evolution2green

ARBEITSPAPIER

Versorgung von Gebäuden mit Wärme aus erneuerbaren Energien

Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy

Jens Clausen, Simon Hinterholzer (Borderstep)

Stand: Januar 2017

Eine Kooperation von: Borderstep Institut, iZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, adelphi

Projektleitung

adelphi research gemeinnützige GmbH
Alt-Moabit 91 T +49 (0)30-89 000 68-0 www.adelphi.de
14193 Berlin F +49 (0)30-89 000 68-10 office@adelphi.de

Projektpartner

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH
Clayallee 323 T: +49 (0)30 - 306 45 1000 www.borderstep.de
14169 Berlin info@borderstep.de

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH
Schopenhauerstr. 26 T: +49 (0) 30 80 30 88-0 www.izt.de
14129 Berlin info@izt.de

Abbildung Titel: © Andrey Popov_fotolia.com

evolution2green wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

FONA
Sozial-ökologische Forschung
BMBF

© 2017 **adelphi, Borderstep, IZT**

Executive Summary

The present analysis was carried out as part of the project “Evolution2Green – Transformation Pathways towards a Green Economy: Shaping Path Change”. As one of four studies in the area of food / agriculture, it deals with the field of transformation “meat consumption”, characterized by significant environmental externalities, as well as impediments to transformation.

The paper describes the field of transformation, as well as the actors involved. Within the frame of the analysis, firstly, path dependencies were identified that present barriers to the transformation towards a sustainable economy. Secondly, relevant transformation approaches were analyzed.

Especially strong path dependencies, understood here as having an especially significant stabilizing effect on the current system and thus representing a major obstacle for path change, have been identified as follows:

- At the state level, the low price of fossil fuels by the non-functioning EU emissions trading and the low in energy taxes - in comparison with pioneering countries of the sustainability transformation like Denmark or Norway - support a long term path dependency.
- The existing buildings with its high specific energy consumption as well as with its convector heating systems requiring high flow temperatures, as well as the expensive refurbishment leading to high "path switching costs" also inhibits the proliferation of renewable heating systems.
- The companies of the thermotechnology sector, their association BDH as well as the craft companies of the sector are in the dilemma that they could provide regenerative heating technology, but this is under current framework conditions not economical for the user. In consequence, they advise for not investing in regenerative heating technology and thus stabilize the path of fossil heat supply.
- While the German sustainability strategy has ambitious goals for the energy turnaround in general and also the transformation of the heat supply there is little effective environmental legislation in place. The central association BDH supports this reluctance of the policy consistently.

Actors are federal and state governments, the companies of the thermotechnology and heating sector in industry and crafts, and ultimately the owners of family homes and apartment buildings.

As transformation approaches for a desirable path shift towards a green economy, the improvement of efficiency and the replacement of fossil heating systems, the distribution of surface heating and the development of energy sources like solar heat, heat pumps, Power to Heat and biomass have been identified.

Zusammenfassung

Die vorliegende Transformationsfeldanalyse wurde im Rahmen des Projekts „Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy: den Pfadwechsel gestalten“ angefertigt. Als eine von vier Studien aus dem Bereich „Wärmeversorgung“ thematisiert sie das durch signifikante Umweltauswirkungen und erhebliche Transformationshemmnisse geprägte Transformationsfeld „Versorgung von Gebäuden mit Wärme aus erneuerbaren Energien“.

Das Papier beschreibt das Transformationsfeld sowie beteiligte Akteure. Im Rahmen der Untersuchung wurden Pfadabhängigkeiten identifiziert, die eine Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verhindern, sowie relevante Transformationsansätze analysiert.

Als besonders starke Pfadabhängigkeiten, also jene, die das derzeitige System in besonders hohem Ausmaß stabilisieren und somit ein besonders starkes Hemmnis für einen Pfadwechsel darstellen, wurden folgende identifiziert:

- Auf staatlicher Ebene sind niedrige Preise für fossile Energieträger durch den nichtfunktionierenden EU-Emissionshandel und die im Vergleich zu Vorreiterländern der Nachhaltigkeitstransformation wie Dänemark oder Norwegen niedrige Energiesteuern eine auf lange Zeit wirkende Pfadabhängigkeit.
- Der Gebäudebestand mit seinem hohen spezifischen Energieverbrauch wie auch mit seinen Konvektor-Heizungsanlagen, die hohe Vorlauftemperaturen erfordern, sowie mit den für die Renovierung aufzubringenden „Pfadwechselkosten“ hemmt ebenfalls die Verbreitung regenerativer Heizungsanlagen.
- Die Unternehmen der Thermotechnik, ihr Verband BDH wie auch das Handwerk sehen sich in dem Dilemma, dass sie zwar regenerative Heiztechnik liefern könnten, diese aber für den Anwender bisher wenig wirtschaftlich ist. Sie raten konsequenter Weise von der Investition in regenerative Heiztechnik eher ab und stabilisieren so den Pfad der fossilen Wärmeversorgung.
- Zwar hat die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie anspruchsvolle Ziele für die Energiewende im Allgemeinen und auch die die Transformation der Wärmeversorgung formuliert, aber durch wenig wirksame umweltrechtliche Vorschriften kommt der Pfadwechsel nicht in Gang. Der zentrale Verband BDH unterstützt diese zögerliche Haltung der Politik konsequent.

Als Akteure gestalten Bund und Länder, die Unternehmen der Thermotechnik und der Heizungsbranche in Industrie und Handwerk und letztlich die Besitzer von Ein- und Mehrfamilienhäusern die Wärmeversorgung.

Als bisher konzipierte und erprobte Transformationsansätze für einen wünschenswerten Pfadwechsel in Richtung einer Green Economy wurden die Verbesserung der Effizienz und die Erneuerung der fossilen Heizungsanlagen, die Verbreitung von Flächenheizungen sowie die Energiegewinnung durch solare Wärme, Wärmepumpen, Power to Heat sowie Biomasse identifiziert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis **V**

Abkürzungsverzeichnis **V**

1 Ziel und Methodik **6**

2 Problem- bzw. Transformationsfeld **7**

2.1 Wärmeversorgung von Einzelgebäuden mit erneuerbaren Energien 7

2.2 Akteure 10

2.3 Historische Entwicklung 11

2.4 Umweltwirkungen 11

3 Stärken und Transformationshemmnisse sowie Angriffspunkte des etablierten Pfades **13**

3.1 Charakterisierung der Stärken des etablierten Pfades, 13

3.2 Transformationshemmnisse und Pfadabhängigkeiten, 14

3.2.1 Rechtliche Pfadabhängigkeiten 14

3.2.2 Ökonomische Pfadabhängigkeiten 16

3.2.3 Technologische Pfadabhängigkeiten 17

3.2.4 Organisationale Pfadabhängigkeiten 18

3.2.5 Nutzerbezogene Pfadabhängigkeiten 19

3.3 Angriffspunkte und Schwächen des etablierten Pfades 21

4 Transformationsansätze **22**

4.1 Effizienz und Erneuerung der fossilen Heizungsanlagen 22

4.2 Flächenheizungen 23

4.3 Solare Wärme 24

4.4 Wärmepumpen 25

4.5 Power to Heat 26

4.6 Biomasse 26

4.7 Beurteilung der Transformationsansätze. 27

4.8 Das Akteurssystem der Transformation 28

5 Fazit und Möglichkeiten für Pfadwechsel **30**

5.1 Gegenstand der Untersuchung 30

5.2 Pfadabhängigkeiten 30

5.3 Auswirkungen der Pfadabhängigkeiten auf die Transformationsansätze 31

5.4 Erste Handlungsempfehlungen 32

Experteninterviews **36**

Literaturverzeichnis **37**

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2005 bis 2015 8

Abbildung 2: Marktanteile im Wärmepumpenmarkt 2008 bis 2015 9

Abbildung 3: Energieverbrauch und CO2-Emissionen der privaten Haushalte 12

Abbildung 4: Entwicklung des Erdölpreises 1986 bis 2016 13

Abbildung 5: Nutzungsanteile von erneuerbare Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009 und 2010 in % 15

Abbildung 6: Gemessene Temperaturen und Wunschtemperaturen (bei Außentemperaturen unterhalb 10°C), N=537 20

Abbildung 7: Gewinner und Verlierer einer Wärmewende in der Wärmeversorgung von Einzelgebäuden 29

Abbildung 8: Pfadwechsel Wärmeversorgung von Einzelgebäuden 33

Tabelle 1: Auswirkungen von Pfadabhängigkeiten auf Transformationsansätze 32

Abkürzungsverzeichnis

AGEB Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

BDH Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie

BW Brennwert

BWP Bundesverband Wärmepumpe e.V.

EEG Erneuerbare Energien Gesetz

NT Niedertemperatur

ZSHK Zentralverband Sanitär Heizung Klima

1 Ziel und Methodik

Das Projekt Evolution2Green wird von adelphi gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Borderstep Institut durchgeführt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung thematisiert das Vorhaben Transformationspfade hin zu einer Green Economy und die Gestaltung von Pfadwechseln.

Im zweiten Arbeitspaket des Projektes erfolgt die Analyse von 15 durch signifikante Umweltauswirkungen und erhebliche Transformationshemmnisse geprägten, Transformationsfeldern in den Bereichen Mobilität, Energie, Ernährung/Landwirtschaft und Ressourcen[1]. Diese Transformationsfelder werden anhand des im ersten Arbeitspaket entwickelten Modells der evolutorischen Ökonomik (Clausen, 2016a) auf Pfadabhängigkeiten untersucht, die einer Transformation zur Green Economy entgegenwirken. Weiter wird ein Überblick über die bekannten Transformationsansätze geschaffen und diese den drei Leistrategien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz zugeordnet (Behrendt, Göll & Korte, 2016).

Basis der Problemanalyse sind neben den Vorarbeiten der drei Institute in den jeweiligen Feldern umfangreiche Analysen der Literatur und der verfügbaren Internetquellen. Interviews mit 4 bis 6 ausgewählten Experten, die zum Ziel haben, die Pfadabhängigkeit und deren Faktoren in den einzelnen Themenfeldern (Binnenlogik und -kultur) besser zu verstehen, erweitern die Datengrundlage.

Primäres Ergebnis je Problem- bzw. Transformationsfeld ist eine Beschreibung der Akteure, Kräfte und Sektordynamiken mit ihren jeweiligen Pfadabhängigkeiten. Teil der Studie sind auch die Analyse der bisher konzipierten und erprobten Transformationsansätze sowie erste Hinweise auf politische Gestaltungsmöglichkeiten.

Das vorliegende Papier beschreibt das Transformationsfeld „Versorgung von Gebäuden mit Wärme aus erneuerbaren Energien“.

[1] In die Auswahl der Problemfelder sind sowohl die aus den Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2012) ersichtliche Problemdrücke, als auch Bemühungen zur Herstellung eines Gleichgewichts zwischen verschiedenen Handlungsbereichen, sowie Bezügen zu den Zukunftsherausforderungen Globalisierung und Digitalisierung eingeflossen.

2 Problem- bzw. Transformationsfeld

2.1 Wärmeversorgung von Einzelgebäuden mit erneuerbaren Energien

Im Jahr 2014 betrug der Anteil des Wohnungsbestands in Deutschland, der mit Gas beheizt wurde, 49,3%, mit Heizöl 26,8%, mit Strom 2,9%, mit Wärmepumpen 1,5% und mit „Kohle, Holz und weiteren festen Brennstoffen“ 6,0%. 13,5% des Wohnungsbestandes werden über Fernheizungen versorgt (AG Energiebilanzen, 2015, S. 14). In den Jahren seit 1995 hat sich der Anteil gasbeheizter Wohnungen um 11,9% erhöhte, Heizöl büßte 7,2% und der Anteil von Stromheizungen ging um 2,7% zurück. Die Fernwärme gewann 1,5% hinzu, die Wärmepumpenanlagen gewannen 1,5% und der Anteil von „Holz, Holzpellets, sonstiger Biomasse, Koks/Kohle und sonstiger Heizenergie“ sank zwischen 1995 und 2007 von 11% auf 4,5% (vermutlich durch den Abbau von Kohleheizungen[2]) und gewann bis 2014 wieder 1,5% hinzu (vermutlich durch Pellets und Holz).

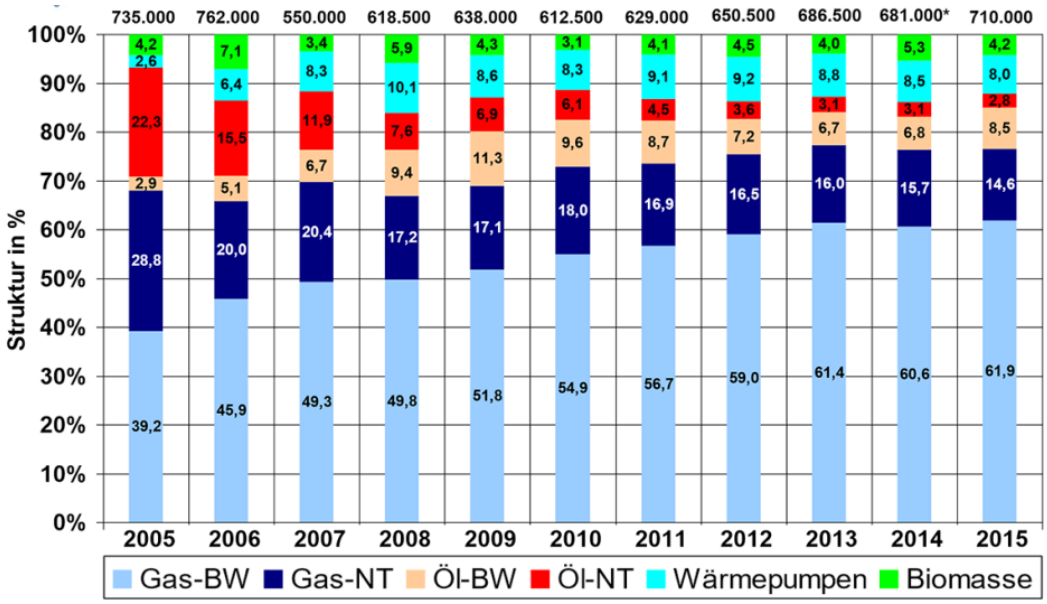
Der Anteil von Wohngebäuden, die auf Basis regenerativer Energien beheizt werden liegt damit bei ca. 6% Pellets bzw. Holz und ca. 1,5% Wärmepumpen, zusammen ca. 7,5%. Diese 7,5% wurden in knapp 20 Jahren aufgebaut. Bei einer weiter konstanten Transformationsgeschwindigkeit dauert die komplette Umstellung auf regenerative Wärmeversorgung noch ca. 230 Jahre.

Gegenstand dieser Studie sind Heizungsanlagen von Wohngebäuden mit Fokus auf den Anteil erneuerbarer Energieträger. Wärmenetze sind Gegenstand einer parallelen Untersuchung.

In Einzelgebäuden werden bisher primär Gas- und Ölheizungen verbaut, auch 2015 haben diese beiden fossilen Energieträger einen Anteil im Markt für Wärmeerzeuger von zusammen 87,8%.

[2] Der Absatz von Brikett ist seit der Wiedervereinigung 1991 von knapp 15 Mio. Tonnen auf ca. 720.000 Tonnen zurückgegangen, vgl. http://www.kohlenstatistik.de/19-0-Braunkohle.html vom 4.4.2016.

