

Heating for Future

Wie verändert die Energiewende zur Klimaneutralität die Heiztechnik?

Heute gilt: jede vermiedene Kilowattstunde muss nicht fossil bereitgestellt werden. Künftig gilt: jede vermiedene Kilowattstunde muss nicht regenerativ bereitgestellt und ggf. auch noch umgewandelt und zwischengespeichert werden. Welchen Unterschied macht das für die Wärmeversorgung von Gebäuden?

Bei der heute noch vorherrschenden Heizung mit Öl und Gas ging der Energiesparpfad bisher vor allem über die Verbesserung der Wirkungsgrade der Erzeuger, z.B. durch Brenntechnik. Aber die Energiequellen blieben fossil. Die regenerative Zukunft wird vor allem eine elektrische sein.

Was dies mit dem zu tun hat, was Planer und Ausführende für die Gebäude – und vor allem für deren Sanierung – beeinflussen können, wird im Folgenden aus Sicht der Heiztechnik mit zum Teil überraschenden Win-Win-Kopplungen beschrieben.

Autoren:

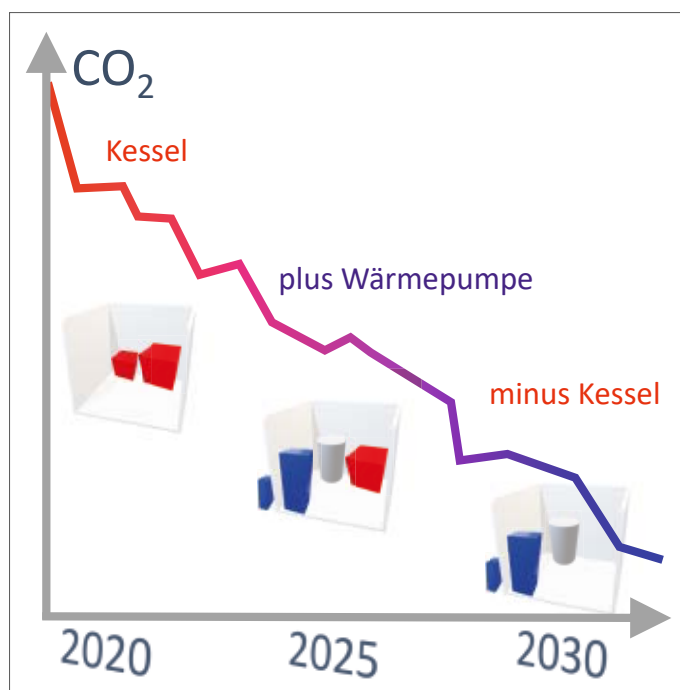
Kati Jagnow,
Hochschule Magdeburg/Stendal und
Dieter Wolff,
Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel

Die langfristige Alternative für die Versorgung mit Niedertemperaturwärme kann der „Elektropfad“ sein. Einfach deshalb, weil Sonnen- und Windenergienutzung mittlerweile das Potential haben, um mit hohem Entwicklungstempo bei Technikverbesserung und Kostenreduzierung die hochwertigste Form von Energie, den Strom, wirtschaftlich zu erzeugen. Die Gewinnung von Umweltwärme mit der sich ebenfalls schnell entwickelnden elektrischen Wärmepumpentechnik wächst zu einem Versorgungsmodell heran, dem auch für die Deckung des Wärmebedarfs der Gebäude wahrscheinlich die Zukunft gehören wird.

Wo muss es hingehen?

In den letzten zehn Jahren wurden in verschiedenen Studien unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der effektiven und volkswirtschaftlich günstigen Wege zum Erreichen von 80% bzw. 95% CO₂-Minderung veröffentlicht. Dabei wird die Bedeutung von Wasserstoff und zukünftig erneuerbaren künstlichen Kohlenwasserstoffen – primär künstliches Methan – sehr kontrovers diskutiert und unterschiedlich bewertet. Es geht im Prinzip um die Frage:

Bleibt man bei der traditionellen Wärmeversorgung durch Heizungskessel, gegebenenfalls auch BHKWs und ändert nur die Herkunft des Brennstoffes,



in dem Erdgas durch Methan aus grünem Wasserstoff ersetzt wird? Oder wird die Niedertemperaturwärme künftig über Wärmepumpen mit grünem Strom plus Nutzung von Umweltwärme erzeugt?

Zum Erreichen von Klimaneutralität konkurrieren ein „Elektropfad“ (mit überwiegender Inlands-Stromproduktion) und ein „Technologiemix-Pfad“ (mit größeren Anteilen von Methan aus einem hohen Anteil importiertem H₂).

Die Autoren teilen folgende Einschätzung: Die Sinnhaftigkeit einer weiteren Verbrennung in konventionellen Wärmeerzeugern und auch in (Block)Heizkraftwerken sinken umso mehr, je energieeffizienter die Gebäude sind. Diese Technologien würden im Vergleich zum Einsatz von Wärmepumpen einen mittel- und langfristig um 3 bis 5-fach so hohen Ausbau von PV- und Windkraft-Kapazitäten erfordern, um an das künstliche, regenerative Methan zu gelangen (vgl. Abb. 2).

Nah- und Fernwärme, Kraft-Wärme-Kopplung und einfache Brenntechnik verlieren ihre Bedeutung, je schneller der Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung mit Wind-

Abb. 1:
Wo geht die Reise hin? Wandel im Heizungskeller. Vom Gaskessel über die Hybrid-Stufe zur Wärmepumpe
Quelle: [eigene]

Der Ausstieg aus den fossilen Energien wird auch vor dem führenden Energieträger bei der Wärmeversorgung, dem Erdgas nicht Halt machen können. Dieser Rohstoff, der gerne von seiner Lobby als „Brückentechnologie“ angepriesen wird, hat seinen klimaschonenden Charme verloren.

Beim Transport über tausende Kilometer und vor allem schon bei der Förderung entweichen große Mengen Methan (CH₄). Aufgrund dessen vielfach höheren Klimaschädlichkeit als CO₂ zeigen Studien, dass Erdgas bei vollständiger Erfassung der Prozessketten inklusive aller CH₄-Verluste eine Klimabilanz aufweist, die kaum besser ist als die des Heizöls – vor allem dann nicht, wenn man Fracking-LPG aus USA importieren will, s. [EWG 2019] und [FÖW 2021].

kraft und Photovoltaik gelingt.

