

Wie man die Energie- und Wärmewende beschleunigt

KOMPAKT INFORMIEREN

Die Klima- und Energiepolitik erfordert im Gebäudesektor einen starken Fokus auf CO₂-Emissionen und auf tatsächliche Endenergieverbräuche; nur diese sind für die Klimaziele und die Endverbraucher relevant. Dazu muss insbesondere das Gebäudeenergiegesetz neu ausgerichtet werden.

Ein Fortführen der primärenergetischen Bewertung würde einen kontinuierlichen Anpassungsbedarf erfordern, da mit dem Ziel Klimaneutralität die Primärenergiefaktoren aller eingesetzten Energieträger bei null oder nahezu null landen müssen.

Rahmen für ein neues Gebäudeenergiegesetz könnten die seit fast 20 Jahren eingesetzte „Energieanalyse aus dem Verbrauch EAV“, sehr einfache nachzuvollziehende Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle und an die Anlagentechnik sowie wirtschaftliche Bauteilanforderungen sein.

Die EAV kann weitgehend automatisiert werden und als Vollzugs- und Effizienzkontrolle genutzt werden.

Bei der Wärmeerzeugung ist ein Fokus auf dezentrale Wärmepumpen und bei Wärmenetzen auf kalte Fern-/Nahwärme angezeigt. Dazu ist ein beschleunigter Ausbau der dezentralen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien erforderlich.

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung des Gebäudesektors findet zu langsam statt. Eine neue Systematik im Gebäudeenergiegesetz könnte die Wärmewende und auch die Energiewende insgesamt beschleunigen.



1 Beim Gebäudeenergiegesetz stehen aktuell (Effizienzstandard EH55 ab 2023 im Neubau), demnächst (65-%-Klausel für erneuerbare Energien ab 2024 und strengere Anforderungen für energetische Modernisierungen ab 2024) und spätestens für die Einführung des Effizienzstandards EH40 im Neubau ab 2025 Änderungen bzw. Novellen an.



In einer schnellen Abfolge hat die Bundesregierung, insbesondere über das „Osterpaket“ von Bundeswirtschaftsminister Dr. Robert Habeck, mehrere Gesetzentwürfe und Formulierungshilfen für solche in das parlamentarische Verfahren eingebracht. Für den vermieteten Gebäudesektor stechen zum einen der „Entwurf eines Gesetzes zur Aufteilung der Kohlendioxidkosten“ [1] und für alle Gebäude der an den „Entwurf einer Formulierungshilfe EnWG-Novelle“ als Artikel 8a angehängte Vorschlag zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes [2] hervor.

In Stellungnahmen, Veröffentlichungen und Gutachten [3] haben sich die Autoren seit mehr als einem Jahrzehnt für einen stärkeren Einbezug der CO₂-Emissionen und für eine Berücksichtigung realer Verbrauchswerte gegenüber

genormten Bedarfswerten im Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der darauf aufbauenden Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) eingesetzt. Beides ist im Entwurf für das Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz [2] erfolgt. Ebenfalls ist der CO₂-Bezug in der Formulierungshilfe zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes [2] zu finden:

„Im Zuge der Angleichung an den zukünftigen EH40-Standard wird die bisherige Anforderungssystematik umgestellt auf eine Systematik, die insbesondere auch die eingesparte Tonne CO₂ mitberücksichtigt. In diesem Zusammenhang wird auch die Fördersystematik kohärent weiterentwickelt sowie die das Verhältnis zur Förderung betreffenden Vorschriften entsprechend angepasst.“



Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow
lehrt Anlagentechnik und
Energiekonzepte an der
Hochschule Magdeburg-Stendal –
Fachbereich Wasser, Umwelt,
Bau und Sicherheit,
www.bauwesen.hs-magdeburg.de



Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff
Ostfalia Hochschule für
angewandte Wissenschaften,
Campus Wolfenbüttel,
Fakultät Versorgungstechnik,
d.wolff@ostfalia.de,
www.ostfalia.de

Der EH40-Standard soll ab 2025 der gesetzlich vorgeschriebene Mindeststandard im Neubau werden. Im besten Fall sollten dafür auch die angekündigte GEG-Novelle sowie die BEG einen Bezug auf real verbrauchte Endenergien enthalten. Dieser Umstieg von Bedarfs- auf Verbrauchswerte der Endenergien wird von den Autoren dringend empfohlen [4].