Abbildung 1: Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2005 bis 2015



Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) unter http://www.bdhkoeln.de/fileadmin/user_upload/Daten_Fakten/BDH_Marktentwicklung_2005-2015.jpg vom 3.3.2016

Wärmepumpenheizungen haben sich mit einem seit 2007 weitgehend stabilen Anteil von ca. 8% etabliert, Biomasse bei etwa 4%.

Obwohl in 2014 die Zahl von 112.000 Solarthermieanlagen installiert wurde (BSW Solar, 2015), also in etwa 16% der „Investitionsfälle", werden sie in dieser Statistik nicht mitgeführt, da sie nur die primären Wärmeerzeuger dokumentiert. Dies gilt auch für andere hybride Lösungen bzw. Duplex-Systeme, also z.B. Kombinationen von Wärmepumpe mit Gaskessel. Sie alle werden in den Statistik nicht sichtbar.

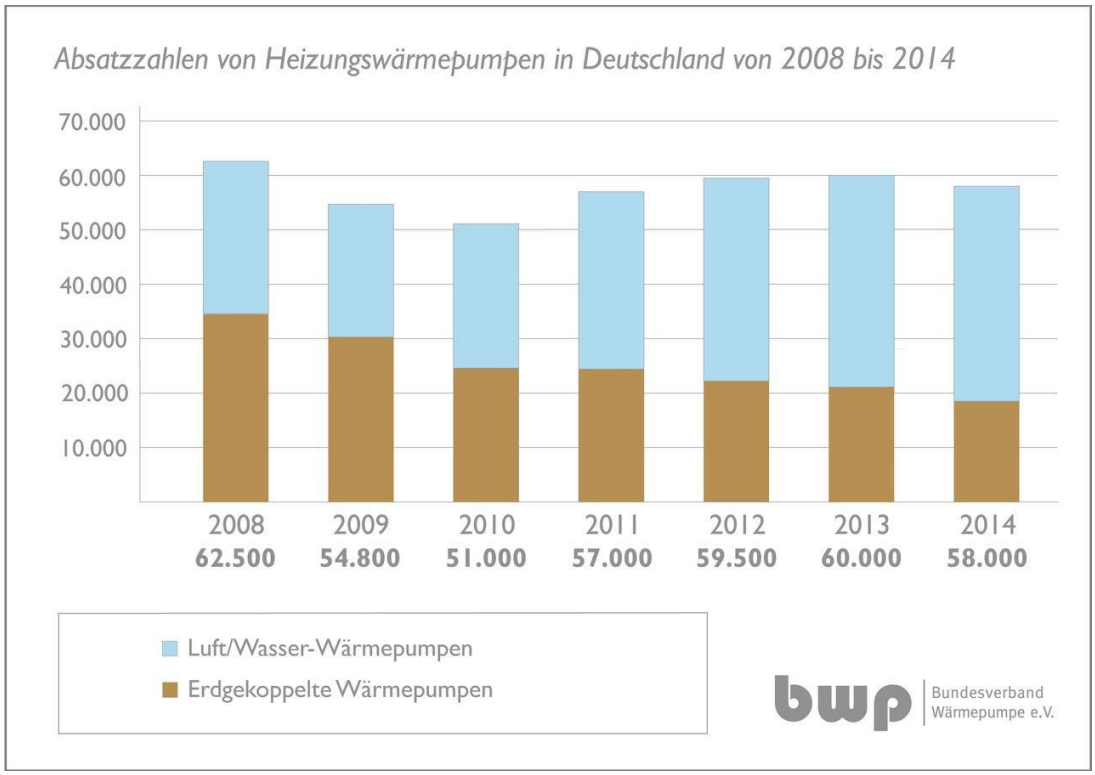
Die Marktentwicklung der Heizungstechnologien auf Basis erneuerbarer Energien verlief aus Sicht der Branche schleppend (Baulinks, 2016):

- „Biomassekessel mussten in 2015 Markteinbußen von 18% hinnehmen. Als Ursache hierfür gelten der niedrige Ölpreis und die vergleichsweise hohen Investitionskosten.
- Wärmepumpen wiederum hatten unter den hohen Strompreisen zu leiden. Mit 57.000 abgesetzten Geräten und einem Minus von 2% hielt die Technologie in etwa das Niveau des Vorjahres.
- Als Folge der verbesserten Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms konnte die Solarthermie im letzten Quartal 2015 aufholen, schloss allerdings aufs Jahr gesehen mit einem Minus von 10% ab."

Der Bestand von Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien von ca. 7,5% erhöht sich auch bei 12,2% Neuinvestitionen in Wärmepumpen (8%) und Biomasseanlagen (4,2%) nur langsam auf langfristig maximal deren Anteil an aktuellen Neuinvestitionen.

Unter energetischen Gesichtspunkten problematisch ist dabei, dass der Anteil der Luft-Wasser-Wärmepumpen mit ihren niedrigen Wirkungsgraden bei gleichfalls vergleichsweise niedrigen Investitionskosten seit 2008 von über 50% auf knapp 70% gestiegen ist:

Abbildung 2: Marktanteile im Wärmepumpenmarkt 2008 bis 2015



Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V. unter https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/absatzzahlen/ vom 4.4.2016.

Die Kunden, die in Wärmepumpen investieren, sowie die beratenden Installateure und Architekten treffen ihre Entscheidung gegenwärtig offenbar stark mit Blick auf Kosten und wählen so häufig die billigere Luftwärmepumpe.

Die seit 2015 etwas attraktivere Förderung der Investitionen in erneuerbare Wärmeerzeuger wirkt sich dabei aus Sicht des BDH bereits etwas aus. Auf der BDH-Website wird hierzu berichtet: „So werden zum Beispiel bei thermischen Solaranlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung 140 Euro je m^2 bzw. mindestens 2.000 Euro gewährt. Die Förderung von kleinen Wärmepumpen liegt im Bereich von 1.500 Euro bis 6.750 Euro pro Anlage. Holzkessel für Ein- und Zweifamilienhäuser werden mit bis zu 3.500 Euro gefördert. Weiterhin werden über das BAFA auch Mini-KWK-Anlagen bis 20 kWel bezuschusst. Hierbei werden Zuschüsse bis 4.000 Euro je nach Leistungsgröße gewährt.“[3]

Das zentrale kurzfristige Ziel der Transformation des Wärmesektors im Kontext der Gebäudeheizung ist, den Wärmebedarf der Gebäude gegenüber dem Basisjahr 2008 bis 2020 um 20% zu senken, wobei 12,4% in 2014 schon erreicht waren. Der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch soll bis 2020 auf 14% erhöht werden, wobei 12% in 2014 schon erreicht waren (Bundesregierung, 2015a, S. 6).

Langfristig soll bis 2050 der Primärenergiebedarf der Gebäude (bei vermutlich weiter wachsenden Wohnflächen) gegenüber 2008 um 80% reduziert werden, wovon 14,8% in 2014 schon erreicht waren. Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch soll bis 2050 auf 60% steigen, wovon 13,5% in 2014 schon erreicht waren (Bundesregierung, 2015a, S. 6)

[3] Vgl. http://www.bdh-koeln.de/fachleute/foerderung.html vom 3.6.2016

Angesichts der Beschlüsse des Klimagipfels in Paris bedürfen die Ziele aus Sicht von Germanwatch der Überarbeitung: „Die EU müsste ihr 2050-Ziel auf mindestens 95 Prozent Emissionssenkung aufstocken, damit sie ihren fairen Beitrag zur Erreichung des Temperaturlimits von deutlich unter 2 Grad, mit Kurs auf 1,5 Grad, leisten kann“[4], was sinngemäß auch für die Deutschen Klimaziele gelten dürfte. Bei Erfüllung des Einsparziels würde eine 95% Emissionssenkung einen Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch von ca. 75% erfordern.

Die Wärmeversorgung steht also in jedem Fall vor großen Herausforderungen.

2.2 Akteure

Staatliche Akteure definieren durch die nationale Gesetzgebung der Bundesregierung den Rahmen für die Wärmewirtschaft. Landesregierungen sind wichtige Akteure bei der Stadt- und Regionalplanung. Kommunen sind die Hauptakteure der Stadtplanung und legen Bebauungspläne fest, die mit dem Instrument der städtebaulichen Verträge auch Anforderungen an die Wärmeversorgung durchsetzen können.

Zum etablierten Pfad der Wärmeversorgung von Einzelgebäuden gehören die Thermotechnikunternehmen sowie Installateure, die Heizanlagen für Einzelgebäude liefern und einbauen sowie die Energiedienstleister, die diese mit Erdgas und Heizöl versorgen. Im vom Zentralverband Sanitär Heizung Klima vertretenen deutschen Installations- und Heizungshandwerk arbeiten ca. 350.000 Menschen, in der durch den Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., (BDH) vertretenen deutschen Heizungsindustrie noch einmal ca. 70.000 Menschen (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., 2014). Der BDH sieht sich wie folgt: „Das bewährte Bündnis des deutschen Handwerks und der deutschen Industrie ist Garant für die Steigerung der Energieeffizienz von Heizungssystemen und die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien am Energiemix im Wärmemarkt“ (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., 2013, S. 8). Nach eigener Aussage des BDH entsprechen allerdings 70% der in Deutschland installierten Heizungsanlagen nicht dem Stand der Technik, die jährlich installierte Kollektorfläche entwickelt sich seit 2008 stark rückläufig und halbierte sich in diesem Zeitraum und der Marktanteil von Biomassekesseln und Wärmepumpen liegt stabil bei ca. 12%[5] - trotz der andauernden Aktivität dieser „Garanten für Effizienz“.

Eine Untergruppe der Thermotechnikunternehmen bilden die Unternehmen und Gründungen des entstehenden low-exergy Technologiepfades und ihre Verbände BEE (anteilig), BWP, BSW Solar usw.

Wichtig sind auch die Eigentümer von Gebäuden aller Art, deren Wärmeversorgung im Zuge des Pfadwechsels umgestellt werden wird. Bei ihnen ist es von Bedeutung, ob sie aus rein wirtschaftlichen Motiven handeln oder ob sie aus Überzeugung, dass die Energiewende wichtig ist, ökologische Lösungen auch unter Mehrkosten umsetzen.

[4] Vgl. Germanwatch (2016) : EU-Kommission stiehlt sich aus der Verantwortung. Unter https://germanwatch.org/de/11904 vom 3.3.2016.

[5] Vgl. http://www.bdh-koeln.de/presse/daten-fakten.html vom 5.4.2016.

2.3 Historische Entwicklung

In der griechischen Mythologie stielt Prometheus das Feuer, in dem er einen Stängel des Riesenfenchels am vorüberrollenden und funkensprühenden Sonnenwagen des Helios entzündet und ihn auf die Erde bringt. Nachdem das Feuer gezähmt war, wärmte es zunächst als offenes Holzfeuer Höhlen und Häuser. Später rückte es an die Wand, bekam einen Schornstein und wurde im späten Mittelalter zum Kamin und dann im 18. Jahrhundert zum Ofen. Geheizt wurde mit Holz oder Torf, die in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Kohle als Hauptbrennstoff abgelöst wurden.

Nach dem zweiten Weltkrieg begann der Boom des Erdöls und der Zentralheizung. In ersten Orten und Regionen wurden Gasleitungsnetze verlegt, so dass sich auch gasbetriebene Heizungen ausbreiten konnten.

In den letzten vierzig Jahren begann eine Entwicklung zur Effizienz, deren schillerndste Figur wohl Richard Vetter, der „Peiner Müller“ war, der den Brennwertkessel erfand. Sein 12-jähriger Kampf gegen den TÜV[6], der sich kalte Abgase und Abgasrohre aus Kunststoff nicht vorstellen konnte, führte letztlich zu deutlichen Verzögerungen der breiten Markteinführung der Technik, die Vetter 1986 an einen Schweizer Hersteller verkaufte.

Wie Abbildung 1 zeigt, sind die Gas- und Ölheizungen der Nachkriegsjahre, jeweils zusammen mit ihrer moderneren Brennwertvariante, nach wie vor dominant in der deutschen Wärmeversorgung.

Zwar kamen Ende der 1970er Jahre auch die ersten Solarthermieanlagen und Wärmepumpen auf den Markt, bis Mitte der 80er Jahre noch mit deutlichen Qualitätsproblemen und erheblichen Absatzschwankungen (Fichter & Clausen, 2013, S. 264), aber sie erreichen bis heute nur kleine Marktanteile.

Holzöfen haben in ländlichen Regionen durchgängig existiert. Im Zuge der neuen Popularität des Heizens mit Biomasse seit den 1990er Jahren erfuhren sie aber einen Aufschwung und das „Holzmachen“ etabliert sich als neue Männerkultur. Aber auch hier blieben die Marktanteile klein (Abbildung 1).

2.4 Umweltwirkungen

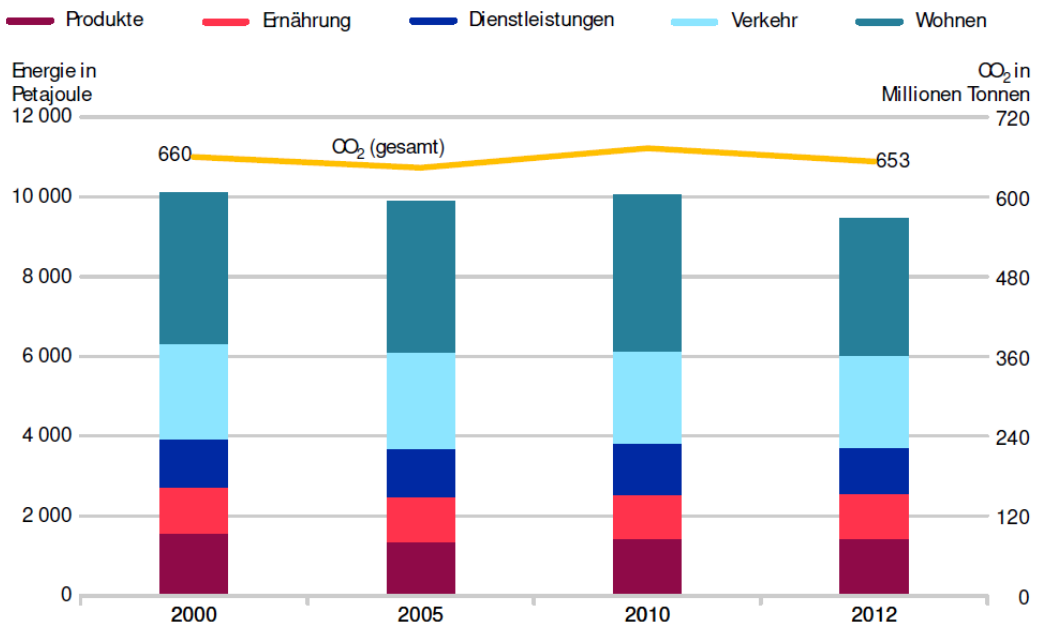
Raumwärme und Warmwasser sind nach der mechanischen Energie (vornehmlich Verkehr) zusammen der zweitgrößte Verbraucher von Energie in Deutschland. Für die Raumwärme werden 27% der Energie verbraucht, für Warmwasser noch einmal 5% (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016, S. 16).

Mit diesem Energieverbrauch waren 2007 CO_2-Emissionen in Höhe von 112 Millionen Tonnen für die Raumwärme und 26 Millionen Tonnen für Warmwasser verbunden (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2012, S. 13), zusammen entsprach dies 16% der nationalen CO2-Emissionen (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2012, S. 7).

Die Nachhaltigkeitsstrategie 2016 rechnet sogar einen Anteil von ca. 70% der nationalen CO_2-Emissionen von ca. 930 Mil. Tonnen in 2012 den Haushalten zu, knapp 40% beträgt davon der Energieeinsatz für das Wohnen.