„Kalte Fernwärme“ mit unterschiedlichen Wärmequellen könnte, wenn sie über Wärmepumpen genutzt wird, zukünftig als Wärmequelle für Gebäude dienen. Auch dezentrale Lösungen mit elektrischen Durchlauferhitzern und elektrischen Kleinspeichern (mit Heizstab aus überschüssigem PV-Strom vom eigenen Dach) ergeben wirtschaftliche Gesamtkonzepte.

Die Autoren schließen sich daher der Prognose einer überwiegenden Zahl von Wissenschaftlern an, dass der „Elektropfad“ aus diesem Grund wahrscheinlich gegenüber dem „Technologiemix-Pfad“ zukünftig beschleunigt umgesetzt wird. Gebäudezentrale Lösungen mit Wärmepumpen und/oder elektrischer Direktheizung vermindern die

notwendigen Ausbaukapazitäten und vermeiden darüber hinaus wesentliche thermische Vorverluste (von Nah- und Fernwärmenetzen und von Speichern), die je nach Gebäudestandard ca. 10 bis 30% des Endenergiebedarfs ausmachen können.

Der Elektropfad bis 2035

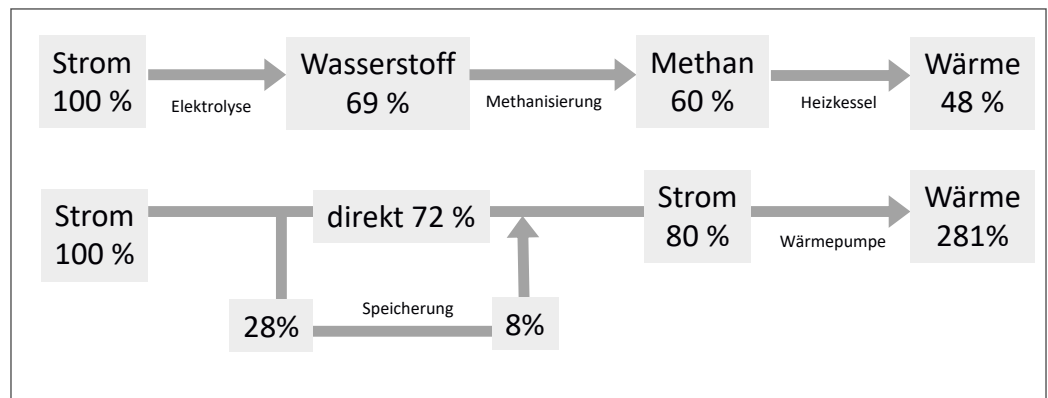
Um das 1,5°C-Ziel des Klimaschutzes noch einzuhalten, sind sich verschiedene Studien einig, dass vollständige Klimaneutralität bereits bis zum Jahr 2035 erreicht werden müsste. Bevor wir anfangen darüber zu streiten, ob dies in so wenigen Jahren zu schaffen ist, sollten wir den Weg dahin über den Elektropfad für die Wohngebäudewärme genauer anschauen. Abbildung 3, abgeleitet aus der Studie der Reiner Lemoine Stiftung macht dies klar [RLS 2020].

Eine Verbesserung der Energieeffizienz beim Wärmebedarf (Senkung um jährlich 2%) für die Raumheizung und dem Trinkwarmwasserbedarf (Senkung um 30% über den gesamten Zeitraum) und die Umstellung auf Wärmepumpen (mit einer Jahresarbeitszahl von JAZ = 3) reduzieren den deutschen Gesamtbedarf für Wohngebäude um etwa $\frac{3}{4}$ von 600 Terrawattstunden (heute) auf 140 TWh (elektrisch!).

Dem kommt die Zunahme der regenerativen Stromerzeugung im Lauf der Zeit entgegen, bis die fossilen Quellen auf null gefallen sind, wie Abb. 3 zeigt. Die getroffenen Annahmen sind in den Infokästen erläutert

- für die Gebäudehülle
- für die Hauptwärmeerzeuger
- für Zusatzzeuger (PV und Solarthermie) und wesentliche Elemente der Peripherie (z.B. Wärmeverteilung) – folgt in Teil 2 des Artikels

Um sinnvolle Kombinationen der Maßnahmen zu finden, ist die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von besonderer Bedeutung. Deshalb werden in diesem Punkt Vorschläge gemacht, in welchen Fällen eine staatliche Förderung erforderlich wäre.



Wie entwickeln sich die Energiepreise?

Die Energieträgerpreise könnten zukünftig so festgelegt werden, dass in Summe dieselben Energiekosten wie heute entstehen. Jedoch wird vorgeschlagen, dass sich die Preise strikt aus den tatsächlichen Emissionen der Energieträger ableiten lassen.

Daraus kann – Stand 2020 – ein gemittelter Emissionspreis über alle Energieträger von – vereinfacht – rund 400 €/t CO₂ bestimmt werden. Dies ist das gewichtete Mittel

aller Energieträgerkosten für Wohngebäude geteilt durch alle Emissionen im Bereich Wohngebäude privater Haushalte für Wärme und Strom.

Damit alle Energieträger diesen Preis erreichen, müsste es Preisveränderungen geben:

- im Falle von Erdgas wäre ein Zuschlag von gut 40% auf den heutigen Preis (von 0,06 €/kWh_{HS} auf 0,084 €/kWh_{HS}) notwendig,
- bei Strom ein Abschlag von 40% bezogen auf den heutigen Preis (von 0,31 €/kWh_{el} auf 0,186 €/kWh_{el}).

Abb. 2: Vergleich der Wirkungsgradketten für Elektropfad und eine Versorgung über künstliches Methan
Quelle: [Kuck 2017].

