten berücksichtigt. Im Gegensatz dazu werden die Kosten für neue Heizungen unabhängig davon berücksichtigt, ob diese im Gebäudebestand oder im Neubau installiert werden. Vernachlässigt werden hingegen die Kosten für Hilfsenergie sowie für die Wartung der Anlagen.

Für den Vergleich zwischen Investitionskosten und zukünftigen Verbrauchskosten ist es notwendig, die zukünftigen Verbrauchskosten abzuzinsen. Eine Investition ist vorteilhaft, wenn die Summe aus Investitionskosten und abgezinsten (reduzierten) Verbrauchskosten kleiner ist als die abgezinsten (höheren) Verbrauchskosten ohne Investition. Je niedriger der zugrundeliegende Zins ist, desto eher ist die Investition rentabel. Um eine Diskussion über den „richtigen“ Zins zu vermeiden und möglichst viele Investitionen rentabel darzustellen, wird im Folgenden auf die Diskontierung zukünftiger Kosten verzichtet, das heißt es wird ein Zins von Null unterstellt. Damit gibt es beim Kostenvergleich zwischen Investitions- und Verbrauchskosten eine Verzerrung zu Gunsten der Investitionen.

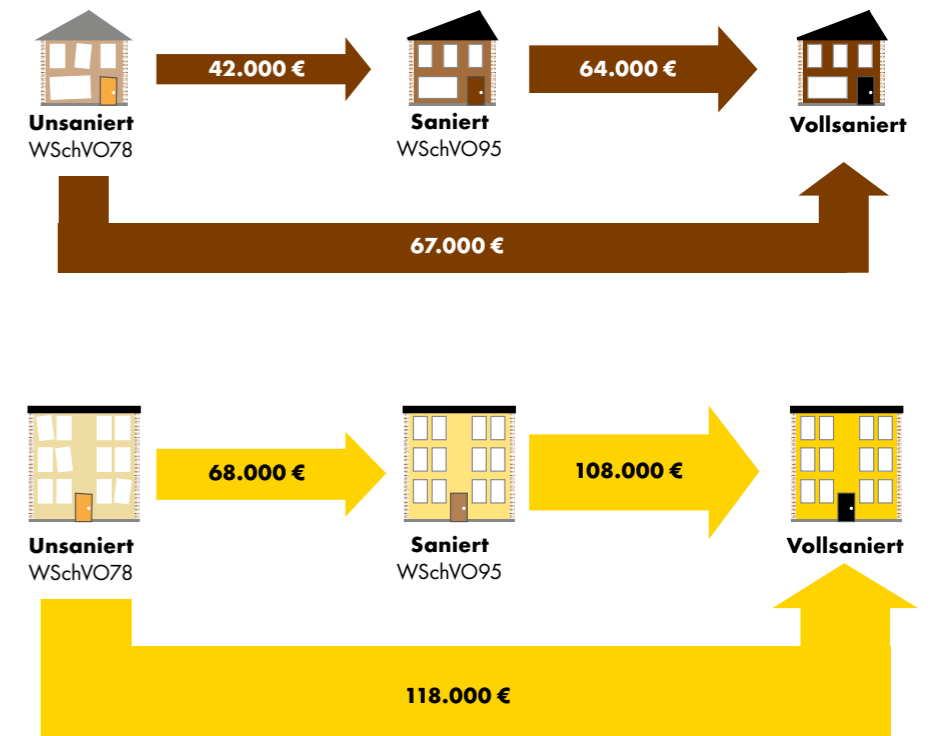
Die Kostenabschätzung erfolgt real, die allgemeinen Preissteigerungen werden nicht berücksichtigt. Die Investitionskosten werden durch zwei Entwicklungen getrieben. Zum einen werden neue Technologien aufgrund von Lerneffekten im Zeitablauf günstiger. Zum anderen werden aber stark von den Lohnkosten abhängige Produktions- und Installationskosten angesichts eines sich abzeichnenden Fachkräftemangels in den nächsten Jahren steigen. Diese beiden Trends heben sich tendenziell gegenseitig auf, so dass wir von real konstanten Investitionskosten ausgehen.

Bei den Verbrauchskosten werden zwei verschiedene Entwicklungen betrachtet. Zum einen wird angenommen, dass die Verbrauchskosten real konstant sind, zum anderen wird unterstellt, dass die Energiekosten aufgrund von Verknappungen im Zeitablauf real um 3% pro Jahr steigen.

## Investitionskosten

Die Investitionskosten setzen sich aus den Kosten der Gebäudesanierung und den Kosten für Neuanschaffungen und Modernisierung von Heizanlagen zusammen. Häufig

## 33/INVESTITIONSKOSTEN FÜR DIE SANIERUNG DES BAULICHEN WÄRMESCHUTZES FÜR EIN EIN- UND ZWEIFAMILIENHAUS\* UND EIN MEHRFAMILIENHAUS



\*Gewichteter Durchschnitt der Kosten von Ein- und Zweifamilienhäusern

wird zwischen Vollkosten und energetisch bedingten Mehrkosten unterschieden. Eine ausführliche Diskussion dazu findet sich im Abschnitt 3.2. Hier werden zunächst die gesamten Kosten als energetisch bedingt angesetzt.

Die Sanierungskosten ergeben sich im Folgenden aus der Trend-Fortschreibung, wobei sich der Trend aus technisch und energetisch bedingten Sanierungen zusammensetzt. Die Kosten der Sanierung des baulichen Wärmeschutzes sind vom Ausgangszustand des Gebäudes und dessen energetischem Standard abhängig. Abbildung 33 zeigt die Kosten der Sanierung des baulichen Wärmeschutzes einerseits differenziert nach Ein- bzw. Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sowie andererseits unterteilt nach Sanierungsstufen. Hierbei werden die über die drei Sanierungsstandards unsaniert, saniert, vollsaniert veranschlagten Sanierungskosten ausgewiesen.

Die Kosten der Heizanlagen-Modernisierung setzen sich aus den Kosten der Demontage bestehender Anlagen und den Kosten für neue Heizanlagen zusammen. Tabelle 34 gibt hier einen Überblick. Für ein „unsaniertes“ Ein-/Zweifamilienhaus (EZFH), das mit Nachtspeicherung beheizt wird, ergeben sich im Falle einer Heizungsmodernisierung

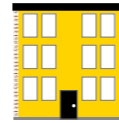
zu einem Gas-Brennwertkessel mit zusätzlicher solarthermischer Warmwasserbereitung folgende Kosten:

- Kosten für die Entsorgung der Nachtspeichergeräte (1.500 €);
- Kosten für einen Gashausanschluss (1.900 €);
- Kosten für ein Gasbrennwert-Gerät (6.700 €);
- Kosten für die Solarthermie-Anlage (4.300 €).

In Summe ergeben sich für die Modernisierungsmaßnahme also Kosten von 14.400€.

Die Kostenansätze für die Anlagenvarianten werden von ITG auf Grundlage der jeweiligen Heizlast des Gebäudes ermittelt. Die Kosten bilden mittlere Verhältnisse für ein funktionsfähiges Gesamtsystem einschließlich Montage, Inbetriebnahme und Mehrwertsteuer ab. Abweichungen können sich im Einzelfall in Abhängigkeit vom Hersteller, Anbieter, von der Region und der Jahreszeit ergeben. Aufstellungsort der Wärmeerzeuger ist der Keller. Die Investitionskosten für die bauliche Sanierung werden auf Basis der Kostenansätze des IWU (2012) ermittelt. Je nach gewählter Anlagen- bzw. Sanierungs-

## 34/INVESTITIONSKOSTEN FÜR DIE MODERNISIERUNG DER ANLAGENTECHNIK



Anlagentechnik	Ein-/Zweifamilienhaus			Mehrfamilienhaus		
	Unsaniiert (WSchVO78)	Saniert (WSchVO95)	Vollsaniiert	Unsaniiert (WSchVO78)	Saniert (WSchVO95)	Vollsaniiert
Heizlast abgeschätzt	16,1 kW	11,8 kW	7,5 kW	36,5 kW	27,5 kW	18,1 kW
Kesselleistung im Mittel	20 kW	15 kW	15 kW	40 kW	30 kW	20 kW
<b>01 Demontage, in €</b>						
Demontage Wärmeerzeuger/Speicher	350	350	350	350	350	350
Demontage/Entsorgung Nachtstromspeicherheizgeräte	1.500	1.500	1.500	5.000	5.000	5.000
Demontage Öltank	700	700	700	700	700	700
Heizflächen und Rohrleitungen		300	300		900	900
<b>02 Wärmeerzeuger und indirekt beheizter Speicher, in €</b>						
Öl-/Gas-Standardkessel						
Gas-Niedertemperatur	6.900	6.800		8.500	8.200	
Gas-Brennwert	6.700	6.500	6.400	8.500	7.700	7.300
Öl-Niedertemperatur	8.000	8.000		9.600	9.200	
Öl-Brennwert	9.100	8.900	8.900	10.900	9.900	9.700
Luft-Wasser-Wärmepumpe (Monoblock und Splitgeräte)		16.100	13.200		31.300	24.800
Sole-Wasser-Wärmepumpe (Erdsonde)			24.700			46.500
Pelletanlagen/Hackschnitzelanlagen	16.000	15.900	15.500	21.100	17.600	16.800
Holzvergaserkessel (Stückholz)	15.000	15.000	15.000			
Fernwärme	6.000	6.000	5.900	6.900	6.700	6.500
Mikro-/Mini-KWK*	22.000	22.000	22.000	28.800	28.700	28.700
Adsorptions-Gaswärmepumpe + solare Trinkwassererwärmung**		20.000	19.500			
Absorptions-Gaswärmepumpe**		20.000	19.500		29.800	29.800
<b>03 Sonstige Kosten, in €</b>						
Gashausanschluss	1.900	1.900	1.900	2.200	2.200	2.200
Öltank	3.000	2.500	1.900	5.300	4.600	3.800
Automatische Pelletförderung und Pelletlager	4.000	3.900	3.800	4.500	4.400	4.300
Fernwärmeanschluss	3.300	3.300	3.300	3.500	3.500	3.500
Bedarfsgeführte Abluftanlage			2.500			12.000
<b>04 Zusatzkosten Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, in €</b>						
Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung		6.500	4.000		30.000	18.000
<b>05 Zusatzkosten bei Solarthermie (nicht bei Adsorptions-WP mit solarer Trinkwassererwärmung, TWE), in €</b>						
Mehrkosten für TWE mit Solarthermie	4.300	4.300	4.300	9.000	9.000	9.000
Mehrkosten für Heizungs-Unterstützung/TWE mit Solarthermie	7.700	7.700	7.700	14.700	14.700	14.700
<b>06 Einbindung von Holzvergaserkessel (Stückholz) in Warmwasserheizsystem, in €</b>						
Wärmeerzeuger 1	Kosten aus 02 Wärmeerzeuger/Speicher					
Wärmeerzeuger 2: Holzvergaserkessel (ohne TWE)	12.600	12.600	12.600			
<b>07 Zusatzkosten Einzelfeuerstätte (Kaminofen), in €</b>						
Wärmeerzeuger 1	Kosten aus 02 Wärmeerzeuger/Speicher					
Wärmeerzeuger 2: Einzelfeuerstätte (Kaminofen)	3.000	3.000	3.000			
<b>08 Zusatzmaßnahmen bei Teilsanierung, in €</b>						
Kosten Zusatzmaßnahmen	1.200	1.200		3.000	3.000	
<b>09 Komplettsanierung (inklusive Warmwasser- und Zirkulationsleitung), in €</b>						
Heizflächen und Rohrleitungen 70/55°C	9.700			21.800		
Heizflächen und Rohrleitungen 55/45°C		9.200	8.900		22.600	21.000
Heizflächen und Rohrleitungen 45/35°C			9.900			23.400

\* Mikro-/Mini-KWK bzw. brennstoffbetriebene Wärmepumpen sind relativ neu auf dem Markt. Infolge größerer Marktdurchdringung und breiterem Herstellerangebot könnten die Investitionskosten für diese Technologien eine geringere Preisentwicklung erfahren als andere Standard-Technologien bzw. könnten die Investitionskosten in den nächsten Jahren noch sinken.

\*\* Absorptionswärmepumpen im kleineren Leistungsbereich für EZFH sind derzeit am Markt nicht verfügbar. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Investitionskosten bei Markteinführung (ohne solare TWE) auf dem gleichen Preisniveau befinden wie die Adsorptions-Wärmepumpen dieses Leistungsbereiches.

Quelle: ITG

variante können die Kostenbestandteile zu einem Gesamtsystem zusammengestellt werden.

Die gesamten Investitionskosten setzen sich zusammen als Summe der Kosten für die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes und den Kosten der Modernisierung der Heizungsanlagentechnik. Dabei wird im Trendszenario pro Jahr 1% des Gebäudebestandes baulich saniert. Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2016 die Sanierungen von der Klasse der „unsanierten“ Gebäude zu 75% in die Klasse „saniert“ und zu 25% in „vollsaniiert“ durchgeführt werden. Dann steigt der Anteil der Gebäude, die vollsaniiert werden, in jedem Jahr um 5%, so dass ab dem Jahr 2021 die Hälfte und ab 2030 alle Sanierungen vollständig erfolgen. Darüber hinaus wird auch die Anlagentechnik modernisiert. Für die Anlagentechnik werden sowohl Kosten der Neuinstallationen im Neubau als auch die Investitionskosten für den Austausch im Wohnungsbestand mithilfe der fortgeschriebenen Modernisierungsraten errechnet.

Hieraus ergeben sich bis zum Jahr 2030 kumulierte Investitionskosten für Gebäudesanierung sowie für Neuanschaffung und Modernisierung von Heizanlagen zusammen in Höhe von 418,7 Mrd. €. Dabei steigen die Ausgaben für den baulichen Wärmeschutz von etwa 10 Mrd. € pro Jahr bis zum Szenariohorizont 2030 auf 15,8 Mrd. € pro Jahr. Kumuliert belaufen sie sich auf 249,5 Mrd. €, was einem Anteil von 59,6 % der Gesamtkosten entspricht. Insgesamt würden dann ca. 3,8 Mio. Gebäude saniert. Dies entspricht ungefähr 21% des heutigen Gebäudebestandes.

Bis 2030 würden weiterhin knapp 14 Mio. Heizungsanlagen ausgetauscht. Dies sind ca. 65% der gesamten Anlagen im Jahr 2011. Die kumulierten Kosten für die Modernisierung der Heizungsanlagen betragen im Trendszenario bis 2030 rund 169,2 Mrd. €, was jährlichen Kosten von etwa 9 Mrd. € entspricht. Damit liegt der Anteil an den gesamten Investitionskosten bis 2030 bei 40,4%.

**Betriebskosten**

Die Betriebskosten bestimmen sich im Wesentlichen aus dem Endenergieverbrauch und den Energiepreisen. In den letzten Jahren sind die Energiepreise real im Trend um etwa 3% p.a. gestiegen. Dabei gab es größere Schwankungen, die bei den einzelnen Energieträgern zwar unterschiedlich stark und

zeitlich verschoben ausfielen, aber dennoch denselben mittelfristigen Trend (nach oben) aufwiesen.

Eine gewisse Ausnahme haben bisher Holzpellets dargestellt. Hier lagen die Steigerungsraten deutlich unter denen der anderen Energieträger. Mit einem steigenden Anteil von Holz könnte sich dies in Zukunft anders darstellen. Aufgrund von Energieträger-Substitution ist eine weitgehend parallele Entwicklung der Energieträgerpreise mittelfristig die sinnvollste Annahme.

Für die Verbrauchskostenberechnung des Trendszenarios wird daher unterstellt, dass alle Energiepreise mit einer einheitlichen konstanten Rate von 3% steigen. Zum Vergleich und zur Ermittlung von Sensitivitäten werden zusätzlich die Kosten bei angenommenen konstanten Preisen angegeben.

Bei konstantem Energieverbrauch würden aufgrund der Preissteigerung für die Energieträger von 3% die Betriebskosten von 43,3 Mrd. € im Jahr 2011 um 75% auf 74,5 Mrd. € im 2030 steigen. Dem steht jedoch der sinkende Energieverbrauch durch verbesserte Heiztechnik und modernisierten baulichen Wärmeschutz entgegen. Diese Reduktion des Endenergieverbrauchs führt dazu, dass die laufenden Betriebskosten nur um 41% auf 61,3 Mrd. € zunehmen. Kumuliert über die Jahre 2011 bis 2030 ergeben sich gegenüber einem konstanten Energieverbrauch Einsparungen von 135 Mrd. €. Bei konstanten Preisen würden die jährlichen Betriebskosten von 43,5 Mrd. € 2011 im Zuge des sinkenden Energieverbrauchs auf 34,3 Mrd. € sinken. Die kumulierte Einsparung bis 2030 würde im Vergleich zu konstantem Energieverbrauch bei konstanten Preisen bei 91,2 Mrd. € liegen.

## ZWISCHENFAZIT TRENDSZENARIO

**Im Trendszenario geht der Endenergieverbrauch für Hauswärmezwecke bis 2030 um 15% zurück. Damit liegt der jährliche Verbrauchsrückgang von durchschnittlich 0,85% etwa auf dem durchschnittlichen Niveau zwischen 1995 und 2010. Der Rückgang des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist mit 22% noch etwas stärker. Der Anteil erneuerbarer Heizenergieträger (einschließlich Umwelt- und Solarwärme) steigt um etwa 10 Prozentpunkte auf 24%.**

**Die Einsparungen bei Verbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen kommen trotz einer weitgehend konstanten Zahl von Mehrfamilienhäusern und einer um über 1,1 Mio. gestiegenen Zahl von Ein- und Zweifamilienhäusern zustande. Die zu beheizende Wohnfläche steigt um 260 Mio. m<sup>2</sup>. Der spezifische Endenergieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche sinkt damit bis 2030 um 21% auf 126 kWh; der Wohnungsbestand liegt damit im Wesentlichen noch auf dem Verbrauchsniveau sanierter Gebäude (entsprechend WSchVO95).**

**Die Trendentwicklung zeigt aber auch, dass die zum Teil sehr hohen Einsparungen in den letzten Jahren nur zum Teil durch energetische Sanierungen des Gebäudebestands und Modernisierungen der Heizanlagen erklärt werden können. Vielmehr dürften die letzten Entwicklungen auch auf Verhaltensänderungen zurückzuführen sein. Diese werden sich in der Zukunft möglicherweise so nicht fortsetzen.**

**Vor diesem Hintergrund ist zu untersuchen, wie die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes, die Modernisierung von Heizungen sowie die Diversifizierung und Dekarbonisierung des Energieträgermixes für Hauswärme beschleunigt werden können. Dabei stellt sich zum einen die Frage der relativen Effizienz verschiedener Maßnahmen, zum anderen die Frage, welchen Beitrag neue (Heiz)Technologien zur Energiewende im Wohnungssektor leisten können.**

**Diese Fragen sollen im Folgenden mit der Hilfe Maßnahmen-spezifischer Szenarien sowie eines Alternativszenarios vertieft untersucht werden.**

## 3.3 SZENARETTEN

Zusätzlich zum Trendszenario wird im Folgenden eine Reihe von Maßnahmen-Paketen im Rahmen von Mini-Szenarien (Szenaretten) untersucht. Die untersuchten Szenaretten bauen grundsätzlich auf der Entwicklung des Trendszenarios auf. Im Rahmen eines zeitlich befristeten Maßnahmen-Programms wird die Modernisierung eines Energieträgers bzw. einer Heiztechnik (vorübergehend) deutlich beschleunigt; alle übrigen Sanierungs- und Modernisierungsaktivitäten bleiben gegenüber dem Trendszenario unverändert.

Konkret werden die folgenden Maßnahmen-Pakete analysiert:

1. Sanierungsprogramm: baulicher Wärmeschutz.
2. Modernisierungsprogramm: Heiztechnik.
3. Programm zur Integration von Strom- und Wärmeversorgung.
4. Programm zur Stärkung von Holzheizungen.
5. Programm zur Stärkung der Solarthermie.

Für Nah- und Fernwärme werden gegenüber dem Trend kaum noch zusätzliche Potenziale erwartet, so dass hier kein weiteres Maßnahmen-Programm betrachtet wird. Feste fossile Brennstoffe (Kohle) sind im Hausbrand heute schon nahezu bedeutungslos, so dass ein beschleunigter Abgang kaum Auswirkungen hätte.

Als Bioenergie wird nur der weitere Ausbau der festen Biomasse (Holz) betrachtet. Biogas und Bioöl bzw. deren Zumischung zu Erdgas und Heizöl ist eine weitere Möglichkeit, den Anteil der erneuerbaren Energien im Hauswärmemix zu erhöhen. Sie sind jedoch in Regel nicht direkt mit Investitionen in Heiztechnik verbunden und werden daher an dieser Stelle nicht weiter beleuchtet.

Die Programme laufen jeweils in den Jahren 2014 bis 2017. In dieser Zeit erfordern sie Investitionen. Durch die Investitionen werden wiederum Einsparungen beim Endenergieverbrauch erreicht. Diese können

zu einer Verminderung der Heizkosten führen und zu einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beitragen.

Die Wirkungen der Maßnahmen werden in den einzelnen Szenaretten wiederum anhand eines einheitlichen Kriterien-Rasters analysiert. Zu den Kriterien gehören im Einzelnen:

- Die zu erwartenden Investitionskosten der jeweiligen Modernisierungsmaßnahmen, berechnet auf Basis technikspezifischer Investitionskosten;
- Der Endenergieverbrauch, insbesondere „gekauft Energie“ (Brennstoffe, Strom, Fernwärme) bzw. erreichte Energieeinsparungen;
- Voraussichtlich eingesparte laufende Energiekosten; hierbei werden zwei Preispfade für Heizenergieträger bis 2030 zugrunde gelegt: zum einen verhalten sich alle künftigen Heizenergiepreise real konstant, im anderen Fall steigen sie um jeweils 3% pro Jahr; letzteres entspricht einem Preisanstieg um 75% bis 2030;
- Die Treibhausgasemissionen – jeweils absolut pro Jahr und kumuliert über den gesamten Zeitraum 2010 bis 2030 sowie ihre Entwicklung gegenüber dem Trendpfad.

In einer Synopse werden die Szenaretten anhand der vorgenannten Kenngrößen verglichen. Abschließend wird hieraus ein ambitioniertes Alternativszenario erstellt.

### BAULICHER WÄRMESCHUTZ

Die erste Szenarette setzt auf beschleunigte Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes (ohne weitere Veränderungen der jeweiligen Heiztechnik gegenüber dem Trendszenario). In der Regel handelt es sich um verbesserte Gebäudedämmung und Fenster im Wohnungsbestand. Im Neubau sind die Standards für baulichen Wärmeschutz inzwischen so hoch, dass hier nur noch geringe Einsparungen zu erreichen sind (BMVBS 2012 c); außerdem würde eine weitere Szenario-Variation anhand noch strengerer Neubaustandards auch aufgrund des geringen Neubauteils bis 2030 nur geringe Auswirkungen haben.

Dagegen können durch baulichen Wärmeschutz im Wohnungsbestand erhebliche weitere Energieeinsparungen erzielt werden; so kann der spezifische Endenergieverbrauch bei gleicher Heiztechnik in vollsanierten Gebäuden oftmals um rund 40% gegenüber

unsanierten gesenkt werden. Die Sanierung des Wohnungsbestandes durch Wärmeschutzmaßnahmen ist jedoch mit hohen Investitionskosten verbunden; bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind für einfache Sanierungen der Gebäudehülle gut 40.000 € und bei Vollsanierungen Kosten von rund 70.000 € zu veranschlagen, bei Mehrfamilienhäusern 68.000 € bzw. rund 118.000 €.

Hierbei handelt es sich grundsätzlich um Vollkosten, die auch tatsächlich anfallen. Allerdings ist im Sanierungsfall oftmals ohnehin ein Teil der Kosten für notwendige Instandhaltungsmaßnahmen fällig, so dass nur ein Teil der Kosten (auch Mehrkosten) energetisch bedingt sind. Den Investitionskosten für Wärmeschutzmaßnahmen stehen die Einsparungen durch einen geringeren Energieverbrauch gegenüber.

Im Folgenden wird angenommen, dass es gelingt, im Rahmen eines Sanierungspro-

gramms die Sanierungsquoten für Gebäude in den Jahren 2014 bis 2017 von 1% auf 2% zu steigern. Sanierungen erfolgen immer vom unsanierten Zustand in die sanierte (WSchVO 95) oder vollsanierte (EnEV 2016) Klasse. Aufgrund der höheren Sanierungsraten würde der Anteil der unsanierten Gebäude deutlich schneller zurückgehen als im Trendszenario. Im Jahr 2020 läge er bei 59% (im Trendszenario 63%) und 2030 bei 45% (Trendszenario 49%).