[6] Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Richard_Vetter vom 5.4.2016.

Abbildung 3: Energieverbrauch und CO2-Emissionen der privaten Haushalte



Quelle: Die Bundesregierung (2016, S. 174)

Erdgas ist dabei aus Sicht des Klimaschutzes besser als Heizöl. Während eine kWh Wärme aus Erdgas mit der Emission von ca. 246 g CO_2 verbunden ist, sind dies beim Heizöl 317 g CO_2.[7] Auch die Emissionswerte von NO_x und Schwefeldioxid sind bei Erdgas besser.[8]

Holzöfen und die noch verbliebenen Kohleöfen tragen überdies zur Feinstaubbelastung deutlich bei. Schon 2003 übertrafen die Feinstaubemissionen aus dem Hausbrand diejenigen aus dem Straßenverkehr (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2007, S. 3). Dabei sinken die Anteile von Kohleöfen kontinuierlich, während die Anteile der Holzfeuerung ansteigen.

[7] Vgl. http://iinas.org/gemis-89.html vom 26.9.2016.

[8] Vgl. http://www.erdgas.ch/erdgas/umwelt/emissionswerte/ vom 26.9.2016.

3 Stärken und Transformationshemmnisse sowie Angriffspunkte des etablierten Pfades

3.1 Charakterisierung der Stärken des etablierten Pfades,

93 Prozent der durch die GfK repräsentativ befragten Ölheizungsbesitzer sind sehr zufrieden oder zufrieden mit ihrem Heizsystem, 88,6% schätzen die freie Lieferantenwahl, 87,8% die Sicherheit und 85,4% die flexible Bevorratung im eigenen Tank (Institut für Wärme und Öltechnik, 2015). Das Gros der im Flecken Steyerberg befragten Bewohner zeigt sich mit ihrem Öl- oder Gasheizsystem als sehr zufrieden oder zufrieden (Clausen, Winter & Kettemann, 2012, S. 15).[9]

Zunächst einmal besteht die Stärke der etablierten Unternehmen der Wärmeversorgung also darin, ca. 40 Millionen Privatwohnungen und alle Gewerbegebäude zuverlässig mit Wärme zu versorgen. In der Wahl des Energieträgers und der Energielieferanten ist der Kunde dabei im Wesentlichen flexibel.

Eine zweite sehr zentrale Stärke des etablierten Pfades besteht darin, die Wärmeversorgung ihrer Kunden langfristig zu sehr günstigen Preisen sicherzustellen. Nachdem das hohe Preisniveau der letzten zehn Jahre überwunden ist steht der weiteren Nutzung von Erdgas- und Erdölheizungen in Zukunft wenig im Wege.

Abbildung 4: Entwicklung des Erdölpreises 1986 bis 2016

Quelle: http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=crude-oil-brent&months=360 vom 4.6.2016

[9] Auch für solarthermische Heizungen ist die Bedeutung von Unabhängigkeit und Autarkie bereits als Kaufgrund festgestellt worden (Clausen, 2010, S. 415).

3.2 Transformationshemmnisse und Pfadabhängigkeiten,

Durch eine Reihe von Pfadabhängigkeiten wird die Transformation des Wärmesektors hin zu einem höheren Anteil von erneuerbarer Wärme gehemmt.

3.2.1 Rechtliche Pfadabhängigkeiten

Grundsätzlich sind die Eigentümer von Gebäuden in der Wahl der Wärmeversorgungseinrichtungen frei. Rechtliche Vorschriften, die den Einsatz von Gas- oder Ölheizungen vorschrieben sind nicht bekannt. Eine Stabilisierung des Pfades fossil befeuerter Heizungsanlagen erfolgt eher dadurch, dass es zwar langfristige Ziele des Klimaschutzes gibt, diese aber nicht konsequent in wirksames Recht umgesetzt werden.

Schon die bisher durch verschiedene Akteure erstellten Szenarien für die zukünftige Entwicklung der Wärmeversorgung sind sehr unterschiedlich (DLR, FHW, Ökoinstitut & IZES, 2009; DLR, Fraunhofer IWES & IfnE, 2011, 2012; Prognos, EWI & GWS, 2010). Der Anteil der Erneuerbaren Energiequellen für Raumwärme steigt je nach Szenario von gegenwärtig ca. 10% auf 20% bis 50% im Jahre 2050 an. Schon in den Szenarien zum Energiekonzept hielten die Autoren ordnungsrechtliche Vorschriften zu Neubauten **und** Renovierungen für unumgänglich (Prognos et al., 2010, S. 189). Vor dem Hintergrund der Spitzenziele „Wärmesanierung des Gebäudebestandes mit einer Sanierungsquote von 2 % p.a.“ einerseits (Bundesregierung, 2012, S. 16) und „Erhöhung des Anteils regenerativer Wärme“ (Bundesregierung, 2012, S. 32) wird aktuell von einigen Autoren bezweifelt, dass die Ziele des Energiekonzeptes mit den bisher ergriffenen Maßnahmen erreichbar sind (Nitsch, 2015, S. 6; PricewaterhouseCoopers, 2015, S. 52).

Der BDH sieht in der Energiepolitik der Bundesregierung eine Doppelstrategie (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie, 2016):

- *„Ordnungsrecht für den Neubau: ja, bei gleichzeitigem Verzicht ordnungsrechtlicher Zwänge für die Bestandssanierung,*[10]
- *Eine verstetigte und attraktive Politik der Anreize für die Bestandssanierung,*
- *Technologie- und Energieneutralität bei gleichzeitigem Verzicht auf Technologieförderungen und Technologievorgaben und/oder Diskriminierung einzelner Energieträger,*
- *Deregulierung und Vereinfachung des Ordnungsrechts (zum Beispiel Zusammenführung/Synchronisation zwischen EnEV und EEG).“*

Diese Doppelstrategie spiegelt sich in der Tat in den entsprechenden Aussagen des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2014) sowie im EnWärmeG (Bundesregierung, 2015b). Auch in der energiepolitischen Agenda des BMWi[11] wird das Thema Raumwärme aus erneuerbaren Quellen nur in Form des EEWärmeG als Teil der Gebäudestrategie behandelt. Aufgrund der Praktik, für die Sanierung von Bestandsgebäuden keine ordnungsrechtlichen Vorschriften zu machen, gelingt der Politik kein wesentlicher Kurswechsel in Richtung auf erneuerbare Energien im Gebäudebereich. Da zudem keine Energieträger „diskriminiert“ werden, entscheidet sich der Markt für die

[10] Die Zustimmung zu klaren Vorschriften für den Neubau fällt dem BDH leicht, denn „Neubau spielt auch in Zukunft nur eine untergeordnete Rolle“ (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnike.V., 2013, S. 6)

[11] Vgl. http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/infografik-wichtigste-projekte.html vom 8.3.2016.

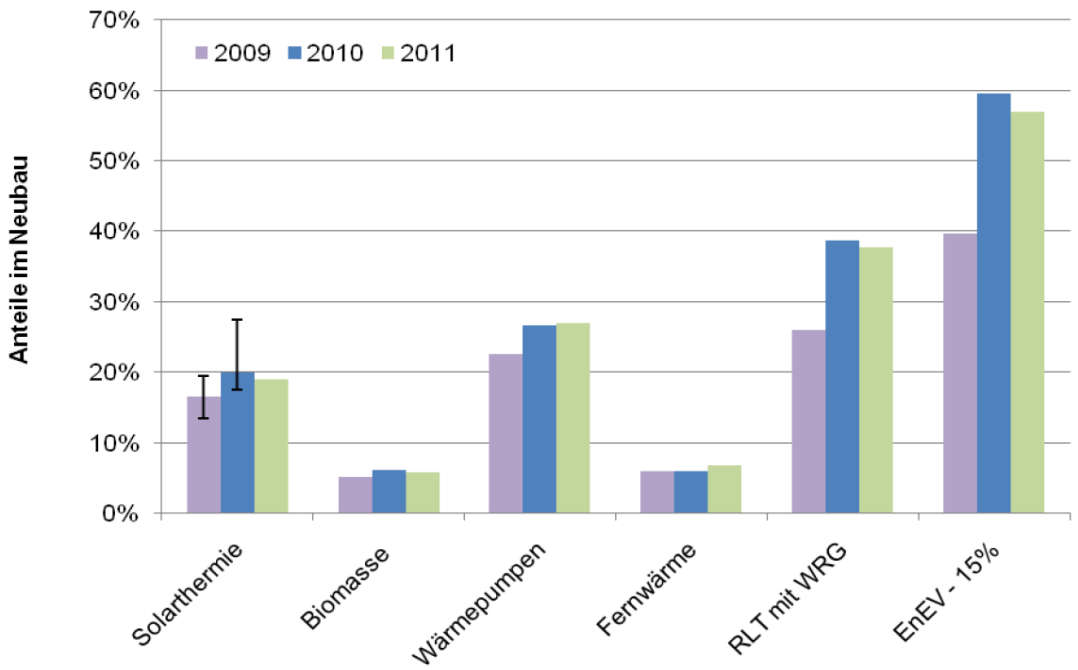
preiswertesten und erprobten Angebote der Hersteller von Gas- und Ölheizungen. Ein Interviewpartner benannte dies als sehr zentrales Hemmnis für energetische Modernisierung. Als Beispiel führt er die „Oma-regel“ auf: Zwar sollen über 30 Jahre alte Wärmeerzeuger ausgetauscht werden, dies gilt aber nicht für Eigentümer, die schon vor 2002 Eigentümer waren und mehr als 300.000 der ca. 500.000 betroffenen Fälle ausmachen.

Wichtig sind für das Verständnis auch die Vorschriften des EEWärmeG. Der Grundanspruch des EEWärmeG, 15% Versorgungsgrad aus regenerativen Energien im Neubau zu erreichen, wird relativiert durch die Möglichkeit, alternativ die Wärmedämmung zu verbessern oder eine Wärmerückgewinnung zu nutzen, wodurch die gleiche Primärenergieeinsparung erreicht werden soll.

Durch die im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EnWärmeG) enthaltene Nutzungspflicht für erneuerbare Energien in der Raumheizung von Neubauten ist der Anteil der jährlichen Investitionsfälle mit Einkopplung erneuerbarer Energien in Heizanlagen zwar zunächst von 15% in 2004 auf 45% in 2008 gestiegen, aber schon 2009 wieder auf 27% und 2015 gar auf 19% gesunken[12].

Die folgende Grafik macht deutlich, dass das Gros der als Reaktion auf der EEWärmeG getroffenen Maßnahmen im Neubau auf Effizienzmaßnahmen ausweicht. In etwa 90% der Fälle wurde die Unterschreitung der EnEV angestrebt oder raumtechnische Anlagen installiert, in etwa 28% der Fälle wurde eine Wärmepumpe installiert, in ca. 18% eine Solarthermie und etwa 5% entscheiden sich für Biomasse. Nur ca. ein Drittel aller Maßnahmen aufgrund des EEWärmeG führt also letztlich zu mehr erneuerbarer Energie in der Wärmeversorgung.

Abbildung 5: Nutzungsanteile von erneuerbare Energien Wärmeerzeugungsanlagen und Ersatzmaßnahmen im Neubau, 2009 und 2010 in %



Quelle: Ecofys, Fraunhofer ISI, Öko-Institut & IZES (2013, S. 18), RLT: Raumlufttechnische Anlagen, WRG: Wärmerückgewinnung, EnEV-15 %: EnEV Unterschreitung um 15 %; Summiert sich nicht auf 100 %, da mehrere Maßnahmen gleichzeitig zutreffen können. Biomassebetriebene EEG-Anlagen sind in der Rubrik Fernwärme enthalten.

[12] Vgl. BDH (2016) : Anteil der jährlichen Investitionsfälle mit Einkopplung erneuerbarer Energien unter http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Daten_Fakten/BDH_Investitionsfaelle_2015.jpg vom 3.3.2016.

Im Kontext des EEWärmeG (und anderer Vorschriften wie z.B. der zur Dämmung der obersten Geschossdecke) merkte ein Interviewpartner auch an, dass faktisch keine Kontrolle stattfände. Der Stand der Umsetzung sei daher letztlich nicht bekannt.

Etwa 57 % aller Deutschen betreiben ihren Wärmeerzeuger nicht selbst, sondern bekommen direkt Wärme geliefert, denn sie wohnen in einer Mietwohnung (Meyer, 2014, S. 98). Anders als beim Stromlieferanten können Mieter nicht die Art ihrer Heizungsanlage oder den Wärmeanbieter frei wählen. Die Entscheidungsmacht liegt in der Regel beim Immobilieneigentümer oder ggf. auch bei langfristigen Vertragslieferanten (Contractoren). Auch wenn die Sonnenenergie durchaus preiswerte Beiträge zur Versorgung leisten kann, ist ihr Einsatz im Bereich der Mietwohnungen verschwindend gering. In den letzten Jahren waren nur rund 1 % der neu installieren Anlagen auf Mehrfamilienhäusern zu finden (Meyer, 2014, S. 98). Eine der Hauptmotivationen für Vermieter eine Solaranlage zu installieren ist die höhere Attraktivität seiner Wohnungen durch geringere Nebenkosten. Dieser Anreiz für den Vermieter verpufft jedoch in Regionen (insbesondere vielen Städte), in denen die Wohnungsnachfrage das Angebot übersteigt.

Die aus der Sicht mehrerer Interviewpartner wesentlichste und letztlich auch rechtliche Pfadabhängigkeit sind die niedrigen Preise für fossile Energie, die durch niedrige Steuern auf fossile Energie und nicht zuletzt durch den nicht funktionierenden EU-Emissionshandel möglich bleiben. Nach anfänglichen Zertifikatspreisen von ca. 25 € in der Periode von der Einführung in 2005 bis 2007 sanken die Zertifikatspreise unterbrochen von einer Spitze am Beginn der zweiten Handelsperiode in 2008 dauerhaft ab (Clausen, 2016a). Der Weg zur 2015 auf dem G7 Gipfel wie auch auf der Klimakonferenz in Paris beschlossenen vollständigen Dekarbonisierung wird nur durch weitere politische Instrumente der Kosteninternalisierung und damit letztlich durch einen höheren Preis für fossile Energien erfolgreich sein können.

3.2.2 Ökonomische Pfadabhängigkeiten

Eine wichtige ökonomische Pfadabhängigkeit besteht in den Pfadwechselkosten, also in den Kosten, die ein Einschwenken auf einen energieeffizienten und durch EE beheizten Gebäudebestand, wie er durch das nationale Energiekonzept angestrebt wird, mit sich bringt. PricewaterhouseCoopers (2015, S. 51) rechnet eine Reihe von Szenarien hinsichtlich der langfristigen Kostenentwicklung durch und kommt zu dem Schluss, dass sich bis zum Jahr 2050 der geringste Kostenanstieg der Wärmeversorgung ohne Sanierung ergibt. Im Szenario mit Sanierung und Umstieg auf erneuerbare Wärmeträger sind die jährlichen Wärmekosten in Deutschland um ca. 37% oder 40 Mrd. € höher. Die Hemmschwelle, diese Kosten der Bevölkerung aufzuerlegen, ist für die Politik offensichtlich erheblich.