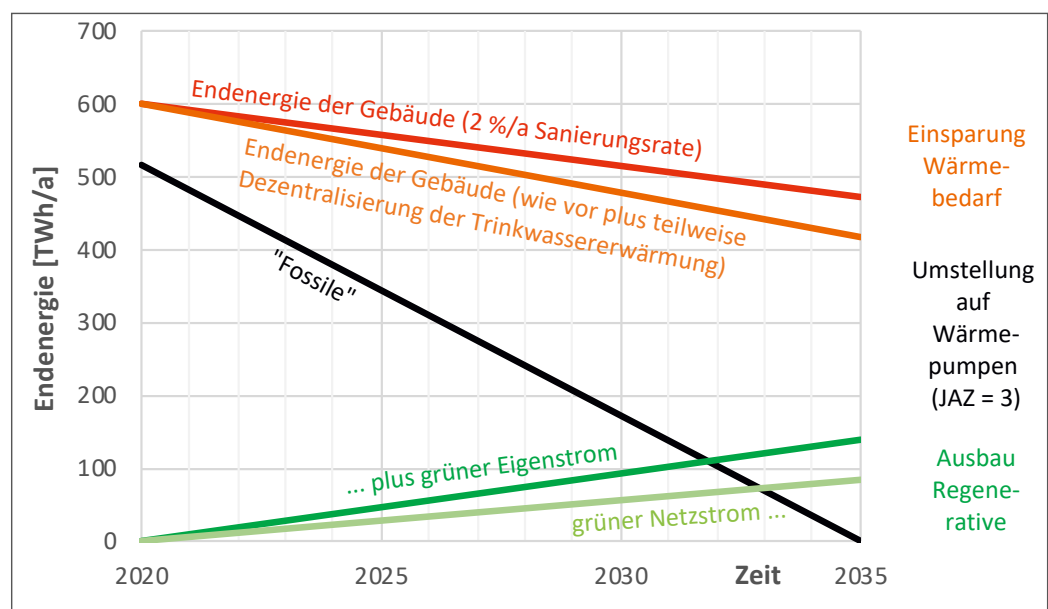


Abb. 3:

So könnte die Wärmewende zu Klimaneutralität in Anlehnung an eine Studie der Lemoine-Stiftung bei Wohngebäuden bis 2035 aussehen

Die Endenergie 2020 beträgt für Raumheizung 490 TWh/a und für Trinkwarmwasser 110 TWh/a incl. Aufwand für Erzeugung, Speicherung und Verteilung. Mittlerer Heizwärmebedarf ca. 90 kWh/(m²a) für MFH und 120 kWh/(m²a) für EZFH.

Vereinfacht lineare Degression bis 2035 auf 417 TWh/a durch Modernisierung. Basis ist eine Sanierungs-/ Modernisierungsrate bezogen auf die Raumheizung von 2%/a. Mittlerer Heizwärmebedarf ca. 66 kWh/(m²a) für MFH und 89 kWh/(m²a) für EZFH. Es erfolgt weiterhin eine Halbierung der Trinkwarmwasserenergie durch stetige Umstellung von zentraler auf dezentrale Systeme bzw. anderweitige Vermeidung von Zirkulationsverlusten.

Stetige Umstellung von fossilen Energieträgern auf Elektrowärmepumpen mit mittleren Arbeitszahlen von 3.

Im Jahr 2035 Deckung des gesamten Endenergieverbrauchs (362 TWh/a Raumheizung und 55 TWh/a für Trinkwarmwasser) durch Wärmepumpen und/oder elektrische Trinkwassererwärmung, betrieben mit Grünstrom (139 TWh/a); vereinfacht hier dargestellt durch stetigen PV-Ausbau mit einer Zuwachsrate von 9 GW/a bis 2035; davon 40% grüner Eigenstrom.
Quelle: [Jagnow/Wolff 2020].

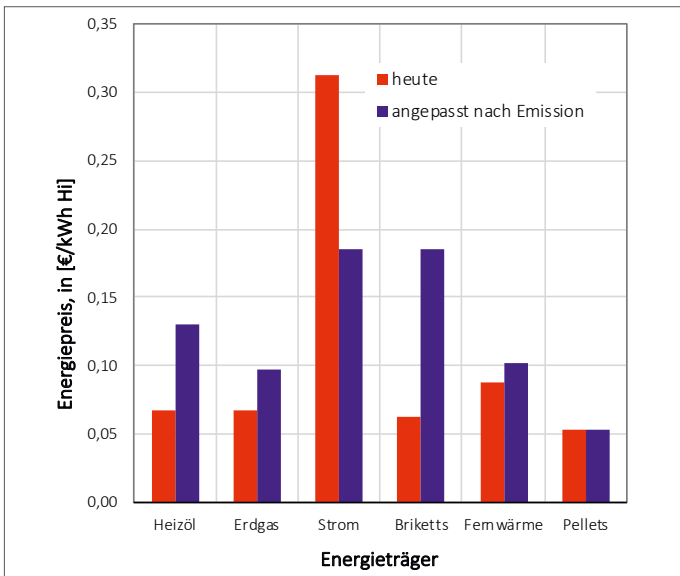


Abb. 4: Heizwertbezogene Energiepreise – heute und Vorschlag einer Modifikation
Quelle: [eigene]

Die Werte für die anderen Energieträger sind Abb. 4 zu entnehmen. Es resultieren ähnliche Strompreise, wie sie heute in Skandinavien für private Endverbraucher üblich sind.

Die Schwierigkeit der Preisbildung besteht im derzeitigen Umlagesystem (EEG, KWK-G, ...). Es berücksichtigt nicht, dass zukünftige Lösungen nur noch nach den Investitionen

INFOKASTEN 1

Abkürzungen

- EZFH = Ein- und Zweifamilienhaus
- JAZ = Jahresarbeitszahl
- KWK = Kraft-Wärme-Kopplung
- MFH = Mehrfamilienhaus
- PV = Photovoltaik
- QS = Qualitätssicherung
- WSchV = Wärmeschutzverordnung

je jährlich eingesparter Tonne CO₂ und nicht mehr auf Basis der drastisch fallenden Preisen nicht mehr zukunftstauglicher Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) bewertet werden können.