Insgesamt würden etwas über 616.000 Ein- oder Zweifamilienhäuser und fast 124.000 Mehrfamilienhäuser zusätzlich saniert. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern bedeutete dies einen Wechsel von über 177.000 Gebäuden von unsaniertem zu vollsaniertem und 439.000 Gebäuden von unsaniertem zu saniertem Zustand. Die zusätzliche Sanierung der Mehrfamilienhäuser führte zu einem Wechsel von knapp 36.000 Gebäuden in die vollsanierte und 88.000 Gebäuden in

die sanierte Klasse. Damit würden insgesamt zusätzliche 38 Mio. m<sup>2</sup> Wohnfläche vollsaniert und über 94 Mio. m<sup>2</sup> saniert. Wie im Trendszenario finden keine Sanierungen von der sanierten zur vollsanierten Klasse statt.

Im Trendszenario werden in den Jahren 2014 bis 2017 jeweils etwas über 10 Mrd. € für den baulichen Wärmeschutz ausgegeben. Da die Maßnahmen verdoppelt werden, verdoppeln sich auch die Investitionskosten auf dann 21 Mrd. € pro Jahr. Insgesamt belaufen sich die zusätzlichen Investitionskosten in der Szenarette auf 42,2 Mrd. €.

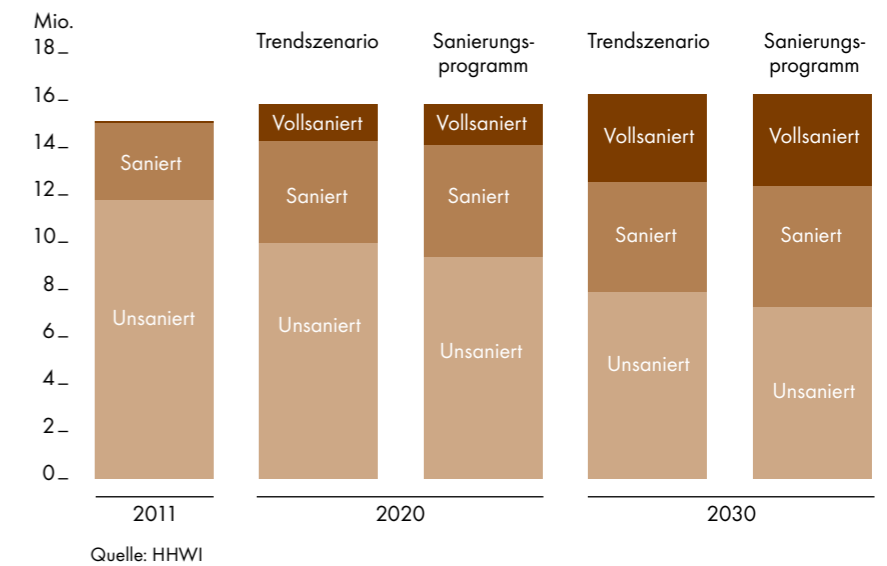
Durch die Sanierungsmaßnahmen geht der Endenergieverbrauch zurück. Im ersten Jahr nach Abschluss des vierjährigen Sanierungsprogramms liegt der Endenergieverbrauch 6 Mrd. kWh unter dem im Trendszenario. Im Zeitverlauf holt der Trend dann leicht auf: Hier zeigt sich, dass zunächst die Maßnahmen mit den höchsten Effekten durchgeführt werden. Je tiefer ein Gebäude bereits saniert wurde, desto geringer sind die zusätzlichen Einsparungen im Sanierungsfall. Insgesamt liegt der jährliche Verbrauch aufgrund des baulichen Sanierungsprogramms im Jahr 2030 bei 436 Mrd. kWh und damit um 4,5 Mrd. kWh unter dem Trendverbrauch. Die über die Jahre 2014 bis 2030 kumulierte zusätzliche Einsparung von Endenergie liegt bei 84 Mrd. kWh.

Mit dem Verbrauchsrückgang sind auch Einsparungen bei den Betriebskosten verbunden. Nach Abschluss des Sanierungsprogramms liegen die jährlichen Verbrauchseinsparungen bei etwa 600 Mio. €. Steigen die (Heiz-)Energiepreise, steigen auch die Einsparungen aus Brennstoffen im Zeitverlauf. Bei konstanten Preisen würden sich die aufsummierten Einsparungen bis 2030 auf 6,23 Mrd. € belaufen, bei jährlich um 3% steigenden Energiepreisen auf über 9 Mrd. €.

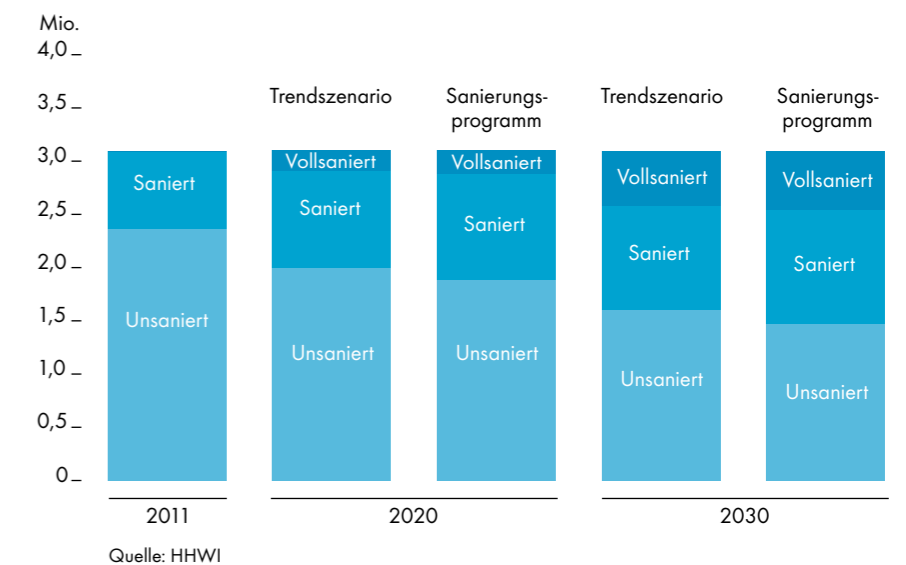
Mit dem gesunkenen Verbrauch reduziert sich auch der jährliche Ausstoß von Treibhausgasen im Sanierungs-Szenario im Vergleich zum Trend signifikant. Bis zum Jahr 2030 sinken die jährlich emittierten Treibhausgase um 22,7% und damit 1% mehr als im Trendszenario (21,7%).

Diese Reduktion spiegelt sich auch in der letztlich klimarelevanten Größe der kumulierten Treibhausgaseinsparung wider. Im Vergleich zum Trendszenario werden 22 Mio. t Treibhausgase bis zum Jahr 2030 weniger emittiert.

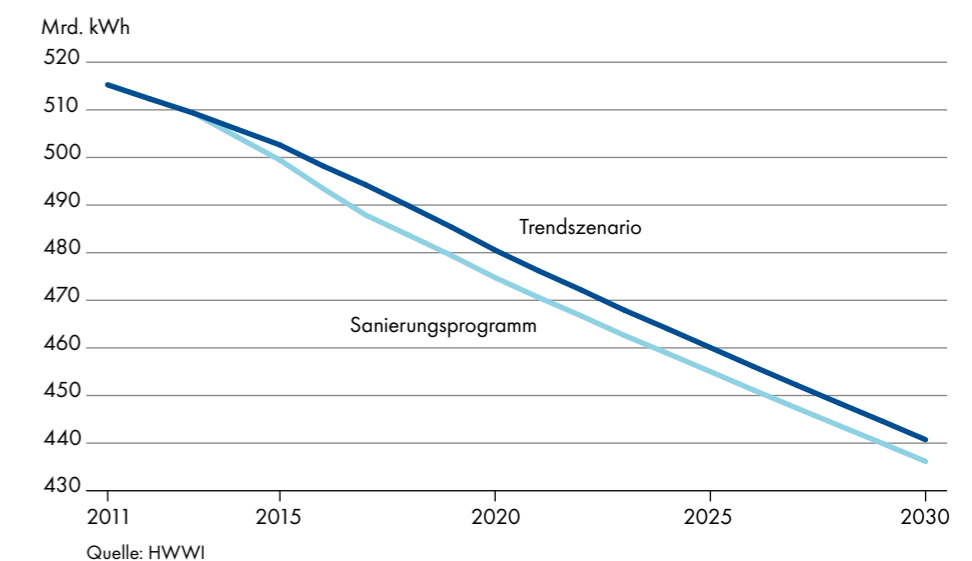
### 35/ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER EIN- UND ZWEIFAMILIENHÄUSER



### 36/ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER MEHRFAMILIENHÄUSER



### 37/ENDENERGIEVERBRAUCH SANIERUNGSPROGRAMM VS. TREND



## HEIZTECHNIK

In dieser Szenariente wird eine beschleunigte Modernisierung der Heiztechnik untersucht. Die Modernisierung des Wärmeerzeugers weist ebenfalls signifikante Einsparpotenziale auf, und zwar auch unabhängig vom baulichen Wärmeschutz. Die Investitionskosten liegen im einfachsten Fall eines reinen Austauschs von Heizkesseln zwischen 5.000 und 10.000 € (Vollkosten) und sind dabei im Vergleich zur Modernisierung des baulichen Wärmeschutzes relativ gering.

Ältere Heizkessel haben deutlich geringere Wirkungsgrade als Neuanlagen und benötigen daher mehr Brennstoff zur Beheizung des Gebäudes. Der Heizungsanlagenbestand in Deutschland ist in großen Teilen veraltet. Eine besondere Tragweite kommt hier vor allem dem Bestand an Erdgas und Heizöl befeuerten Heizungsanlagen zu, welche die Heizungsstruktur dominieren. Von den über 12,5 Mio. gasbefeuerten Anlagen sind ca. 71% und bei 5,8 Mio. Ölheizungen 91% keine Brennwertkessel; sie entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Die Modernisierung dieser Kessel zur Brennwerttechnik desselben Energieträgers ermöglicht deutliche Einspa-

rungen. Die Einsparpotenziale zu Brennwerttechnik – ohne Veränderung der Gebäudehülle – differieren je nach Ausgangszustand des auszutauschenden Wärmeerzeugers. Wird ein Niedertemperaturkessel gegen Brennwerttechnik ausgetauscht, sinkt der flächenspezifische Energieverbrauch um gut 10%, beim Tausch von Standardkesseln sinkt er um bis zu 42% im Ein- und Zweifamilienhaus (ein Standardkessel im unsanierten Gebäude mit einem Verbrauch von 263 kWh/m<sup>2</sup> wird durch einen Brennwertkessel mit einem Verbrauch von 152 kWh/m<sup>2</sup> ersetzt) und bis zu 36% im Mehrfamilienhaus (ein Standardkessel im unsanierten Gebäude mit einem Verbrauch von 211 kWh/m<sup>2</sup> wird durch einen Brennwertkessel mit einem Verbrauch von 134 kWh/m<sup>2</sup> ersetzt, vgl. dazu S. 35).

Im Folgenden wird untersucht, wie sich eine Erhöhung der Austauschzahlen von Wärmeerzeugern, die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen, auswirkt. Für die Heizungsmodernisierungen wird unterstellt, dass die mit Gas und Heizöl betriebenen alten Heizkessel bei gleichem Energieträger durch moderne Brennwertkessel ersetzt werden. In den Jahren 2014 bis 2017 werden die Austauschzahlen der Nieder-

temperatur- und Konstanttemperaturkessel gegenüber dem Trendszenario verdoppelt. Innerhalb dieses Modernisierungszeitraumes würden zusätzlich zum Trend knapp 1,1 Mio. veraltete Gas- und Öl-Heizungsanlagen erneuert. Den beschleunigten Austausch von Konstant- und Niedertemperaturkesseln durch Brennwertkessel in den vier Jahren 2014 bis 2017 verschiebt die Struktur der eingesetzten Heiztechniken deutlich. Brennwertkessel stellen mit stetig wachsendem Anteil von 37% (4,44 Mio.) 2015 über 51% (5,95 Mio.) im Jahr 2020 bis zu 62% (8,14 Mio.) 2030 den weit größten Anteil der mit Erdgas befeuerten Wärmeerzeuger. Der Anteil der Öl-Brennwert-Kessel steigt von 9% (500 Tsd.) im Jahr 2011 bis 2030 auf 58% (2,97 Mio.). Aufgrund der zusätzlichen Modernisierungen der Heizkessel entstehen jährliche weitere Investitionskosten von knapp 2 Mrd. €. In der Szenariente werden damit etwa 6,5 Mrd. € zusätzlich investiert.

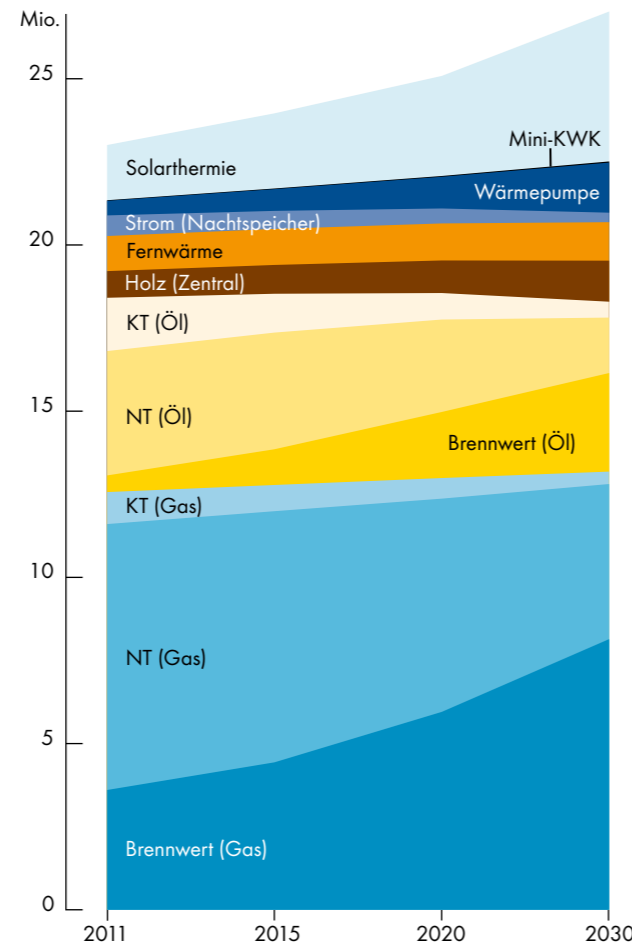
Der aggregierte Endenergieverbrauch sinkt in Folge der Modernisierung sowohl in den Jahren des erhöhten Austauschs als auch in den Folgejahren im Vergleich zum Trendszenario merklich. Im Jahr nach dem Abschluss des Modernisierungsprogramms liegt der jährli-

### 38/ANZAHL UND STRUKTUR DER HEIZUNGEN MODERNISIERUNGSSZENARIE

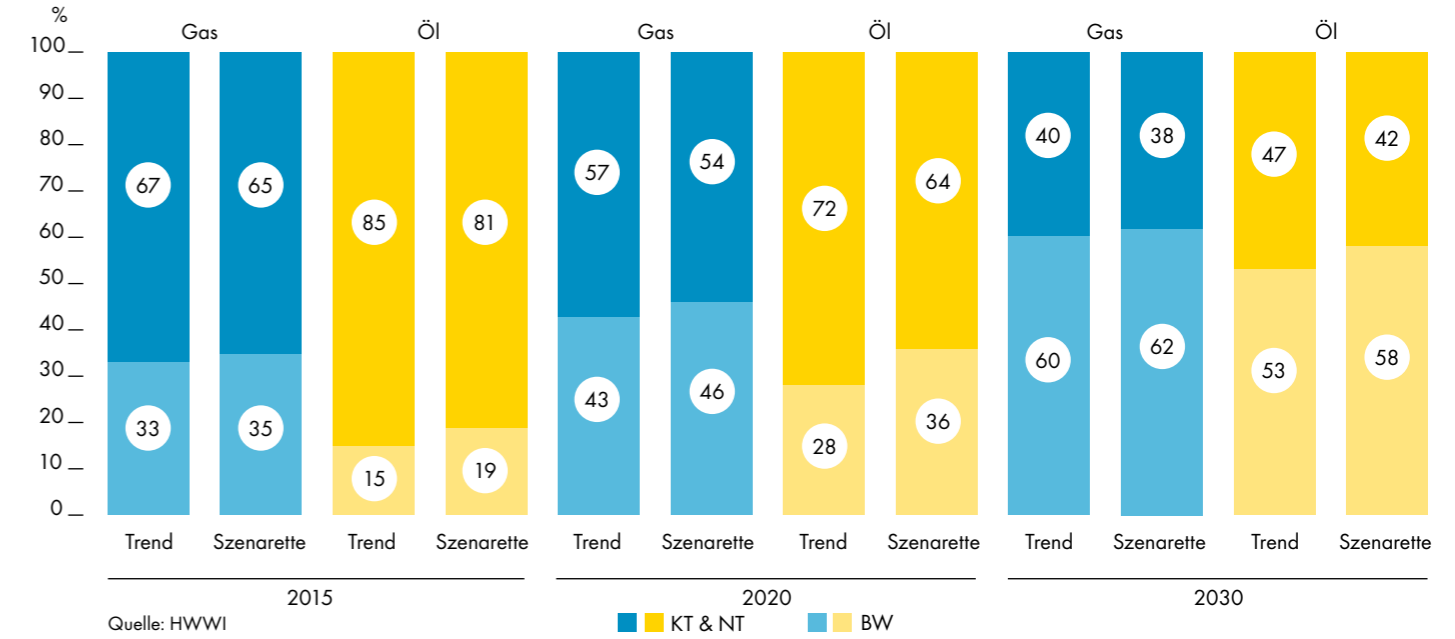
Heizungsart	2011 in Tsd.	2015 in Tsd.	2020 in Tsd.	2030 in Tsd.
Brennwert (Gas)	3.603	4.435	5.953	8.143
NT (Gas)	8.000	7.555	6.414	4.665
KT (Gas)	963	789	621	375
Brennwert (Öl)	500	1.074	1.987	2.965
NT (Öl)	3.742	3.510	2.781	1.668
KT (Öl)	1.604	1.168	797	477
Holz (Zentral)	802	866	980	1.235
Fernwärme	1.056	1.084	1.114	1.158
Strom (Nachtspeicher)	620	544	450	286
Wärmepumpe (Strom)	441	655	954	1.508
Mini-KWK	15,9	18,8	23,6	34
<b>Summe</b>	<b>21.346</b>	<b>21.699</b>	<b>22.075</b>	<b>22.513</b>
Solarthermie	1.660	2.260	3.010	4.510

Quelle: HWWI

Anmerkung: Die Heizungsart weist grundsätzlich die Zahl der (zentralen) Heizanlagen im jeweiligen Wohnungsbestand aus. Abweichend hiervon bezieht sich die Heizungsart Nachtspeicheröfen auf die Zahl mit Nachtspeicheröfen beheizter Gebäude. Bei Solarthermie wird die Zahl von Solarwärmeanlagen angegeben, nicht aber die Solarkollektorfläche in m<sup>2</sup>.



### 39/BRENNWERTANTEILE MODERNISIERUNGSSZENARIE VS. TRENDSZENARIO



che Endenergieverbrauch knapp 8 Mrd. kWh unter dem im Trend. Bis 2030 werden im Vergleich zum Trendszenario insgesamt knapp 83,8 Mrd. kWh an Heizenergie eingespart.

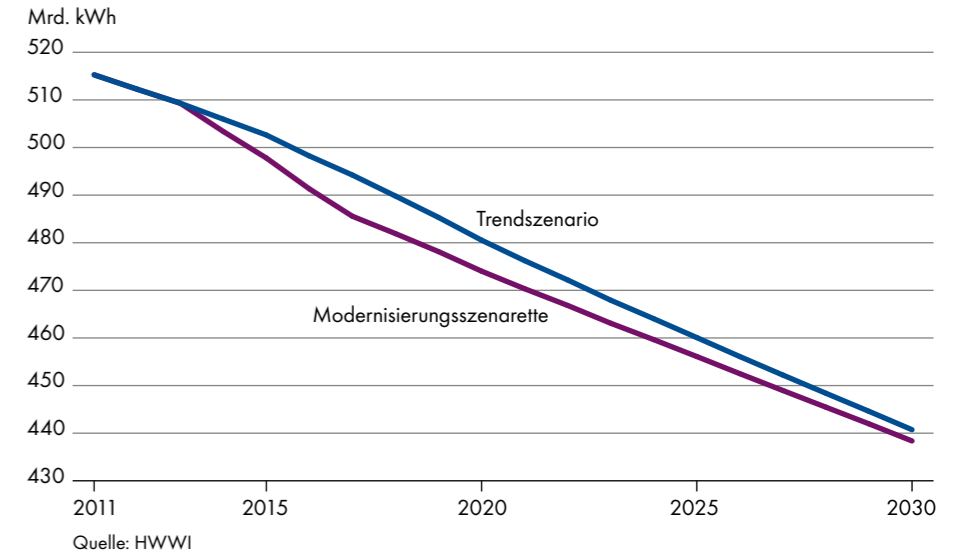
Den verstärkten Investitionen stehen Einsparungen bei den Verbrauchskosten gegenüber. Bei steigenden Energiekosten belaufen sich die Einsparungen allein in den Jahren des Modernisierungsprogramms auf 2,2 Mrd. €; bei konstanten Preisen beliefen sich die Einsparungen bis dahin auf 1,8 Mrd. €. Bis zum Szenario-Horizont 2030 erreichen die Einsparungen eine Höhe von insgesamt 9,5 Mrd. €.

Die effizientere Nutzung der Energieträger führt auch zu einer starken Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Verglichen mit dem Trendszenario sinken diese kumuliert über den Zeitraum 2014 bis 2030 um über 25 Mio. t. Die Reduktion der jährlichen Treibhausgasemissionen beläuft sich im Vergleich zu 2011 auf über 22% und liegt damit knapp 1%-Punkt höher als im Trendszenario.

### INTEGRATION VON STROM- UND WÄRMEVERSORGUNG

Der Anteil der erneuerbaren Energien ist im Bereich der Stromerzeugung heute mit über 20% deutlich höher als bei der häuslichen Wärmeversorgung (ca. 14%). Auch die zukünftigen Potenziale ebenso wie die energiepolitischen Ziele für erneuerbare Energien sind im Bereich der Stromerzeugung besonders groß. Schwankungen im Stromangebot, insbesondere aus Windkraft und Fotovoltaik, führen jedoch zunehmend zu Problemen

### 40/ENDENERGIEVERBRAUCH MODERNISIERUNGSSZENARIE VS. TREND



bei der Netzstabilität. Eine Möglichkeit, den Stromverbrauch und schwankendes Angebot aufeinander abzustimmen, wäre eine Verbrauchsverlagerung des täglichen Strombedarfes mit Hilfe lastvariabler Stromtarife und intelligenter Stromzähler (Smart Metering). Von daher stellt sich die Frage, inwieweit eine verstärkte Integration von Strom- und Wärmeversorgung zur (Strom)-Netzstabilisierung beitragen kann. Hierfür kommen vor allem Heiztechniken in Frage, die auf den Energieträger Strom setzen.

Gegenwärtig liegt der Stromanteil bei der Raumwärmeversorgung bei „nur“ 4%, bei der Warmwasserbereitung aufgrund des hohen Anteils an elektrischer Warmwasserbereitung

deutlich höher, und zwar bei beinahe 24%; 75% des Warmwassers werden somit nicht elektrisch erzeugt. Zudem bieten Durchlaufheizkörper ebenso wie Stromdirektheizungen nur geringes Entkoppelungspotenzial. Der wichtigste Stromverbraucher zur Raumwärmeerzeugung waren bislang Nachtspeicheröfen. Elektro-Speicherheizungen könnten grundsätzlich als Energiepuffer für „überschüssigen“ erneuerbaren Strom dienen. Sie sind jedoch ineffizienter als Wärmepumpen und politisch nicht mehr gewollt. Es wird davon ausgegangen, dass Nachtspeicheröfen wie im Trendszenario bis 2030 weitgehend auslaufen – und auch nicht zurückkehren werden. Die wichtigste stromverbrauchende Heiztechnik der näheren



#### 41/ANZAHL AN WÄRMEPUMPEN UND MINI-KWK-ANLAGEN IM VERGLEICH

	2011		2015		2020		2030	
	Trend	Strom	Trend	Strom	Trend	Strom	Trend	Strom
Wärmepumpen	440.539	440.539	654.512	762.851	953.578	1.171.587	1.507.901	1.720.593
Mini-KWK	15.896	15.896	18.812	20.291	23.544	26.726	33.972	37.205

Quelle: HWWI

Zukunft ist die Elektro-Wärmepumpe, die nicht nur Strom, sondern zusätzlich Umweltwärme nutzt. Damit Wärmeerzeugung und -verbrauch zeitlich im Haushaltssektor (besser) entkoppelt werden können, sind zusätzlich leistungsfähigere Pufferspeicher (statt der bisher verwendeten kleineren Warmwasserspeicher) erforderlich. Pufferspeicher könnten zwar grundsätzlich auch durch preislich sehr günstige Elektroheizstäbe „aufgeladen“ werden. Ein vermehrter Einsatz von Heizstäben dürfte sich aber aufgrund ihres hohen Strombedarfes nicht ergeben.