Aus Zeitgründen wird die aktuell anstehende Änderung des GEG noch auf den bisherigen Regelungen mit den Haupt- und Nebenanforderungen (Primärenergiebedarf und H_T) sowie auf den neuen Effizienzstandard EH55 (ab 1. Januar 2023; Neubau) aufbauen. Diese Kenngrößen

auf deren direktes Einsparpotenzial beziehen. Primär ist die Einsparung von CO_2 -Emissionen und nicht von Primärenergie erforderlich, denn Primärenergie wird künftig nur noch erneuerbar erzeugt.

Stromgutschriftmethoden, exergetische Methoden und undurchschaubare Anpassungen der Primärenergiefaktoren für KWK sowie für Nah- und Fernwärme wären dann nicht mehr notwendig. Strom hätte bald, nach den Plänen der Ampel-Koalition spätestens 2035, den CO_2 -Faktor Null und alle fossilen Energieträger, die übergangsweise noch eingesetzt werden müssen, hätten die heute bereits geltenden

könnten abgeschafft werden. Das GEG 2025 ließe sich konsequent auf Einzelbauteilanforderungen und auf Effizienznachweise durch Verbrauchsauswertungen umstellen.

Bei dieser Umstellung sollte das seit fast 20 Jahren eingesetzte und in vielen Normen und Richtlinien etablierte Verfahren der „Energieanalyse aus dem Verbrauch EAV“ eine prägende Rolle einnehmen. Es ist auch als Chance für eine zukünftige Vollzugs- und Effizienzkontrolle anzusehen. Ausführlich werden die Grundlagen der EAV in den ersten Veröffentlichungen der Autoren aus dem Jahr 2004 erläutert [5, 6].