INFOKASTEN 2

Die Gebäudehülle: Die Situation im Bestand und die zukunftsfähigen Zielwerte

	Istwert, Zielwert und Einschätzung der Maßnahme
Außenwand	<p>Die Außenwände der Wohnbauten sind zu etwa 30 bis 35 % bereits einigermaßen gedämmt ($U = 0,30$ bis $0,34 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), jedoch zu etwa 50 bis 55 % noch mittelmäßig oder nicht gedämmt ($U = 0,6$ bis $1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Ein best-practice-Zielwert für die Außenwanddämmung von außen liegt bei $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, für die Innendämmung bei etwa $0,23 \dots 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.</p> <p>Die Außenwanddämmung auf hochwertiges Niveau (von außen) oder ein gutes Niveau (von innen bzw. bei Gebäuden mit erhaltenswerter Fassade) ist zuschussfrei wirtschaftlich, wenn ohnehin Maßnahmen an dem Bauteil notwendig sind und das Gebäude unsaniert ist. Auch eine Nachdämmung des Baustandards der 2. WSchV von 1984 ist mit geringen Investitionskostenzuschüssen von etwa 20 % sinnvoll.</p>
Fenster	<p>Etwa 45 bis 50 % aller Fenster im Wohnbau weisen eine energetisch schlechte Qualität auf ($U = 2,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ oder mehr). Etwa 10 % sind gut ($U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) und die restlichen von mittlerer Qualität ($U = 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Ein best-practice-Zielwert aus heutiger Sicht der Autoren liegt bei $0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Dreifach Wärmeschutzglas mit Standardrahmen).</p> <p>Eine Fenstersanierung ist kostenintensiv, so dass sie selbst bei ohnehin notwendigen Ersatzmaßnahmen nicht wirtschaftlich ist, aber mit Zuschüssen werden kann. Einen vorzeitigen Fensteraustausch sehen die Autoren als nicht wirtschaftlich an, auch nicht im Zusammenhang von Maßnahmenpaketen – außer bei den wenigen noch vorhandenen Fenstern mit Einfachverglasung. Der Fenstertausch ist vor allem dann sinnvoll, wenn das Bestandsfenster das Ende seiner Lebensdauer – also etwa 35 Jahre – erreicht hat oder wenigstens 25 Jahre alt ist und gleichzeitig eine Dämmung der Wand vorgenommen wird.</p>
Oberste Geschossdecke und Dach	<p>Knapp 60 % aller Dächer und oberen Geschossdecken weisen bereits einen guten Standard ($U = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) auf. Die restlichen gut 40 % sind gering oder nicht gedämmt ($U = 0,45$ bis $1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Ein best-practice-Zielwert von $0,14 \dots 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ kann fast in jedem Objekt erreicht werden, weil nur wenige Restriktionen gegeben sind.</p> <p>Die Dämmung der obersten Geschossdecke ist eine wirtschaftliche Maßnahme, die auch anlasslos unter Verwendung der Vollkosten keine Bezuschussung benötigt. Dies gilt auch, wenn bereits eine Dämmung vorhanden ist, für eine Aufdopplung. Erst ab einem Ausgangszustand, welcher der Wärmeschutzverordnung 1995 entspricht, ist dies nicht mehr wirtschaftlich.</p> <p>Die Dachsanierung hingegen weist schlechtere Ergebnisse auf. Liegt die Dachsanierung sowieso an (Erneuerung der Eindeckung), ist die Maßnahme wirtschaftlich. Eine Erhöhung der Dämmdicke (durch Auf- oder Untersparrendämmung) ist hingegen grenzwirtschaftlich. Anlasslos sind keine Wirtschaftlichkeiten zu erreichen. Bei einer Dachsanierung als Einzelmaßnahme ist es in jedem Fall ratsam, bereits einen ausreichenden Dachüberstand herzustellen für eine Außenwanddämmung, selbst wenn diese erst später erfolgt.</p>
Kellerdecke und Bodenplatte	<p>Gut die Hälfte aller unteren Gebäudeabschlüsse sind ungedämmt ($U = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) oder schlechter. Nur etwa 30 % sind gut gedämmt ($U = 0,35$ bis $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), der Rest ist in mäßigem energetischen Zustand ($U = 0,65$ bis $0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Ein best-practice-Zielwert liegt bei nur $0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Es ist in vielen Gebäuden mit Restriktionen zu rechnen (fehlende Deckenhöhe, Installationen unter der Decke usw.). Eine oberseitige Dämmung ist meist nur im Hohlraum unter Holzdielenböden einfach und wirtschaftlich umsetzbar, erreicht dann aber nicht ganz den o. g. Zielwert.</p> <p>Die unterseitige Dämmung der Kellerdecke ist eine wirtschaftliche Maßnahme, die auch anlasslos unter Verwendung der Vollkosten keine Bezuschussung benötigt. Eine Aufdopplung der Dämmung führt zu ca. 15 % Zuschuss, wenn eine „mittlere“ Deckenkonstruktion der 2. Wärmeschutzverordnung von 1984 zugrunde gelegt wird.</p> <p>Die Bodendämmung (des beheizten Bereiches) ist nicht wirtschaftlich. Es ergeben sich selbst bei ungedämmten Konstruktionen notwendige Investitionskostenzuschüsse von mindestens 15 %.</p>
bauliche Qualitätssicherung	<p>Die bauliche Qualitätssicherung erfolgt immer zeitgleich mit der Umsetzung der Maßnahmen im überwiegend normalen Sanierungszyklus (Dämmung, Fenstereinbau). Nur dann bietet sich problemlos die Möglichkeit, eine Luftdichtheit herzustellen oder Wärmebrücken zu minimieren. Der absolute und prozentuale Einfluss der Qualitätssicherung steigen an, je besser der erreichte Standard ist. Sanierungen auf „guten“ und „besten“ Standard erreichen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Emissionsminderung durch die Summe aller QS-Maßnahmen.</p> <p>Die punktuellen Nachweisverfahren der Gebäudedichtheitsmessung und die Thermographie können sinnvoll mit einer Energieanalyse aus dem Verbrauch ergänzt werden. Mit ihr lassen sich Auswirkungen fehlender Qualität (als Summeneinfluss „überhöhter Transmission und Lüftung“) sehr gut sichtbar machen.</p>

Tabelle 1: Umstellung eines EZFH auf Wärmepumpenheizung über eine Hybrid- Zwischenstufe bis zur endgültigen Sanierung des Baustandards

System	Deckungs- anteile	Wärme- bedarf ab Erzeuger [kWh/(m ² a)]	Leistungen		Effizienz		Endenergie		H _t ' [W/(m ² K)]	Tempe- raturen [°C]
			Kessel	Wärme- pumpe	Kessel	Wärme- pumpe	Gas	Strom		
			[kW]		[%]	[-]	[kWh/(m ² a)]			
heute	1/0	123/23	16	-	0,93	-	157	-	0,67	70/55
hybrid	0,64/0,36	125/23	16	3,7	0,93	2,33/2,03	48	46	0,67	70/55
künftig	0/1	65/23	-	3,7	-	2,67/2,03	-	36	0,36	54/44

sonstige Hinweise: Ø EZFH, 142 m², vorher teilsaniert 1980er, nachher vollsaniert Neubauniveau, Heizkörperheizung, Wärmepumpe mit Pufferspeicher, Warmwasser bei hybrid nur über Wärmepumpe, zwei Angaben: Heizung/Trinkwarmwasser

Ein gelungener Start in die Sanierung

Die Leser dieser Zeitschrift sind es gewöhnt, dass in Artikeln zur Sanierung der Gebäudehülle darauf hingewiesen wird, dass „Best-practice“ Lösungen das Ziel sein sollten, wenn Bauteile für eine wärmetechnische Ertüchtigung anstehen. Diese Methode „wenn schon – denn schon“ ist auch deshalb unverzichtbar, weil angesichts der langen Zeiträume, die bis zum nächsten technischen Erneuerungszyklus eines Bauteils bzw. zu einer Komplett-sanierung des Bestandes zu erwarten sind, wir den nachkommenden Generationen nichts „halbgar“ Saniertes hinterlassen sollten.