Auch mit der Stabilität des Geschäftsmodells der Thermotechnik-Unternehmen sind wesentliche ökonomische Interessen verbunden. Diese liefern gegenwärtig in mehr als 85% der Haushalte alle 20 bis 30 Jahre ein Heizgerät auf Basis von Gas oder Erdöl. Alle diese Geräte haben für den Endkunden hohe Preise, z.B. ca. 7.000 € für eine einfache Gasthermenanlage (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik & Shell, 2013, S. 42). Sie könnten ihr Geschäftsmodell als gefährdet wahrnehmen, aber die Transformation der Wärmeversorgung bietet für die Thermotechnik-Unternehmen eigentlich eher zusätzliche Chancen. Durch die Einkopplung von regenerativen Energien z.B. durch die zusätzliche Errichtung eines Solarthermieanlage kann der Umsatz pro Objekt durchaus gesteigert werden. Auch ein steigender Marktanteil von neuen Effizienztechnologien wie Mini- und Mikro BHKWs, Gaswärmepumpen oder Duplexanlagen wie z.B. einer kleinen Wärmepumpe kombiniert mit einem Gas-Spitzenlastkessel wäre für die Branche attraktiv. Der Um-

satz, der durch die Lieferung von Wärmeerzeugern und indirekt beheiztem Speicher pro Ein- oder Zweifamilienhaus erzielbar ist, liegt bei Gas- oder Öl-Brennwertheizungen bei ca. 8.000 bis 9.000 €, bei einer Mikro-KWK-Anlage bei ca. 22.000 € und bei einer Gaswärmepumpe[13] mit solarer Trinkwassererwärmung bei ca. 20.000 € (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik & Shell, 2013, S. 42).

Die Installationszahlen zeigen aber, dass der Markt nur zögernd in diese Richtung vorankommt. Neben dem zu erzielenden Umsatz spielen also offenbar auch andere Faktoren eine Rolle. Hierzu gehört, dass im Kontext der niedrigen Preise für fossile Energien nachhaltige Lösungen für den Endkunden oft nicht nur in der Investition, sondern auch im Betrieb teuer sind. Die schon erwähnten niedrigen Energiepreise führen also dazu, dass der Installateur dem Endkunden eine zumindest kurz- oder gar mittelfristig unwirtschaftliche Lösung vorschlagen müsste, was er nur ungern tut. Genau dadurch ist z.B. zu erklären, dass ein Interviewpartner darauf hinwies, dass parallel zum sinkenden Ölpreis der Absatz an Ölheizungen wieder deutlich gestiegen wäre. Hinzu kommt, dass Installateure für den Einbau neuer Techniken Kenntnisse erwerben und Erfahrungen aufbauen müssen, was mit Blick auf die bisher kleinen Installationszahlen ein langwieriger Prozess ist, der zudem Weiterbildung erfordert (Clausen, 2009, S. 19). Auch dies schreckt die Branche ab. Die großen thermotechnikunternehmen bieten zwar die neuen Technologien an, bewerben sie aber nicht durchgängig (Clausen, 2009, S. 19) und wirken durch ihre politische Position darauf hin, dass sie sich nicht sehr schnell durchsetzen (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Für manche Kommunen sind die Beteiligungen an ihren Stadtwerken ein wichtiger Faktor zur Deckung des Haushaltes. Regionale Energiepläne mit einer u.U. aus ihnen erwachsenden Konsequenz zur Ausweisung von Fernwärmeversorgungsgebieten oder zur Nutzung lokaler Energiequellen würde u.U. die Ertragskraft der regionalen Energieversorger aufgrund zurückgehenden Umsatzes mit Erdgas schmälern. Solche Kommunen befinden sich damit im Dilemma.

3.2.3 Technologische Pfadabhängigkeiten

Das deutsche Gasnetz hat insgesamt eine Länge[14] von 505.000 km und versorgt knapp 50% der Haushalte (AG Energiebilanzen, 2015, S. 10). Hierin besteht zunächst einmal eine technische Pfadabhängigkeit. Besteht durch das Gasnetz die Möglichkeit, einen Haushalt bzw. ein Wohngebiet oder einen Ort mit Wärmeenergie in Form von Gas zu versorgen, dann würde die Wirtschaftlichkeit dieses Gasnetzes schlechter werden, wenn andere Energieträger wie Erdwärme eingesetzt werden oder gar zusätzlich ein Wärmenetz gebaut wird. Der Gasabsatz würde zwangsläufig zurückgehen. Letztlich hat das Gasnetz damit den Charakter einer technischen wie auch ökonomischen Pfadabhängigkeit.

Der Gebäudebestand selbst stellt eine wesentliche Pfadabhängigkeit dar. Eine regenerative Wärmeversorgung von Gebäuden mit einem Heizwärmebedarf von 200 kWh/m^2 bis 300 kWh/m^2 durch Solarthermie oder Wärmepumpen ist kaum zu realisieren, die Wärmeversorgung über Biomasse ist zwar für einzelne Gebäude machbar, aber die Verfügbarkeit von Biomasse reicht nicht für einen großen Anteil der Gebäude aus. Die hohen Renovierungskosten für den Gebäudebestand (Clausen, 2016a, S. 17) und die langen Firsten, die die

[13] Die Kosten für Wärmepumpen sind jedoch aus Sicht eines Interviewpartners noch höher als sie bei höheren Stückzahlen sein müssten. So würden die Pumpen teils noch von Hand gelötet, da die Stückzahlen für eine vollautomatisierte Lötstrecke nicht ausreichen.

[14] Vgl. BMWi (2016) : Website Erdgasversorgung in Deutschland. Unter http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Konventionelle-Energietraeger/gas.html vom 3.3.2016.

Renovierung des Bestandes erfordern wird, hemmen damit die Diffusion regenerativer Wärmeversorgungsanlagen.

Eine weitere wesentliche technische Pfadabhängigkeit besteht darin, dass in deutschen Haushalten im wesentlichen Heizkörper verbaut sind, die die Wohnungen nur dann zuverlässig erwärmen, wenn ein Warmwasservorlauf von 60°C bis 70°C zur Verfügung steht. Flächenheizungen in Boden und Wänden ermöglichen eine ausreichende Heizwirkung schon bei einem Vorlauf um die 30°C. Der Marktanteil der Flächenheizung im Neubau von Wohngebäuden beträgt zwar aktuell etwa 70% (Heizungsjournal, 2016, S. 100), in Altbauten dagegen finden sie sich kaum. Soll nun ein Gebäude aber mit einer Wärmepumpe beheizt werden, dass ist eine Flächenheizung zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades nicht verzichtbar. Die ohnehin schon hohen Kosten für Wärmepumpen steigen in solchen Fällen durch notwendige Investitionen in die Wärmeverteilung weiter an. Flächenheizungen breiten sich also im Neubau aus, der nachträgliche Einbau im Zuge von Sanierungen ist aber aufwendig, so dass sich die Auswahl nachhaltiger Wärmesysteme in Altbauten einschränkt.

Weitere technologische Abhängigkeiten finden sich in der Architektur. Ist z.B. der Platz für einen Solarwärmespeicher oder ein Pelletlager entweder nicht vorhanden oder nur aufwendig zugänglich, dann werden die Kosten für den Wechsel zu den entsprechenden Technologien größer.

Eine weitere technologische Pfadabhängigkeit besteht im Nicht-Vorhandensein von Wärmenetzen für etwa 87% der Wohngebäude, womit diese Option eines Ausscherens aus der gebäudeindividuellen Wärmeversorgung für die Gebäude nicht vorhanden ist (hierzu auch Clausen (2016b).

3.2.4 Organisationale Pfadabhängigkeiten

Der BDH vertritt zur Frage der Ausschleusung fossiler Energieträger aus dem Wärmemarkt und zum Ausbau von Netzen eine explizit konträre Position (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., 2014, S. 7):

> Die Erwartung des Verbrauchers zielt auf die sozialverträgliche, technologieoffene und marktwirtschaftlich orientierte Umsetzung der Energiewende im Wärmemarkt. Dazu müssen die freie Wahl des Energieträgers und des Heizungssystems zur Effizienzsteigerung im Gebäude, ein transparenter Wärmepreis, Systemwettbewerb und die Chancengleichheit zwischen den Beheizungsarten einschließlich der Möglichkeit zum zeitnahen Anbieter- und Technologiewechsel gewährleistet sein. Anschluss- und Benutzungszwang, Verbrennungsverbote und andere Zwangsmaßnahmen müssen die Ausnahme bleiben und dürfen nicht zum Normalfall werden.

Diese Haltung, der BDH spricht auch von „diskriminierungsfreiem Einsatz aller Energieträger“ (a.a.O. S. 2), überlässt die Entwicklung der Marktanteile der Versorgungssysteme den Marktkräften und damit der Dynamik der zu niedrigen Preise für fossile Energien.

Diese schon im Abschnitt 3.2.1 angesprochene Position des BDH steht letztlich für eine Weltsicht, die die Verantwortung für die Energieträgerwahl beim Eigentümer sieht und so die Thermotechnikbranche wie auch – letztlich – den Gesetzgeber aus der Verantwortung nimmt. Diese beschränkt sich, wenn sie überhaupt vorhanden ist, auf die Abgabe von Angeboten im fairen Systemwettbewerb. Dass dieser Wettbewerb nicht fair ist und sein Rahmen durch Steuern und Abgaben gesteckt oder nicht gesteckt wird, wird ignoriert. Letztlich deutet dies auf eine Reihe nicht hinterfragter Grundannahmen (Clausen, 2016a, S. 27) hin, die die Position der Anbieter der Thermotechnik stabilisieren.

Als organisationale Pfadabhängigkeit ist auch die Nicht-Sichtbarkeit der solaren Wärmeerzeugung in verschiedenen Statistiken zu bemängeln. Sowohl in den Daten & Fakten des

BDH[15] wie auch in der vom AGEB dokumentierten Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes (AG Energiebilanzen, 2015, S. 14) werden solarthermische Anlagen nicht ausgewiesen, weil jeweils, ohne dass dies jedoch klar dokumentiert würde, nur die primäre Anlage erfasst wird. Der Beitrag der Solarthermie bleibt damit, wenngleich noch klein, völlig unsichtbar. Dieser Nachteil trifft aber perspektivisch nicht nur die Solarthermie. Grundsätzlich wird ein Trend zur Hybridisierung der Heizungen beobachtet (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik & Shell, 2013, S. 23), wobei auch oft ein Kaminofen oder eine Wärmepumpe nur für die Warmwassererzeugung mit anderen Heizungsanlagen kombiniert wird.

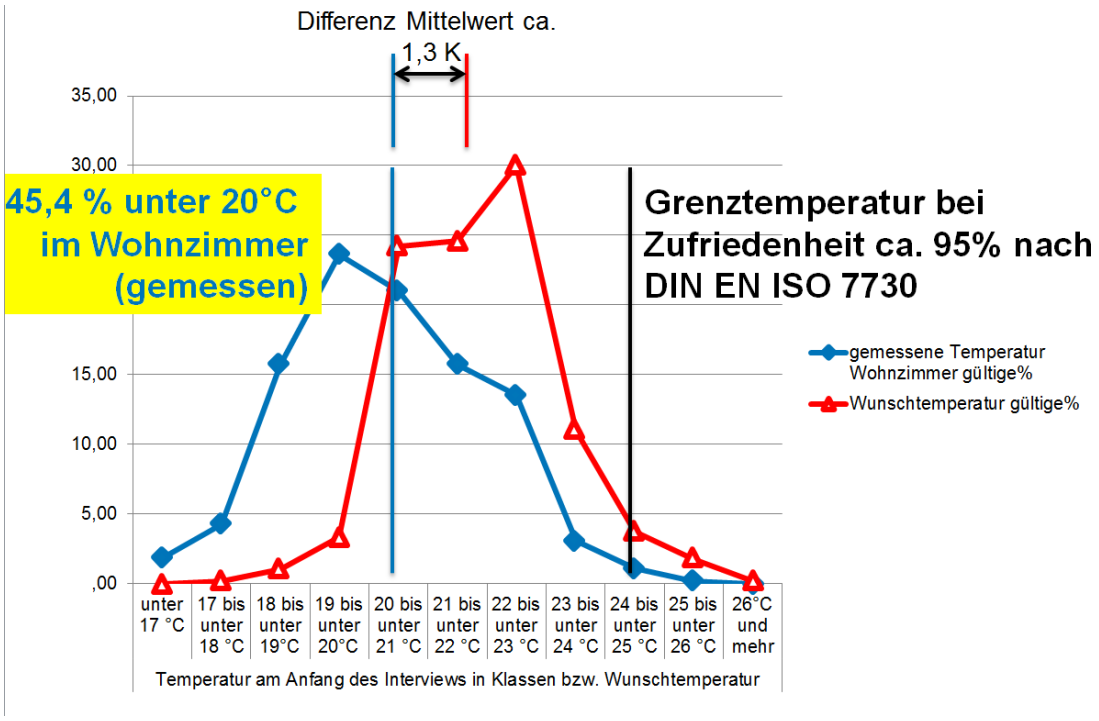
3.2.5 Nutzerbezogene Pfadabhängigkeiten

Die Bewohnerinnen und Bewohner der beheizten Gebäude haben grundsätzlich mit der jeweiligen Heizungsanlage so lange wenig zu tun, wie diese zuverlässig funktioniert. Nur im Fall der Wartung, Reparatur oder im Kontext der Neuinvestition verlangt eine Heizungsanlage Aufmerksamkeit. Nutzungsbezogene Pfadabhängigkeiten sind daher im Wesentlichen deckungsgleich mit der im Abschnitt 3.1 beschriebenen Zufriedenheit mit den gegenwärtig vorherrschenden technischen Lösungen sowie darüber hinaus mit der Zufriedenheit mit dem vergleichsweise vorteilhaften Preisniveau.

Hinzu kommt, dass das Interesse an der Heizungsanlage und deren Energieverbrauch davon abhängig ist, ob man als Mieter oder Eigentümer wohnt (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2015, S. 52). Wagnitz (2014, S. 22) stellt denn auch fest, dass ein „an die Umweltideologie angepasstes Verhalten“ bei den von ihm befragten Mietern nicht festzustellen war, stellt aber parallel dazu fest, dass die real bei den Mietern gemessenen Temperaturen signifikant niedriger waren als die im Interview benannten Wunschtemperaturen, ohne hierfür jedoch eine plausible Erklärung anzubieten.

[15] Vgl. http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Daten_Fakten/BDH_Marktentwicklung_2005-2015.jpg vom 7.4.2016.

Abbildung 6: Gemessene Temperaturen und Wunschtemperaturen (bei Außentemperaturen unterhalb 10°C), N=537



Quelle: Wagnitz (2014, S. 10).

Während Wagnitz aus diesen Zahlen den Schluss zieht, Heizungen müssten auf hohe Leistung und mehr Komfort ausgelegt und voreingestellt werden (Wagnitz, 2014, S. 55) wäre alternativ die Erklärung möglich, dass die Mieter aus Gründen von Kosten- und / oder Umweltbewusstsein bewusst etwas unterhalb ihrer Wünsche bleiben. Mangels Daten bleibt die Erklärung offen. Festzuhalten ist aber auch, dass bei einem Häufigkeitsmaximum der gemessenen Temperaturen zwischen 19 und 20°C durch Konzepte der Suffizienz vermutlich nicht mehr sehr viel Energieeinsparung durch eine noch niedrigere Temperaturwahl zusätzlich erwartet werden kann. Weiter ist festzuhalten, dass niedrige Raumtemperaturen es begünstigen, Heizungsanlagen geringer Spitzenleistung einzubauen, was sich wiederum auf deren Wirkungsgrad förderlich auswirkt. Auch die Arbeitszahl von Wärmepumpen ist bei einer niedrigeren Raumtemperatur höher, was in diesem Fall die Betriebskosten überproportional senkt. Die Frage, was Nutzerinnen und Nutzer wirklich wollen, ist damit mit der Transformation zu neuen Heizungskonzepten verbunden.