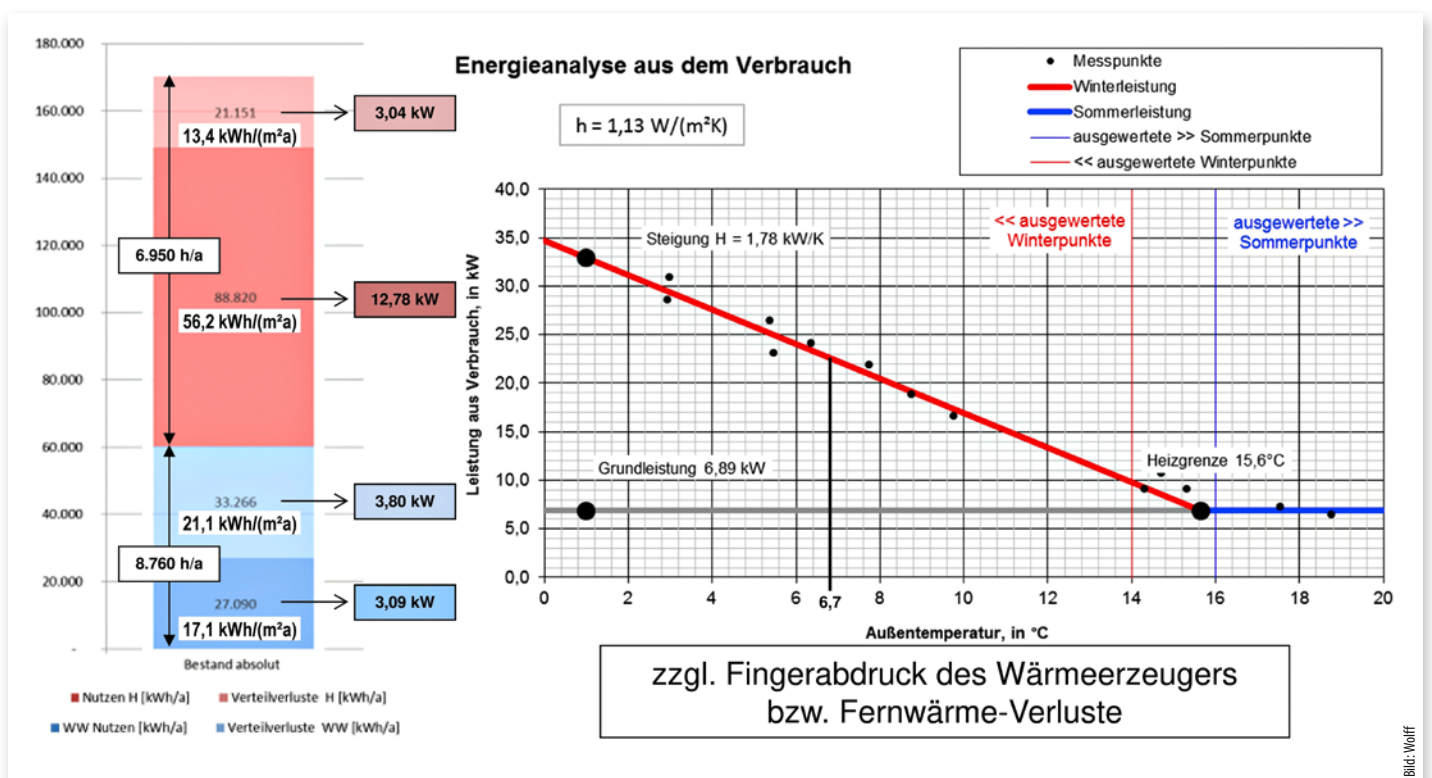


Bild: Wolff

2 Beispiel für eine Energieanalyse aus dem Verbrauch.

sind allerdings insbesondere Endverbrauchern schwer vermittelbar – von Interesse sind tatsächliche (zu bezahlende) Endenergiewerte und die damit verbundenen CO_2 -Emissionen bzw. die über die CO_2 -Bepreisung adressierten verbrennungsbezogenen CO_2 -Emissionen der in Gebäuden eingesetzten Brennstoffe Erdgas, Flüssiggas und Heizöl.

Dynamische Primärenergiefaktoren

Ein weiteres Argument für eine neue Systematik: In einer beschleunigten Energie- und Wärmewende müssten die Primärenergiefaktoren kontinuierlich angepasst werden, bis sie letztendlich alle bei dem Wert Null landen. Das gilt zwar auch für die CO_2 -Faktoren, aber diese würden sich nur noch auf eingesetzte fossile Endenergien und

Werte (wobei ein großer Anteil von LNG an der Erdgasversorgung eigentlich eine Anpassung erfordert). Die eingesetzten fossilen Endenergien müssten nur in allen Anlagen sauber bilanziert werden. Primärenergiefaktoren könnten dann ab 2025 obsolet sein.

GEG 2025 grundlegend neu aufbauen

Mit der Novellierung des GEG ab 2025 sollte ein grundlegender Neuaufbau des Gesetzes vorgenommen werden, der sich vollständig von den veralteten EnEV-/EEWärmeG- und jetzt GEG-Vorlagen trennt und somit auch keine auf diese bezogenen Änderungen erfordert.

Sowohl das nicht mehr zeitgemäße Referenzgebäude, als auch die ohnehin zu überarbeitenden Tabellen für das Modellgebäudeverfahren

Energieanalyse aus dem Verbrauch

Die Energieanalyse aus dem Verbrauch (EAV) bezeichnet die energetische Bewertung von Gebäuden auf Basis im Zeitintervall gemessener Wärme- und Endenergieverbräuche. Die Messperiode sollte möglichst ein Jahr mit Messwerten mindestens im monatlichen Intervall umfassen. Die Wärmemengenzählerwerte werden als mittlere Leistungswerte über der zugehörigen mittleren Außentemperatur im Messzeitraum aufgetragen. 2 zeigt die Auswertung der Wärmezähler für ein mit Fernwärme versorgtes Mehrfamilienhaus nach Dämmung der Außenhülle.

Der witterungsabhängige (rote Gerade) Teil der Regressionsgerade beschreibt die außen-temperaturabhängigen Verluste des Gebäudes,



③ Der schnellere und möglichst alle Flächen ausnutzende Zubau gebäudenaher Photovoltaik-Anlagen ist ein wichtiger Baustein für die Beschleunigung der Energie- und Wärmewende.