Auf der Versorgungsseite könnten stromerzeugende Heizungen, mit Erdgas und Heizöl betriebene Mikro- und Mini-KWK-Anlagen zur Abdeckung von Netzlastspitzen beitragen, insbesondere wenn sie überwiegend stromgeführt betrieben werden. Für überschüssige Wärme wären entsprechende Pufferspeicherkapazitäten zu installieren. Mini-BHKW sind vor allem in Mehrfamilienhäusern/Wohnblocks mit entsprechendem Effizienzstandard und Wärmebedarf eine Option. In der Strom-Szenariente wird daher angenommen, dass in Ein- und Zweifamilienhäusern verstärkt Wärmepumpen, in Mehrfamilienhäusern mehr KWK-Anlagen installiert werden.

Bei den Ein- und Zweifamilienhäusern verdoppelte sich die Zunahme der Wärmepumpen gegenüber dem Trendszenario. Im Jahr 2018 sind dann 1,05 Mio. Wärmepumpen installiert und damit rund 220.000 mehr als im Trendszenario.

Dabei werden verschiedene Wärmepumpentechnologien eingesetzt. Im Bestand und bei einfach sanierten Gebäuden im Wesentlichen Luft-Wasser-Wärmepumpen, bei vollsanierten Gebäuden und im Neubau auch Sole-Wasser-Wärmepumpen. Zudem werden in Mehrfamilienhäusern Mini-KWK-Anlagen gefördert. In den vier Jahren des Programms werden jeweils etwa 800 Anlagen zusätzlich installiert, so dass im Jahr 2018 fast 25.000 eingesetzt werden. Da Wärmepumpen und Mini-KWK-Anlagen mit Preisen zwischen 13.000 und 29.000 € deutlich teuer sind

als Brennwertgeräte, deren Kosten zwischen 5.000 und 10.000 € liegen, ergeben sich durch das Programm zusätzliche Investitionskosten. Die zusätzlichen Investitionskosten in der Szenariente liegen bei 1,8 Mrd. €.

Der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen und Mini-KWK-Anlagen wird den statistisch erfassten jährlichen Endenergieverbrauch vermindern. Er liegt 2030 etwa 0,8 Mrd. kWh unter dem Trendverbrauch. Kumuliert wird der Endenergieverbrauch von Brennstoffen, Strom und Fernwärme gegenüber dem Trend bis 2030 um 17 Mrd. kWh verringert. Dabei werden 2030 fast 22,5 Mrd. kWh – und damit 2,5 Mrd. kWh mehr als im Trendszenario – an Umweltwärme verwendet. Die Mini-KWK-Anlagen produzieren 2030 fast 0,2 Mrd. kWh an Strom. Kumuliert über den Zeitraum bis 2030 sind es 3,1 Mrd. kWh Strom. Den erzeugten Strom mit den Bezugskosten für Haushaltsstrom bewertet, entspricht das einer Stromkosteneinsparung von insgesamt 1,1 Mrd. € bei dreiprozentiger Preissteigerung und 775 Mio. € bei konstanten Preisen.

Derzeit liegt der Preis für Heizstrom unter dem Preis für Haushaltsstrom. Dennoch liegt er deutlich über dem von Gas und Öl. Auch wurden „feste“ Strompreise bzw. kontinuierlich steigende Strompreise unterstellt. In den nächsten Jahren dürften sich die Strompreise jedoch sehr viel stärker differenzieren.

Besonders die Bezugszeiten (saisonal, tageszeitlich, Werktag oder nicht) werden einen starken Effekt auf die Preisbildung haben. Stromerzeugende bzw. stromverbrauchende Heiztechniken wie elektrische Wärmepumpen und Mini-KWK-Anlagen im Zusammenspiel mit Speichern (Strom oder Wärme) könnten diese Schwankungen im Strompreis (aus)nutzen.

Mit dem Energieverbrauch gehen auch die Treibhausgasemissionen zurück. Die Reduktion der Emission bis 2030 steigt gegenüber dem Trendszenario von 21,7% auf 22,1%. Insgesamt werden zusätzlich zum Trend bis 2030 rund 9 Mio. t CO<sub>2</sub> vermieden.

#### HOLZ

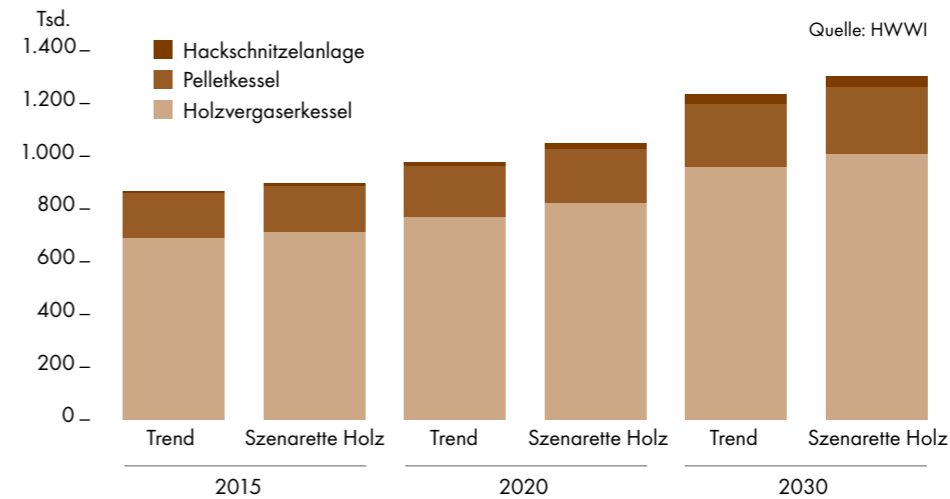
Holz war der Heizenergieträger, dessen Einsatz sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten am stärksten erhöht hat. So ist der Verbrauch sonstiger Energieträger – der vorwiegend Holz enthält – in der UGR von 24,6 Mrd. kWh im Jahr 1995 auf 75 Mrd. kWh im Jahr 2010 gestiegen. Damit spielt Holz in der häuslichen Wärmeversorgung bei den erneuerbaren Energien – weit vor Solarthermie und Umweltwärme – eine dominante Rolle. Wenn der Anteil von erneuerbaren Energien im Hauswärmesektor steigen soll, könnte bzw. müsste Holz hierzu einen (wesentlichen) Beitrag leisten.

Holz kann zur Diversifizierung der Energieversorgung und zur Verringerung der Brennstoffkosten beitragen, insbesondere dann, wenn die Beschaffung von Holz im Selbstbezug erfolgt. Holz hat den Vorteil gegenüber fossilen Energieträgern, dass es aufgrund geringer spezifischer Treibhausgasemissionen signifikant zu CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen beitragen kann. Außerdem ist der Rohstoff Holz in Deutschland – im Vergleich zu anderen Ländern – in großen Mengen vorhanden. (siehe dazu Kasten auf Seite 49).

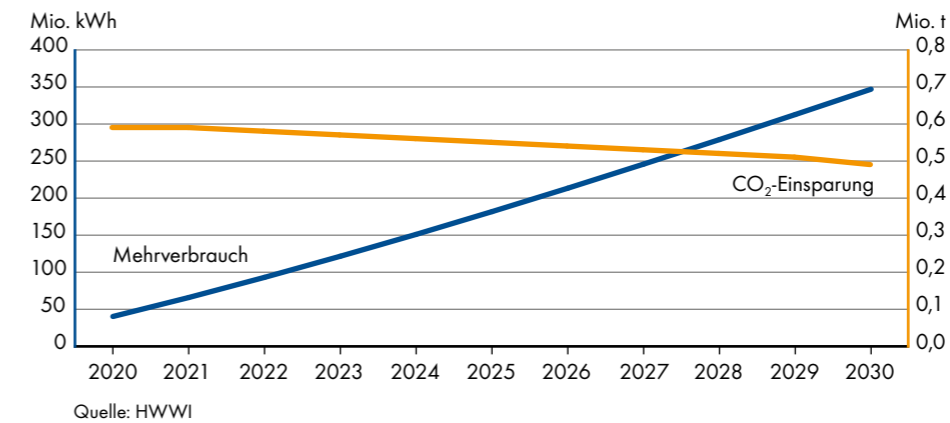
Zusätzlich setzt die aktuelle Energieeinsparverordnung (EnEV) weitere Anreize für den Einsatz des Energieträgers Holz: Bezogen auf den Energieverbrauch bewirkt der niedrigere feuerungstechnische Wirkungsgrad von Holzcentralheizungen zwar höhere Endenergieverbräuche pro kWh erzeugter Wärme als Gas- und Öl-Brennwerttechnik, allerdings verhält es sich bei einer primärenergetischen Betrachtung anders. Nach der DIN 4701-10 beträgt der Primärenergiefaktor beim Brennstoff Holz 0,2 und bei Gas sowie Heizöl 1,1. Bezogen auf die Kenngröße „Primärenergie“ zur Bestimmung des energetischen Ressourcenverbrauchs liegen Holzcentralheizungskessel dafür günstiger als Brennwerttechnik auf Basis rein fossiler Energieträger.

In dieser Szenariente wird ein größerer Holzeinsatz bei der häuslichen Wärmeerzeugung betrachtet, um festzustellen wie sich dies auf den Endenergieverbrauch, die Energiekosten und die Treibhausgasemissionen auswirkt. Es wird angenommen, dass alte Öl- und Gaskessel verstärkt durch zentrale Holzkessel, wie Holzvergaser, Pellet- oder Hackschnitzelkessel, ersetzt werden. Im Vergleich zum Trendszenario wird im Maßnahmen-Zeitraum in den Jahren 2014 bis 2017 die doppelte Anzahl an Holzheizungen installiert. Während im Trendszenario 2018 etwa 928.000

#### 42/ANZAHL DER HOLZHEIZUNGEN



#### 43/ENERGIEVERBRAUCH UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN IN HOLZSZENARIENTE GEGENÜBER TREND



Quelle: HWWI

#### Holzheizungen und der Brennstoff Holz haben in den vergangenen Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. So stellt sich die Frage, wie viel Holz gibt es in Deutschland? Und wie viel Holz steht als Brennholz zur Verfügung?

Deutschland ist ein waldreiches Land. Im Jahre 2011 gab es in Deutschland 11,3 Mio. Hektar Wald. Dabei hat die Gesamtwaldfläche in den letzten Jahren zugenommen, alleine im Jahr 2011 gegenüber 2010 um 18.557 Hektar, was 0,2% der deutschen Waldfläche entspricht. Jährlich wachsen ca. 110 Mio. Festmeter (FM) Holz (einschließlich Rinde) nach, von denen 97 Mio. FM verwendbar sind und rund 86 Mio. FM verwendet wurden (StaBu 2012 UGR Bericht).

Gut die Hälfte (52,6%) des Holzes aus der deutschen Forstwirtschaft wurde im Jahre 2011 im Holzgewerbe beispielsweise als Bauholz oder Holzwaren, 10,7% als Fasermaterial in der Zellstoffindustrie eingesetzt. Ein gutes Drittel (36,6%) werden in Heiz(kraft)werken oder im Hausbrand energetisch genutzt (StaBu 2012 UGR Bericht). Dabei hat sich der (Brenn)Holzverbrauch der privaten Haushalte von 2000 bis 2010 von 12 auf aktuell etwa 34 Mio. FM deutlich erhöht (Mantau 2012).

Grundsätzlich wird weiteres – wenn auch mittelfristig nach oben begrenztes – Potenzial für ein zusätzliches einheimisches Holzangebot gesehen (FNR 2011, dena 2011). Die zusätzliche Holznachfrage der in dieser Studie berechneten Szenarien (Trend- und Alternativszenario) ließe sich durch verbleibende einheimische Vorkommen decken, sofern die anderen Verwendungen von Holz nicht auch (wesentlich) ausgeweitet werden. Umso mehr muss künftig auf einen effizienten Brennholzeinsatz geachtet werden. Sollte es dennoch langfristig vermehrt zu Holzimporten kommen, ist – ähnlich schon wie bei der flüssigen Biomasse – verstärkt auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien zu achten (vgl. IINAS/IFEU 2012).

zentrale Holzheizungen eingebaut sind, liegt die Anzahl der installierten zentralen Holzheizungen aufgrund der höheren Austauschrate in der Szenariente bei fast 1 Mio. Bis 2030 steigt die Anzahl der Heizungen, die mit Holz beheizt werden, auf über 1,3 Mio. an.

Diese setzen sich zusammen aus 45.000 Hackschnitzelanlagen, die Mehrfamilienhäuser beheizen, sowie etwas über 400.000 Holz-Pelletkessel und etwa 850.000 Holzvergaserkessel in Ein- und Zweifamilienhäusern. Die Anzahl der zentralen Holzheizungen ist für Szenario und Szenariente im Zeitverlauf in der Abbildung 42 dargestellt.

Der Einbau von Holzheizungen ist wesentlich teurer als der von einem Öl-/Gas-Brennwertkessel. Ein Holzvergaserkessel für ein Ein- und Zweifamilienhaus kostet 15.000 €; die Anschaffung einer Pelletanlage zwischen 15.500 € und 16.000 € inklusive Einbau eines Lagers mit automatischer Bestückung. Für eine Hackschnitzelanlage im Mehrfamilienhaus fallen reine Investitionskosten für den Kessel zwischen 16.800 € und 21.100 € an, inklusive Lagerkosten und Bestückung. Dies spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Investitionskosten im Trendszenario und in der Holzszene wider.

Die zusätzlichen Investitionskosten durch die im Vergleich zum Trendszenario schnellere Umstellung auf Holz liegen in Summe bei 1,7 Mrd. €. Holzheizungen haben höhere spezifische Energieverbräuche; Holzvergaserkessel verbrauchen beispielsweise je nach baulichem Wärmeschutz 170 bis zu 271 kWh pro Jahr und m<sup>2</sup> Wohnfläche und auch Pellet- und Hackschnitzelanlagen haben in den verschiedenen Sanierungsklassen jeweils einen höheren Energieverbrauch als ein Gas- oder Öl-Niedertemperaturkessel. Infolgedessen erhöht sich der jährliche Endenergieverbrauch in der Holzszene im Vergleich zum Trendszenario. Im Jahr 2030 werden in dieser Szenariente 0,3 Mrd. kWh mehr an Endenergie für Raumwärme und Trinkwassererwärmung verbraucht als im Trendszenario.

Höheren Investitionskosten bei der Holz-Szenariente gegenüber dem Trendszenario sind niedrigere Betriebskosten gegenzurechnen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum 2011 bis 2030 hinweg kumulieren sich die Betriebskosteneinsparungen bei jährlich steigenden Preisen auf über 1,4 Mrd. €. (Die Holzpreise beinhalten die Lieferung von Holz. In vielen Fällen werden die Betreiber von Holzheizungen das Holz sehr viel günstiger im Selbstbezug erstehen. Dann ist aber deren

Arbeitszeit gegenzurechnen. Diese wird im Durchschnitt die geringeren Kosten kompensieren.) Bei konstanten Preisen erreicht die Einsparung über 0,8 Mrd. €.

Der verstärkte Austausch von Öl- und Gasheizungen durch holzbeheizte Zentralheizungen zwischen 2014 und 2017 ermöglicht eine zusätzliche jährliche Einsparung von Treibhausgasemissionen in Höhe von 0,4% im Vergleich zum Trendszenario. Damit wird eine Emissionsreduktion von über 22% gegenüber 2011 erreicht und bis 2030 kumuliert rund 9 Mio. t weniger Treibhausgase emittiert. Abbildung 43 oben stellt dar, wie sich die CO<sub>2</sub>-Einsparungen auf die einzelnen Jahre verteilen. Durch die Umstellung auf Holzheizungen von 2014 bis 2017 gelingt es, die Treibhausgasemissionen durchschnittlich um jährlich 0,5 Mio. t zu senken.

## SOLARTHERMIE

2012 waren insgesamt 1,66 Mio. solarthermische Anlagen auf deutschen Dächern installiert. Der jährliche Zuwachs betrug zuletzt ca. 150.000 Stück. Solarthermie-Anlagen sind – neben Holz – der wichtigste sekundäre Wärmeenergieträger in privaten Haushalten. Von den im Neubau eingesetzten sekundären Heizsystemen sind fast 60% solarthermische Anlagen (StaBu 2012 Bau).

Solarthermie kann einfach mit konventionellen Heiztechniken kombiniert werden. Zudem ist Solarthermie eine Technik, mit der sich die (steigenden) Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes erfüllen lassen. Solare Strahlungsenergie verursacht keine Brennstoffkosten. Allerdings steht sie gerade

in der Heizperiode nicht immer oder nicht ausreichend zur Verfügung. Dennoch hat sie das Potenzial, einen Beitrag zur Senkung des Endenergieverbrauches und – aufgrund ihrer weitgehenden Klimaneutralität – zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beizutragen.

Diese Szenarette untersucht einen beschleunigten Ausbau solarthermischer Anlagen. Solarthermische Anlagen treten in der häuslichen Wärmebereitstellung in zwei Varianten auf: entweder ausschließlich zur Warmwasserbereitung oder zur Trinkwassererwärmung mit zusätzlicher Heizungsunterstützung. Beide senken den Endenergieverbrauch der primären Heizungsanlage. Je nach Standard des baulichen Wärmeschutzes beträgt die Reduktion des Verbrauchs des primären Wärmeerzeugers zwischen 11% (unsaniertes Gebäude) und 18% (vollsaniertes Gebäude) bei reiner Warmwasserbereitung und zwischen 16% bis zu 30% bei solarer Trinkwassererwärmung mit zusätzlicher Heizungsunterstützung (siehe Tabelle 28 auf Seite 35).

Durch die Nutzung von Sonnenenergie erzeugt eine solarthermische Anlage Wärme. Hierdurch kann der externe Bezug von Heizenergieträgern (Brennstoffe, Strom oder Fernwärme) reduziert werden, ohne dass hierfür (variable) Verbrauchskosten anfallen. Die durchschnittlichen Investitionskosten belaufen sich für Ein- und Zweifamilienhäuser auf 4.300 € bei reiner Warmwasserbereitung und 7.700 € bei zusätzlicher Heizungsunterstützung. Für ein Mehrfamilienhaus liegen die Kosten für eine Solarthermie-Anlage bei 9.000 €, respektive 14.700 €. Im Solarwärme-Programm wird angenommen, dass es gelingt, die Neuinstallationen von

Solarthermie-Anlagen im Zeitraum von 2014 bis 2017 im Vergleich zum Trendszenario auf 300.000 pro Jahr zu verdoppeln. Dabei werden – wie im Trendszenario – zwei Drittel der Anlagen lediglich zur Warmwasserbereitung genutzt werden und ein Drittel zusätzlich heizungsunterstützend.

Die Investitionskosten erhöhen sich im Vergleich zum Trendszenario pro Jahr des Solarprogramms um durchschnittlich 815 Mio. €. Damit entspricht der Mehraufwand des Solarthermie-Programms insgesamt 3,26 Mrd. € an Investitionskosten.

Durch die zusätzlichen Solaranlagen sinkt der jährliche von den Haushalten extern zu beziehende Endenergieverbrauch im Vergleich zum Trendszenario. 2030 liegt dieser mit 439,1 Mrd. kWh um rund 1,1 Mrd. kWh niedriger als es ohne die erhöhte Neuinstallation von Solarthermie-Anlagen der Fall gewesen wäre. Dagegen beläuft sich die insgesamt genutzte Sonnenwärme und damit auch die kumulierte eingesparte Endenergie bis 2030 auf 19,1 Mrd. kWh – das ist fast genauso viel solare Strahlungsenergie wie Umweltwärme im Strom-Programm.

Durch die Nutzung „kostenfreier“ Solarenergie und weniger „gekaufter“ Energie reduzieren sich auch die Verbrauchskosten. Bei dreiprozentiger Preissteigerung werden pro Jahr nach dem Maßnahmenzeitraum durchschnittlich über 180 Mio. € an Verbrauchskosten eingespart und addieren sich bis 2030 auf insgesamt 2,38 Mrd. €. Im Fall konstanter Preise liegen die jährlichen Einsparungen bei rund 127 Mio. € und damit bei 1,65 Mrd. € über den gesamten Zeitraum.

Der Anteil „gekaufter“ Endenergie, der für Warmwasser verwendet wird, fällt im Solar-szenario im Vergleich zum Trendszenario niedriger aus: Durch erhöhten Zubau solarthermischer Anlagen im Programmzeitraum 2014 bis 2017 liegt der Warmwasseranteil 2030 mit 15,6% (Solarszenarette) um 0,3% niedriger als im Trendszenario mit 15,9%. Würden im gesamten Szenario-Zeitraum überhaupt keine solarthermischen Anlagen neuinstalliert, stiege der Anteil bis 2030 auf 17,2% des Endenergieverbrauches für Wärme an.

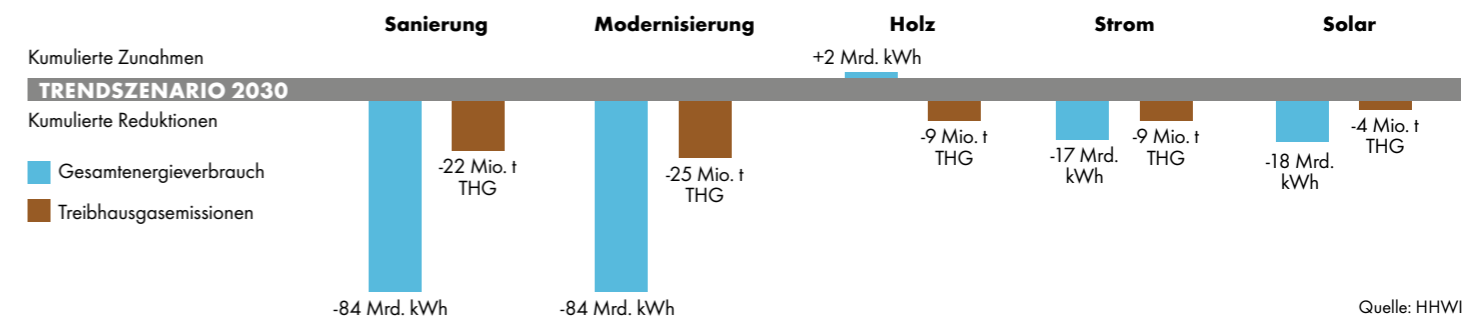
Der Rückgang von Treibhausgasemissionen von 2011 bis 2030 beträgt in der Solar-Szenarette 28,3% und ist damit über 0,3% höher als im Trendszenario. Dadurch werden bis 2030 rund 4,2 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart.

## SZENARETTEN IM VERGLEICH

Das **Trendszenario** hat gezeigt, dass der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser bei Fortschreibungen der bisherigen Entwicklungen abnimmt. Bis zum Jahr 2020 sinkt der jährliche Endenergieverbrauch um 6,7% und bis 2030 um 14,5%. Das langfristige Ziel der Bundesregierung ist ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050. Die Ziele der Bundesregierung sind 2030 bei Trendfortschreibung noch sehr weit entfernt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Maßnahmen oder Programme einen Beitrag zu erhöhten Einsparungen von Endenergie und Treibhausgasen leisten können.

In den vorangegangenen **Szenaretten** wurden fünf sehr unterschiedliche Maßnahmen-Programme untersucht. Dabei lagen die Unterschiede sowohl in den Maßnahmen selbst als auch in deren Dimension und den damit verbundenen Kosten. Gemeinsam ist allen Szenaretten, dass jeweils eine **Verdopplung** der Maßnahme gegenüber dem Trend unterstellt wurde. Angesichts der Tatsache, dass nicht nur entsprechend mehr Dämmmaterialien und Heizungen produziert werden müssen, sondern auch ausreichend Fachpersonal zur Installation zur Verfügung stehen muss, sind die Maßnahmen in jedem Fall ausgesprochen ambitioniert. Abbildung 45 gibt einen Überblick über die Energieeinspar- und Treibhausgas-Performance der befristeten Maßnahmen-Programme – jeweils kumuliert über den gesamten Zeitraum bis 2030 im Vergleich zur Entwicklung des Trendszenarios.

### 45/ERGEBNISSE DER SZENARETTEN IM VERGLEICH ZUM TRENDSZENARIO



### Einsparungen von Endenergie und Treibhausgasen

Im **Trendszenario** geht der jährliche Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser trotz steigender Wohn- und Heizfläche bis zum Jahr 2030 um 74 Mrd. kWh zurück. Die unter anderem daraus resultierende Verringerung von Treibhausgasemissionen beläuft sich bis 2020 auf 10,2% und im Jahr 2030 auf 21,7%.