Eine weitere nutzerbezogene Pfadabhängigkeit besteht in der langfristig weiter leicht steigenden Wohnfläche. Nach der BBSR-Wohnungsmarktprognose wird die Pro-Kopf-Wohnfläche in Deutschland bis 2030 auf rund 47 m² (heute 45 m²) steigen (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2015). Hierdurch wird zwar nicht die Wahl der Heizungstechnologie beeinflusst, ein Interviewpartner wies aber darauf hin, dass selbst in ländlichen Regionen eine nachhaltige und 100%ige Versorgung mit Wärmeenergie *aus der Region* nicht mehr darstellbar wäre, da insbesondere die Kapazität der Biomasse, aber auch Flächen für Windenergie, begrenzt wäre. Durch hohe Wohnflächen wird also der Bedarf an Heizungsenergie größer und damit die Wahlmöglichkeit regenerativer Heizungssysteme aufgrund von Kapazitätsgrenzen letztlich eingeschränkt.

3.3 Angriffspunkte und Schwächen des etablierten Pfades

Der zentrale Schwachpunkt des etablierten Pfades ist, dass die eingesetzten Brennstoffe in keiner Weise geeignet sind, den Weg zur Dekarbonisierung mitzugehen.

Darüber hinaus besteht das Risiko, dass sich der Preis der eingesetzten Brennstoffe Erdgas und Heizöl durch klimapolitische Maßnahmen mittel- und langfristig deutlich erhöhen könnte. Bei einer Anlagenbetriebsdauer von bis zu 30 Jahren ist damit zu rechnen, dass sich dies bei allen heute neu installierten Heizungsanlagen auswirkt.

Ein weiterer Schachpunkt ist die hohe Abhängigkeit von Energieimporten. 98% des Erdöls, 88% des Erdgases und 87% der Steinkohle werden importiert. Claudia Kemfert wies z.B. in diesem Zusammenhang auf die Ukraine-Krise hin.[16] Nur bei erneuerbaren Energien und Braunkohle gibt es keine Importabhängigkeit. Der Schwachpunkt dieses Sachverhalts liegt weniger in der Belastung der Außenhandelsbilanz, die aktuell wieder niedriger ist als noch vor wenigen Jahren, sondern eher in der Abhängigkeit der zuverlässigen Lieferung von Gas und Öl aus Arabien und Russland.

[16] Vgl. http://www.bee-ev.de/home/presse/mitteilungen/detailansicht/wissenschaftler-und-bee-fordern-waermewende/ vom 8.3.2016.

4 Transformationsansätze

Grundsätzlich zu unterscheiden ist mit Blick auf die Transformationsstrategien zwischen Neubau und Sanierung. Während der Neubau grundsätzlich nach den jeweils aktuellen Anforderungen der EnEV erfolgt, spielen sich Sanierungsaktivitäten in einem komplexen Raum aus Möglichkeiten, Förderungen und Wirtschaftlichkeit ab, da es hier nur wenige ordnungsrechtliche Vorschriften gibt.

Zusätzlich unterstützt wird der Wechsel bestehender Gebäude zu regenerativen Wärmeversorgung in Baden-Württemberg durch das 2010 durch die CDU-Landesregierung eingeführte „Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg“ (Regierung des Landes Baden-Württemberg, 2015). Dies Gesetz formuliert in §4: „Nutzungspflicht: (1) Beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizanlage sind die Eigentümerinnen und Eigentümer der versorgten Gebäude verpflichtet, mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken oder den Wärmeenergiebedarf um mindestens 15 Prozent zu reduzieren. (2) Die Verpflichtung ist spätestens innerhalb von 18 Monaten nach Inbetriebnahme der neuen Heizanlage zu erfüllen und der zuständigen Behörde nachzuweisen.“

4.1 Effizienz und Erneuerung der fossilen Heizungsanlagen

Der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) sieht die zentrale Transformationsstrategie in Effizienzfortschritten der Heizungsanlagen. So können beim Wechsel von Niedertemperatur-Gas- und Ölkesseln zu Brennwertkesseln ca. 10 bis 15% Energie gespart werden. Dieser Austausch ist aus Sicht von BDH und Shell (2013, S. 53) rentabel und selbst bei konstanten Energiepreisen kostenneutral. Weitere Fortschritte von ca. 30% lassen sich aufgrund der hohen Arbeitszahlen durch Gaswärmepumpen oder durch KWK-Anlagen erreichen (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik & Shell, 2013). Auch mit diesen Technologien kann aber der Primärenergieverbrauch an fossilen Energien für das Heizen bestenfalls um 40 bis 45% reduziert werden, was dem Ziel des Energiekonzepts einer Reduktion um 80 bis 95% nicht entspricht. Die fossilen Technologien der Gas- und Ölheizungen sind damit als Brückentechnologie zu positionieren, die bis etwa zum Jahr 2040 oder 2050 wieder aus dem Bestand verschwunden sein sollten. Dafür aber wäre es sogar erforderlich, die Neuinstallation um das Jahr 2025 zu beenden, denn bei einer Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren wären fossile Heizkessel sonst erheblich länger im Einsatz.

Neben effizienter Kesseltechnologie ist für die Effizienz von Heizungsanlagen auch die elektronische Steuerung von Belang. Durch die Berücksichtigung von Außentemperaturen und Wetterprognosen lassen sich Heizungsanlagen so regeln, dass der Primärenergieverbrauch sinkt. Wird ein BHKW eingesetzt, so kann je nach Strompreis und verfügbaren Wärmespeichern auch die Betriebszeit so gewählt werden, dass ein möglichst hoher Strompreis erzielt wird (stromgeführter Betrieb). Hierzu wären aber sowohl Smart Meter wie auch variable Strompreise Bedingung.[17]

[17] Ein Interviewpartner merkt an, dass die IT-Sicherheit der ihm bekannten Lösungen noch deutlich zu wünschen übrig ließe.

Digitalisierung der Heizungssteuerung

Allein durch intelligente Gebäude- und Hausautomatisierungstechnik lassen sich in Mehrfamilienhäusern oder bei Vorhandensein von Blockheizungen bis zu 30 % des Heizenergieverbrauchs einsparen (Riedel, 2006, 2007). Die damit verbundenen Einsparpotenziale sind mit denen klassischer Wärmedämmverbundsysteme vergleichbar. Während in normalen Heizungsanlagen die Anpassung der Heizleistung über die Außentemperatur sowie indirekt über die Drosselung des Wärmeabrufs durch Thermostatventile in den Wohnungen erfolgt, nutzt eine adaptive Heizungssteuerung Informationen aus den einzelnen Wohnungen im Gebäude, um daraus kontinuierlich die optimale Heizkurve zu berechnen. Mit Hilfe von Sensoren und Aktoren, den hinterlegten Solltemperaturen und Nutzungsprofilen der Bewohner wird die erforderliche Heizleistung errechnet und der Kessel im jeweiligen Betriebsoptimum geführt. Zum einen kann so eine hohe Prognosegüte für den zeitlich variablen Heizbedarf eines Gebäudes erreicht werden und zum anderen kann die Steuerung über Optimierungsalgorithmen den in Bezug auf die Gebäudephysik und den Heizbedarf energetisch optimalen Verlauf der Heizkurve bestimmen.

Berechnungen des Borderstep Institutes ergaben noch 2012 (Beucker et al., 2012), dass sich durch eine gezielte Förderung dieser Technik und der Kombination mit klassischen Dämm- und Sanierungsmaßnahmen im mehrgeschossigen Wohnungsbau die Erreichung der im Energiekonzept der Bundesregierung formulierten Zielsetzung einer Reduktion des Wärmeverbrauchs um 20 % bis zum Jahr 2020 erheblich unterstützen ließe.[18] Mittelfristig lassen sich durch Digitalisierung CO_2-Emissionen in einer Größenordnung von 15 Mt. vermeiden.

In Weißenfels, Sachsen-Anhalt hat die lokale Wohnungsbau und Wohnungsverwaltung Weißenfels GmbH vor mehr als 10 Jahren begonnen ihren Bestand an ca. 5.000 Wohnungen energetisch zu sanieren. Dadurch sollten die Nebenkosten für die Mieter reduziert sowie der Aufwand für Verwaltung, Wartung und Instandhaltung der Gebäudetechnik gesenkt werden. Ein Teil der Wohnungen wurde mit einer adaptiven selbstlernenden Heizungs- und Lüftungssteuerung ausgestattet. Mit diesem System können in den Wohnungen und einzelnen Räumen die Solltemperaturen einfach und individuell eingestellt werden. Die zentrale Heizungssteuerung im Gebäude ermittelt aus diesen Daten optimale Vorheizzeiten und Mindesttemperaturen. Über eine Fernüberwachung und -steuerung der Anlagen können zudem Wartungsdiagnosen erstellt und Rückfragen der Mieter zur Funktionsfähigkeit der Anlagen beantwortet werden. Durch das installierte System wurden Energieeinsparungen um rund 30 % erzielt und die Warmmiete konnten je Wohnung monatlich um durchschnittlich 49 Euro gesenkt werden (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2009).

4.2 Flächenheizungen

Als Basistechnologie für die effiziente Nutzung von Niedertemperaturwärme zur Raumheizung sind Flächenheizungen von hoher Wichtigkeit. Im Neubau haben sie heute einen Marktanteil von 70% (Heizungsjournal, 2016, S. 100). Bei Renovierungen sind Flächenheizungen dagegen die große Ausnahme, da für den Einbau einer Fußbodenheizung der Estrich erneuert werden müsste.

Ein Interviewpartner wies darauf hin, dass Wandheizungen durchaus bei Gebäuderenovierungen eingebaut werden könnten. Auch die Installation von Deckenheizungen sei möglich,

[18] Der Betrag zu dem Ziel der Bundesregierung, den Wärmeverbrauch um 20% zu reduzieren kann erheblich sein. Das technische Potenzial der Einzelobjekte liegt mit 30% noch höher.

wobei im Vergleich eines Vorlaufs von 35°C bei einer Fußbodenheizung bei einer Deckenheizung schon ein Vorlauf von 30°C ausreichen würde.

Als neuer Typ von Flächenheizung befindet sich nach Angabe eines Interviewpartners in der Entwicklung, eine außenliegende Wandheizung, die zwischen Betonfassade und Wärmedämmverbundsystem aufgebracht wird und aus so genannten Kapillarrohrmatten besteht.[19]

> Der größte Vorteil sei, dass die Nutzer beziehungsweise Bewohner durch das Anbringen der Flächenheizung kaum beeinträchtigt würden. Zudem könnten wegen der Lage der Flächenheizung zwischen bestehender Wand und neuer Wärmedämmung sehr niedrige Vorlauftemperaturen von 20 bis 25 Grad Celsius nutzbar gemacht werden. Ein weiterer Pluspunkt: „Die 34 Zentimeter dicke Betonwand wird auf diese Weise thermisch aktiviert – das Ergebnis ist eine große thermische Speichermasse." Auf diese Weise würden Wärme oder Kälte in der Außenwand zwischengespeichert, und ihre Erzeugung und Verbrauch könnten zeitlich entkoppelt werden.

Am Ende des Mitte 2017 auslaufenden Projektes von IZES und Universität Saarbrücken ist die Perspektive dieser Innovation wohl besser zu beurteilen.

4.3 Solare Wärme

Solare Wärme lässt sich auf vier verschiedene Arten gewinnen:

- in großen Solaranlagen kann Solarwärme in großer Menge gewonnen und ggf. saisonal gespeichert werden (siehe Analyse zu Wärmenetzen),
- mit kleinen Einzelhausanlagen (ca. 4 m^2) dient Solarthermie der Trinkwassererwärmung,
- mit größeren Einzelhausanlagen (ca. 8 m^2) dient Solarthermie in der Regel der kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung,
- mit großen Einzelhausanlagen (30 m^2 bis 50 m^2) in Kombination mit thermischen Energiespeichern mit 5 bis 10 m^3 lassen sich solare Deckungsanteile von über 50% erreichen (Berner, 2013a). Als Variante existiert hier auch die Idee, PV statt Solarkollektoren einzubauen und den Speicher elektrisch zu beheizen. Wesentlich ist dabei, dass die Kosten des thermischen Speichers bei 30 € bis 40 € pro kWh liegen (Berner, 2013b, S. 33), die eines Stromspeichers aber bei ca. 500 € pro kWh.

Die in Deutschland insgesamt installierten 2,05 Mio. Einzelanlagen verfügen über eine Solarkollektorfläche von gegenwärtig ca. 18,4 Mio. m^2 und tragen mit etwa 1% zur Wärmeversorgung der Haushalte bei. Da solare Wärme im Sommer in großer und im Winter nur in kleiner Menge zur Verfügung steht, ist sie zur Komplettversorgung von Häusern grundsätzlich nicht geeignet. Der solare Deckungsgrad der Wärmeerzeugung (Heizung und Warnwasser) liegt dabei in nicht wärmesanierten Gebäuden selten höher als 20%.[20] In den Szenarien von BDH und Shell (2013, S. 53) liegen die Kosten für den Zubau von Solarthermieanlagen etwa 20% über den durch sie möglichen Einsparungen.

Die Wärmegewinnung durch Solarthermie ist eine Konsistenzstrategie.

[19] Vgl. http://www.saar-is.de/meldungen/aktuelle-meldungen/news/detail/innovative-aussenliegende-wandheizung-an-uni-gebaeude-getestet/ vom 3.6.2016.

[20] Vgl. https://www.solarwirtschaft.de/fuer-verbraucher/solarwaerme-film/experteninterview.html vom 6.3.2016.

Hauptakteur ist der BSW-Solar mit den in ihm zusammengeschlossenen Unternehmen. Dieser beklagt allerdings die Tatsache, dass über die prioritäre Förderung fossiler KWK in Deutschland die Chancen für die solare Wärmeversorgung kaum genutzt werden und kaum nutzbar sind.[21] Die Akteure des BSW-Solar umfassen zahlreiche ökologisch motivierte Unternehmen der Solarbranche, aber auch bereits „klassische" Themotechnikunternehmen, die dem Markt folgend in die Solarbranche eingestiegen sind.

4.4 Wärmepumpen

Unter einer Wärmepumpe versteht man eine Maschine, die unter Aufwendung von mechanischer Arbeit meist mit elektrischem Antrieb thermische Energie aus einem Reservoir mit niedrigerer Temperatur (bei erdgebundenen Wärmepumpen ist das das Erdreich, bei Luftwärmepumpen die Umgebungsluft) aufnimmt und – zusammen mit der Antriebsenergie – als Nutzwärme auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur (z.B. Raumheizung) überträgt. Elektrisch angetriebene Erdwärmepumpen erreichen Arbeitszahlen von ca. 3,5 bis 4, mit Kältemittel CO_2 kann die Arbeitszahl 4,5 erreicht werden. Luftwärmepumpen kommen dagegen oft nicht mal auf eine Arbeitszahl von 3,0.[22] Je größer die Quellentemperatur (also z.B. Wärmequelle 10°C Bodentemperatur und nicht -10°C Außenlufttemperatur) und je niedriger die Vorlauftemperatur (also z.B. 30°C für Flächenheizung und nicht 60°C für Konvektorheizung), desto höher ist dabei die Arbeitszahl.