Deshalb gehört zur Sicherung der Gesamtqualität als erstes eine **Energieanalyse aus dem Verbrauch (EAV)** mit einer groben Einschätzung der Gebäudequalität. Hierfür haben die Autoren ein Verfahren entwickelt, das ohne eine aufwändige Energiebedarfsanalyse auskommt. Dies entspricht dem Ziel einer integrierten Planung aller am Bau Beteiligten. Die Energiebilanzierung der Heizwärme folgt aus der EAV, mit dem (langfristigen) Ziel daraus einen Fahrplan für die zukünftige wärmetechnische Sanierung (iSFP: individueller Sanierungsfahrplan) zu erstellen.

Die Vorgehensweise zusammen mit einem Erfolgsweg durchgeführter Maßnahmen wurde als Leitfaden für die Zielgruppen Wohnungsunternehmen, Mieter, Kommunen sowie Planer, Energieberatung und Handwerk ver-

breitet und als zukünftiger Standard etabliert. [EAV 2004]

Der Bauherrschaft sollten grundsätzlich – auch wenn erst mal nur eine Maßnahme z. B. Dachbereich erfolgt – die möglichen Pfade zur späteren Gesamt-sanierung aufgezeigt und hierfür ein individueller Fahrplan entwickelt werden.

Der Infokasten 2 veranschaulicht für alle Außenbauteile, wo gegenwärtig unsere Altbauten im Mittel liegen und welche zukunftsfähigen Kennwerte anzustreben sind.

Diese Energiebilanzierung auf Basis der Transmissions- und Lüftungsverluste, ist auch die wesentliche Voraussetzung für die notwendigen Schritte zu neuen Heiztechniken auf dem Elektropfad.

Welche Heizung hätten Sie denn gerne?

Alte Öl- und Feststoffheizungen, die bestenfalls mit Niedertemperaturkesseln betrieben werden, sind sicher ein Auslaufmodell. Aber auch die mit Erdgas betriebenen Brennwertkessel und (B)HKW die lange als fortschrittliche Heizmethoden galten, fallen zunehmend aus der Zeit. Sie mit „grünem Methan“ weiterbetreiben zu wollen, verursacht so große Umwandlungsverluste und damit Kosten für den Energieträger, dass dies langfristig nicht sinnvoll ist.

Angesichts der Notwendigkeit, dass auch der Gebäudebereich einen wesentlichen Beitrag zur Klimaneutralität leisten sollte, geht es darum, einerseits schnell einen emissionsärmeren Zustand zu erreichen, und andererseits nicht bis zum nächsten Sa-

nierungszyklus am Baukörper zu warten. Eine präferierte Lösung für die beiden Ziele ist der übergangsweise Aufbau von Hybridheizungen (Bivalenz) aus Kesseln und Wärmepumpen.

- Die Wärmepumpe wird dabei nach der absehbar geringeren Heizlast gewählt, die sich nach der vollständigen Modernisierung der Gebäudehülle ergeben wird.

Hybridheizung: – Die Zukunft vorweggenommen

Die Wärmepumpe ist daher zunächst für eine bestimmte Zeit unterdimensioniert. Sie kann damit einen hohen Anteil des Heizenergiebedarfs bei milden Wintertemperaturen (z. B. oberhalb 0 – 5°C) abdecken.

Dann ist auch Außenluft als Umweltwärmequelle noch mit gutem Nutzungsgrad zu verwenden. Der alte Heizkessel übernimmt dann im Wesentlichen noch die Spitzenlast – und zwar mit der Zeit umso weniger, je mehr die Sanierung der Gebäudehülle voranschreitet.

Mit den weiteren Schritten zur Gebäudesanierung kann das Hybridsystem dann zu einem reinen Wärmepumpensystem umgestaltet werden. Seine Effizienz steigt, sofern die Heiznetztemperatur der baulichen Sanierung dann jeweils angepasst wird. Ein Beispiel ist Tabelle 1 zu entnehmen. Im Infokasten 3 sind die technischen Daten der optionalen Heizsysteme und ihre Anwendungsgrenzen im Einzelnen dargestellt.

Dieser heiztechnische Ansatz einer Hybridlösung hat ein interessantes „bau-psychologisches“ Element. Bauherren

(egal ob privat oder gewerblich) investieren am ehesten in eine neue Heizung. Das geht am schnellsten und macht den wenigsten Dreck. Wenn dann die zukunftsfähige Technik durch die Hybridlösung erst mal den Fuß in der Tür und sich bewährt hat, und dann irgendwann der alte Kessel – egal ob Öl oder Gas – in die Jahre kommt, ist die Zeit gekommen, mit der die Bereitschaft endlich auch die Gebäudehülle Schritt für Schritt auf Vordermann zu bringen, einen Kick bekommt.

Denn dann ist heiztechnisch alles erledigt, ohne noch mal in die Erneuerung von veralteter Technik investieren zu müssen.

Temperaturen im Heizkreis: Ein Problem?

Die Nutzer wollen eine warme Wohnung und sind meist zufrieden damit, am Thermostatventil die konventionellen Heizkörper dem aktuellen Bedarf anzupassen. Wenn es hierbei Probleme gibt, dann sind diese meist der mangelnden Anpassungen der Hydraulik im Rohrnetz an Änderungen bei Teilsanierungen, Ausbauten und Umnutzungen geschuldet. Hier kann am besten begleitende Qualitätssicherung mit einer Heizungs-optimierung helfen.

Ein weit verbreitetes Vorurteil gegenüber Wärmepumpen ist die auch von der Werbung der Hersteller und den Handwerksbetrieben verbreitete Meinung, dass sie immer eine Fußbodenheizung mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen benötigen. Das ist falsch!