Sofern die **Sanierungsquote** des baulichen Wärmeschutzes in den Jahren 2014 bis 2017 von den bisherigen 1% des Gebäudebestandes auf 2% verdoppelt wird, sinkt der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Trendszenario deutlich ab. Im Jahr 2020 ist der Endenergieverbrauch um insgesamt 7,9% und im Jahr 2030 um 15,4% niedriger. Damit werden über den gesamten Zeitraum des Szenarios zusätzlich zum Trend 84 Mrd. kWh eingespart. Auch der Rückgang der emittierten Treibhausgase ist mit 22,7% stärker ausgeprägt als im Trendszenario. Diese zusätzliche Treibhausgasreduktion beläuft sich auf insgesamt 22 Mio. t bis zum Horizont 2030.

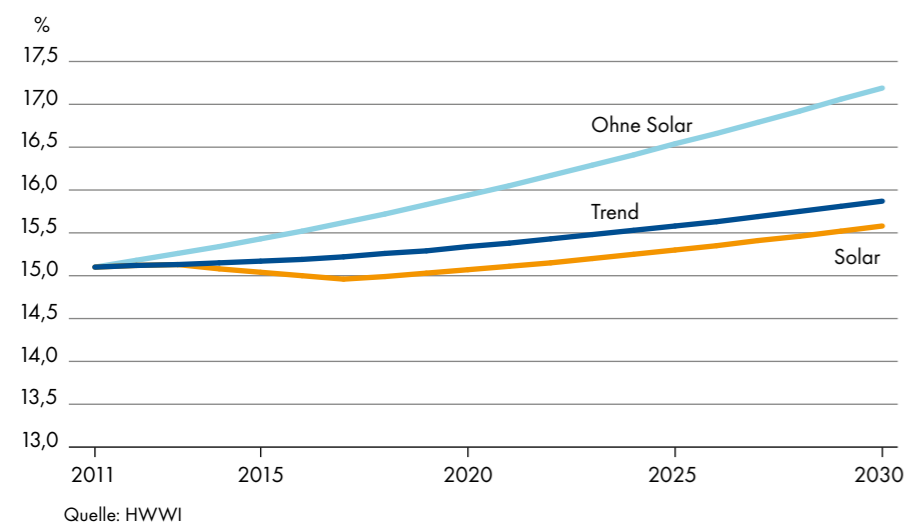
Bei einer verdoppelten **Heizungsmodernisierung** im Programmzeitraum 2014 bis 2017 verringert sich der jährliche Endenergieverbrauch bis 2020 um 8%; bis zum Jahr 2030 beträgt die Reduktion insgesamt 14,9%. Die Einsparungen zum Trendszenario kumulieren sich ebenfalls auf knapp 84 Mrd. kWh bis 2030. Die Verringerung der Treibhausgasemissionen beläuft sich auf 11,9% (2020) bzw. 22,3% (2030), infolgedessen werden bis 2030 kumuliert 25 Mio. t weniger Treibhausgase emittiert als es im Trendszenario der Fall ist.

Im Holzprogramm wird im Zeitraum von 2014 bis 2017 der **Ausbau von Holzheizungen** weiter forciert. In dieser Zeit werden doppelt

so viele mit Holz beheizte Kessel wie im Trendszenario installiert. Damit verringert sich der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser bis zum Jahr 2030 um 14,4%. Im Vergleich zum Trendszenario wird der Energieverbrauch nicht zusätzlich reduziert. Grund sind die vergleichsweise hohen spezifischen Verbrauchswerte von Holzheizungen. Infolgedessen werden über die gesamte Periode addiert zwei Milliarden kWh mehr Endenergie verbraucht. Allerdings reduzieren sich durch den verstärkten Holzeinsatz aufgrund von geringeren spezifischen Treibhausgasemissionen bei Holz auch die insgesamt emittierten Treibhausgase mit 22,1% bis 2030 deutlich stärker als im Trendszenario und vermindern damit den Gesamt-Ausstoß an Treibhausgasen um 9 Mio. t.

Bei strategischer Verdopplung des **Abaus von Wärmepumpen und privaten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen** im Programmzeitraum von 2014 bis 2017 verringert sich der Verbrauch an Endenergie für Raumwärme und Warmwasser (ohne Umweltwärme) im Vergleich zum Trendszenario. Bis zum Jahr 2020 sinkt der jährliche Energieverbrauch um 7% und bis zum Jahr 2030 um 14,6%. Damit ist die Reduktion im Vergleich zum Trendszenario nur geringfügig und beträgt nur etwa 0,3%. Über den gesamten Beobachtungszeitraum führt die Programmmaßnahme zu Endenergieeinsparungen in Höhe von etwa 17 Mrd. kWh bis zum Jahr 2030. Die Emissionen von Treibhausgasen reduzieren sich bis zum Jahr 2020 um 10,7% und haben im Jahr 2030 ein im Vergleich zu 2011 um 22,1% verringertes Niveau. Damit fällt die Reduktion stärker aus als im Trendszenario und bis 2030 werden durch den erhöhten Einsatz von Wärmepumpen und KWK-Anlagen kumuliert rund 9 Mio. t weniger Treibhausgase ausgestoßen.

### 44/ANTEIL WARMWASSER AM ENDENERGIEVERBRAUCH



Im Solarprogramm wird der **Zubau solar-thermischer Anlagen** im Programmzeitraum verdoppelt. Damit werden von 2014 bis 2017 pro Jahr rund 150.000 Anlagen zusätzlich installiert. Dadurch sinkt der Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Raumwärme und insbesondere für die Bereitstellung von Warmwasser im Vergleich zum Trendszenario ab. Der jährliche Endenergieverbrauch liegt im Jahr 2030 um 14,7% niedriger als im Jahr 2011 und ist damit um 0,2% geringer als im Trendszenario. Bis 2030 vermindert sich der kumulierte Energieverbrauch in Folge des verstärkten Einsatzes von Solarthermie

um 18,2 Mrd. kWh. Dies ist insbesondere auf einen geringeren Verbrauch für die Warmwasserbereitstellung zurückzuführen. Der Anteil der Endenergie, die für **Warmwasser** benötigt wird, liegt mit 15,6% rund 0,3% niedriger als im Trendszenario (15,9%). Mit dem sinkenden Endenergieverbrauch gehen ebenfalls die Treibhausgasemissionen zurück und 2030 werden jährlich 21,9% weniger an Treibhausgasen ausgestoßen, im Vergleich zum Trendszenario eine um 0,2% stärkere Reduktion. Bis 2030 werden damit aggregiert rund 4 Mio. t Treibhausgase mehr eingespart.

### Kosten

Im **Trendszenario** werden bis insgesamt 419 Mrd. € investiert; davon entfallen 169 Mrd. € auf die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes und 250 Mrd. € auf die Modernisierung von Heiztechnik. Die Ausgaben für Brennstoffe und Energie summieren sich bei angenommener jährlicher Preiserhöhung von 3% bis zum Jahr 2030 auf 1.030 Mrd. €, bei konstanten Preisen sind es etwas über 758 Mrd. €.

Durch das **Gebäude-Sanierungsprogramm** fallen im Vergleich zum Trend Extrakosten für bauliche Maßnahmen von 42 Mrd. € an. Würde der Anteil der „Ohnehin-Kosten“ im Durchschnitt etwa 50% betragen, so lägen die energetisch bedingten Mehrkosten bei 21 Mrd. €. Im Gegenzug verringern sich bei jährlich 3% Preissteigerung die Energieverbrauchskosten um zusammengefasst über 9 Mrd. € und im Fall konstanter Preise um 6,6 Mrd. € bis 2030.

Für den erhöhten Austausch der Wärmeerzeuger im **Modernisierungsprogramm** fallen gegenüber dem Trendszenario zusätzliche Kosten im Vergleich zum Trend von 6,5 Mrd. € an. Die Kosten für den baulichen Wärmeschutz bleiben unverändert. Durch den sinkenden Endenergieverbrauch verringern sich die Verbrauchskosten im Vergleich zum Trendszenario. Bis zum Jahr 2030 liegen diese bei dreiprozentiger Preissteigerung rund 9,5 Mrd. € niedriger als im Trend. Bei konstanten Preisen sind es 6,6 Mrd. €.

Für den gesteigerten Ausbau der **Holzheizungen** werden insgesamt rund 1,7 Mrd. € zusätzlich investiert. Durch die günstigeren Brennstoffkosten von Holz im Vergleich zu anderen Energieträgern sinken die Verbrauchskosten. Die Verbrauchskosten verringern sich damit bei angenommener jährlicher Preissteigerung um 3% bis zum Jahr 2030 um zusammengerechnet mehr als 1,4 Mrd. €.

Der forcierte Ausbau von Wärmepumpen und Mini-KWK erfordert zusätzliche **Investitionen in Höhe von 1,8 Mrd. €** verteilt über die vier Jahre des Programms. Dadurch steigt die kumulierte durch KWK-Anlagen produzierte Strommenge im Vergleich zum Trend um 0,3 Mrd. kWh. Eine wirtschaftliche Bewertung dieser Maßnahme ist sehr schwierig, da nicht abzuschätzen ist, inwieweit die Strompreise zukünftig zeitlich differenziert werden. Im Idealfall könnten Wärmepumpen den Strom nutzen, wenn er reichlich und preiswert ist, während die KWK-Anlagen zu Spitzenzeiten sehr teuren Strom produzieren.

Durch den intensivierten **Zubau von Solarthermie** fallen im Programmzeitraum zusätzliche Investitionen von etwas mehr als 3 Mrd. € an. Im Vergleich zum Trendszenario sinken die Verbrauchskosten bis 2030 um annähernd 2,4 Mrd. €.

würden vorzeitige Gebäudesanierungsmaßnahmen wiederum zu höheren energiebedingten Sanierungskosten führen; denn hier müsste ein Teil der geplanten/normalen Nutzungsdauer von Fassade/Wand/Fenster/Decke vorzeitig abgeschrieben werden.

Analog zu den Kosten der Gebäudesanierung lassen sich – zumindest prinzipiell – auch die Kosten der Heizungsmodernisierung in Kosten zur Instandhaltung und Kosten zur Modernisierung unterteilen. Danach würde zum Beispiel die Ablösung von Heizwerttechnik (Niedertemperatur) nach geplanter Nutzungsdauer erneut durch Niedertemperatur zu keinen Mehrkosten der Heizungsmodernisierung führen; analog der Gebäudesanierung dürften beim Upgrade von Niedertemperatur auf Brennwerttechnik nur die zusätzlichen Investitionskosten als Kosten der energetischen Modernisierung aufgeführt werden. Tatsächlich werden Gas-/Öl-Kesselmodernisierungen auf Brennwerttechnik jedoch inzwischen als Stand der Technik gewertet, der ohne energiebedingte Mehrkosten zu realisieren ist.

Weiterhin stellt sich die Modernisierung von Heiztechnik innerhalb eines Energieträgers relativ günstig dar, während es bei Wechsel eines Energieträgers zu relativ hohen Kosten kommt. Ein vorzeitiger Wechsel, das heißt eine Beschleunigung der Modernisierung, führt allerdings auch hier zu höheren Kosten, wenn Heizanlagen vorzeitig abgeschrieben werden müssen. Allerdings existiert ein großer Teil von Heizsystemen (vor allem Konstanttemperaturkessel), die längst abgeschrieben sind, so dass hier auch bei beschleunigter Modernisierung keine/kaum Abschreibungskosten bzw. gegebenenfalls nur geringe Restwertverluste entstünden.

Das Institut Wohnen und Umwelt (2012) hat mit Hilfe von Regressionsanalysen Kostenfunktionen für die Vollkosten (Gesamtkosten) bzw. energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmen abgeleitet (IWU 2012).

## EXKURS: VOLLKOSTEN VS. OHNEHIN- UND MEHRKOSTEN

Bei den Investitionskosten handelt es sich grundsätzlich um die **Vollkosten** der Sanierung bzw. Modernisierung, die auch tatsächlich anfallen. Es ist allerdings zu beachten, ob sämtliche Sanierungs- bzw. Modernisierungskosten energiebedingt sind oder nicht. Denn im Sanierungsfall wird oftmals ein Teil der Kosten für notwendige Instandhaltungsmaßnahmen „**ohnehin**“ (**Ohnehin-Kosten**) fällig, so dass nur ein Teil der Kosten (auch **Mehrkosten**) energetisch bedingt sind. So koppelt etwa die EnEV die Anforderungen an eine nachträgliche Dämmung der Außenwand an eine „**ohnehin**“ erforderliche umfassende Instandsetzung der Fassade. Wenn folglich zwecks Instandhaltung bereits ein Gerüst errichtet werden muss, werden für das Aufbringen von zusätzlichen Dämmmaterialien nur Material- und Dienstleistungskosten fällig.

Unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen weisen wiederum unterschiedliche „**Ohnehin-Faktoren**“ auf. Die Dämmung von oberster Geschossdecke und der Kellerdecke erfolgt immer aus energetischen Gründen, damit entsprechen die energiebedingten Mehrkosten bei diesen Maßnahmen den Vollkosten. Ebenso ist für Fenster eine Trennung zwischen energiebedingten Mehrkosten und Ohnehin-Kosten schwierig, da heutige Standardfenster energetisch deutlich besser sind als ältere Fenster und damit eine Sanierung ohne energetische Verbesserung kaum realisierbar ist. Energiebedingte Mehrkosten sind nur für eine weitere Verbesserung des U-Wertes gegenüber dem geforderten Standard auszuweisen. Die Spannweite von Ohnehin-Faktoren ist aufgrund der unterschiedlichen Maßnahmen und Gebäudestandards sehr groß. Ein Ohnehin-Faktor von etwa 50% wäre für eine mehrere Elemente umfassende Gebäudesanierung vertretbar; das heißt, nur 50% der Sanierungskosten werden als energetisch bedingt angerechnet.

Zudem besitzen Gebäudeteile eine höhere erwartete/geschätzte Lebensdauer als Heizkessel; für die Dämmung der Gebäudehülle kann eine Lebensdauer von 40 Jahren, für Fenster eine Lebensdauer von 30 Jahren und für Heizkessel eine Lebensdauer von rund 20 Jahren angesetzt werden. Allerdings

## ZWISCHENFAZIT SZENARETTEN

**Aus der Sanierungsmaßnahme des baulichen Wärmeschutzes entstehen im Vergleich der Programme die größten Einsparungen bei der Endenergie und beim jährlichen Treibhausgasausstoß. Somit ist die erhöhte Sanierung des baulichen Wärmeschutzes ein sehr wirksames Mittel zur Reduktion des Endenergieverbrauches und der Treibhausgasemissionen. Bei Vollkostenansatz fallen jedoch die mit Abstand höchsten Investitionskosten an; bei Mehrkostenansatz und unter Berücksichtigung der Lebensdauer von Gebäudeteilen nähern sich Maßnahmen zur Gebäudesanierung der Heizungsmodernisierung deutlich an.**

**Wirtschaftlicher ist das Modernisierungsprogramm. Auch hier sind große Einsparungen beim Endenergieverbrauch und bei den Treibhausgasemissionen zu erzielen. Die im Vergleich relativ niedrigen Investitionskosten lassen die Modernisierung von Heizungen auch unter Wirtschaftlichkeitsaspekten attraktiv erscheinen. In diesem Programm werden die Investitionskosten durch Einsparungen bei den Energiekosten mehr als kompensiert.**

**Die Programme für Holz, Strom und Solar leisten ebenfalls einen großen Beitrag zu den energiepolitischen Zielen.**

**Speziell Holzheizungen können – mit dem heute schon bedeutendsten alternativen Energieträger Holz – zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beitragen. Dabei sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten bei einem Horizont bis 2030 relativ gering. Voraussetzung ist aber, dass ein hinreichend nachhaltiges Holzangebot vorhanden ist.**

**Wärmepumpen und häusliche Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen können aufgrund der durch Wärmepumpen zusätzlich gewonnenen Umweltwärme sowie des erzeugten KWK-Stroms deutlich zur Reduktion des Endenergieverbrauches und – in Abhängigkeit vom verfügbaren Strom(mix) – der Treibhausgasemissionen beitragen. Darüber hinaus ermöglichen sie eine verstärkte Integration von Strom- und Wärmeversorgung – zum Beispiel durch Verbrauchsverlagerung mit Hilfe lastvariabler Stromtarife und intelligenter Stromzähler (Smart Metering). Wärmepumpen könnten mit Hilfe von Pufferspeichern überschüssigen Strom effizient nutzen.**

**Auf der Versorgungsseite könnten stromerzeugende Heizungen, mit Erdgas und Heizöl betriebene Mikro- und Mini-KWK-Anlagen zur Abdeckung von Netzlastspitzen beitragen, insbesondere wenn sie überwiegend stromgeführt betrieben werden. Da die Investitionskosten relativ hoch liegen, wäre für einen vermehrten Ausbau dieser Technologien eine angemessene Vergütung des KWK-Stroms und eine hinreichende Differenzierung der Stromtarife notwendig.**

**Schließlich kann Solarthermie einen spürbaren Beitrag zur Reduktion von Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen leisten, insbesondere dann, wenn die Energiepreise steigen.**

# 3.4 ALTERNATIVSZENARIEN

**Das Alternativszenario stellt dar, welche Ergebnisse bezüglich Energie- und Treibhausgasersparungen sowie der Einbindung erneuerbarer Energien durch (noch) ambitioniertere Maßnahmen als im Trend erreicht werden können. Ausgangspunkt ist wie im Trendszenario die Beheizungsstruktur im Jahr 2011. Anders als bei den Maßnahmen-Programmen, die für Analysezwecke nur jeweils über einen begrenzten Zeitraum (von vier Jahren) durchgeführt werden, sind sämtliche Maßnahmen im Alternativszenario – ebenso wie im Trend – wiederum dauerhaft.**

Die Analyse der Szenarien in Abschnitt 3.3 hat gezeigt, dass die Modernisierung der Heiztechnik sehr viel kosteneffizienter ist als die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes. Deshalb muss die Modernisierung der Heiztechnik der erste Schritt einer sinnvollen Sanierungsstrategie sein. Um dem Rechnung zu tragen, wird das Alternativszenario in zwei Schritten abgeleitet. Im ersten Schritt wird eine gegenüber dem Trend ambitioniertere **Modernisierung von Heizungen** vorgenommen. Die Ergebnisse werden als **Alternativszenario A** zusammengefasst. Im zweiten Schritt wird **zusätzlich** die **Sanierungsrate des baulichen Wärmeschutzes** erhöht. Die Ergebnisse werden als **Alternativszenario B** zusammengefasst.

Vor dem Hintergrund ökonomischer Effizienz liegt der **Fokus** im ersten Schritt auf der **Modernisierung der Heiztechniken**. Dabei ist insbesondere der Austausch von alten und ineffizienten Wärmeerzeugern ein Kernelement erfolgreicher Energieeinsparungsmaßnahmen. Als wichtigstes Teilelement des Alternativszenarios werden deswegen die Austauschzahlen der Wärmeerzeuger gegenüber dem Trendszenario dauerhaft verdoppelt. Die Elektro-Wärmepumpe legt ebenfalls gegenüber dem Trend deutlich zu. Ein weiterer (leichter) Ausbau von Holzheizungen kann zur weiteren Reduktion von Treibhausgasemissionen wie auch zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Alternativszenario beitragen. Ein zusätzlicher Bestandteil ist der forcierte Einsatz von solarthermischen Anlagen; sowohl im Hinblick auf die Reduktion des Endenergieverbrauchs zur Raumwärmeerzeugung und Warmwasserbereitung als auch zur Erhöhung der erneuerbaren Energien im privaten Wärmesektor.

Als weiterer wesentlicher **Unterschied zum Trendszenario** werden im Alternativ-Szenario verstärkt **neue Heiztechnologien** eingesetzt.

Dazu gehören unter anderem brennstoffbetriebene bzw. Gas-/Öl-Wärmepumpen als Weiterentwicklung von Brennwertechnik, eine vermehrte Integration von Elektrowärmepumpen mit Luftheizungen/kontrollierter Be- und Entlüftung (in vollsanierten Häusern) sowie Mikro-KWK-Anlagen im Ein- und Zweifamilienhausbereich. Ab 2015/16 finden sich darunter auch erste Brennstoffzellengeräte.

Stromerzeugende Heizungen in Form von Mikro- und Mini-KWK-Anlagen wie auch stromverbrauchende und energiespeichernde Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen (mit Pufferspeicher) können die Integration von Wärme- und Strommarkt voranbringen. Die Analyse und Bewertung des Alternativszenarios erfolgt nach dem Kriterien-Raster aus Endenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Kosten.

In zweiten Schritt wird in Variante B des Alternativszenarios zusätzlich zur Modernisierung der Wärmeerzeuger eine permanente Verdoppelung der Sanierungsquote des baulichen Wärmeschutzes durchgeführt und analysiert. Das heißt, dass pro Jahr anstatt 1% wie im Trend nun bei 2% des Gebäudebestandes eine Sanierung des baulichen Wärmeschutzes durchgeführt wird; im Zuge der Sanierung wechselt der Sanierungsstand entweder von „unsaniert“ zu „saniiert“ oder zu „vollsaniiert“. Bis zum Jahr 2016 liegt der Anteil der Sanierungen hin zur Klasse „vollsaniiert“ bei 25% und steigt bis 2030 kontinuierlich auf 100% an, während der Anteil der Gebäude, die vom „unsanierten“ in den „saniierten“ Zustand wechseln, von 75% im Jahr 2016 bis 2030 stetig absinkt.

Abschließend werden beide Varianten des Alternativszenarios analysiert und untereinander sowie mit dem Trendszenario verglichen.

werkessel erreichen bei der Verwendung im Neubau weiterhin einen Anteil von knapp drei Viertel und Öl-Brennwertechnik 2%. Holzpellets- bzw. Hackschnitzel-Anlagen machen 8% und die Beheizung mit Fernwärme etwa 10% aus. Abbildung 46 fasst die Anteile der Heiztechnologien im Neubau im Alternativ-Szenario zusammen.

häusern einerseits und Mehrfamilienhäusern andererseits. Als Ersatz für veraltete Technologien wird auch im Alternativ-Szenario im Wesentlichen Brennwertechnik eingesetzt. In Ein- und Zweifamilienhäusern werden bei Gas über 80% und bei Öl über 70% der abgehenden Anlagen durch Brennwertechnik mit dem jeweiligen Energieträger ersetzt. Bei Mehrfamilienhäusern liegen diese Ersatzraten noch etwas höher als bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Jedoch wird bei Ein- und Zweifamilienhäusern analog zum Neubau angenommen, dass Gas-/Öl-Wärmepumpen an Bedeutung gewinnen und zunehmend als Substitut für Brennwertechnik genutzt werden. Der Anteil von Gas-/Öl-Wärmepumpen bei der Bestandsmodernisierung von Ein- und

Zweifamilienhäusern steigt von etwas unter einem Prozent im Jahr 2016 kontinuierlich auf knapp 14% am Szenariohorizont. Die Installationsquoten von elektrischen Wärmepumpen – vorwiegend Luft-Wasser aber auch Luft-Luft-Wärmepumpen in vollsanierten Gebäuden – verdoppeln sich im Vergleich zum Trendszenario. Im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser erhöht sich der Anteil eingebauter Holzvergaser- und Pellet-Kessel und bei Mehrfamilienhäusern die Quote der installierten Holzpellet- bzw. Hackschnitzel-anlagen bei der Bestandsmodernisierung. Die jeweiligen Zu- und Abgangsraten sind wiederum in Abbildung 47 für das Jahr 2016 zusammengefasst.

### Modernisierung Heiztechnik im Gebäudebestand

Auch die Modernisierung der Wärmeerzeuger im Gebäudebestand verschiebt sich im Alternativszenario rascher als im Trend zu neuen Heiztechniken. Dabei unterscheiden sich die Wechselraten zwischen den Energieträgern sowie zwischen Ein- und Zweifamilien-

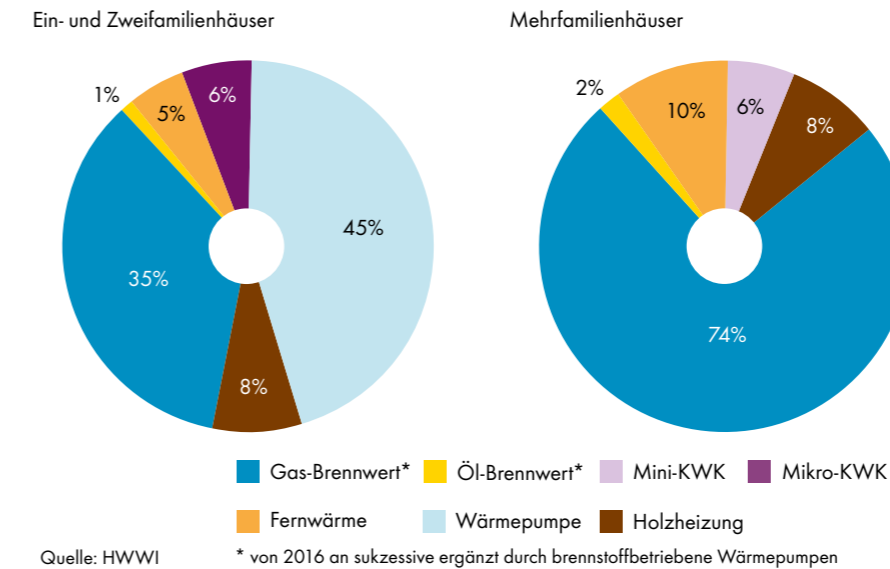
### Entwicklung der Beheizungsstruktur

Tabelle 48 zeigt die Entwicklung der Beheizungsstruktur bezogen auf die Heiztechnik und den jeweiligen Gebäude-/Wohnungsbestand bis 2030 im Alternativszenario.