Luftwärmepumpen sind in der Anschaffung vergleichsweise preiswert und stellen für Neubauten mit niedrigem absolutem Wärmebedarf nach Angabe eines Interviewpartners eine beliebte Lösung dar. Etwa 20% der Neubauten werden mit ihnen ausgestattet. Aufgrund der niedrigen Arbeitszahl wird das Heizen mit einer Luftwärmepumpe aber teuer, wenn der Energieverbrauch des Hauses hoch ist, also z.B. im Falle eines nicht gut sanierbaren Altbaus. Ein weiterer Interviewpartner erwähnt, dass gerade der korrekte Einbau von Luft-Luft Wärmepumpen hohe Anforderungen an die Monteure stellen würde, denen diese manchmal nicht gerecht würden, so dass die errechnete Arbeitszahl dann nicht erreicht wird.

Erdwärmepumpen erfordern die Einbringung einer oder mehrerer oft ca. 100 m tiefen Bohrungen, in die die Wärmetauscherrohre eingebracht werden. Die Prüfung, ob ein Standort geeignet ist, wird z.B. in Niedersachsen durch eine interaktive Karte des Landesamtes für Bergbau und Energie unterstützt.[23] Die Bohrungen werden von hierauf spezialisierten Fachfirmen hergestellt, die sich oft bereits als Brunnenbaufirmen am Markt etabliert haben. Erdwärmepumpen erreichen höhere Leistungen als Luftwärmepumpen, sind aber erheblich teurer, was aus Sicht eines Interviewpartners zu Problemen mit der Rentabilität führt. Über größere Sondenfelder können auch größere Wärmenutzer versorgt werden. Sehr geeignet ist auch die Kombination von winterlichem Wärme- mit sommerlichem Kältebedarf, da hier die Erdvolumen erst gekühlt und dann wieder erwärmt werden und weniger Temperaturdrift stattfindet.

Die Wärmegewinnung durch Wärmepumpen ist immer dann, wenn der Strom regenerativ erzeugt wird, eine Konsistenzstrategie. Bei Antrieb mit fossilem Strom lassen sich Wärmepumpen aufgrund ihrer im Vergleich zur Nachtspeicherheizung erheblich höheren Arbeits-

[21] Vgl. BSW Solar (2015) : Klimaschutz zum halben Preis.
ter https://www.solarwirtschaft.de/presse/pressemeldungen/pressemeldungen-im-detail/news/klimaschutz-zum-halben-preis-solare-fernwaerme.html vom 4.3.2016.

[22] Vgl. http://www.enbausa.de/heizung-warmwasser/aktuelles/artikel/luftwaermepumpen-nur-heisse-luft-3727.html vom 6.4.2016.

[23] Vgl. http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=545.314# vom 13.6.2016.

zahlen auch als Effizienzstrategie sehen. Bei Vorhandensein eines Smart Meter, zeitlich variablen Strompreisen und verfügbaren Speichermassen kann eine Wärmepumpe auch stromgeführt betrieben werden, also dann besonders arbeiten, wenn das Stromangebot hoch und der Preis niedrig ist. Speichermasse kann dabei auch das Gebäude selbst sein, in dem es z.B. kurzfristig nicht auf 20°C, sondern auf 23°C erwärmt wird. Danach kann die Wärmepumpe dann eine Zeit lang abgeschaltet sein.

Hauptakteur sind die Anbieter von Wärmepumpen und unter ihnen die großen Thermotechnikunternehmen sowie der Bundesverband Geothermie mit den in ihm zusammengeschlossenen Unternehmen der Bohrtechnik und Wärmeversorgung.

4.5 Power to Heat

Wärmepumpen bieten die Möglichkeit, Überschussstrom in der Wärmeversorgung zu nutzen. Theoretisch könnten auch Wärmespeicher in Einzelhäusern, bis ca. 800 l sind üblich, über Heizstäbe aufgeheizt werden und so den überschüssigen Strom verbrauchen. Auch die Kombination von Wärmepumpen mit Speichern bietet die Möglichkeit, die Wärmepumpen besonders dann zu betreiben, wenn Strom reichlich vorhanden ist. Voraussetzung für alle diese Technologien wäre ein Stromhandelssystem, in dem der Strompreis auch für die Endabnehmer mit der Verfügbarkeit steigt oder fällt. Weiter wären in den Haushalten Smart Meter erforderlich. Ein Interviewpartner sieht hier eine gute Möglichkeit, zumindest einen Teil der Wärmeversorgung regenerativ zu gestalten.

Die Nutzung von Überschussstrom ist immer dann, wenn es sich wirklich um Überschüsse handelt, eine Effizienzstrategie.

Ökonomisch kann es auch sinnvoll sein, Strom aus der eigenen PV-Anlage zum Antrieb der Wärmepumpe zu nutzen. Aus Sicht eines Interviewpartners fehlt hierzu aber noch ein bezahlbarer Stromspeicher.

Aber nicht nur die Wärmewirtschaft, sondern zahlreiche Akteure spekulieren seit einiger Zeit auf Überschussstrom aus der regenerativen Stromerzeugung: Die chemische Industrie möchte Wasserstoff gewinnen, andere Akteure möchten den Wasserstoff zu Methan umsetzen und ins Erdgasnetz einspeisen und auch seitens der Wärmenetzbetreiber besteht ebenso Interesse, Überschussstrom zu nutzen. Ein Interviewpartner bezeichnete Power to Heat als umweltpolitisches Trugbild, weil zum einen diese Energiequelle stark „überbucht“ sei und weil besonders bei Lösungen über Wasserstoff und Methan der niedrige Wirkungsgrad nicht für eine breite Anwendung spräche. Die Aussicht auf große Mengen regenerativen Methans sei nicht realistisch, würde aber die Hoffnung auf Fortsetzung des Pfades der Gasheizung nähren und letztlich das Handwerk verunsichern.

4.6 Biomasse

Biomasse ist in den Varianten der Verbrennung holzartiger Biomasse sowie der Verbrennung von Biogas von Bedeutung. Die Idee der Nutzung von Biomasse zu Heizzwecken weist Synergien mit den Interessen der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe auf. In den Szenarien von BDH und Shell (2013, S. 53) liegen die Kosten für den Zubau von Holzheizungen etwa 20% über den durch sie möglichen Einsparungen.

Die Begrenzung der Förderung des weiteren Ausbaus der Bioenergie im EEG 2014 weist jedoch bereits darauf hin, dass die Potenziale schon annähernd ausgeschöpft sind. Auch die vergleichende Studie von Aretz und Hirschl (2007, S. 14) lässt darauf schließen, dass ein großer Teil des für die Wärmegewinnung nutzbaren Biomassepotenzials bereits genutzt

wird. Weiter wird deutlich, dass ein Großteil der verfügbaren Reserven in Form von Waldrest- und Schwachholz zur Verfügung steht, welches nicht in kleinen Einzelhausanlagen verbrannt werden darf, anteilig aber für die Pelletproduktion zur Verfügung stehen könnte.

Das für Heizzwecke verfügbare Potenzial an Biomasse könnte aus Sicht eines Interviewpartners zukünftig aber anderweitig benötigt werden, z.B. in der Industrie. In einer 100% dekarbonisierten Wirtschaftsstruktur werden die wenigen verfügbaren Brennstoffe möglicherweise primär zur Erzeugung von Prozesswärme benötigt.

Die Wärmegewinnung durch Biomasse ist eine Konsistenzstrategie, sofern eine nachhaltige Produktion der Biomasse sichergestellt ist.

Etwa 6% des Wohnungsbestandes werden bereits durch Holz, Holzpellets oder auf Basis anderer Formen von Biomasse beheizt (AG Energiebilanzen, 2015, S. 10). Biomasseheizungen, z. B. mit Pellets, sind aufwendig (Kessel, Förderanlage, Pelletspeicher) und bedeuten eine hohe Investition. Im letzten Jahr war nach Angabe eines Interviewpartners das Heizöl wieder zeitweise billiger als Pellets, was die Investitionsneigung dämpfte.

Da Biomasse wie Gas und Öl ein „Brennstoff" ist, weist er am ehesten eine technologische und kulturelle Anschlussfähigkeit an die bisherigen Branchenstrukturen auf.

Hauptakteur sind die Hersteller von Öfen und Pelletanlagen sowie die Land- und Forstwirtschaftlichen Verbände.

4.7 Beurteilung der Transformationsansätze.

Zusammenfassend lässt sich der bisher erreichte Stand der Transformation so charakterisieren:

- Die Heizungsindustrie setzt zwar verbal auf bessere Effizienz durch Austausch der Heizungsanlagen, hat aber bisher nicht verhindern können, dass 70% der Anlagen aus ihrer Sicht überaltert sind. Ihr Austausch lohnt sich wirtschaftlich vielfach deshalb nicht, weil die durch höhere Effizienz erzielbaren Kosteneinsparungen im Verbrauch aufgrund der zu niedrigen Energiepreise sehr klein ausfallen.
- Während die etablierte Heizungsindustrie und ihre Verbände mit Blick auf Effizienz primär auf effiziente Heizungsanlagen setzen, bietet eine weitergehende Digitalisierung der Heizungssteuerung darüber hinaus Effizienzpotenziale in zweistelliger Prozent-Größenordnung, die sich zu sehr wettbewerbsfähigen Kosten erschließen ließe. Diese Technologien erfahren jedoch kaum Unterstützung und verbleiben bisher in der Nische.
- Solare Wärme im Einzelhaus – immer in Verbindung mit einer zweiten Wärmequelle als sogenannte Duplex-Anlage – ist in Deutschland etwa auf 2 Millionen Gebäuden installiert. Die weitere Verbreitung verläuft schleppend, da die Technologie aufgrund der zu niedrigen Kosten fossiler Energien unwirtschaftlich ist und primär also von Menschen mit hohem Umweltbewusstsein und überdurchschnittlichem Einkommen eingebaut wird (Clausen, 2010, S. 414). Auch andere Duplex-Anlagen wie z.B. eine eher klein dimensionierte Wärmepumpe mit einem ebenfalls kleinen Spitzenlast-Gaskessel sind aus Sicht eines Interviewpartners zwar technisch gute Möglichkeiten, aber ebenso meist nicht rentabel. Das EEWärmeG, verfehlt seine Wirkung, da es im Kern zu mehr Maßnahmen der Energieeffizienz im Neubau führt.
- Wärmepumpen sind eine zentrale Technologie der Wärmeversorgung für den gesamten Neubau von Einfamilienhäusern im Niedrigenergie- und Passivhausstandard, da mit ihnen ein Gasanschluss wie auch eine aufwendige Pelletanlage verzichtbar werden und mit fortschreitender Energiewende die Wärmeversorgung dieser

Häuser nach und nach klimaneutral wird. Der Marktanteil von Wärmepumpen an neuinstallierten Heizungssysteme verharrt aus Kosten- und Wirtschaftlichkeitsgründen bei zu niedrigen 8%, macht im Neubau aber immerhin 29% aus (Ecofys et al., 2013, S. 9).

- Weiter sind 4,2% der neuinstallierten Heizungssysteme Biomasseheizungen.

Keiner der Transformationsansätze erfüllt bisher die in ihn gesetzten Hoffnungen und keiner bietet allein das Potenzial, die Teilziele des Energiekonzeptes zu erreichen. In diesem Befund mag ein wesentlicher Teil der Erklärung liegen, warum von einer Wärmewende in Deutschland noch kaum gesprochen werden kann. Aus Sicht eines Interviewpartners könnte darüber hinaus das Problem bestehen, dass die regional verfügbaren Wärmeressourcen letztlich nicht ausreichen, um die großen Wohnflächen dauerhaft und nachhaltig zu beheizen. Eine Lösung hierfür läge in einer Reduktion der Wohnflächen oder in einer Nutzung regenerativen Stroms für Wärmepumpen, wofür die Einsatzmöglichkeiten aber auch nicht flächendeckend gegeben sind.

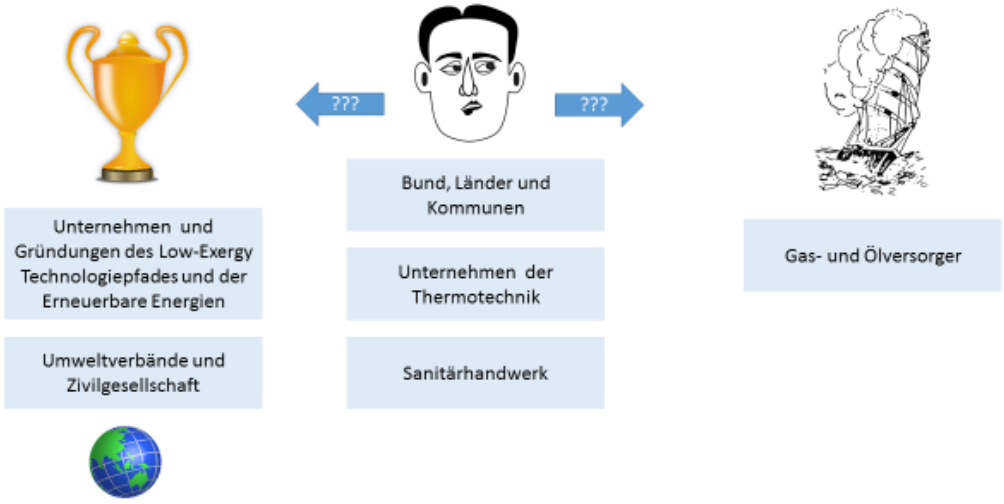
4.8 Das Akteurssystem der Transformation

Als Akteure der Transformation sind folgende Gruppen in Bezug auf einen möglichen Pfadwechsel von Belang:

- Bundes- und Landesregierungen, die die Erfordernisse der Verträge zum Klimaschutz wie auch des nationalen Energieprogramms wirksam in die Praxis umsetzen müssen,
- die Thermotechnikunternehmen des dominierenden Regimes der fossilen high-exergy Wärmewirtschaft, die zum Teil als Anlagenhersteller auch die Technologien des low-exergy Pfades herstellen bzw. herstellen werden, sowie ihr zentraler Verband der BDH,
- die Handwerksunternehmen des dominierenden Regimes der fossilen high-exergy Wärmewirtschaft, also die Installateure und Heizungsbauer, die auch die Technologien des low-exergy Pfades einbauen und warten werden, sowie ihr zentraler Verband der ZVSHK,
- die Energieunternehmen des dominierenden Regimes der fossilen high-exergy Wärmewirtschaft, also die Gas- und Heizöllieferanten, die Verlierer der Transformation sein werden,
- die Unternehmen und Gründungen des entstehenden low-exergy Technologiepfades und ihre Verbände BEE, BSW Solar usw.,
- die Eigentümer von Gebäuden aller Art, deren Wärmeversorgung im Zuge des Pfadwechsels umgestellt werden wird (wobei die bereits installierten Zahlen von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen erkennen lassen, dass etwa 10% der Gebäudeeigentümer einem solchen Pfadwechsel aus verschiedenen Gründen aufgeschlossen gegenüber stehen und ihn auch zu finanzieren bereit sind) sowie
- zivilgesellschaftliche Kräfte, die sich in der Klima Allianz Deutschland (Klima Allianz Deutschland, 2016) zusammengeschlossen haben und die Ausdehnung der Energiewende auf die Wärme unter dem Schlagwort Wärmewende fordern.

Diese Aufzählung macht deutlich, dass es neben den Lieferanten von Öl und Gas durch mehr erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung nicht unbedingt weitere Verlierer geben muss. Für alle anderen sind Co-Benefits (Jänicke, Schreurs & Töpfer, 2015) bzw. Win-Win Situationen möglich.