④ Die Wärmeerzeugung für Wohngebäude sollte schnellstmöglich auf dezentrale Wärmepumpen umgestellt werden. Die technischen Voraussetzungen sind in der Regel bei Gebäude ab Wärmeschutzverordnung 1984 gegeben.

der witterungsunabhängige (blaue Gerade) Teil der Regressionsgerade die flächenbezogene Netz- und Speicherverluste sowie den Trinkwarmwassernutzen. Die Verluste der im Keller verlegten Heizleitungen (hellroter Anteil im linken Teil der Graphik, angegeben mit $13,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) kann durch Abschätzung der Leitungslängen und Temperaturen der gedämmten Heizrohrleitungen ermittelt werden.

Durch Auswertung der Warmwasserzähler in den Wohnungen kann zwischen Nutzen und Verlusten für die Trinkwassererwärmung unterschieden werden. Diese Werte sind typisch für den Bestand und zeigen den hohen Einfluss von Zirkulations- und Speicherverlusten der zentralen Trinkwassererwärmung. Alleine die Zirkulationsverluste sind um 41 % höher als der ganzjährige Heizwärmebedarf eines Passivhauses.

Für die Effizienz der Wärmeerzeugung können Jahresnutzungsgrad für Brennwertheizkessel und Jahresarbeitszahlen für Wärmepumpen detailliert ausgewertet und sogar im laufenden Betrieb optimiert werden. Das Beispiel zeigt, auf welche Gebäude- und Anlagenqualitäten man sich zukünftig konzentrieren sollte. Mit der EAV werden also sowohl für Neubauanforderungen mit Nachverfolgung der Verbrauchswerte, als auch für Anforderungen an den Bestand Möglichkeiten eröffnet, den Erfolg von Modernisierungsmaßnahmen real zu evaluieren.

Anforderungen für das GEG 2025

Für das GEG 2025 und die darauf abgestimmte BEG wären nur noch folgende Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle und an die Anlagentechnik erforderlich:

Begrenzung des h-Werts auf typisch $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ im Neubau und auf $0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ im Bestand (siehe auch ②). Der h-Wert entspricht den aus der Normung bekannten Werten für

die spezifischen auf die Wohnfläche AEB bezogenen Werte für Transmissions- und Lüftungswärmeverluste $h = (H_T + H_V)/AEB$ und könnte den bisherigen Wert H_T' im aktuellen GEG ersetzen. Der h-Wert multipliziert mit den Heizgradstunden G15 (typisch heute $50 - 60 \text{ kWh/a}$) ergäbe für Neubauplanungen den spezifischen Heizwärmebedarf q_H zwischen $25 - 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Dieser könnte im späteren Betrieb mit der EAV evaluiert werden.

Begrenzung des Grundsockels für TWW inklusive Speicher- und Zirkulationsverluste q_{TWW} auf maximal $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Begrenzung der Erzeugereffizienz, im Wesentlichen der Effizienz von Wärmepumpen auf heute $\beta = 3 - 4$ als Jahresarbeitszahl. Auch diese Werte könnten im späteren Betrieb mit der EAV evaluiert und im Betrieb optimiert werden.

Begrenzung der „ehrlichen Bilanz“ von Nah- und Fernwärmelösungen bezogen auf den tatsächlichen Einsatz fossiler Energieträger für die Erzeugung in einer Endenergie- und CO_2 -Bilanz für tatsächlich eingesetzte fossile Energieträger.

Endenergiebedarfswerte und CO_2 -Emissionen für Strom und eventuell noch notwendige Gaslösungen könnten dann einfach ermittelt werden. Beispielsweise im Fall von Wärmepumpen: $q_{\text{END}} = (q_H + q_{TWW})/\beta$. Für den mittleren CO_2 -Emissionsfaktor des Strommixes Deutschland könnte im Mittel des Zeitraums bis 2035 der Wert von $200 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{kWh}_{\text{el}}$ angesetzt werden ⑩.