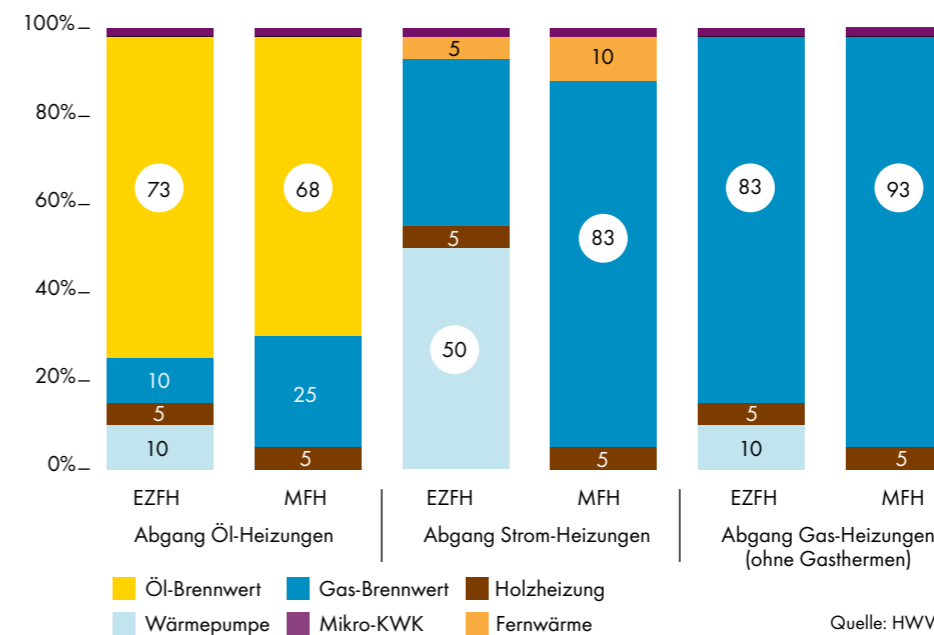
Durch die permanent erhöhten Austauschzahlen im Alternativszenario ändert sich der Bestand an zentralen Wärmeerzeugern stark. Mit 16,2 Mio. Stück dominieren Gas- und Öl-Kessel auch unter ambitionierten Bedingungen in 2030 die Beheizungsstruktur. Dabei überwiegen bei beiden Energieträgern die Brennwertechnik deutlich die Heizwertkessel. Bei Gas-Niedertemperaturkesseln wird dabei bis 2030 ein Plateau von ungefähr 4 Mio. Gasgeräten, die vorwiegend Gaseta- genheizungen sind, erreicht. Bei Öl sinkt der Bestand an Nieder- und Konstanttemperaturkesseln auf 540.000 Stück. Die Gesamtzahl der Gaskessel geht im Vergleich zu 2011 um knapp 0,8 Mio. auf 11,7 Mio., die der Ölkessel um knapp 1,4 Mio. auf 4,5 Mio. zurück. Die Rückgänge sind deutlich stärker als im Trendszenario, da Öl- und Gaskessel durch Gas-/Öl-Wärmepumpen ersetzt werden. Ungeachtet der beschleunigten Modernisierung gibt es auch 2030 noch 4,6 Mio. Heizwertgeräte. Bei den neuen Heiztechniken etabliert sich zahlenmäßig vor allem die brennstoffbetriebene Wärmepumpe als Weiterentwicklung der Brennwertechnik. Gas-/ Öl-Wärmepumpen erreichen bis 2030 einen Bestand von fast 800.000 Wärmeerzeugern. Die Anzahl von (zentralen) Holzheizungen steigt bis 2030 kontinuierlich von anfänglich 800.000 auf über 1,5 Mio.

Die Zahl der strombetriebenen Wärmepumpen erhöht sich bereits im Trend um über 1 Mio. Einheiten und steigt im Alternativszenario auf rund 2,2 Mio. an. Bei Mini- und Mikro-KWK-Anlagen ergibt sich ein deutlicher Anstieg, wenn auch von

**46/ANZAHL DER HEIZTECHNIKEN IM NEUBAU ALTERNATIVSZENARIO A BIS 2015**



**47/WECHSELRATEN BEIM AUSTAUSCH VON HEIZGERÄTEN ALTERNATIVSZENARIO A IM JAHR 2016**



## ALTERNATIVSZENARIO A: HEIZUNGSMODERNISIERUNG

### BEHEIZUNGSSTRUKTUR

#### Heiztechniken im Neubau

Die Beheizungsstruktur im **Neubau** unterscheidet sich von derjenigen im Gebäudebestand. Im Alternativ-Szenario findet vor allem im Neubau ein ambitionierter Einsatz von neuen Technologien statt.

Danach haben Wärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern künftig den größten Anteil. Es wird angenommen, dass in knapp der Hälfte der neu errichteten Häuser eine elektrische Wärmepumpe – insbesondere Sole- bzw. Luft-Wasser als auch Luft-Luft – installiert wird. Ein Drittel der Neubauten erhält einen Gas-Brennwertechnik. Pellet-

Heizungen und Beheizung mit Fernwärme haben im Alternativszenario einen Anteil von 8% bzw. 5% der im Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern verwendeten Heiztechniken; Öl-Brennwertechnik haben nur noch einen Anteil von 1%. Außerdem wird angenommen, dass bei 6% der Neubauten der Ein- und Zweifamilienhäuser eine Mikro-KWK-Anlage respektive eine „stromerzeugende Heizung“ in Verbindung mit einem Brennwertechnik installiert wird. Darüber hinaus steigt die Bedeutung von Gas-/Öl-Wärmepumpen, die nicht Strom, sondern Gas oder Öl verwenden und nochmals eine deutlich höhere Energieeffizienz als Brennwertechnik haben. Diese können den spezifischen Verbrauch um bis zu 30% redu-

zieren. Sie werden deswegen zunehmend (auch) an Stelle von Brennwertechnik verwendet; daher wird angenommen, dass sie vom Jahr 2016 an bis 2030 Gas- und Öl-Brennwertechnik zu wachsenden Teilen ersetzen. Im Jahr 2016 liegt ihr Anteil im Neubau bei knapp 1% und steigt kontinuierlich auf fast 14% im Jahr 2030. Außerdem wird die Installationsquote von Solarthermie-Anlagen zur Heizungsunterstützung bzw. Warmwasserbereitung auf über 50% erhöht.

Beim Neubau von Mehrfamilienhäusern kommt es im Vergleich zum Trendszenario vor allem zum vermehrten Einsatz von Mini-KWK-Anlagen in Verbindung mit einem Brennwertechnik; ihr Anteil steigt auf 6%. Gas-Brenn-

einem niedrigem Niveau aus. Die Zahl der Mini-KWK-Anlagen (in Mehrfamilienhäusern) steigt von derzeit etwa 16.000 Anlagen auf gut 50.000 Stück – gegenüber dem Trend ein moderates Wachstum. Dagegen erfahren stromproduzierende Heizungen in Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. Mikro-KWK-Anlagen (einschließlich Brennstoffzellengeräte) im Alternativszenario einen deutlich stärkeren Bedeutungsgewinn und erreichen bis 2030 eine Zahl von fast 300.000 Stück. Im Zuge der verstärkten Modernisierung von Heizungen werden auch vermehrt Solaranlagen eingebaut. Die Zahl der eingekoppelten Systeme nimmt weiter zu und die Anzahl der solarthermischen Anlagen steigt von etwas über 1,6 Mio. auf 7,1 Mio.; dies entspricht einem Anstieg der installierten Kollektorfläche von 15,3 Mio. m<sup>2</sup> auf knapp 65 Mio. m<sup>2</sup>.

### ENERGIEVERBRAUCH UND TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

Die Prognose für den aggregierten Endenergieverbrauch ergibt sich äquivalent zum Trendszenario aus den spezifischen Verbrauchsfaktoren (siehe Tabelle 28 auf S. 35)

der Zahl und Größe der Wohngebäude, dem Gebäudestandard sowie der Beheizungsstruktur.

Im Alternativszenario A sinkt der absolute Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung von 515 Mrd. kWh im Jahr 2011 um 18,2% auf 421 Mrd. kWh im Jahr 2030 ab. Im Vergleich zum Trend werden über den Szenariozeitraum kumuliert zusätzlich über 256 Mrd. kWh an Endenergie eingespart. Zu dem Rückgang des Endenergieverbrauchs kommt es, obwohl der Gebäudebestand wie im Trendszenario um 6,3% und die Wohnfläche um 8,1% steigen. Der durchschnittliche Endenergieverbrauch eines Ein- oder Zweifamilienhauses sinkt von 23,3 Tsd. kWh auf 16,8 Tsd. kWh pro Jahr, der Verbrauch eines Mehrfamilienhauses geht von 64,9 Tsd. kWh auf 47,1 Tsd. kWh pro Jahr zurück. Damit sinkt der spezifische Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche in Deutschland von 159,4 kWh um über 25% auf 120 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr.

Durch den Wandel der Beheizungsstruktur ergeben sich auch im Alternativszenario

erhebliche Verschiebungen zwischen den Energieträgern. Der Ölverbrauch geht von 141,5 Mrd. kWh um 57% auf 60,2 Mrd. kWh zurück. Damit sinkt der Anteil des Heizölverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch von derzeit etwa 27% auf 14,3% im Jahr 2030. Und obgleich Erdgas der führende Heizenergieträger im Neubau ist und zusätzlich ein Teil der Ölheizungen durch Gasheizungen ersetzt wird, geht auch der Gasverbrauch von 234,5 Mrd. kWh um 21,6% auf 183,9 Mrd. kWh zurück. Der Anteil des Gasverbrauchs am Energiemix fällt im Gegensatz zum Trendszenario – wo der Anteil steigt – von 45,5% auf 43,6%. Der Verbrauch von Nah- und Fernwärme geht von 45,2 Mrd. kWh auf 42,5 Mrd. kWh leicht zurück, wobei der Anteil am gesamten Endenergieverbrauch auf 10,1% etwas steigt.

Im Alternativszenario A erfährt der Brennstoff Holz einen stärkeren Bedeutungsgewinn als im Trendszenario. Sein Anteil am Heizenergieträgermix würde sich in der Alternativprojektion von 12% (62,7 Mrd. kWh) 2011 auf dann knapp 22% (93 Mrd. kWh) 2030 erhöhen. Der Verbrauchsanstieg wird in erster

Linie von zentralen Holzheizungen angetrieben. Der Energieverbrauch von Einzelfeuerstätten steigt moderat auf 43,5 Mrd. kWh im Jahr 2030 von 38,8 Mrd. kWh im Jahr 2011. Das Gewicht von Wärmepumpen am Energiemix nimmt im Alternativszenario deutlich

zu. Dabei steigt der Anteil von elektrischen Wärmepumpen am Endenergieverbrauch von 0,4% auf 2,1% (8,8 Mrd. kWh), während der Verbrauch brennstoffbetriebener Wärmepumpen bis zum Jahr 2030 1,5% (6,5 Mrd. kWh) des gesamten Endenergieverbrauchs

erreicht. Die dabei durch Wärmepumpen jährlich eingesparte Energie (Umweltwärme) steigt von 6,7 Mrd. kWh im Jahr 2011 auf 31 Mrd. kWh in 2030. Durch die Nutzung von Umweltwärme verringern Wärmepumpen den Endenergieverbrauch bis zum Szenariohorizont um insgesamt 377 Mrd. kWh. Der Einsatz solarthermischer Anlagen reduziert den Endenergieverbrauch im Jahr 2030 um 12,3 Mrd. kWh pro Jahr. Über den gesamten Zeitraum des Szenarios aggregiert sich die solar bedingte Reduktion des Endenergieverbrauchs auf insgesamt 153,5 Mrd. kWh. Damit werden im Alternativszenario im Jahr 2030 rund 43,6 Mrd. kWh an regenerativer Solar- und Umweltwärme genutzt.

Auch die Zahl der Mini- und vor allem von Mikro-KWK-Anlagen wächst stark. Der Endenergieverbrauch steigt von 1,3 Mrd. kWh auf 10,8 Mrd. kWh. Der erzeugte KWK-Strom steigt von 0,1 Mrd. kWh auf 1,7 Mrd. kWh. Angesichts eines Stromverbrauchs der Haushalte von 141 Mrd. kWh und von 524 Mrd. kWh insgesamt (jeweils im Jahr 2011) sind die Mini- und Mikro-KWK-Kapazitäten für den Strommarkt aber eher noch zu vernachlässigen.

Die **erneuerbaren Energien** für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung wachsen im Alternativszenario, wie in Abbildung 50 dargestellt, bis zum Jahr 2030 von 73 Mrd. kWh auf über 136 Mrd. kWh. Aus der Umgebung gewonnene Umweltwärme von elektrischen und Gas-/Öl-Wärmepumpen steigt im Alternativszenario von 6,7 Mrd. kWh im Jahr 2011 auf über 31 Mrd. kWh im Jahr 2030. Der Anteil von Umweltwärme an den erneuerbaren Energien für häusliche Raumwärme und Warmwasser erhöht sich damit von 9% 2011 auf 23% im Jahr 2030. Der Anteil der Sonnenenergie durch die Nutzung von Solar Kollektoren beträgt im Jahr 2011 knapp 5% (3,5 Mrd. kWh) an der Summe der Erneuerbaren und erreicht bis 2030 9%, wobei sich jedoch die absolut genutzte Sonnenenergie auf über 12 Mrd. kWh mehr als verdreifacht. (Feste) Biomasse hat mit 63 Mrd. kWh einen Anteil von 86% an den erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung. Bis 2030 steigt ihr Beitrag zur Bereitstellung von Wärme auf dann 93 Mrd. kWh. Aufgrund der starken Zunahme von Umwelt- und Solarwärme sinkt ihr Anteil an den erneuerbaren Energien für Hauswärme allerdings auf 68%.

Im Alternativszenario A reduziert sich der Ausstoß an Treibhausgasen im Vergleich zum Trendszenario stark. So werden im Jahr

### HEIZKESSELMODERNISIERUNG

Die Beheizungsstruktur wird heute stark durch Gas- und Ölkessel bestimmt. Ihre Entwicklung wird durch eine ganze Reihe von Parametern bestimmt: Altersstruktur und Lebensdauer von Heizkesseln; Neuaufstellungen und Außerbetriebnahme von Altgeräten; Nutzungsintensität und Haltbarkeit der Heizanlage; Technologiekompatibilität und Substituierbarkeit von Gebäude- und Heiztechnik sowie Energieträgern; technische Auflagen für Heizanlagen, insbesondere für Neugeräte.

Werden jedes Jahr 5% einer bestimmten Heiztechnik ausgetauscht, werden die Heizanlagen dieses Heizungstyps im Durchschnitt etwa 20 Jahre alt. Aktuell liegt die Austauschrate für alle zentralen Heizanlagen bei etwa 3%; das heißt, im Durchschnitt würden Heizsysteme dann 33 Jahre alt. In der jüngeren Vergangenheit wurden gut 4% aller Gasheizungen modernisiert, aber nur etwa 1,5% der Ölheizungen. Langfristig würde hieraus ein durchschnittliches Alter von etwa 25 Jahren bei Gaskesseln, aber von etwa 66 Jahren für Ölkessel resultieren.

Heizkessel können – etwa im Rahmen von Hybridsystemen – bei geringeren jährlichen Betriebsstunden ein höheres Alter erreichen. Dennoch ist ein Kesselalter von deutlich über 50 Jahren technisch nicht plausibel – eine Modernisierungsrate von 1,5% folglich nicht durchzuhalten. Selbst wenn ein Teil der Altkessel in andere/neue Heiztechniken wechselt, muss die Modernisierungsrate im verbleibenden Altbestand mittelfristig deutlich steigen.

Da ein Großteil neu eingebauter Brennwertkessel mit Solarthermie kombiniert wird – bei Öl-Brennwert sind es heute nahezu die Hälfte aller Systeme – ergibt sich ein weiterer Nebeneffekt: ein deutlich beschleunigter Ausbau von Solarthermieanlagen.

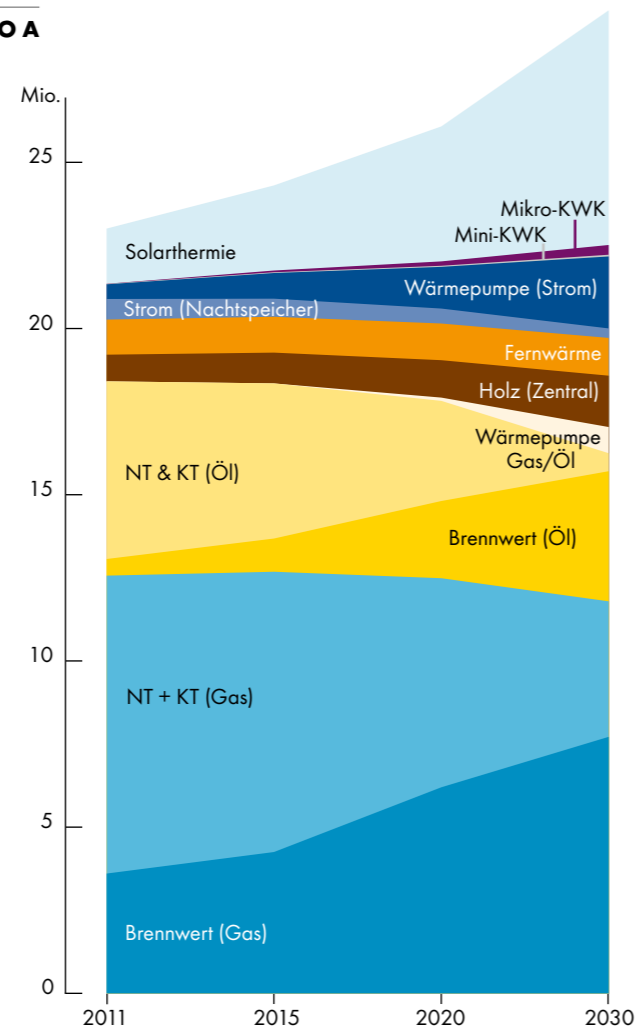
Schließlich sind bei der Heizkesselmodernisierung technische Mindestanforderungen zu beachten. So dürfen ab 2016 (voraussichtlich) keine Niedertemperaturkessel mehr verkauft werden, ausgenommen Gasthermen. Die Bevorzugung effizienter und alternativer Heiztechniken sowie erneuerbarer Energien durch Energieeinsparverordnung und EU-Ökodesign-Richtlinie sorgt somit für zusätzliche Dynamik in der Heiztechnik, insbesondere zu mehr Brennwerttechnik. Für neue Heiztechniken zählt vor allem der Neugeräteabsatz; Nutzungsdauern und Austauschraten kommen hier erst gegen Ende des Szenariozeitraums bis 2030 zur Geltung.

### 48/ANZAHL UND STRUKTUR DER HEIZUNGEN IM ALTERNATIVSZENARIO A

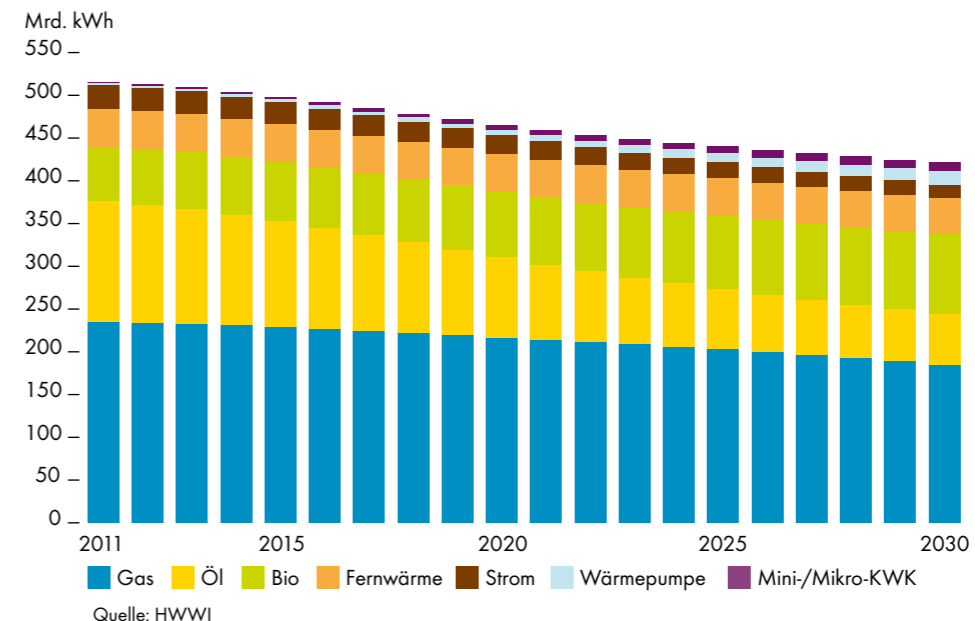
Heizungsart	2011 in Tsd.	2015 in Tsd.	2020 in Tsd.	2030 in Tsd.
Brennwert (Gas)	3.603	4.251	6.199	7.717
NT & KT (Gas)	8.963	8.432	6.290	4.075
Brennwert (Öl)	500	999	2.323	3.916
NT & KT (Öl)	5.345	4.667	3.012	540
Wärmepumpe (Gas/Öl)	0	0	99	788
Holz (Zentral)	802	926	1.125	1.545
Fernwärme	1.056	1.079	1.104	1.136
Strom (Nachtspeicher)	620	544	450	286
Wärmepumpe (Strom)	441	772	1.254	2.165
Mini-KWK	15,9	23,2	32,8	52,5
Mikro-KWK	0	52	132	293
<b>Summe</b>	<b>21.346</b>	<b>21.754</b>	<b>22.021</b>	<b>22.513</b>
Solarthermie	1.660	2.560	4.060	7.060

Quelle: HWWI

Anmerkung: Die Heizungsart weist grundsätzlich die Zahl der (zentralen) Heizanlagen im jeweiligen Wohnungsbestand aus. Abweichend hiervon bezieht sich die Heizungsart Nachtspeicheröfen auf die Zahl mit Nachtspeicheröfen beheizter Gebäude. Solarthermie wiederum gibt die Anzahl von Solarwärmanlagen, nicht aber die Solarkollektorfläche in m<sup>2</sup> an. Mikro-KWK umfasst alle Technologien für Ein- und Zweifamilienhäuser, die (auch) Strom erzeugen, einschließlich Brennstoffzellenanlagen.



### 49/ENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN IM ALTERNATIVSZENARIO A



Quelle: HWWI

2030 mit insgesamt 82 Mio. t rund 31,4% weniger Treibhausgas für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser emittiert als im Jahr 2011 mit 119 Mio. t. Im Trendszenario beträgt die Reduktion lediglich 21,7%. Damit werden im Alternativszenario über den Zeitraum bis 2030 kumuliert 133 Mio. t an Treibhausgasen im Vergleich zum Trendszenario vermieden.

**KOSTEN**

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmeversorgung werden im Alternativszenario A kontinuierlich auf einem gegenüber dem Trendverlauf erhöhten Niveau bis zum Jahr 2030 durchgeführt. Entsprechend steigen die Investitionskosten weiter an. Statt 21,5 Mrd. € im Trend werden jährlich durchschnittlich über 24,5 Mrd. investiert. Bis zum Jahr 2030 werden rund 489 Mrd. € investiert.