Abbildung 7: Gewinner und Verlierer einer Wärmewende in der Wärmeversorgung von Einzelgebäuden



Quelle: Borderstep Institut

Innerhalb dieser Akteursgruppen ist eine zentrale Rolle bei den staatlichen Stellen zu erkennen. Die Akteure der Wirtschaft, sowohl des High-Exergy wie des Low-Exergy Pfades, können nur diejenigen Lösungen praktisch umsetzen, für die sich eine regionale oder fallbezogene Mehrheit bzw. Kundengruppe entscheidet. Für diese Entscheidung sind maßgeblich:

- die Verfügbarkeit der jeweiligen Technologien,
- die Vertrauenswürdigkeit dieser Technologien für die betroffenen AnwenderInnen,
- die relativen Investitions- und Betriebskosten.

Während die ersten beiden Punkte von den Wirtschaftsakteuren beeinflusst werden können, sind die relativen Kosten, besonders die Energiekosten, Gegenstand international schwankender und kaum vorhersehbarer Rohstoffpreise sowie staatlicher Rechtssetzung durch Energiesteuern. Mit Blick auf die Frage der relativen Preise sind alle Wirtschaftsakteure in einer reaktiven Rolle.

Für den Fall einer eindeutigen Rechtssetzung in Richtung einer Wärmewende sind es aber nur die Öl- und Gasversorger, die in jedem Falle zu den Verlierern zählen. Und es sind in erster Linie die Unternehmen und Gründungen der Low-Exergy Technologien und der erneuerbaren Energien, die voraussichtlich zu den Gewinnern zu rechnen wären.

Alle anderen Wirtschaftsakteure stehen zwar grundsätzlich vor den Anforderungen, Produktprogramme, Produktionsanlagen und technisches Fachwissen weiterentwickeln bzw. anpassen zu müssen, haben aber die Möglichkeit, langfristig von einer Wärmewende zu profitieren. Denn selbst, wenn die Wärmeversorgung für die Gebäudebesitzer nicht teurer würde, würden erhebliche Werte nicht mehr für Importe von Gas und Öl abfließen, sondern diese Werte würden wohl zu einem großen Anteil den Technologienanbietern zu Gute kommen.

5 Fazit und Möglichkeiten für Pfadwechsel

5.1 Gegenstand der Untersuchung

Der hier vorgelegte Bericht fokussiert auf die Transformation der Versorgung von Gebäuden mit Wärme weg von fossilen Wärmequellen hin zur Versorgung mit erneuerbaren Energien. Im Fokus stehen dabei solare Wärme, Wärmepumpen und Biomasse sowie Möglichkeiten für Effizienzsteigerungen, die auch als Übergangstechnologien mit Fokus auf fossile Wärmequellen von Bedeutung sind.

5.2 Pfadabhängigkeiten

Von dem Entstehen eines Lock-In auf das Heizen mit fossilen Energien kann kaum gesprochen werden. In der Geschichte der Menschheit standen vom Holz als Brennstoff für das Heizen von Höhlen und Hütten über die Kohleöfen des 19ten Jahrhunderts bis zu den Öl- und Gasheizungen der Gegenwart nie andere Möglichkeiten zur Verfügung. Erst Ende der 1970er Jahre kamen die ersten Solarthermieanlagen und Wärmepumpen auf den Markt, aber sie erreichen bis heute nur kleine Marktanteile. Holzöfen haben in ländlichen Regionen durchgängig existiert. Im Zuge der neuen Popularität des Heizens mit Biomasse seit den 1990er Jahren erfuhren sie aber einen Aufschwung. Noch in 2015 basierten 87,8% aller neu eingebauten Heizungsanlagen auf den fossilen Energiequellen Öl und Gas (vgl. Abbildung 1). Bisher ist der Pfad der fossilen Raumwärmeversorgung in Deutschland nicht erschüttert.

Der Pfad der fossilen Wärmeversorgung umfasst dabei mindestens drei Komponenten: die Geräte zur Wärmeerzeugung (also die Gas- und Ölheizungen) sowie die Anlagen zur Wärmeverteilung (also die Heizkörper), die preiswerten und immer verfügbaren fossilen Energieträger Gas und Öl sowie ihre Lieferanten und letztlich (ineffiziente) Gebäude mit hohen Wärmeverlusten, die kaum anders als durch hochexergetische Verbrennungsprozesse beheizt werden können. Als bedeutendste Pfadabhängigkeiten der Wärmeversorgung von Gebäuden sehen wir die folgenden:

- Auf staatlicher Ebene sind niedrige Preise für fossile Energieträger durch den nichtfunktionierenden EU-Emissionshandel und die im Vergleich zu Vorreiterländern der Nachhaltigkeitstransformation wie Dänemark oder Norwegen niedrige Energiesteuern auf lange Zeit festgeschrieben (vgl. Abschnitt 3.2.1). Aufgrund dieser niedrigen Preise für fossile Energieträger besteht aus Sicht quasi aller Marktteilnehmer keinerlei wirtschaftlicher Anreiz, erneuerbare Energieträger zu erschließen. Durch hohe und zunächst unsichere Investitionen könnten hier quasi nur nicht-wettbewerbsfähige Alternativangebote aufgebaut werden. Die meisten Interviewpartner betonen, dass höhere Preise für fossile Energieträger, die aber als „level playing field“ für alle in der Wärmeversorgung aktiven Akteure gelten müssten, eine zentrale Voraussetzung für eine Wärmewende sind.
- Der Gebäudebestand mit seinem hohen spezifischen Energieverbrauch wie auch mit seinen Konvektor-Heizungsanlagen, die hohe Vorlauftemperaturen erfordern, sowie mit den für die Renovierung aufzubringenden „Pfadwechselkosten“ hemmt ebenfalls die Verbreitung regenerativer Heizungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.2.3).
- Die Unternehmen der Thermotechnik, ihr Verband BDH wie auch das Handwerk sehen sich in dem Dilemma, dass sie zwar regenerative Heiztechnik liefern könnten, diese aber für den Anwender bisher wenig wirtschaftlich ist. Sie raten konsequenter Weise von der Investition in regenerative Heiztechnik eher ab und stabilisieren so

den Pfad der fossilen Wärmeversorgung (vgl. Abschnitte 3.2.2 und 3.2.4). Die Heizungsindustrie setzt gegenwärtig bestenfalls auf Kombinationsanlagen, in denen regenerative Wärme die fossile Wärmeerzeugung ergänzt. Aus Sicht eines Interviewpartners schreiben genau diese Anlagen den fossilen Pfad gegenwärtig wirksam fort.

- Ein „sogenanntes" Erneuerbare Energien Wärmegesetz, welches in zwei Drittel der Fälle zu Effizienzmaßnahmen führt, hat seinen Namen und seinen Zweck verfehlt (Ecofys et al., 2013, S. 18). Der Vorschlag des BDH, EnEV und EEWärmeG zusammenzuführen (vgl. Abschnitt 3.2.1), klingt vor diesem Hintergrund zwar sehr plausibel, würde aber die wohl ohnehin niedrige Auswirkung des EEWärmeG auf den Versorgungsanteil mit erneuerbarer Wärme noch stärker reduzieren. Zwar hat die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie anspruchsvolle Ziele für die Energiewende im Allgemeinen und auch die Transformation der Wärmeversorgung formuliert, aber durch wenig wirksame umweltrechtliche Vorschriften kommt der Pfadwechsel nicht in Gang. Der zentrale Verband BDH unterstützt diese zögerliche Haltung der Politik konsequent.

Zwischen den Pfadabhängigkeiten bestehen insoweit Zusammenhänge, als sie nur zusammen die hohe Stabilität des technologischen Systems „fossile Heizwärmeversorgung" erklären können. Niedrige Brennstoffpreise zusammen mit dem energiehungrigen Gebäudebestand und angesichts eines weitgehend fehlenden, wirksamen umweltpolitischen Druckes zur Veränderung lässt die Unternehmen der Thermotechnik wie auch das Handwerk Gas- und Ölheizungen immer weiter verkaufen.

5.3 Auswirkungen der Pfadabhängigkeiten auf die Transformationsansätze

Auf die Kapitel 4 vorgestellten Transformationsansätze wirken sich die Pfadabhängigkeiten mit unterschiedlicher Intensität aus. Eine starke Pfadabhängigkeit stabilisiert dabei das System mit seinen Akteuren in besonders hohem Ausmaß. Sie stellt damit ein besonders starkes Hemmnis für einen Pfadwechsel dar.

Tabelle 1: Auswirkungen von Pfadabhängigkeiten auf Transformationsansätze

Transformationsansatz / Leitstrategie / Pfadabhängigkeit	Effizienz und Erneuerung der fossilen Heizungen Effizienz	Flächenheizungen Effizienz	Solare Wärme Konsistenz	Wärmepumpen Konsistenz	Power to heat Effizienz	Biomasse Konsistenz
Niedrige Brennstoffpreise	mittel	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel
unsanierter Gebäudebestand	niedrig	hoch	hoch	hoch	unklar	niedrig
Fokus der Hersteller und Zulieferer auf Gas- und Ölfeuerung	niedrig	mittel	hoch	hoch	hoch	niedrig
Wenig wirksame umweltrechtliche Vorschriften	mittel	mittel	mittel	hoch	unklar	mittel

Wenig verwunderlich sind die Hürden für eine Realisierung konsistenter Lösungen höher als die für Effizienzlösungen. Ausnahme ist die Biomasseheizung, die aufgrund ihres High-Exergy Charakters auf geringere Widerstände stößt als die Low-Exergy Lösungen Solar und Wärmepumpe. Konsistent ist aber die Heizung mit Biomasse nur im Rahmen der nachhaltigen Erzeugung der Biomasse, deren verfügbarer Menge Grenzen gesetzt sind.

Noch unklar sind einige Auswirkungen von Pfadabhängigkeiten auf die Idee Power-to-heat. Aber auch die Perspektive dieses Transformationsansatzes ist insgesamt unklar. Sollte es gelingen, funktionierende Stromspeicher großer Kapazität zu bauen, dann dürfte der Traum vom Überschusstrom und damit von Power-to-heat ein Traum bleiben.

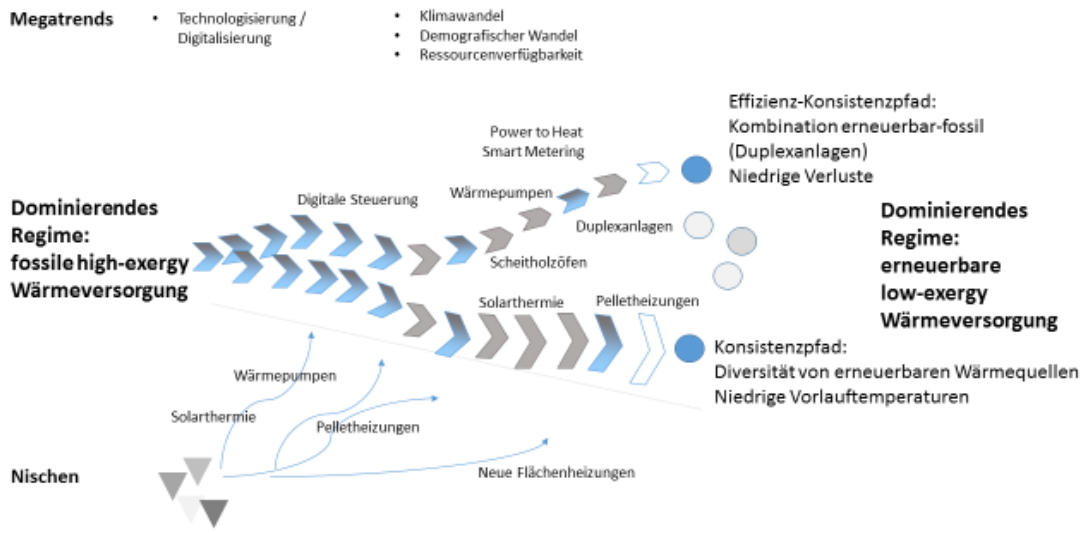
Ebenso unklar ist, wie die großen Öl- und Gaskonzerne auf einen weitgehend zeitparallelen Ausstieg aus fossilen Heizungsanlagen und Verbrennungsmotoren reagieren würden.

5.4 Erste Handlungsempfehlungen

In der Wärmeversorgung ist ein grundsätzlicher Wechsel des vorherrschenden Pfades einer High-Exergy Wärmeversorgung von Einzelgebäuden notwendig. Dieser Pfadwechsel bedingt:

- die Wärmesanierung (fast) aller Gebäude,
- den Wechsel von High-Exergy Wärmequellen zu Low-Exergy Wärmequellen,
- den Wechsel zumindest eines großen Teils der Gebäude von fossilen Heizungsanlagen für Einzelgebäude zu möglichst regenerativen Wärmenetzen (Clausen, 2016b).

Abbildung 8: Pfadwechsel Wärmeversorgung von Einzelgebäuden



Quelle: Borderstep

Die Stärke der Transformationsansätze liegt darin, dass sie alle zusammen wesentliche Teile einer Wärmewende darstellen können. Die technische Entwicklung ist zwar nicht für alle wünschenswerten Komponenten abgeschlossen, aber dem Einstig in eine breitere Diffusion steht grundsätzlich nichts im Wege. Ein Pfad zur Transformation der Wärmeversorgung durch einen höheren Anteil von regenerativen Energiequellen kann also von der Politik beschritten werden.

Eine wesentliche Problematik besteht darin, dass die Wärmeversorgung aus der Sicht der Nutzerinnen und Nutzer gegenwärtig funktionell, komfortabel und preiswert erfolgt. Die zentrale Schwäche der fossilen Wärmeversorgung ist im Wesentlichen, dass mit ihr die Bekämpfung des Klimawandels nicht gelingen kann. Da es hier um Rechte zukünftiger Generationen geht, ist eine Konsensfähigkeit einschneidender Maßnahmen in der Breite der heute lebenden Bevölkerung unsicher. Eine entschlossene und zielorientierte Politik ist gefordert. Schon in der Gegenwart ist dagegen der Ausstoß von Luftschadstoffen von Bedeutung.

Sollen für diesen Pfadwechsel ökonomische Eigendynamiken freigesetzt werden, ist darüber hinaus eine erhebliche Verschiebung der relativen Preise notwendig. Gegenwärtig blockieren die niedrigen Preise für fossile Energien nicht nur die Diffusion wesentlicher regenerativer Technologien, sondern auch deren konsequente Weiterentwicklung.

Die Entscheidungsfindung zur Realisierung einer oder mehrerer Transformationsstrategien kann darüber hinaus nicht rein marktökonomisch und utilitaristisch-nutzenmaximierend durchgeführt werden, sondern diese muss auch ressourcenökonomisch in Abwägung der jeweils lokal verfügbaren Mengen erfolgen – ein Argument, welches besonders die Transformationsansätze Biomasse sowie Power-to-heat betrifft.

Im Vergleich zu Dänemark sind die staatlichen Akteure in Deutschland bei der Gestaltung des politischen Rahmens der Wärmeversorgung sehr liberal und keine der drei Ebenen ist sehr aktiv. Private Akteure können bzw. wollen so nur das gestalten, was im gelten Rechtsrahmen wirtschaftlich machbar ist.