Sicher ist, dass die Effizienz steigt, je geringer die Temperaturen im Heizkreis sind. Bei

der Bestandssanierung ist aber die Nachrüstung einer Flächenheizung ein unvermeidbar hoher baulicher Aufwand, der sich durch die bessere Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe wohl kaum wirtschaftlich darstellen lässt. Auch wirken träge Fußbodenheizsysteme der Heizwärmelieferung sich negativ auf die Nutzbarkeit der passiven Solargewinne aus, die mit verbessertem Wärmeschutz immer bedeutsamer werden.

Andererseits führt die wärmetechnische Sanierung des Hauses auch ohne Austausch aller Heizkörper zu einer starken Absenkung der notwendigen Temperaturen im Heizkreis, wie in der Optimus-Studie gezeigt (Abb. 5). Nach einer Heizungsoptimierung können es auch nur wenige einzelne Heizkörper sein. Hierdurch kann ein hoher Grad der baulichen Senkung der Heizlast des Gebäudes einen zusätzlichen Anreiz durch einen Bonus aus der Effizienz des Wärmeerzeugers erhalten, den kein anderes Heizsystem bieten kann.

Kommt bald das Ende der Kraft-Wärme-Kopplung?

Auf der anlagentechnischen Ebene galt seit den 90er Jahren die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom als das Nonplusultra der effizienten Nutzung der Energiequellen. Auch heute noch wird in der städtebaulichen Planung vielfach darüber nachgedacht, solch gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom in Neubaugebieten zu empfehlen oder gar vorzuschreiben.

Die Bewertung dieser Konzepte muss grundsätzlich überdacht werden, wenn keine fossilen Energieträger mehr dafür eingesetzt werden sollen, sondern allenfalls sehr verlustreich erzeugtes „grünes Methan“ zur Verfügung steht.

Die bisherige nach dem Wärmebedarf geführte Laufzeit dieser Anlagen passt nicht mehr zu den neuen Anforderungen des Stromnetzes, bei dem die viel diskutierte „Dun-

kelflaute“ gemanagt werden soll. Denn diese kann zu vielen wetterbedingten Zeiten entstehen, die nicht der Heizperiode liegen. Mehr noch: Die Verbesserung des Dämmstandards kann die Heizperiode um mehrere Monate verkürzen.

Die Abb. 6 zeigt den bundesdeutschen globalen Verlauf des Lastprofils der Stromerzeugung für alle Sektoren. Eine um den Faktor 5 ausgebaut Erzeugungskapazität von Wind- und Solarstrom kann über 70% der Jahrestunden die volle Abdeckung aus erneuerbaren Quellen sicherstellen, weil Sonne und Wind sich meist gut ergänzen.

Mit schnell reaktionsfähigen Gaskraftwerken können die Lücken geschlossen werden. Wenn diese dann aber mit erneuerbar erzeugten Gasen versorgt werden sollen, macht es wirtschaftlich Sinn, die Wirkungsgrade dieser Kraftwerke nach Laufzeitbedarf und Investitionskosten zu optimieren. Deren Bedarfs- und Netzplanung hat aber nur noch geringe Übereinstimmungen mit dem Angebot Wärme geführter Heizkraftwerke. Kraft-Wärme-Kopplung gehört deshalb der Vergangenheit an.

Wo noch mögliche Schnittmengen in bestehenden Anlagen existieren, kann dies im Rahmen ihrer verbleibenden Laufzeit durchaus noch erfolgen und im allgemeinen Mix für eine Übergangszeit keine



Abb. 5: Restdeckung bei Dunkelflauten (ohne Biogas)
Quelle: [Klafka 2021]

Probleme bereiten. Auch deren Betrieb nach dem Bedarf der Stromerzeugung (ohne oder mit nur geringer Wärmeauskopplung) ist möglich, wenn sie nun schon mal da sind. Die Tarifgestaltung der Einspeisung sollte auf jeden Fall diese Betriebsweise unterstützen.

Aber für die Neuplanung der Anlagentechnik müssen wir uns wohl von dieser „heiligen Kuh“ verabschieden und von einer weiteren Förderung absehen, weil dies für die Klimaneutralität zunehmend kontraproduktiv wird.

Fazit

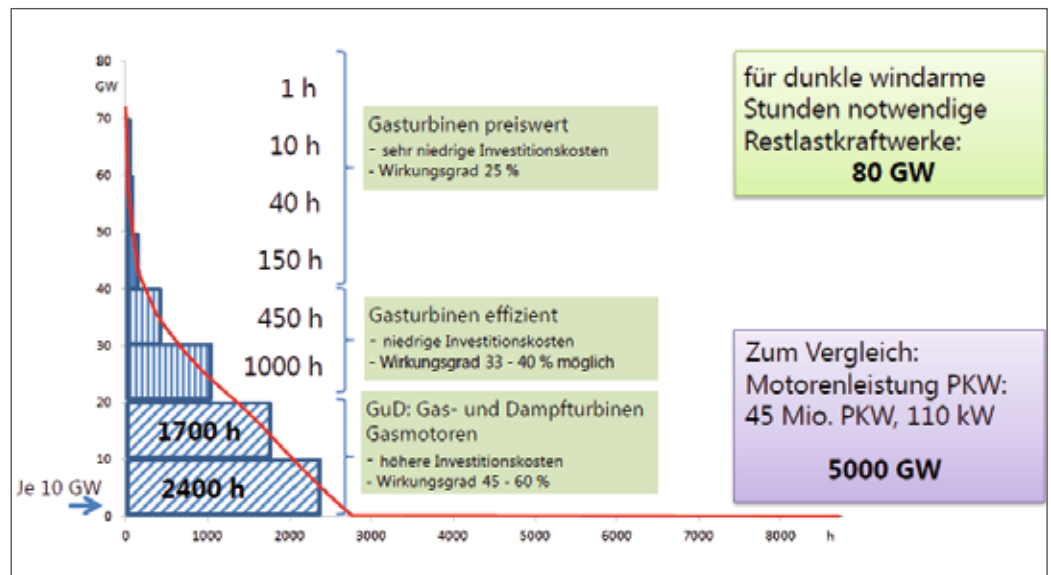
Im Gebäudebereich sind also folgende Wege zur Einhaltung des Emissionsbudgets zum beschleunigten Einhalten der Pariser Klimaziele am schnellsten umsetzbar.