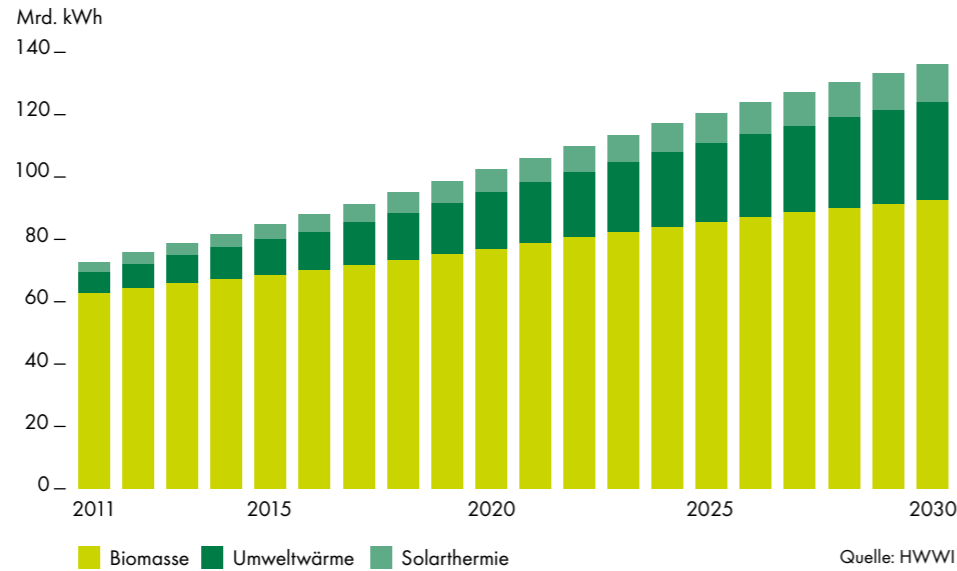
Im Gegenzug verringern sich die Verbrauchskosten. Im Jahr 2020 liegen die jährlichen Verbrauchskosten – bei 3% Preissteigerung – im Alternativszenario A um 2 Mrd. unter denen des Trendszenarios. Diese Differenz erhöht sich bis zum Jahr 2030 auf knapp 3,5 Mrd. €. Damit werden bis zum Jahr 2030 bei angemessener Preissteigerung von 3% rund 38 Mrd. € eingespart. Bei konstanten Preisen beläuft sich die Einsparung auf insgesamt 24 Mrd. €.

**ALTERNATIVSZENARIO B: BAULICHER WÄRMESCHUTZ**

**SANIERUNGEN**

In Alternativszenario Variante B wird die Sanierungsrate des baulichen Wärmeschutzes – wie im Energiekonzept der Bundesregierung angestrebt – von 1% auf 2% verdoppelt. Damit geht der Anteil der unsanierten Gebäude deutlich schneller zurück als in Variante A sowie im Trendszenario. Im Jahr 2020 läge der Anteil unsanierter Gebäude bei 54% (in Variante A und Trendszenario 63%) und 2030 bei 30% (Variante A/ Trendszenario 49%). Insgesamt werden bis 2030 über 3,1 Mio. Ein- oder Zweifamilienhäuser und fast 620.000 Mehrfamilienhäuser zusätzlich saniert. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern bedeutet dies einen Wechsel von über 1,7 Mio. Gebäuden von unsaniertem zu vollsanierterm und 1,4 Mio. Gebäuden von unsaniertem zu saniertem Zustand. Die zusätzliche Sanierung der Mehrfamilienhäuser führt zu einem Wechsel von knapp 340.000 Gebäuden in die vollsanierte und

**50/WÄRMEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN ALTERNATIVSZENARIO A**



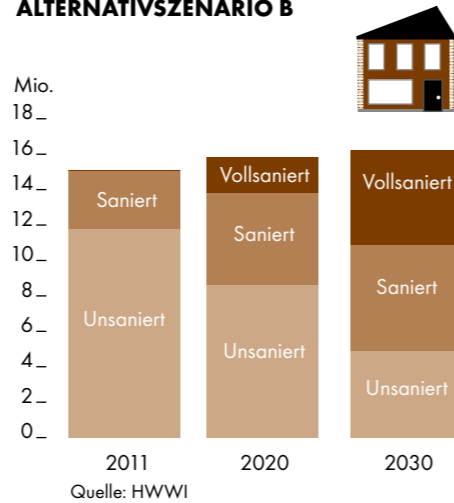
280.000 Gebäuden in die sanierte Klasse. Damit werden insgesamt zusätzliche 375 Mio. m<sup>2</sup> Wohnfläche vollsaniert und knapp 300 Mio. m<sup>2</sup> saniert.

**ENERGIEVERBRAUCH UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN**

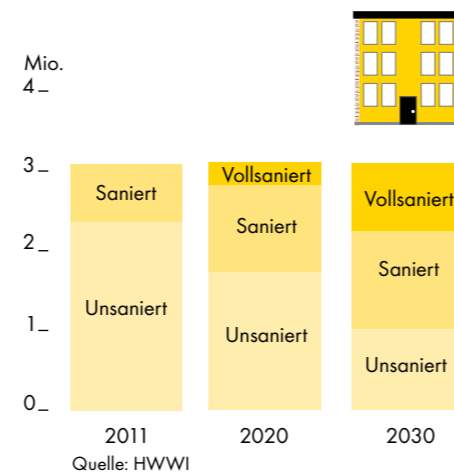
In Variante B des Alternativszenarios sinkt der absolute Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung infolge der ambitionierten Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen von 515 Mrd. kWh im Jahr 2011 um 23,1% auf 396 Mrd. kWh im Jahr 2030 ab. Damit sinkt der Endenergieverbrauch bei zusätzlicher Sanierung des baulichen Wärmeschutzes um 4,9 Prozentpunkte stärker als in Variante A und um 8,6 Prozentpunkte mehr als im Trendszenario.

Über den Szenariozeitraum kumuliert werden rund 509 Mrd. kWh an Endenergie im Vergleich zum Trend und 253 Mrd. kWh zusätzlich zu Variante A eingespart. Dadurch sinkt der durchschnittliche Energieverbrauch eines Ein- oder Zweifamilienhauses in Szenariovariante B von 23.300 kWh auf 15.600 kWh pro Jahr und der Verbrauch eines Mehrfamilienhauses geht von 64.900 kWh auf 45.100 kWh pro Jahr zurück. Der spezifische Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche in Deutschland in Alternativvariante B geht von 159,4 kWh um 28,7% auf 114,3 kWh pro Jahr zurück, im Alternativszenario A waren es 120 kWh. Die Reduktion von Treibhausgasemissionen wird durch die Verdopplung der Gebäudesanierungsquote im Vergleich zu Variante A verstärkt. In Variante

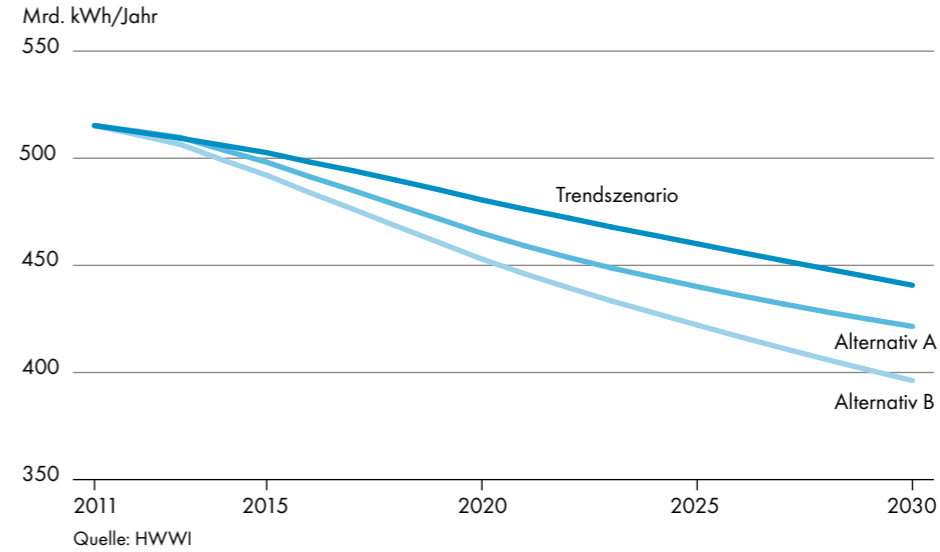
**51/ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER EINFAMILIENHÄUSER IM ALTERNATIVSZENARIO B**



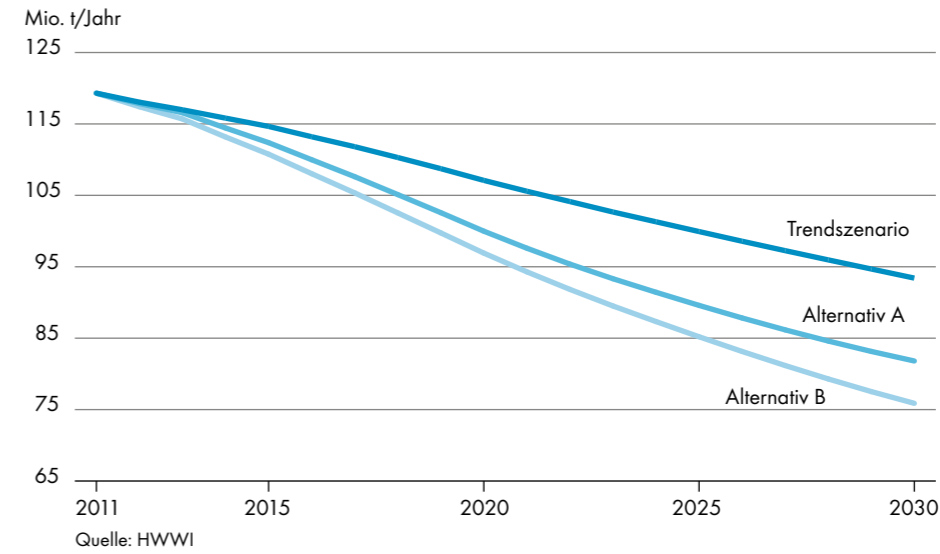
**ANZAHL UND SANIERUNGSGRAD DER MEHRFAMILIENHÄUSER IM ALTERNATIVSZENARIO B**



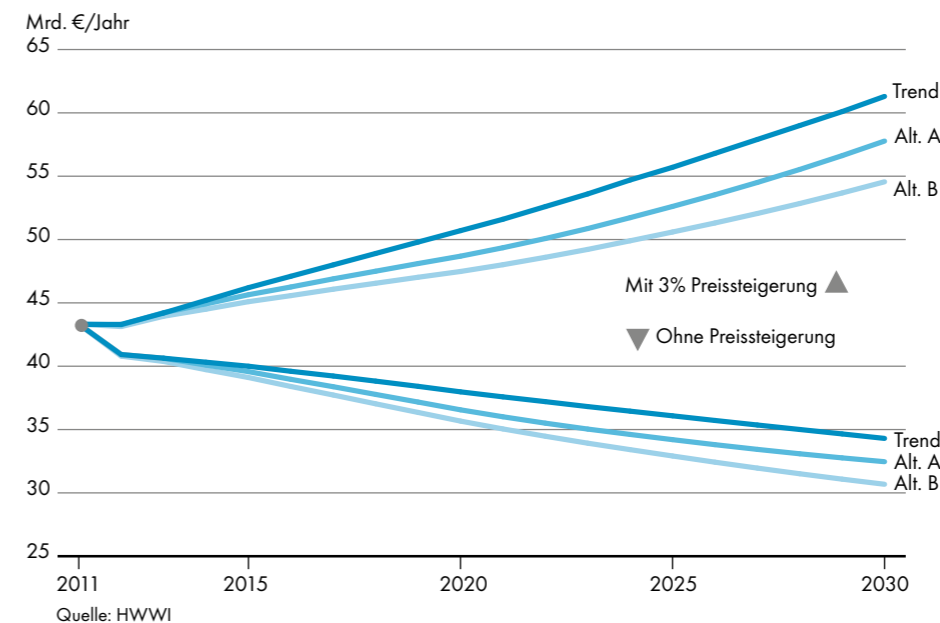
**52/ENERGIEVERBRÄUCHE IM VERGLEICH**



**53/TREIBHAUSGASEMISSION IM VERGLEICH**



**54/VERBRAUCHSKOSTEN IM VERGLEICH**



B des Alternativszenarios verringert sich der jährliche Ausstoß von Treibhausgasen des privaten Wärmesektors von 2011 bis 2030 um 36%. Damit ist die Emissionsreduktion um 5 Prozentpunkte stärker als in Variante A und im Vergleich zum Trendszenario (21,7%) um fast 15 Prozentpunkte erhöht. Bis zum Jahr 2030 werden kumuliert zusätzlich zu Variante A 63 Mio. t Treibhausgasen und im Vergleich zum Trendszenario 195 Mio. t eingespart.

**KOSTEN**

Mit der Verdopplung der Sanierungsrate des baulichen Wärmeschutzes verdoppeln sich nahezu für diesen auch die Kosten. Bis zum Jahr 2030 steigen in Variante B des Alternativszenarios die Investitionskosten für den baulichen Wärmeschutz im Vergleich zum Trendszenario und Variante A um insgesamt 239 Mrd. € auf rund 490 Mrd. €. Zusammen mit den gegenüber dem Trend gestiegenen Investitionskosten für Heiztechnik-Modernisierung im Alternativszenario Variante A summieren sich die gesamten Investitionskosten bis 2030 auf 728 Mrd. €. Die Investitionskosten in Variante B des Alternativszenarios übersteigen damit diejenigen in Variante A um 239 Mrd. € (durch zusätzlich verbesserten Wärmeschutz) und im Trendszenario um 309 Mrd. € (durch zusätzlichen Wärmeschutz und Heiztechnik-Modernisierung) bis zum Jahr 2030. Die durchschnittlichen jährlichen Investitionskosten in Alternativszenario B belaufen sich auf etwa 36,5 Mrd. € pro Jahr und sind damit etwa 12 Mrd. € größer als in Variante A und 15 Mrd. € höher als im Trendszenario.

Die Reduktion der Verbrauchskosten ist im Alternativszenario B stärker ausgeprägt als in Variante A. Bei 3% Preissteigerung liegt die jährliche Einsparung im Jahr 2020 bei über 3,2 Mrd. € und erhöht sich bis 2030 auf 6,7 Mrd. €. Über den Szenariohorizont zusammengerechnet werden Verbrauchskosten von über 67 Mrd. € im Vergleich zum Trendszenario eingespart. Im Fall konstant angenommener Preise beträgt die jährliche Einsparung im Jahr 2030 3,6 Mrd. €; kumuliert über den gesamten Zeitraum 42,5 Mrd. €.

**ZWISCHENFAZIT ALTERNATIVSZENARIEN**

Abbildungen 52, 53 und 55 zeigen die Entwicklung von Energieverbrauch und Treibhausgasen in den beiden Alternativszenariovarianten A und B sowie im Trend.

Dabei wird zum einen die jährliche Entwicklung von Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen gezeigt, zum anderen auch die kumulierte Reduktion (von 2011 bis 2030) angegeben.

Im Trendszenario geht der jährliche Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser von insgesamt 515 Mrd. kWh um 14,5% auf 441 Mrd. kWh im Jahr 2030 zurück. Bei verstärkter Modernisierung der Wärmeerzeuger durch schnelleren Austausch veralteter Heizkessel sowie durch die schnellere Marktdurchdringung neuer innovativer Heiztechnologien (Variante A) kann der Endenergieverbrauch um zusätzliche 3,7 Prozentpunkte auf 421 Mrd. kWh bis zum Jahr 2030 gesenkt werden. Kumuliert können im Alternativszenario A im Vergleich zum Trendszenario zusätzlich 256 Mrd. kWh an Endenergie eingespart werden. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen beläuft sich im Alternativszenario A bis zum Szenariohorizont auf 31,4% gegenüber 2011 und entspricht damit einer um 9,7 Prozentpunkte stärkeren Verringerung des jährlichen Treibhausgasausstoßes als im Trendszenario. Dadurch werden im Alternativszenario A kumuliert 133 Mio. Tonnen an Treibhausgasen weniger emittiert.

Die erneuerbaren Energien für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung wachsen im Trendszenario von 73 Mrd. kWh auf 110 Mrd. kWh. Im Alternativszenario A steigen sie auf 136 Mrd. kWh. Damit steigt der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch im Trendszenario von 14% auf 24% und im Alternativszenario A auf 29%. In einem zweiten Schritt wird zusätzlich zur beschleunigten Modernisierung der Heizkessel auch die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes beschleunigt. In dieser Variante B des Alternativszenarios verstärkt sich der Rückgang des jährlichen Endenergieverbrauchs sowie der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu Variante A nochmals.

Die Reduktion des Endenergieverbrauchs beträgt bis zum Jahr 2030 insgesamt 23,1% und ist damit um 8,6 Prozentpunkte höher als im Trendszenario und 4,9 Prozentpunkte höher als in Variante A. Das entspricht über den gesamten Szenariozeitraum einer Einsparung an Endenergie von 509,5 Mrd. kWh im Vergleich zum Trendszenario und einer zusätzlichen Einsparung zu Variante A von 253,2 Mrd. kWh. Bis zum Jahr 2030 reduziert sich in Folge auch der Ausstoß an Treibhausgasen stärker als im Trend und in Variante A; die Emissionen sinken

## 55/ALTERNATIVSZENARIEN IM VERGLEICH ZUM TRENDSZENARIO

### TRENDSZENARIO 2030

Kumulierte Reduktionen  
■ Gesamtenergieverbrauch  
■ Treibhausgasemissionen

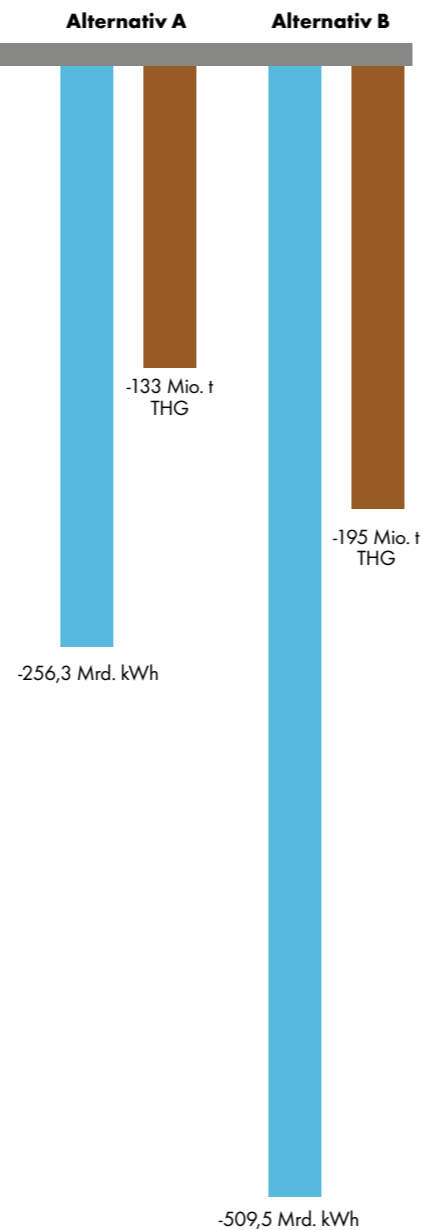
Quelle: HWWI

in Variante B des Alternativszenarios bis 2030 um 36,4% zum Basiswert 2011. Der Rückgang fällt damit fast 15 Prozentpunkte höher aus als im Trendszenario und ist um 5 Prozentpunkte stärker als in Variante A. Damit werden kumuliert 195 Mio. t Treibhausgase eingespart. Die erneuerbaren Energien für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung wachsen im Alternativszenario B von 73 Mrd. kWh auf 135,5 Mrd. kWh. Da aber der Gesamtenergieverbrauch durch die Gebäudesanierung stärker zurückgeht, steigt der Anteil der Erneuerbaren auf 31%.

Die im Alternativszenario A zusätzlich zum Trend anfallenden Investitionskosten belaufen sich auf durchschnittlich etwas über 3 Mrd. € pro Jahr bis 2030; für Variante B entstehen durchschnittlich 15 Mrd. € an zusätzlichen Investitionskosten. Die gesamten Investitionskosten pro Jahr bis 2030 – also Kosten für Heiztechnik-Modernisierung und Gebäudesanierung – betragen im Trendszenario 21 Mrd. €, in Variante A des Alternativszenarios etwas über 24,5 Mrd. € und in Variante B 36,5 Mrd. € pro Jahr.

Auch die Verbrauchskosten – in Abhängigkeit von den Annahmen zur Preisentwicklung – unterscheiden sich in den drei Szenarien beträchtlich (siehe Abbildung 54). Ausgehend von über 43 Mrd. € (2011) steigen die Verbrauchskosten im Trendszenario bei drei-prozentiger Preissteigerung auf 61 Mrd. € im Jahr 2030. In den Alternativszenarien steigen die Verbrauchskosten deutlich weniger. Die Verbrauchskosten in Variante A steigen nur auf etwas unter 58 Mrd. € und in Variante B auf 54,5 Mrd. €. Damit werden im Vergleich zum Trend in Alternativszenario A über den Zeitraum bis 2030 insgesamt 38 Mrd. € und in Variante B insgesamt 66 Mrd. € eingespart.

Bei Annahme konstanter Preise fallen die Verbrauchskosten im Trend bis 2030 auf 34 Mrd. €. In den Alternativszenarien sinken die Verbrauchskosten noch stärker; in Variante A auf 32,5 Mrd. € und in Variante B auf etwa 30,5 Mrd. €. Über den Szenariohorizont summieren sich die Verbrauchkosteneinsparungen auf 24 Mrd. € in Alternativszenario A und auf 42,5 Mrd. € in Alternativszenario B.



Ein jährlicher Anstieg um 3% würde bis 2030 in Summe einen sehr deutlichen Energiepreisanstieg um etwa 75% bedeuten. Bei einem mittleren Preispfad würden die Betriebskosten in etwa konstant bleiben (siehe Abbildung 54).

Wie sich die Energiepreise tatsächlich entwickeln, ist ungewiss. Die langfristige Entwicklung der Energiepreise hängt von Fundamentalfaktoren wie Ressourcen, Förderung, Kosten und Nachfrage ab. Dabei ist möglich, dass sich die Preise für einzelne Energien – zumindest zeitweise – unterschiedlich entwickeln. Auf längere Sicht ist aufgrund von Substitutionseffekten jedoch von einer Koppelung der Preise für unterschiedliche Energiearten auszugehen. Für den Endverbraucher können zudem lokale Angebotsfaktoren (zum Beispiel bei Stückholz) eine wichtige Rolle spielen.



## ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN HAUSWÄRMEPOLITIK 2030



### ENERGIEPOLITISCHE ZIELE

Die Bundesregierung hat sich sehr anspruchsvolle Energie- und Klimaziele gesetzt, um eine nationale Energiewende herbeizuführen. Zur Energiewende gibt es einerseits sektorübergreifende Ziele – wie die Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20 bzw. 50% bis 2020/50 gegenüber 2008, des Stromverbrauchs um 10 bzw. 25% bis 2020 bzw. 2050 gegenüber 2008, der (direkten) Treibhausgasemissionen um 40/55/80% bis 2020/30/50 gegenüber 1990 sowie zur deutlichen Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch auf 18/30/60% bis 2020/30/50. Zu diesen Zielen müssen alle Verbrauchssektoren, also neben Wirtschaft und Verkehr auch der Haushaltssektor einen Beitrag leisten.

Zum anderen gibt es für den Haushaltssektorspezifische Ziele: Bis 2020 soll der Wärmebedarf um 20% gesenkt, der Anteil erneuerbarer Energien laut Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz auf 14% erhöht werden. Und bis 2050 soll der Gebäudebestand nahezu klimaneutral sein, das heißt die allermeisten Gebäude müssten bis dahin einem Niedrigenergie- bzw. Passivhausstandard entsprechen. Um dies zu erreichen, soll die Gebäudesanierung von 1% auf 2% gesteigert werden. Inwieweit die vorgenannten Energiewende-Ziele vom Haushaltssektor unter Trendbedingungen erreicht werden können, lässt sich anhand eines Trendszenarios bestimmen.

### TRENDSZENARIO UND ZIELE

Trotz (leicht) zurückgehender Bevölkerung wächst die Zahl der Haushalte weiter, und zwar von 40,3 auf 41,5 Mio. Damit steigt auch die Zahl der Wohnungen – von heute 40,3 auf 41,9 Mio. im Jahr 2030. Die durchschnittliche Wohnungsgröße steigt von 85 auf 89 m<sup>2</sup>, die gesamte Wohnfläche um 280 Mio. m<sup>2</sup> von 3,44 auf 3,73 Mrd. m<sup>2</sup>. Dabei wird vor allem die Zahl von Ein- und Zweifamilienhäusern bis 2030 um über 1,1 Mio. zunehmen, während die Zahl von

Mehrfamilienhäusern weitgehend konstant bleibt. Die Zahl der zentralen Heizanlagen steigt mit dem Wohnungsbestand von 21,3 auf 22,5 Mio. Einheiten – aufgrund des zunehmenden Ein- und Zweifamilienhausanteils sogar überproportional. Energiewende im Wohnungssektor heißt, dass der Zuwachs an zu beheizender Wohnfläche bei Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen durch höhere spezifische Verbrauchseinsparungen und erneuerbare Energien überkompensiert werden muss.

### Neubau

Ein erster Ansatzpunkt sind Abriss und Neubau von Wohngebäuden. Da jedoch jedes Jahr nur etwa 0,5% aller Wohnungen neu gebaut wird, und ein Teil davon auch noch in den Zubau von Wohnungen geht, erlaubt der Neubau nur eine sehr allmähliche Verbesserung der Gebäudeeffizienz von Wohnungen. Nur 12% aller Wohnungen im Jahr 2030 sind Neubauten ab 2011. Entscheidend sind daher die energetische Sanierung von Gebäuden und die Modernisierung von Heizanlagen.