Die dänische Energiestrategie

Die dänische Energiestrategie 2050 strebt bis 2050 eine vollständige Unabhängigkeit von fossilen Energien an (The Danish Government, 2011, S. 11). Eine wesentliche Säule der Umsetzung dieser Strategie sind hohe Energiepreise. Schon 2012 waren z.B. die Steuern auf Heizöl ungefähr dreimal so hoch wie in Deutschland, also ca. 70 Cent pro l in Dänemark gegenüber 22 Cent pro l in Deutschland (Danish Energy Agency, 2012, S. 11). Dies spiegelt sich im Heizölpreis, der in Deutschland bei ca. 90 Cent/l, in Dänemark bei ca. 1,50 €/l liegt,[24] Der Gaspreis für private Haushalte liegt mit 9 gegenüber 7 Cent/kWh ungefähr 30% höher als in Deutschland.[25]

Ein Verbot von Öl- und Erdgasheizungen in Neubauten gilt seit Anfang 2013, ein Verbot, Ölheizungen in bestehenden Gebäuden zu installieren, wird ab Anfang 2017 bestehen. Ausnahmen sind in begründeten Sonderfällen möglich (The Danish Government, 2011, S. 36).

Mit einer Reihe von wirtschaftsnahen Maßnahmen ließe sich die Diffusion regenerativer Heizungsanlagen zumindest ein wenig fördern. Hierzu gehören:

- die seit 2015 etwas attraktivere Förderung der Investitionen in erneuerbare Wärmeerzeuger,
- sowie in der Diskussion befindliche steuerliche Anreize wie z.B. die Möglichkeit zur Abschreibung von Investitionen in Heizungsanlagen.

Aus Sicht zumindest eines Interviewpartners handelt es sich bei Förderstrategien aber um Verschwendung von Steuergeldern. Förderung solle sich auf die erste Phase der Innovation und Erprobung beschränken, die Förderung einer großen Zahl von Anlagen würde zu teuer. Außerdem gäbe es die Gefahr des Fördermittelmissbrauchs. Der Staat solle eher durch Steuern das Verhalten der Akteure steuern.

Um die beschriebenen Pfadabhängigkeiten also wirklich wirksam zu überwinden, erscheint es notwendig, deutlich eingriffstiefere Maßnahmen zu beschließen. Aus Gründen der finanziellen Belastung des Staates ist dabei grundsätzlich wichtig, nicht nur „grüne Lösungen“ zu fördern, sondern auch fossile Heizungsanlagen durch Steuern so stark zu belasten, dass die erwünschten und nachhaltigen Lösungen wirtschaftlich werden. So kann die Nettobelastung des Staates begrenzt werden. Eine funktionierende CO_2-Steuer würde aus Sicht eines befragten alle Förderanreize überflüssig machen. Erwogen werden sollte:

- die dauerhafte Erhöhung fossiler Energiepreise mit dem Ziel eines langfristig langsam steigenden Preises, ggf. auch mit einem Modell einer atmenden Steuer, die vorübergehend niedrige Weltmarktpreise „abschöpft“, so dass für den Wärmekunden die fossilen Energien keine wesentlichen Kostenvorteile mehr haben,[26]
- die Erarbeitung eines EEWärmeG, welches im Kern zur Erhöhung des Anteil erneuerbarer Wärme und zur nachhaltigen Stärkung der einschlägigen Anbieter führt,
- eine klare und eindeutige Verpflichtung, alte Wärmeerzeuger (über 30 Jahre) ohne Ausnahme (Oma-Regelung) auszutauschen,

[24] Vgl. http://www.mylpg.eu/stations/germany/prices und http://www.mylpg.eu/stations/denmark/prices vom 12.4.2016.

[25] Vgl. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Natural_gas_prices_for_household_consumers,_second_half_2014_%28%C2%B9%29_%28EUR_per_kWh%29_YB15.png vom 12.4.2016.

[26] Ein Interviewpartner merkte an, dass im Gegensatz zu Industriebetrieben bei Hausbesitzern eine Gefahr der energiepreisbedingten Abwanderung ins Ausland nicht besteht.

- das Verbot des Baus von Heizungsanlagen, die auf eine Vorlauftemperatur von mehr als 30°C angewiesen sind,
- das kurzfristige Verbot des Einbaus von Öl- und Gasheizungen im Neubau und starke Beschränkung hierfür bei Renovierungen mit dem Ziel, ab ca. 2025[27] auch bei Renovierungen keine Öl- und Gasheizungen mehr zuzulassen,
- ein grundsätzliches Überdenken der Doktrin, für Renovierungen keine ordnungsrechtlichen Vorschriften zu erlassen,
- die Einführung einer flächendeckenden und für den Staat kostenneutralen Kontrolle aller umweltbezogenen Vorschriften der Energieeffizienz und Heizung von Gebäuden durch die Schornsteinfeger.

[27] Bei einer Lebensdauer der Anlagen von 20 bis 30 Jahren und dem Ziel, dass fossile Heizanlagen ab 2050 nicht mehr in Betrieb sind, ergibt sich das Jahr 2025 für den Einbaustopp.

Experteninterviews

Semistrukturierte Interviews wurden geführt mit:

- Juri Horst, Arbeitsfeld Energiemärkte, IZES, Saarbrücken (26.4.2016).
- Andreas Lücke, Hauptgeschäftsführer des BDH, Köln (2.6.2016).
- Frank-Peter Ahlers, Handwerkskammer Hannover (10.6.2016).
- Ulf Sieberg, Referent für Erneuerbare Wärmepolitik und –wirtschaft, Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Berlin (12.7.2016)

Als Interviewleitfaden fanden folgende Fragen Verwendung:

1) Welche Ideen gibt es, den Anteil erneuerbarer Wärme in der Beheizung von Einzelhäusern auf bis zu 100% zu steigern?
2) Welche Pfadabhängigkeiten prägen das vorherrschende System der Wärmeversorgung? Durch welche Wirkungsmechanismen hemmen sie jeweils die Veränderung?
3) Welches sind die wichtigsten Technologiekomponenten, auf denen eine Wärmewende hin zu nachhaltiger und größtenteils regenerativer Wärmeversorgung aufbauen müsste und die noch nicht serienreif verfügbar sind?
4) Welche politischen Maßnahmen sind erforderlich, so dass die Märkte sich im Sinne einer Wärmewende bewegen können?

Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen. (2015). *Energieverbrauch in Deutschland Daten für das 1.- 4. Quartal 2015*. Berlin. Zugriff am 1.3.2016. Verfügbar unter: http://www.ag-energiebilanzen.de/

Aretz, A. & Hirschl, B. (2007). *Biomassepotenziale in Deutschland – Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden* (No. 1). Berlin. Zugriff am 4.3.2016. Verfügbar unter: http://www.ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/Diskussionspapier_Potenzialanalyse_I_D6W.pdf

Baulinks. (2016, Februar 24). Heizungsindustrie 2015: Brennwert gewinnt, Erneuerbare schwächeln. Zugriff am 1.3.2016. Verfügbar unter: http://www.baulinks.de/webplugin/2016/0259.php4

Berner, J. (2013a). Sonne vom Keller bis zum Dach. *Sonne, Wind und Wärme*, (8), 36–37.

Berner, J. (2013b). Der Mix aus Solar und Solar. *Sonne, Wind und Wärme*, (8), 33–35.

Beucker, S., Bergset, L., Beeck, H., Bogdanova, T., Riedel, M. & Bierter, W. (2012). *Geschäftsmodelle für den Zukunftsmarkt des dezentralen Energiemanagements in Privathaushalten. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Connected Energy - SHAPE*. Berlin.

BSW Solar. (2015). *Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie)*. Berlin. Zugriff am 4.3.2016. Verfügbar unter: https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2015_6_BSW_Solar_Faktenblatt_Solarwaerme.pdf

Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (2014). *Positionen und Vorschläge zur Umsetzung der Energiewende und zum Klimaschutz im Gebäudebereich*. Köln. Zugriff am 7.4.2016. Verfügbar unter: http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Positionspapier_BDH_ZVSHK.pdf

Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (2013). *Positionspapier „Fernwärme aus Kraftwerken in NRW im freien Wettbewerb des Wärmemarktes“*. Köln. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Positionspapier_zur_Fernwa__rme_-_final.pdf

Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik & Shell. (2013). *Shell BDH Hauswärme-Studie Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030*. Hamburg, Köln. Zugriff am 6.4.2016. Verfügbar unter: http://s08.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/comms-shell-bdh-heating-study-2013.pdf

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). (2015). *Wohnungsmarktprognose 2030*. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/WohnenImmobilien/Wohnungsmarktprognosen/Fachbeitraege/Prognose2030/Prognose2030_node.html

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2014). *Mehr aus Energie machen - Nationaler Aktionsplan für Energieeffizienz*. Berlin. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/nationaler-aktionsplan-energieeffizienz-nape,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2016). *Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand Januar 2016*. Berlin. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf

Bundesregierung. (2012). *Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“*. Berlin. Zugriff am 2.3.2016. Verfügbar unter: http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/erster-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf

Bundesregierung. (2015b). *Unterrichtung durch die Bundesregierung Vierter Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“*. Berlin. Zugriff am 3.3.2016. Verfügbar unter: http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/067/1806780.pdf

Bundesregierung. (2015a, Oktober 20). *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien- Wärmegesetz - EEWärmeG)*. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eew_rmeg/gesamt.pdf

Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie. (2016). Doppelstrategie aus Effizienz und erneuerbaren Energien. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: http://www.bdh-koeln.de/bdh/portrait/doppelstrategie.html

Clausen, J. (2009). *Feldvermessungsstudie Klimaschutz- region Hannover Überblick über das Praxisfeld und die Fokusbereiche Solarthermie und Ökostrom*. Hannover. Zugriff am 16.9.2016. Verfügbar unter: http://www.fk2.uni-oldenburg.de/wenke2/download/FeldvermessungsstudieEnergie3-1.pdf

Clausen, J. (2010). Die quantitative Erhebung zur Nutzung von Solarthermie und Ökostrom - Deskriptive Analyse. *WENKE2 - Wege zum nachhaltigen Konsum*. Marburg.

Clausen, J. (2016a). *Evolutorische Ökonomik – Pfadabhängigkeiten. Evolution2Green Teilbericht zu AP 1.2*. Berlin. Zugriff am 3.5.2016. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green_inputpapier_pfadabhaengigkeiten.pdf

Clausen, J. (2016b). *Wärmenetze. Inputpapier zu Evolution2Green: Transformationspfade zur Green Economy: den Pfadwechsel gestalten*. Berlin.

Clausen, J., Winter, W. & Kettemann, C. (2012). *Akzeptanz von Nahwärmenetzen*. Hannover: Borderstep Institut. Zugriff am 26.1.2016. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/07/Clausen-Winter-Kettemann_Akzeptanz_-von_Nahwaermenetzen-Bericht_Befragun-2012.pdf

Danish Energy Agency. (2012). *Energy Policy in Denmark*. Kopenhagen. Zugriff am 11.4.2016. Verfügbar unter: http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/energy_policy_in_denmark_-_web.pdf

Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2009). *Green IT: Potenzial für die Zukunft*. Berlin. Zugriff am 8.4.2016. Verfügbar unter: http://www.dena.de/publikationen/ stromnutzung/broschuere-green-it-potenzial-fuer-die-zukunft.html

Die Bundesregierung. (2016). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016*. Berlin. Zugriff am 20.7.2016. Verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Nachhaltigkeit/0-Buehne/2016-05-31-download-nachhaltigkeitsstrategie-entwurf.pdf?__blob=publicationFile&v=4

DLR, FHW, Ökoinstitut & IZES. (2009). *Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines Wärmegesetzes Endbericht*. Stuttgart. Zugriff am 2.3.2016. Verfügbar unter:

http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Endbericht_Waermegesetz-11.pdf

DLR, Fraunhofer IWES & IfnE. (2011). *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global „Leitstudie 2010“*. Stuttgart. Zugriff am 2.3.2016. Verfügbar unter: http://www.fvee.de/fileadmin/politik/bmu_leitstudie2010.pdf

DLR, Fraunhofer IWES & IfnE. (2012). *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und Global*. Stuttgart, Kassel, Teltow.

Ecofys, Fraunhofer ISI, Öko-Institut & IZES. (2013). *Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 18 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz*. Berlin, Saarbrücken, Karlsruhe. Zugriff am 12.4.2016. Verfügbar unter: http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-fraunhofer-2013-evaluierung-ee-waermegesetz.pdf

Fichter, K. & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.

Heizungsjournal. (2016). Sanierungsmarkt gewinnt an Fahrt! *Heizungsjournal*, (1–2), 100–102.

Institut für Wärme und Öltechnik. (2015). *GfK-Umfrage: 93 Prozent der Verbraucher sind zufrieden mit ihrer Ölheizung. Über 50 Prozent kombinieren Heizöl mit erneuerbaren Energien*. Hamburg. Zugriff am 3.2.2016. Verfügbar unter: http://www.presseportal.de/pm/57722/2920152

Jänicke, M., Schreurs, M. & Töpfer, K. (2015). *The Potential of Multi-Level Global Climate Governance*. Potsdam. Zugriff am 17.4.2016. Verfügbar unter: http://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/potential_of_multi_level_governance.pdf

Klima Allianz Deutschland. (2016). *Klimaschutzplan 2050 der deutschen Zivilgesellschaft*. Berlin. Zugriff am 28.4.2016. Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimaschutzplan2050_final.pdf

Meyer, J.-P. (2014). Schwierige Bedingungen. *Sonne, Wind und Wärme*, (5), 98–100.

Nitsch, J. (2015). *SZEN-15 Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Eckdaten des Jahres 2014*. Stuttgart. Zugriff am 7.4.2016. Verfügbar unter: http://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/20150419-Szenarien_SZEN-15.pdf

PricewaterhouseCoopers. (2015). *Energiewende Outllok: Kurzstudie Wärme*. Düsseldorf. Zugriff am 7.4.2016. Verfügbar unter: https://www.pwc.de/de/energiewende/assets/pwc-ewo-kurzstudie-waerme-2015.pdf

Prognos, EWI & GWS. (2010). *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung Projekt Nr. 12/10*. Basel/Köln/Osnabrück. Zugriff am 2.3.2016. Verfügbar unter: http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/studie-energieszenarien-fuer-ein-energiekonzept,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf

Regierung des Landes Baden-Württemberg. (2015, Januar 7). *Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG)*. Zugriff am 18.4.2016. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/EWaermeG_BW/150317_Novelle_Erneuerbare_Waerme-Gesetz.pdf

Riedel, M. (2006). Hausautomation als wirtschaftliches Instrument für Energieeffizienz. *Energieeffizienz in Gebäuden. Jahrbuch 2006*. Berlin: VME-Verlag.

Riedel, M. (2007). Mehrebenensteuerung für Energieeinspar-Contracting in Schulen und Kitas - Heizen nach Stundenplan. *Energieeffizienz in Gebäuden. Jahrbuch 2007*. Berlin: VME-Verlag.

The Danish Government. (2011). *Energy Strategy 2050*. Kopenhagen. Zugriff am 11.4.2016. Verfügbar unter: http://www.efkm.dk/sites/kebmin.dk/files/news/from-coal-oil-and-gas-to-green-energy/Energy%20Strategy%202050%20web.pdf

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2007). *Die Nebenwirkung der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 4.6.2016. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3556.pdf

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2012). *Energieeffizienzdaten für den Klimaschutz*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 5.4.2016. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4343.pdf

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2015). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 8.4.2016. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltbewusstsein_in_deutschland.pdf

Wagnitz, M. (2014). *Ausrichtung der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik an den Bedürfnissen der Nutzer im Wohnungsbau unter Zugrundelegung von Wohnkonzepten. Abschlussbericht NutzTech*. Stuttgart. Zugriff am 8.4.2016. Verfügbar unter: https://www.irbnet.de/daten/rswb/14129011888.pdf