- Die bestmögliche energetische Modernisierung von Gebäuden im üblichen Sanierungszyklus,
- die Umstellung der Wärmeerzeugung primär auf Wärmepumpen sowie

- der beschleunigte Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung mit Photovoltaik und Windkraft.

Der beschleunigte Ausbau von PV, z. B. durch Verpflichtung für alle Neubauten und bei der Sanierung von Dächern, ermöglicht eine sektorenunabhängige Kombination von Elektromobilität, elektrischen Wärmepumpen und Einspeisung in das und Bezug aus dem öffentlichen Netz. So könnte die Wärmewende gelingen (Fortsetzung folgt). ■

Abb. 6: Restlastdeckung bei Dunkelflauten über flexible Gaskraftwerke (ohne Biogas).
Quelle: [Klafka 2021]



INFOKASTEN 3

Vergleich der diskutierten Heizsysteme von der Situation im Bestand bis zu klimaneutralen Lösungen

	Istwert, Zielwert und Einschätzung der Maßnahme
Wärmepumpen	<p>Nur etwa 6 % der EZFH und 2 % der MFH sind heute mit einer Wärmepumpe ausgestattet. Jedoch ist der Wärmepumpenmarkt einer der derzeit am stärksten wachsenden Erzeugermärkte. Im Neubau weist bereits jede dritte Wohneinheit eine Wärmepumpe auf. Eine Wärmepumpe arbeitet jedoch ineffizient im unsanierten Bestand. Es muss mindestens eine Teilsanierung des Gebäudes gegeben sein. Gebäude ab Wärmeschutzverordnung 1984 (und besser) erfüllen die Bedingung mit hoher Wahrscheinlichkeit.</p> <p>Für Wärmepumpen ist eine QS besonders relevant. Bei Erdreichwärmepumpen ergeben sich gemessene Arbeitszahlen zwischen 3,3 und 4,4 mit QS bzw. 2,9 bis 3,8 ohne QS. Für Außenluftwärmepumpen sind 2,5 bis 3,6 mit QS zu erreichen, ohne QS nur 2,1 bis 3,0. Erstgenannter Wert gilt für Durchschnittsgebäude mit Heizkörpern, letzter für bestsanierete Gebäude mit Flächenheizung. Der Trinkwarmwasserbetrieb ist jeweils schlechter aufgrund der höheren Temperaturniveaus (Erdreichwärmepumpe: 2,1 ... 2,5 und Außenluftwärmepumpe 1,9 ... 2,2).</p> <p>Alle Studien zur Energiewende gehen von einer Vervielfachung des Wärmepumpenbestandes aus, wenn auch in unterschiedlicher Größenordnung. Die Autoren können dem zustimmen und sehen Wärmepumpen als Standarderzeuger auch in der Sanierung an. Für MFH lassen sich Systeme „kalter Fernwärme“ konzipieren, bei dem der Gebäudeeigentümer oder ein Versorgungsunternehmen den Wärmequellenkreis im Erdreich betreibt.</p> <p>Untersuchungen der Autoren zeigen unter Verwendung heutiger Energiepreise keine Wirtschaftlichkeit für den Einsatz von Wärmepumpen, auch nicht unter Einbezug von Fördermitteln. Es ist eine veränderte Energieträgerbepreisung notwendig. Auch in Kombination mit Photovoltaik auf dem Dach des Sanierungsobjektes werden Wärmepumpenlösungen nur wirtschaftlich, weil eine „Quersubventionierung“ stattfindet.</p>
Erdgas- und Heizkessel, Hybridheizung	<p>Etwa 75 bis 80 % aller Wohnbauten werden derzeit mit einem fossil betriebenen Kessel versorgt. Es ist von typischen Effizienzen (Brennwertbezug) in der Größenordnung 88 % bis 93 % für Brennwertkessel bzw. 80 % bis 85 % für Niedertemperaturkessel auszugehen – jeweils ohne bzw. mit Qualitätssicherung.</p> <p>Hier mag ein Nachholen der QS noch den einen oder anderen Prozentpunkt beim Nutzungsgrad bringen. Im Zuge der besseren Wärmedämmung des Gebäudes kann die Vorlaufemperatur abgesenkt werden, wodurch sich Kesselverluste senken lassen und die Brennwertnutzung verbessern kann. Dies sind allerdings im Vergleich zur Nutzung der Umweltwärme durch Wärmepumpen eher bescheidene Effekte zur Reduzierung der fossilen Brennstoffe für Wärmeversorgung.</p> <p>Eine präferierte Lösung ist der übergangsweise Aufbau von Hybridheizungen (Bivalenz) aus Kesseln und Wärmepumpen. Die für die Wärmepumpen geschilderte Problematik der Unwirtschaftlichkeit aufgrund derzeit zu hoher Strompreise gilt ebenso.</p>
Wärmenetze und Kraft-Wärme-Kopplung	<p>Etwa 4 % der EZFH und knapp 20 % der MFH werden heute über Wärmenetze versorgt. Die Autoren haben keinen Ausbau konventioneller (warmer und heißer) Nah- und Fernwärmesysteme untersucht. Da langfristig auch diese Netze überwiegend regenerativen Strom nutzen müssen, stellt sich die Frage, welche Energieträger mittel- und langfristig zum Einsatz kommen sollen. Bis auf industrielle Abwärme (Müll, Prozesswärme usw.) weisen alle anderen Optionen (Solarthermie, Wärmepumpe, KWK/Kessel mit künstlichen Kohlenwasserstoffen/Wasserstoff betrieben) bei einem zentralen Einsatz mit Netz die gleichen Restriktionen auf, die auch für die Direktverwendung am Gebäude gelten. Solarthermie und PV-Strom sind saisonalen Schwankungen unterworfen, künstliche Brennstoffe haben sehr stark verlustbehaftete Vorketten.</p> <p>Es bleibt daher die Frage: sind die zusätzlichen Netzverluste gerechtfertigt, um die sich ergebenden geringeren Investitionskosten von Großanlagen gegenüber vieler Kleinanlagen zu rechtfertigen. In Anbetracht sinkender Wärmeabnahmen, welche sich aus der notwendigen Gebäudemodernisierung ergeben, fallen Netzverluste dann deutlich mehr ins Gewicht als früher.</p> <p>Auch den Betrieb von KWK sehen die Autoren langfristig nicht als weiteren zu fördernden Markt an. Eine Stromproduktion in Zeiten ohne PV- oder Windstrom wird auch künftig unvermeidbar sein, daher wird es reine Kraftwerke geben. Diese zentrale Stromproduktion ist aber auf ein Minimum zu begrenzen. In diesen Phasen wird langfristig eine mit hohen Umwandlungsverlusten verbundene Rückverstromung vorher hergestellter künstlicher Brennstoffe (wahrscheinlich Wasserstoff oder erneuerbares Methan) stattfinden. Da diese Phasen aber nicht mit dem Dauerbetrieb heutiger KWK-Anlagen vergleichbar sind, sondern eher temporär stattfinden, ist künftig nicht von permanent verfügbarer Wärme aus einer KWK auszugehen. Künftig können jedoch Netze der „kalten Fernwärme“ aus Erdreichkollektoren, Erdsonden oder sonstigen „Abwärmequellen“ der Versorgung gebäudeweiser Wärmepumpen dienen.</p>
Holzessel	<p>Etwa 6 % der EZFH und 2 % der MFH sind heute mit einem Holzessel ausgestattet. Die typische Effizienz von Holzesseln liegt in der Größenordnung von 70 % (ohne QS) bis 75 % (mit QS).</p> <p>Da Holz ein endlicher Energieträger ist, der in seiner Verfügbarkeit begrenzt ist, können nicht alle Gebäude auf diese Art versorgt werden. Etwa 1/3 des für die Gebäudebeheizung verfügbaren Biomassebudgets ist heute schon ausgereizt. In der langfristigen Perspektive kann Holz als Brennstoff zur CO₂-Minderung beitragen, jedoch nicht in einem Massenmarkt.</p> <p>Eine Wirtschaftlichkeit stellt sich durch einen Wechsel von Erdgas oder Heizöl zu Holz nach Berechnungen der Autoren nicht ein. Die notwendigen Investitionskostenzuschüsse liegen bei mindestens 70 % der Holzesselkosten. Es erscheint daher sinnvoller, das Unwirtschaftlichkeitsproblem durch eine höhere Bepreisung von Gas und Heizöl (Emissionspreise) zu lösen – siehe Wärmepumpen.</p> <p>Da bei einer Holzheizung hohe Temperaturen erreichbar sind, ist es angebracht, dass sie vor allem in Gebäuden zum Einsatz kommt, die auch langfristig keinen Niedertemperaturbetrieb der Heizung erlauben, z. B. Denkmale (nach Ausföhrung aller möglichen baulichen Maßnahmen). Für den Betrieb von Nahwärmenetzen und die damit verbundenen Verluste an das Erdreich erscheint den Autoren Holz als zu wertvoll, weil begrenzt.</p>
QS der Haupterzeuger	<p>Die QS der Erzeugung hängt stark von der Peripherie ab, die relevant für die optimalen Systemtemperaturen ist. Des Weiteren sind eine passende Dimensionierung (Planung) und die Fähigkeit der Leistungsregelung (modulierende Wärmeerzeuger) relevant (Produkteigenschaft). Beides kann nur im Rahmen einer Modernisierung optimiert werden, nicht nachträglich.</p> <p>Jedoch sind Anpassungen der Regelparameter und Hydraulik auch nach Inbetriebnahme sinnvoll. Alle Wärmeerzeuger reagieren auf die vorgelagerten Störgrößen (anderes Nutzerverhalten, Änderungen am Baukörper, Änderungen an der Peripherie), daher ist die QS eher als Daueraufgabe zu verstehen. Eine nachträgliche anlagentechnische QS als Alleinmaßnahme ist sinnvoll, wenn ein Monitoring stattgefunden hat, mit dem einzelne Probleme lokalisiert und erkannt werden. Eine gute Basis ist eine (automatisierte) Energieanalyse aus dem Verbrauch, integriert z. B. in zukünftigen Regeleinrichtungen von Kesseln und Wärmepumpen sowie in Heizkreisregelungen.</p> <p>Der absolute und prozentuale Einfluss steigt an, je besser der erreichte bauliche Standard ist. Sanierungen auf „guten“ und „besten“ Standard erreichen 1/4 bis 1/3 Emissionsminderung durch die Summe aller QS-Maßnahmen.</p>