### Gebäudesanierung

Heute sind rund 85% der Wohnflächen älter als 23 Jahre; gut drei Viertel aller Wohnungen gelten als unsaniert. Werden weiterhin wie bisher 1% aller Wohngebäude pro Jahr energetisch saniert, bleiben auch in 2030 noch etwa die Hälfte aller Wohngebäude unsaniert. Energetische Wohnungssanierungen müssen in Zukunft jedoch immer strengere Sanierungsstandards (EnEV 2014/16) erfüllen und wechseln auch immer öfter in den vollsanierten Gebäudeeffizienzstandard.

### Heizungsmodernisierung

Insgesamt wurden in den letzten Jahren durchschnittlich nur etwa 600 bis 700 Tausend bzw. 3% aller zentralen Heizanlagen modernisiert – bei allerdings deutlichen Unterschieden je nach Heiztechnik und Energieträger. Die aktuelle Energieeffizienzgesetzgebung (wie EU-ErP-Richtlinie)

führt mittelfristig jedoch zu einer qualitativen Steigerung von Heizungsmodernisierungen im Wohnungssektor. So kommt es ab 2016 zu einer deutlich rascheren Durchdringung des Heizkesselbestands durch Brennwerttechnik. Die Zahl der Brennwertkessel nimmt in der Folge von 4,1 auf 10,6 Mio. zu; Heizwerttechnik geht von 14,3 auf 7,5 Mio. Anlagen zurück. Begünstigt von der jüngeren Energie- und Klimaschutzgesetzgebung (EnEV, EEWärmeG) und anhaltender Verbrauchernachfrage wachsen darüber hinaus alternative Heizsysteme schon im Trend überdurchschnittlich; 2030 könnten es 1,5 Mio. Elektro-Wärmepumpen und 1,2 Mio. Holzessel sein. Die Zahl eingekoppelter Solarwärmeanlagen verdreifacht sich fast auf ca. 4,5 Mio.

### Auswirkungen

In der Folge geht der Energieverbrauch im Trend von heute 515 Mrd. kWh um 14,5% auf 441 Mrd. kWh in 2030 zurück. Der spezifische Endenergieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche wird bis 2030 um 21%, und zwar von 159 auf 126 kWh/m<sup>2</sup> sinken. Die Treibhausgasemissionen sinken von 119,3 Mio. t 2011 um 22% auf 93,4 Mio. t im Jahr 2030. Über den gesamten Zeithorizont werden kumuliert gegenüber einem konstanten Energieverbrauch und -mix 214 Mrd. kWh Energie sowie 137 Mio. t Treibhausgasemissionen eingespart.

Fossile Energieträger (Gas und Öl) – zuletzt mit einem Anteil von 73% am Heizenergiebereich – sind im Jahr 2030 noch für rund zwei Drittel der Endenergieversorgung im Hauswärmereich verantwortlich. Einen merklichen Bedeutungsgewinn erfahren Holz, Umwelt- und Solarwärme; ihr Beitrag steigt von 73 auf 110 Mrd. kWh, darunter Holz von 62,7 auf 82,1 Mrd. kWh. Der Anteil von erneuerbaren Energien am Gesamtverbrauch an Endenergie (einschließlich Umwelt- und Solarwärme) im Haushaltssektor steigt von heute 12,5 auf 23,5% im Jahr 2030.

### 56/SYNOPSE: ZIELE UND SZENARIEN IM VERGLEICH

	2011	2030	Differenz 2030/11 in %	Ziele
<b>Endenergieverbrauch (EEV) pro Jahr</b>				
Trend		441 Mrd. kWh	-14,5%	Keine Ziele für Endenergieverbrauch Primärenergieverbrauch -20% 2020/08, -50% 2050/08
Alternativ A	515 Mrd. kWh	421 Mrd. kWh	-18,2% (kumuliert 256 Mrd. kWh vs. Trend)	
Alternativ B		396 Mrd. kWh	-23,1% (kumuliert 509,5 Mrd. kWh vs. Trend)	
<b>Spezifischer Endenergieverbrauch pro m<sup>2</sup> und Jahr (a)</b>				
Trend		126 kWh/m <sup>2</sup> a	-21%	< 50 kWh/m <sup>2</sup> a (in 2050)
Alternativ A	159 kWh/m <sup>2</sup> a	120 kWh/m <sup>2</sup> a	-25%	
Alternativ B		114 kWh/m <sup>2</sup> a	-29%	
<b>Treibhausgasemissionen pro Jahr</b>				
Trend		93,4 Mio. t	-22%	-55% 2030/1990; direkte Treibhausgasemissionen
Alternativ A	119,9 Mio. t	81,8 Mio. t	-31,4% (kumuliert 133 Mio. t vs. Trend)	
Alternativ B		75,9 Mio. t	-36,4% (kumuliert 195 Mio. t vs. Trend)	
<b>Erneuerbare Energien-Anteil in %</b>				
Trend		24%	+11 Prozentpunkte	14% Wärmebereich (bis 2020)  30% alle Sektoren (bis 2030)
Alternativ A	12,5%	29%	+16,5 Prozentpunkte	
Alternativ B		31%	+18,5 Prozentpunkte	

Quelle: HWWI

Die Investitionen für die Sanierung von 3,8 Mio. bzw. einem Fünftel aller Wohngebäude beliefen sich bis 2030 in Summe auf knapp 250 Mrd. €, wovon nur ein Teil (ca. 50%) als energetisch bedingte Mehrkosten einzustufen wären. In die Modernisierung von 14,4 Mio. Heizsystemen werden bis 2030 insgesamt

170 Mrd. € investiert. Bei konstanten Energiepreisen würden die jährlichen Verbrauchskosten für Heizenergeträger um 20% auf 34 Mrd. € sinken. Bei steigenden Energiekosten wird der Kostenanstieg auf rund 40% begrenzt, ohne Einsparungen würden die Betriebskosten um 75% zunehmen.

### TRENDBeschleunigung – WELCHE HANDLUNGSOPTIONEN?

Um den energie- und klimapolitischen Zielen näher zu kommen, müsste die erwartete Trendentwicklung beschleunigt werden. Hierfür stehen zum einen die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes, zum anderen die Modernisierung der Heiztechnik (einschließlich Veränderungen im Energieträgermix) zur Verfügung. Die Analyse politischer Maßnahmen-Programme im Rahmen von Mini-Szenarien (Szenaretten) zeigt: Die erhöhte Gebäudesanierung ist die effektivste Maßnahme zur Beschleunigung der Energiewende im Haushaltssektor; je nach Ansatz bzw. Aufteilung von Voll-, Ohnehin- oder Mehrkosten können jedoch zum Teil hohe Sanierungskosten anfallen. Die Heizungsmodernisierung stellt sich in der Regel als wirtschaftlichere und deutlich kosteneffizientere Maßnahme dar.

Anhand eines Alternativszenarios lässt sich wiederum bestimmen, welche Ergebnisse

### ZWISCHENFAZIT

**Auch wenn es für den Endenergieverbrauch keine spezifischen Ziele gibt, trägt der Haushaltssektor durch den rückläufigen Endenergieeinsatz in Höhe von 14,5% zumindest indirekt zum Ziel der Primärenergieeinsparung bei. Die Reduktion des spezifischen Endenergieverbrauchs ist mit gut einem Fünftel zwar substantiell, der Abstand der Gebäudeeffizienz zum Ziel annähernder Klimaneutralität bis 2050 ist jedoch 2030 noch erheblich.**

**Die jährlichen (gesamten) Treibhausgasemissionen gehen im Trend um 22% zurück. Da die (direkten) Treibhausgasemissionen des Haushaltssektors von 1990 bis 2010 ebenfalls um etwa ein Fünftel gesunken sind, dürfte das Ziel -55% von 1990 bis 2030 weiterhin anspruchsvoll sein.**



bezüglich Energie- und Treibhausgaseinsparungen sowie Einbindung erneuerbarer Energien durch (noch) ambitioniertere Maßnahmen als im Trend erreicht werden können. Dabei wird eine ambitioniertere Modernisierung von Heizungen der erste Schritt einer Beschleunigungsstrategie (Alternativszenario Variante A), die Sanierung des baulichen Wärmeschutzes ein zusätzliches Maßnahmen-Programm sein (Alternativszenario Variante B).

#### **Alternativszenario A: Heizungsmodernisierung**

Eine Beschleunigung der Heizungsmodernisierung kann zum einen durch eine erhöhte Austauschrate bestehender gegen neuere Heizanlagen oder durch die Einführung neuer Heiztechniken erreicht werden. Die zentrale, wirtschaftlichste und damit kosteneffizienteste Modernisierungsmaßnahme ist jedoch der Austausch veralteter Heiztechniken gegen den heutigen Stand der Technik (insbesondere Brennwerttechnik). Der Austausch von veralteten Kesseln durch Brennwerttechnologie könnte bis zu 35% an Energie einsparen. Die Zahl der Gas- und Öl-Brennwertanlagen würde dann von 4,1 auf 11,6 Mio. ansteigen, während Heizwertgeräte auf 4,6 Mio. sinken. Ebenso könnten Elektro-Wärmepumpen gegenüber dem Trend noch stärker zulegen. Auch für Holzkessel gibt es noch Wachstumspotenzial. Und durch den beschleunigten Kesselaustausch bieten sich noch weitere Einkoppelungsanlässe für Solarthermieanlagen, deren Zahl auf über 7 Mio. ansteigt. Einen weiteren Beitrag zur Beschleunigung der Heizungsmodernisierung können schließlich neue Heiztechniken leisten. Dazu werden brennstoffbetriebene bzw. Gas-/Öl-Wärmepumpen (als Weiterentwicklung von Brennwerttechnik), Mikro-KWK-Anlagen und Brennstoffzellengeräte ab 2015/16 in den Heizungsbestand eingeführt. Ihr Anteil ist mit etwa 1,1 Mio. Heizsystemen bis 2030 noch klein. Sie bieten jedoch hohe spezifi-

sche Verbrauchseinsparungen und die Perspektive deutlich stärkerer Marktdurchdringung jenseits 2030.

Durch verstärkte Heizungsmodernisierung kann der Endenergieverbrauch um zusätzliche 3,7 Prozentpunkte auf 421 Mrd. kWh bis 2030 gesenkt werden. Der spezifische Endenergieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche wird bis 2030 um 25%, und zwar von 159 auf 120 kWh sinken; er sinkt damit geringfügig stärker als der Endenergieverbrauch, und zwar um rund 4 Prozentpunkte. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen beläuft sich 2030/2011 auf 31,4% und entspricht damit einer um 9,7 Prozentpunkte stärkeren Verringerung des jährlichen Treibhausgasausstoßes als im Trendszenario.

Durch den beschleunigten Wandel der Beheizungsstruktur ergeben sich im Alternativszenario A erhebliche Verschiebungen zwischen den Energieträgern. Der kombinierte Anteil von Gas und Öl im Heizenergiemix sinkt auf knapp 60%, wobei Erdgas weiterhin mit großem Abstand vor allen anderen die führende Heizenergie bleibt. Die erneuerbaren Energien legen von 110 Mrd. kWh im Trend auf 136 Mrd. kWh zu; ihr Anteil am gesamten Energieverbrauch steigt von heute 12,5% auf dann 29%. Dabei sinkt der Anteil von Holz unter den Erneuerbaren von 86 auf 68%, weil Solar- und Umweltwärme schneller wachsen.

Im Alternativszenario A würden 4,7 Mio. Heizanlagen mehr, also insgesamt 20 Mio., modernisiert, wobei auch 1,1 Mio. Heizanlagen mit neuen Heiztechniken darunter wären. Hierfür werden auf Basis aktueller Kosten bis 2030 rund 24,5 statt 21,5 Mrd. € jährlich investiert; allerdings dürften die Kosten für neue Heiztechniken im Zuge ihrer Markteinführung im Zeitverlauf noch sinken. Die jährlichen Verbrauchskosten sinken durch die beschleunigte Heizungsmoder-

nisierung bei 3% Energiepreissteigerung bis 2030 um 3,5 Mrd. €, bei konstanten Preisen um 1,5 Mrd. €. Zusätzliche Investitionen in Heiztechnik würde sich mit anderen Worten also rasch „rechnen“.

#### **Alternativszenario B: Gebäudesanierung**

Weitere Energie- und Treibhausgaseinsparungen lassen sich durch eine ebenfalls beschleunigte Gebäudesanierung erreichen. Wird die Sanierungsrate des baulichen Wärmeschutzes von 1 auf 2% verdoppelt, werden insgesamt 3,7 Mio. Wohngebäude zusätzlich zum Trend (und zu Alternativszenario A) saniert. Dadurch geht der Anteil unsanierter Wohngebäude deutlich schneller zurück, und zwar auf dann nur noch 30 statt 50% wie im Trend und Alternative A. In Variante B des Alternativszenarios sinkt der jährliche Endenergieverbrauch bis 2030 um 23,1% auf knapp 400 Mrd. kWh ab. Er sinkt damit um knapp 5 Prozentpunkte stärker als im Alternativszenario A und 8,6 Prozentpunkte stärker als im Trend. Der spezifische Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche sinkt in Alternativvariante B um 28,7% von 159 auf dann 114 kWh pro Quadratmeter und Jahr zurück. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen beläuft sich 2030/2011 auf 36% und entspricht damit einer um 15 Prozentpunkte stärkeren Verringerung des jährlichen Treibhausgasausstoßes als im Trendszenario.

Durch die Verdoppelung der Sanierungsrate würden fast zwei Fünftel des gesamten Wohnungsbestandes saniert. Hierdurch steigen auch die Investitionen auf etwa 36,5 Mrd. €. Allerdings wäre davon wiederum nur ein Teil (ca. 50%) als energetisch bedingte Mehrkosten einzustufen; zudem wäre ein großer Teil der Investitionen in Gebäudesanierung 2030 noch nicht abgeschlossen. Bei konstanten Energiepreisen würden die jährlichen Verbrauchskosten für Heizenergieträger um 3,6 Mrd. € sinken, bei um 3% jährlich steigenden Energiepreisen um 6,7 Mrd.



In Deutschland wird gegenwärtig intensiv und kontrovers über Strategien und Maßnahmen für den Wohnungssektor diskutiert. Mit der Heizungsmodernisierung und der Gebäudesanierung stehen relevante Handlungsoptionen für eine nachhaltigere Hauswärmeversorgung zur Verfügung.

Gleichwohl werden deutlich weniger Wohngebäude energetisch saniert und weniger Heizungen modernisiert als für die Erreichung der Energiewende-Ziele notwendig wäre. Vielfach reichen die Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen kaum zur (dauerhaften) Instandhaltung von Wohngebäuden und Heizanlagen aus. Statt mindestens 2% werden jährlich nur 1% der Gebäude energetisch saniert, statt mindestens 5% werden seit einigen Jahren nur noch 3% der Heizanlagen modernisiert. 70% aller Wohngebäude sind über 34 Jahre alt und entsprechend sanierungsbedürftig. 2,8 Mio. Heizkessel sind über 24 Jahre alt; darunter etwa 2,6 Mio. ineffizienter Konstanttemperaturkessel. Dabei wäre gerade der Austausch alter Heizkessel die wirtschaftlichste und kosteneffizienteste Maßnahme überhaupt.

Warum unterbleiben selbst energetische außerordentlich sinnvolle Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen? Welche Eckpunkte sollte eine Hauswärmepolitik 2030 beinhalten, um die Energiewende im Wohnungssektor nachhaltig zu beschleunigen?

#### **Planungssicherheit und Rahmenbedingungen**

Immobilien sind das wichtigste, teuerste und langlebigste Investitionsgut für private Haushalte. Investitionen wollen daher gut überlegt sein. Für langfristige Planungen und Investitionen sind zunächst sichere Rahmenbedingungen eine wesentliche Voraussetzung. Die relevanten Unsicherheiten für Sanierungs- bzw. Modernisierungsentscheidungen beziehen sich vor allem auf Verfügbarkeiten von Energierohstoffen und Preise für Heizenergieträger ebenso wie auf die politisch gesetzten Rahmenbedingungen.

Unsicherheiten über die zukünftige Verfügbarkeit von Energieressourcen und Energiepreise können dazu beitragen, dass effiziente und wirtschaftliche Modernisierungen von Heizungen unterbleiben. Dies gilt insbesondere, wenn die Bereitschaft zu großen Investitionen, die mit einem Wechsel des Energieträgers verbunden sind, nicht vorhanden ist und zugleich die Befürchtung besteht, dass mittelfristig Gas und Öl nicht mehr vorhanden oder nicht mehr bezahlbar sind. Obgleich die Reichweite von Öl- und Gasreserven inzwischen bei 55 bzw. 71 Jahren liegt, wobei die weltweiten Erdgasressourcen von der Internationalen Energieagentur inzwischen auf über 241 Jahre nach oben korrigiert wurden (IEA 2012), wird aus Sorge um die Öl- und Gasverfügbarkeit vom Verbraucher eine Strategie des Abwartens eingenommen. Auf der anderen Seite herrscht inzwischen ähnliche Unsicherheit über die weitere Entwicklung von Haushalts- und Heizstrompreisen. Eine realistische Abschätzung und Kommunikation zukünftiger Energiepotenziale und Marktbedingungen durch die Politik würde die Bereitschaft zur Modernisierung verstärken.

Unsicherheit besteht zudem auch über die zukünftige Förderung von Sanierungen und Modernisierungen. Vor dem Hintergrund, dass die Politik ambitionierte Ziele vertritt, die über längere Phasen nicht erreicht werden, kommt immer wieder die Diskussion über eine verstärkte Förderung auf. Hinzu kommt, dass sowohl Energieeffizienzmaßnahmen als auch der Einsatz erneuerbarer Energien von der KfW und vom Marktanreizprogramm in den letzten zehn Jahren nur ausgesprochen ungenügend gefördert worden sind. Als besonders problematisch erwies sich auch die anhaltende und lange Diskussion über Steueranreize für energetische Modernisierer. Die Ankündigung wie auch die Erwartung von steigenden Förderungen wird viele Verbraucher dazu veranlassen, Investitionen aufzuschieben.

#### **Ordnungsrecht**

Den Wahlmöglichkeiten der Verbraucher setzt die Politik einen ordnungsrechtlichen

Rahmen. Das im Wesentlichen über die Energieeinsparverordnung fixierte Ordnungsrecht mit Relevanz für den Gebäudebereich sollte sich wie bei der Vorlage der EnEV 2012 auch in Zukunft auf Anforderungen für den Neubau ausrichten. Vom Neubau geht eine Signalfunktion auch für den Gebäudebestand aus. Im Neubau lassen sich im Übrigen vergleichsweise kostengünstig höhere Anforderungen insbesondere an die Gebäudehülle als im Bestand realisieren.

Ordnungsrechtliche Anforderungen oder Zwangsmaßnahmen im Gebäudebestand können auf Basis der gegenwärtigen Rechtslage (Bestandschutz und Wirtschaftlichkeitsgebot) sowie wegen eines mangelnden bzw. kaum zu organisierenden Vollzugs ohnehin nicht oder nur unzureichend umgesetzt werden. Eigentümer von Immobilien können auf Basis der deutschen Rechtsprechung nicht oder nur in sehr geringem Maße zu Investitionen in die Verbesserung der energetischen Qualität ihres Objektes gezwungen werden. Ausgenommen hiervon ist lediglich der Immissionsschutz über die Klein-Feuerungsanlagenverordnung (BlmSchV 2010). Die 1. BlmSchV und ihre Anforderungen bzw. ihre Instrumente sagen aber nichts über die Energieeffizienz einer Anlage aus.

Auch konditionales Ordnungsrecht, wie es im Rahmen des EEWärmeG für den Einsatz von erneuerbaren Energien diskutiert wird (BMVBS 2012 c), ist nicht sinnvoll. Wenn Anforderungen an das Eintreten bestimmter Bedingungen (wie zum Beispiel eine Sanierungsmaßnahme) gebunden sind, warten die Adressaten meist ab, bis diese Bedingungen eintreten oder versuchen, diese möglichst zu umgehen.

Auf Ordnungsrecht im Wohnungsbestand ist daher möglichst zu verzichten. Anstelle der ohnehin nicht oder nur im geringen Maße umzusetzenden ordnungsrechtlichen Zwangsmaßnahmen soll daher eine verstetigte Politik der Anreize für energetische Investitionen in die Energieeffizienz von Gebäuden treten.

## FAZIT

**Eine Trendbeschleunigung durch Heizungsmodernisierung und Gebäudesanierung kann zu deutlichen Reduktionen von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen beitragen.**

**Ein Teil der spezifischen Verbrauchseinsparungen wird allerdings auch hier wiederum vom Wohnflächenwachstum kompensiert. Schon durch beschleunigte Heizungsmodernisierung und den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien lassen sich von heute bis 2030 Endenergie und Treibhausgase in Höhe von rund 30% einsparen. Energie- und Klimaziele werden zusammen mit den bisherigen Vorleistungen des Haushaltssektors gut erreicht.**

**Durch beschleunigte Gebäudesanierung können weitere Minderungen des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen erzielt werden. Jedoch wären hierfür deutlich höhere Investitionen erforderlich. Der Anteil erneuerbarer Energien wird im Jahr 2030 in Alternative A und B etwa 30% betragen und damit das Gesamtziel für alle Sektoren treffen.**

### Investition und Wirtschaftlichkeit

Bei individuellen Entscheidungen zur Sanierung von Gebäuden und Modernisierung von Heizanlagen haben Wirtschaftlichkeits- und Kosteneffizienzanalysen eine große Bedeutung. Sie können eine wichtige Indikation liefern, ob eine bestimmte Sanierungs- bzw. Modernisierungsaktion sinnvoll ist.

Ein Wirtschaftlichkeitsgebot für alle Energieeinsparmaßnahmen wird durch das Energieeinspargesetz vorgegeben (§5 Absatz 1 EnEG); das heißt, Investitionen müssen sich in einem angemessenen Zeitraum durch eingesparte Energie amortisieren lassen. Wirtschaftlichkeit ist eine wichtige und richtige Anforderung an jede rationale Energiewirtschaftspolitik. Soll Verbraucherakzeptanz erreicht werden, darf insbesondere im Falle ordnungsrechtlicher Auflagen für die energetische Sanierung/Modernisierung von Gebäuden und Heizungen ebenso wie für die Einkoppelung von erneuerbaren Energien das Wirtschaftlichkeitsgebot nicht verletzt werden. Soll der Verbraucher Investitionen tätigen, die in sich nicht wirtschaftlich sind, müsste der Staat dies auch entsprechend fördern.

Für die Berechnung von „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ existieren ferner objektive Verfahren (VDI 2012). Letztlich entscheidet über Sanierung und Modernisierung der Verbraucher, sei es als Eigentümer, sei es als Vermieter/Mieter. Tatsächlich muss für Wirtschaftlichkeitsberechnungen jedoch auch eine Reihe von „subjektiven“ Annahmen getroffen werden – über die Entwicklung von Energiepreisen, über Zinssätze und persönliche Zeitpräferenzraten. Außerdem spiegelt der typische errechnete Referenzenergiebedarf in der Regel nicht den tatsächlichen individuellen Energieverbrauch wider. Nicht für jeden Haushalt können folglich dieselben Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen gleichermaßen wirtschaftlich bzw. kosteneffizient sein. Jeder Haushalt wird für sich selbst – auf Basis seines Wissens und seiner Erwartungen – die Wirtschaftlichkeit von Investitionsentscheidungen beurteilen.

Eine Möglichkeit, die hohen Investitionen und (kurzfristig) vergleichsweise niedrige Verbrauchskosten in ein angemessenes Verhältnis zu stellen, besteht im Wärme-Contracting. Dabei wird ein Vertrag über die Lieferung einer bestimmten Menge Nutzenergie (Hauswärme) geschlossen. Beim Full-Contracting übernimmt der Wärmelieferant (Contractor) die Finanzierung von Investitionen und die Beheizung.

Ganz wesentlich unterscheiden sich auch die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zwischen Eigentümern und Vermietern. Eigentümer vergleichen die Investitionskosten mit den erwarteten Einsparungen bei den Verbrauchskosten. Im Gegensatz dazu profitieren Vermieter, obgleich sie investieren, nicht direkt von den Energieeinsparungen. Mieter profitieren zwar von energetischen Sanierungen, wollen oder können oftmals aber nicht investieren – auch aufgrund eines begrenzten Mietzeithorizontes. Für die Überwindung dieses so genannten Mieter-Vermieter-Dilemmas spielen nicht allein Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, sondern insbesondere das Mietrecht eine entscheidende Rolle. Wesentlich ist dabei, dass die Investitionskosten über die Miete umgelegt werden können.