Literaturverweise

[EAV 1 2004] K. Jagnow und D. Wolff, „E-A-V: Energieanalyse aus dem Verbrauch“, TGA Fachplaner, Nr. 9, 2004.

[EAV 2 2004] K. Jagnow, D. Wolff und P. Teuber, „Effizienz von Wärmeerzeugern“, TGA Fachplaner, Nr. 10, 2004.

[EWG 2019] Thure Traber & Hans-Josef Fell: Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz. Der Umstieg von Kohle und Erdöl auf Erdgas beschleunigt den Klimawandel durch alarmierende Methanemissionen, Studie der Energy Watch Group 2019.

Download: https://www.energywatch-group.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf

[FÖW 2021] Isabell Schrems u.a.: Was Erdgas wirklich kostet. Roadmap für den fossilen Gasausstieg im Wärmesektor. Studie des Forums ökologisch-soziale Marktwirtschaft (FÖW) für die Elektrizitätswerke Schönau, 2021. Download: <https://www.ews-schoenau.de/export/sites/ews/ews/presse/files/ews-foes-erdgas-studie.pdf>

[Jagnow/Wolff 2020] K. Jagnow und D. Wolff: Wärmewende und Klimaneutralität: Was sich für Gebäude

schnellstens ändern muss, TGA Fachplaner, Heft Juli, 2020.

[Klafka 2021] P. Klafka, 100 % Erneuerbare Energieversorgung in Deutschland (Wie) Geht das? Vortragsunterlagen, Aachen, 2021. Download: www.3rosen.eu/100%Erneuerbare

[Kuck 2017] J. Kuck, Deutschland 100% regenerativ – 20. Fachtagung Gebäude energetisch optimieren, Ostfalia, Wolfenbüttel, 2017.

[Optimus 2006] K. Jagnow und D. Wolff, Optimus – Umweltkommunikation in der mittelständischen Wirtschaft am Beispiel der Optimierung

von Heizungssystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotenzialen – Technische Optimierung und Energieeinsparung, Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Wolfenbüttel, 2006.

[RLS 2020] Reiner Lemoine Stiftung: New Deal für das Erneuerbare Energiesystem, Berlin, 2020.

[Schünemann 2017] A. Schünemann, K. Jagnow und D. Wolff, Vorschläge für das GEG 2019 – Es würde auch viel einfacher gehen!, TGA Fachplaner, Nr. 8, 2017.