### Rentabilität und Förderung

Die Modernisierung von Heizanlagen, insbesondere aber die energetische Sanierung von Gebäudehüllen, erfordert hohe Investitionen, auch wenn nur energiebedingte Mehrkosten angesetzt werden. Um über die ohnehin fälligen Maßnahmen hinaus Einsparungen zu erzielen, könnten Investitionshilfen oder zinsvergünstigte Darlehen einen Beitrag leisten, die Investitionen individuell vorteilhaft zu machen. Zinsverbilligte Kredite der KfW für umfassende Sanierungen und Einzelmaßnahmen sind besonders gut geeignet für die Finanzierung umfassender energetischer Modernisierungsmaßnahmen, die im Einfamilienhausbereich in der Regel Investitionsvolumina zwischen 30.000 und 70.000 € erfordern. Es besteht hohe Akzeptanz bei Investoren für die Zuschüsse bei Einzelmaßnahmen im anlagentechnischen Bereich oder für Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle. Auch sie sollten, wie die zinsverbilligten Kredite, weiter zur Verfügung stehen.

Gesamtwirtschaftlich übersteigen die Investitionskosten aber weiterhin die Einsparungen. Diesen gesamtwirtschaftlichen Kosten stehen jedoch positive Effekte für die Beschäftigung und Wertschöpfung gegenüber (Prognos 2013). Da sowohl die Gebäudesanierung als auch die Modernisierung von Heizungen im Wesentlichen durch inländische Anbieter erfolgt, ist von hohen gesamtwirtschaftlichen Multiplikatoren auszugehen.

Auch die Einbindung neuer Technologien erfordert zunächst hohe Investitionen. Sofern diese zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen, ist eine Förderung dieser Technologien (zum Beispiel durch das Marktanreizprogramm) sinnvoll. Mit zunehmender Marktdurchdringung ist mit Kostensenkungen

zu rechnen. Insofern sollte die Förderung im Zeitverlauf sinken. Wie im Energiekonzept der Bundesregierung vorgesehen, sollte die Förderung ferner technologienneutral sein. Da es langfristig zu einer immer stärkeren Integration von Verkehrs-, Strom- und (Haus)Wärmesektor kommt bzw. kommen muss, sollte Förderung schon heute auf die Systemintegration ausgerichtet sein.

### Verbraucherverhalten und Akzeptanz

Verbraucher entscheiden anhand einer ganzen Reihe von Kriterien. Wirtschaftlichkeit und Kosteneffizienz sind wichtige Kriterien zur Beurteilung und Vorbereitung von Verbraucherentscheidungen, jedoch nicht die einzig relevanten. Und nicht alle Verbraucher sind gleich, sondern es gibt unterschiedliche Kundengruppen (Marktsegmente), die aufgrund ihrer Situation und/oder Präferenzen jeweils andere Maßnahmen energetischer Sanierung oder Modernisierung bevorzugen.

Neben der Wirtschaftlichkeit gibt es noch eine ganze Reihe von Kriterien, anhand derer Verbraucher entscheiden. Hier sind zunächst lokale Zwänge zu nennen, die in der (Nicht-)Verfügbarkeit bestimmter Technologien (z. B. das Vorhandensein von Gas- bzw. Fernwärmenetzanschlüssen) oder in Vorschriften (z. B. „Anschlusszwänge“ für Neubausiedlungen) liegen können. Darüber hinaus sind auch die geografische Lage und das Klima (z. B. sonnenreiche Südlage für Solarthermie) entscheidend.

Wichtig sind ferner die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit von Technologien und Maßnahmen wie der Gebäudedämmung. Außerdem ist auch der Komfort, der sich unter anderem aus der Bedienungsfreundlichkeit und dem Wartungsaufwand bestimmt, ein wichtiges Kriterium. Schließlich ist die erwartete langfristige Verfügbarkeit von Brennstoffen und Sicherheit der Energieversorgung, bis hin zu größtmöglicher energetischer Autarkie (Selbstversorgung) ebenso ein Kriterium wie die Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit von Dämmmaterialien, Heiztechniken und Brennstoffen.

Einer Vielfalt von Kriterien wird also letztendlich bei einer Vielzahl von Entscheidern damit auch eine Vielzahl von Gebäude- und Heiztechniken gegenüberstehen. Eine (politische) Vorauswahl bestimmter Gebäude- und Heiztechniken ist im Übrigen allein deshalb schon nicht sinnvoll, weil es eine „beste“ Hauswärmetechnik nicht gibt.

## EMPFEHLUNGEN – WAS IST ZU TUN?

Die Hauswärmeszenarien haben gezeigt, dass zurzeit deutlich weniger Wohngebäude energetisch saniert und deutlich weniger Heizungen modernisiert werden als für die Erreichung der Energiewende-Ziele im Wohnungssektor notwendig wäre. Die folgenden Maßnahmen würden eine Beschleunigung von Sanierung und Modernisierung herbeiführen:

1

### Planungssicherheit für Haushalte schaffen.

Für langfristige Planungen und Investitionen in Immobilien oder Heizungen sind sichere Rahmenbedingungen eine zentrale Voraussetzung. Bestehende Unsicherheiten müssen ausgeräumt werden – durch die Schaffung realistischer Erwartungen in Energie- und Technikpotenziale ebenso wie durch verlässliche Markt- und Förderbedingungen.

2

### Ordnungsrecht (nur) im Neubau einsetzen.

Ordnungsrecht (EnEV, EEWärmeG) muss auf den Neubau zielen; denn hier lassen sich vergleichsweise kostengünstig höhere Anforderungen realisieren. Im Gebäudebestand lässt sich Ordnungsrecht nur unzureichend umsetzen (Bestandsschutz, Wirtschaftlichkeitsgebot). Ordnungsrecht, dessen Anforderungen an Sanierungsmaßnahmen gebunden sind, führt eher dazu, dass die entsprechenden Maßnahmen weiter aufgeschoben oder umgangen werden.

3

### Ausgewogenen Mix von Heiztechnik und Energien anstreben.

Erneuerbare Energien werden deutlich an Bedeutung gewinnen. Gleichwohl werden die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl bis 2030 und darüber hinaus „die“ tragende Rolle in der Hauswärmeversorgung spielen. Häufig werden sie dabei in Kombination mit erneuerbaren Energien eingesetzt und sichern eine verlässliche und stetige Wärmeversorgung (Back-up-Funktion).

4

### Wirtschaftlichkeit von Kesselmodernisierung hervorheben.

Wirtschaftlichkeit ist ein wichtiges Entscheidungskriterium für Sanierungs- und Modernisierungsentscheidungen. Der Austausch alter Heizkessel rechnet sich fast immer. Kurze Amortisationszeiten der Kesselmodernisierung sollten hervorgehoben werden.

5

### Energetische Modernisierung mit System.

Es besteht eine starke Interdependenz zwischen Wärmezeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe. Von allen bei der energetischen Modernisierung tätigen Gewerben ist der Systemgedanke im Sinne der Hebung der Effizienzpotenziale zu beachten und umzusetzen.

6

### Verringerte Energiekosten zwischen Mietern und Vermietern teilen.

Mehr als die Hälfte aller Wohnungen sind Mietwohnungen. Vermieter profitieren aber nicht direkt von den Energieeinsparungen aus Energieeinsparinvestitionen. Mieter profitieren zwar von energetischen Sanierungen, wollen oder können aber nicht investieren. Für die Überwindung des Vermieter-Mieter-Dilemmas ist entscheidend, ob das Mietrecht erlaubt, die Investitionskosten auf die Miete umzulegen.

7

### Investitionen durch zinsvergünstigte Darlehen ermöglichen.

Die Modernisierung von Heizanlagen, insbesondere aber die energetische Sanierung von Gebäudehüllen, erfordert hohe Investitionen. Um über die ohnehin fälligen Maßnahmen hinaus Einsparungen zu erzielen, könnten Investitionshilfen oder zinsvergünstigte Darlehen die Sanierungs-/Modernisierungsaktivität steigern. Dadurch werden auch positive Effekte für die Beschäftigung und Wertschöpfung erzielt.

8

### Neue Technologien fördern und integrieren.

Die Einbindung neuer Technologien wie Mikro- und Mini-KWK, Gas- und Öl-Wärmepumpen sowie Brennstoffzellen erfordert zunächst hohe Investitionen. Neue Technologien sollten in Abhängigkeit von ihrer Effizienz gefördert werden; da mit zunehmender Marktdurchdringung die Kosten sinken, ist die Förderung degressiv auszugestalten und zeitlich zu befristen. Weil es langfristig zu einer immer stärkeren Integration von Verkehrs-, Strom- und (Haus)Wärmesektor kommt, sollte Förderung schon heute auf Systemintegration ausgerichtet sein.

9

### Akzeptanz der Verbraucher gewinnen.

Verbraucher entscheiden individuell anhand einer ganzen Reihe unterschiedlicher Kriterien, darunter auch Qualität, Haltbarkeit, Komfort und Umweltfreundlichkeit. Anbieter sollten über die Vorteile moderner Heiz- und Gebäudetechnik informieren, die Politik muss realistische Ziele setzen und deren Erfordernisse konsequenter vermitteln – um Verbraucherakzeptanz zu erreichen.

10

### Technologieoffenheit.

Es gibt keine „beste“ Heiz- oder Gebäudetechnologie, sondern nur jeweils geeignete Technologien und Maßnahmen. Der Staat weiß nicht, wie sich Technologien entwickeln. Ordnungsrecht und Fördermaßnahmen sollten daher möglichst technologienneutral ausgestaltet werden.

## LITERATUR

- AGEB AG Energiebilanzen 2010: *Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland*, Berlin.
- AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (Hrsg.) 2011: *AGFW – Hauptbericht 2010*, Frankfurt am Main.
- ARGE Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (Hrsg.) 2011: *Wohnungsbau in Deutschland – 2011 – Modernisierung oder Bestandsersatz*, Bauforschungsbericht Nr. 59, Kiel.
- Bayer, W. 2011: *Sich ständig wandelnde Energiemärkte – eine Herausforderung für die amtliche Energiestatistik*, in: *Wirtschaft und Statistik*, Heft 8, S. 753–761.
- Bayern LB Bayerische Landesbank (Hrsg.) (2009): *Deutschland bis 2040 – Langfristige Trends und ihre Bedeutung für den Immobilienmarkt*, München.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2012: *Raumordnungsprognose 2030*, Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2012 Preis: *Immobilienpreise und Transaktionen am Wohnimmobilienmarkt – Aktuelle Wohnungsmarktentwicklungen und Tendenzen*, BBSR-Analysen KOMPAKT 10/2012, Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2012 Immo: *Transaktionen großer Wohnungsbestände 2011 – Dynamik im Markt für Mietwohnungsportfolios*, BBSR-Analysen KOMPAKT 06/2012, Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2012 Markt: *Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2011 – Kurzfassung*, BBSR-Analysen KOMPAKT 01/2012, Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2010: *Wohnungsmärkte im Wandel – Zentrale Ergebnisse der Wohnungsmarktprognose 2025*, BBSR-Berichte Kompakt, Bonn.
- BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik 2012: *Heizindustrie: Arbeitsplatz- und Umsatzrekord trotz Modernisierungstau in Heizkellern*, Pressemitteilung, Köln, den 10.02.2012.
- BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik/BSW Solar 2012: *Solarwärmemarkt im Aufwind*, Pressemitteilung, Berlin/Köln, den 09.02.2012.
- BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik 2011: *Effiziente Systeme und erneuerbare Energien*, Köln.
- BlmSchV Bundes-Immissionsschutzverordnung 2010: *Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010* (BGBl. I S. 38).
- BMJ Bundesministerium der Justiz (Hrsg.) 2010: *Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards*, Berlin, Ausfertigungsdatum 02.08.2010.
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2012: *Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmege- setz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)*, Berlin, den 19.12.2012.
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012: *Erneuerbare Energien in Zahlen – Internet-Update ausgewählter Daten*, Stand Dezember 2012.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2013: *Begleitung von Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen*, BMVBS-Online-Publikation 01/2013.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2012 a: *Vergleichswerte für Verbrauch bei Wohngebäuden*, BMVBS-Online-Publikation 11/2012.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2012 b: *Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden*, BMVBS-Online-Publikation 07/2012.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2012 c: *Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit*. BMVBS-Online-Publikation 05/2012.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2012 d: *Wohnen und Bauen in Zahlen 2011/2012*, 7. Auflage, Bonn.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2011: *Wohnen und Bauen in Zahlen 2010/2011*, 6. Auflage, Bonn.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2009: *Bericht über die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Deutschland, Stadtentwicklungspolitik in Deutschland*, Band 2, Bonn.
- Bräuninger, M.; Dust, L.; Otto, A. H.; Stiller, S.; Berenberg-Gossler, S.; Niemeyer, D.; Raeke, J.; Vollmann, K.; Wittke, C. 2006: *Strategie 2030 – Immobilien*, Hamburg.
- BSW-Solar Bundesverband Solarwirtschaft (Hrsg.) 2012 a: *Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmehbranche (Solarthermie)*, Berlin, Juni 2012.
- BSW-Solar Bundesverband Solarwirtschaft (Hrsg.) 2012 b: *Fahrplan Solarwärme – Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030*, Berlin.
- Bundeskartellamt (Hrsg.) 2012: *Abschlussbericht Sektoruntersuchung Fernwärme*, Bericht gemäß § 32e GWB, Bonn.
- Bundesregierung 2010: *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, Beschluss des Bundeskabinetts, Berlin, den 28. September 2010.
- BWP Bundesverband Wärmepumpe 2012: *Wärmepumpenabsatz steigt 2011 um 11,8% gegenüber Vorjahr*, Presseinformation vom 26. Januar 2012.
- BWP Bundesverband Wärmepumpe (Hrsg.) 2011: *BWP-Branchenstudie 2011 – Szenarien und politische Handlungsempfehlungen*, Daten zum Wärmepumpenmarkt bis 2010 und Prognosen bis 2030, Berlin.
- dena Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) 2011: *Die Mitverbrennung holzartiger Biomasse in Kohlekraftwerken – Ein Beitrag zur Energie-wende und zum Klimaschutz?*, Berlin.
- DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches 2004: *Technische Regel – Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen*, Bonn.
- EEWärmeG Erneuerbare-Energien-Wärmege- setz 2011: *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich in der seit 1. Mai 2011 geltenden Fassung*.
- Endres, A. 2007: *Umweltökonomie – Lehrbuch*, 3. Auflage, Stuttgart.
- EnEV Online 2013: *EnEV 2014 Entwurf*, <http://www.enev-online.de>
- EnEV Energieeinsparverordnung 2009: *Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009*.
- EU-Kommission 2012: *Proposal for a Directive of European Parliament and of the Council – amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*, COM(2012) 595 final, Brüssel.
- EU-Kommission 2009: *Richtlinie 2009/28/EG vom 23. April 2009, zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*, in: *Amtsblatt der Europäischen Union*, 5. Juni 2009, S. L140/16-62.
- FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2011): *Nachwachsende Rohstoffe – Spitzentechnologie ohne Ende*, Gülzow-Prützen.
- Gaßner, Groth, Siederer & Coll. (Hrsg.) 2011: *Sanierungsvorgaben für bestehende Gebäude – Vereinbarkeit mit Eigentumschutz und anderen Grundrechten*, im Auftrag des Naturschutzbund Deutschland (NABU), Berlin.
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (Hrsg.) 2011: *Energieeffizienz mit städtebaulicher Breitenwirkung – Technische und wirtschaftliche Voraussetzungen zur flächenhaften Umsetzung von energetisch hochwertigen Modernisierungen in zusammenhängenden Wohnquartieren*, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, AZ: 26422 – 25 der DBU (Deutschen Bundesstiftung Umwelt), Berlin.
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (Hrsg.) 2005–lfd. Jg.: *GdW Jahrestatistik kompakt*, Berlin.
- Habermann-Nieße, K.; Jütting, L.; Klehn, K.; Schlomka, B. 2012: *Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz*, in: *Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.), Schriften zur Ökologie*, Band 24, Berlin.
- Pistohl, W.: 2009: *Handbuch der Gebäudetechnik*, 7. Auflage, Köln.
- HeizAnV Heizanlagen-Verordnung 1989: *Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen vom 20.01.1989*.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2011: *Niedrigenergiehäuser – Wissenswerte Grundlagen zu Planung und Funktion*, Ausgabe 2/2011, Wiesbaden.
- IBZ Initiative Brennstoffzelle 2013: *Callux, Praxistest Brennstoffzelle fürs Eigenheim*, <http://www.ibz-info.de/content/callux>
- IEA International Energy Agency 2012: *World Energy Outlook 2012*, Paris.
- IKZ-Haustechnik 2011: Ausgabe 19/2011.
- IINAS Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien; IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg 2012: *Nach Super E10 – Wie weiter mit Biokraftstoffen?*, Shell Deutschland (Hrsg.), Darmstadt/Heidelberg/Hamburg.
- InWIS Forschung & Beratung (Hrsg.) 2012: *Modernisierungskompass 2012: Motivieren, Informieren, Modernisieren. Ergebnisse einer repräsentativen Haushaltsbefragung*, Bochum.
- InWIS Forschung & Beratung (Hrsg.) 2011: *Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma, Konzeptstudie*, im Auftrag des Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW), Bochum.
- ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.) 2011: *Wärmepumpen-Effizienz – Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb*, Freiburg.
- ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.) 2010: *Feldmessung – Wärmepumpen im Gebäudebestand, Kurzfassung zum Abschlussbericht, Berichtsnummer TAG-4-0110-ru-e01*, im Auftrag der E.ON Energie, Freiburg.
- IW Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.) 2012: *Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes: Herausforderungen für private Eigentümer*, im Auftrag des Haus & Grund Deutschland, Köln.
- IWO Institut für Wärme und Öltechnik 2011: *Die Kalte-Flammen-Technologie*, März 2011, Hamburg.
- IWO Institut für Wärme und Öltechnik 2009: *Die Öl-Wärmepumpe. Verbindung von Umweltwärme und Effizienz*, Hamburg.
- IWU Institut Wohnen und Umwelt 2012: *Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2012: Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten*, Endbericht Mai.
- IWU Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.) 2011: *Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau*, Endbericht, im Auftrag des BMVBS (Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) sowie des BBSR (Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung), Darmstadt.
- IWU Institut Wohnen und Umwelt; BEI Bremer Energie Institut (Hrsg.) 2010: *Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand*, 1. Aufl., Darmstadt.
- Jagnow, K.; Halper, C.; Timm, T.; Sobirey, M. 2003/2004: *Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand*; Teile 1 bis 5; TGA Fachplaner; Nr. 5, 8 und 11/2003, 1 und 3/2004; Gentner; Stuttgart.
- JRC-IET European Commission Joint Research Centre-Institute for Energy (Hrsg.) 2011: *Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive fuels and Powertrains in the European Context*, Well-to-Wheels Report Version 3c, Luxemburg.
- Just, T. 2009: *Demografie und Immobilien*, Oldenbourg, München.
- Kämper, H. 2013: *Ergebnisse einer BDEW/HEA-Erhebung zeigen: Stromabsatz an Speicherheizungskunden sinkt auch im Jahr 2008*, in: *HEA Impulse*, Ausgabe 1/2013, S. 8–9.
- Küchler, S.; Nestle, U. 2012: *Strategien zur Modernisierung I: Neue Finanzierungsmodelle für einen klimaneutralen Gebäudebestand*, in: *Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.), Schriften zur Ökologie*, Band 23, Berlin.
- Mantau, U. 2012: *Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2010 – Marktvolumen und verwendete Holzsortimente*, Abschlussbericht, Hamburg.
- Mantau, U. 2009: *Holzstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012*, in: *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*, Sonderheft 327, S. 27-36.
- NABU Naturschutzbund Deutschland (Hrsg.) 2011: *Anforderungen an einen Sanierungsfahrplan – Auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050*, Berlin.
- Prognos; EWI Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln; GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturfor- schung (Hrsg.) 2011: *Energieszenarien 2011, Projekt Nr. 12/10*, im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Basel/Osnabrück/Köln.

- Prognos; EWI Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln; GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (Hrsg.) 2010: *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Projekt Nr. 12/10*, im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW), Basel/Köln/Osnabrück.
- Recknagel, H.; Sprenger E.; Schramek, E.-R. 2012: *Taschenbuch für Heizung + Klima-Technik*, 76. Auflage, München.
- Rehkugler, H.; Erbil, T.; Jandl, J.-O.; Rombach, T. 2012: *Energetische Sanierung von Wohngebäuden – Wirtschaftlichkeit vs. Klimaschutz*, DIA (Deutsche Immobilien-Akademie Freiburg GmbH) und CRES (Steinbeis-Institut, Center for Real Estate Studies) (Hrsg.), Freiburg.
- RWI Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.) 2012 a: *Datenauswertung zum Energieverbrauch der privaten Haushalte differenziert nach Gebäudemerkmalen, Sonderauswertung*, im Auftrag des BMVBS (Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung), Essen.
- RWI Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.) 2012 b: *Erstellung der Anwendungsbilanzen 2010 und 2011 für den Sektor Private Haushalte, Endbericht – November 2012*, im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Essen.
- RWI Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.) 2011: *Erstellung der Anwendungsbilanzen 2009 und 2010 für den Sektor Private Haushalte, Endbericht – November 2011*, im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Essen.
- RWI Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung; forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen (Hrsg.) 2011: *Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006–2008, Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006–2010, Forschungsprojekt Nr. 54/09 des BMWi (Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie)*, Essen.
- SAENA Sächsische Energieagentur 2011: *Hydraulischer Abgleich für Heizungssysteme*, Informationsbroschüre.
- Shell (2011): *Shell Hauswärme-Studie – Nachhaltige Wärmeerzeugung für Wohngebäude*, Hamburg.
- StaÄBL Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2013: *Regionaldatenbank Deutschland*, <http://www.regionalstatistik.de>.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2013: *4,8 % mehr Wohnungen im Jahr 2012 genehmigt*, Pressemitteilung vom 14. März 2013, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 UGR: *Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 2: Vorbericht Energie, Berichtszeitraum 1995–2010*, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 UGR Bericht: *Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen*, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 Bau: *Baugenehmigungen / Baufertigstellungen 2011: Bauen und Wohnen, Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie (Lange Reihen ab 1980) sowie Baugenehmigungen / Baufertigstellungen (Lange Reihen z. T. ab 1949)*, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 Geb a: *Gebäude und Wohnungen 2011: Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden*, Lange Reihen ab 1969–2011, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 Geb b: *Bautätigkeit und Wohnungen 2011: Bestand an Wohnungen*, Fachserie 5, Reihe 3, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 MZ: *Mikrozensus – Zusatzerhebung 2010: Bauen und Wohnen, Mikrozensus – Zusatzerhebung, Bestand und Struktur der Wohneinheiten*, Wohnsituation der Haushalte, Fachserie 5, Heft 1, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2012 PM: *Haushalte verbrauchen immer weniger Energie für Wohnen*, Pressemitteilung vom 19.12.2012, Wiesbaden.
- StaBu Statistisches Bundesamt 2009: *Bevölkerung Deutschlands bis 2060, Ergebnisse der 12. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung*, Wiesbaden.
- StiWa Stiftung Warentest 2007: *Mit Strom Wärme pumpen*, in: test, Heft 6 (2007), S. 65-69.
- TrinkwV Trinkwasserverordnung 2012: *Zweite Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 05. Dezember 2012*.
- UBA Umweltbundesamt 2011: *Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990–2010*, Stand: 14.12.2011, Dessau.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure 2010: *Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads von Sorptionswärmepumpenanlagen*, VDI-Richtlinie, VDI 4650, Blatt 2, 11/2010.
- VDI Verein deutscher Ingenieure 2009: *Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung*, VDI-Richtlinie, VDI 4650, Blatt 1, 03/2009.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure 2012: *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung*, VDI-Richtlinie, VDI 2067, Blatt 1, 09/2012.
- Witt, J. 2012: *Holzpelletbereitstellung für Kleinf Feuerungsanlagen – Analyse und Bewertung von Einflussmöglichkeiten auf die Brennstofffestigkeit*, in: *Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (Hrsg.), DBFZ Report Nr. 14*, Leipzig.
- Wolff, D.; Jagnow, K. 2011: *Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmerversorgung*, <http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/fernwaerme-studie.pdf>, Wolfenbüttel/Braunschweig.
- WSchVO Wärmeschutzverordnung 1995: *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 16. August 1994*.
- WSchVO Wärmeschutzverordnung 1978: *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 11. August 1977*.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.) 2012: *Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen – Beschreibung der Übergeordneten Strategie im Klimaschutzplan NRW AG 3 Bauen / GHD*, Wuppertal.
- ZIV Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband 1995–2013: *Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks*, Sankt Augustin.
- 3N 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe; LIV Landesinnungsverband für das Schornsteinfegerhandwerk Niedersachsen (Hrsg.) 2012: *Feuerstättenzählung Niedersachsen 2010 – für holzbefeuerte Anlagen bis 1 MW*, im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Werlte.
- 3N 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe; LIV Landesinnungsverband für das Schornsteinfegerhandwerk Niedersachsen (Hrsg.) 2010: *Feuerstättenzählung Niedersachsen 2009 – für holzbefeuerte Anlagen bis 1 MW*, im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Werlte.