Schon seit 2020/21 bestehen bessere Rahmendaten, von einer Gebäudebilanzierung auf rein rechnerischer Basis (Bedarf) auf verbrauchsorientierte Erfolgsnachweise umzustellen. Ein wesentlicher und notwendiger Meilenstein ist in der BEG erreicht worden: Endenergie- und Wärmemengenzähler sind für jeden geförderten neuen Wärmeerzeuger För-

dervoraussetzung der Bundesförderung für effiziente Gebäude.

Die Bewertung von Gebäude- und Anlagenqualität kann so mit den in der BEG geforderten Effizienzmesseinrichtungen mit den Input- (Endenergie Gas, Heizöl, Fernwärme oder Strom) und Output-Messwerten (Wärmemengen für Heizung und Trinkwarmwasser) automatisch ermittelt werden und mit den vier erläuterten Kennwerten beschrieben werden: h-Wert, Erzeugereffizienz, flächenbezogene Netz- und Speicherverluste sowie Trinkwarmwassernutzen.

Die EAV hat sich in der Praxis bewährt

Die Praxistauglichkeit des EAV-Verfahrens konnte in einer großen Zahl von Feldstudien belegt werden, die vor allem auch im sanierten Gebäudebestand den Erfolg von Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik nachweisen konnten. Diese Ergebnisse aus zwanzig Jahren Feldpraxisprojekten haben die Autoren im Rahmen zweier Studien [7, 8] systematisch ausgewertet und der Öffentlichkeit als Excel-Datei „Standardbilanz“ auf www.delta-q.de zur Verfügung gestellt.

Schlussfolgerungen zu zukünftigen Neubau- und Modernisierungsstandards finden sich als Ergebnisse der Studien [7, 8] nachfolgend im Abschnitt „Anforderungen an zukünftige Qualitäten der Gebäude und Anlagentechnik bei Neubau und Bestandsmodernisierung“. Dabei wird davon ausgegangen, dass Modernisierungsmaßnahmen im üblichen Sanierungszyklus durchgeführt werden.

Gegenüber dem Stand der 2020/21 erstellten Studien sind durch die zuletzt stark gestiegenen Preise für fossile Brennstoffe die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für das GEG und für Förderprogramme vollkommen neu gesetzt. Lag das Preisverhältnis zwischen Gas-/Ölpreis und Strompreis in 2020/21 noch bei etwa 1:5,



Bild: Anmalflores ProStock – stock.adobe.com

5 Ein vorzeitiger Fenstertausch ist selten ohne Förderung wirtschaftlich, aber sinnvoll, wenn das Fenster das Ende seiner Lebensdauer nach etwa 35 Jahren erreicht.

hat sich dieses auf aktuell 1:2,5 ... 3 verändert. Förderprogramme spielen bei anhaltend hohen Energiepreisen dann nur noch eine untergeordnete Rolle. Der Wirtschaftlichkeitsnachweis nach dem EnWG könnte zukünftig nach den Investitionen für den notwendigen Zubau erneuerbarer Photovoltaik- und Windkraft-Anlagen geführt werden. Beispielsweise entspricht die notwendige Investition in eine Photovoltaik-Anlage etwa 1500 Euro/kW_p bei einem jährlichen Ertrag von 900 – 1000 kWh_{el}/kW_p.

Zusammen mit den Ergebnissen der genannten Studien und weiteren Untersuchungen zum Ausbau von Wärmenetzen [9], kann für eine beschleunigte Energie- und Wärmewende folgende schnell umzusetzende Strategie empfohlen werden:

- der beschleunigte Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung mit Photovoltaik und Windkraft
- die schnellstmögliche Umstellung der Wärmeerzeugung primär auf dezentrale Wärmepumpen
- den Vorteil kalter gegenüber warmen und heißen Nah- und Fernwärmenetzen verstehen und dabei Lösungen mit kalten Netzen und dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden gegenüber Großwärmepumpen für warme und heiße Netze den Vorrang einräumen. Warme und heiße Netze, betrieben mit Großwärmepumpen, weisen einen etwa doppelt so hohen Strombedarf wie kalte Netze mit dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden auf [10].

- die bestmögliche energetische Modernisierung von Gebäuden im üblichen Sanierungszyklus, siehe Abschnitt „Anforderungen an zukünftige Qualität der Gebäude und Anlagentechnik bei Neubau und Bestandsmodernisierung“
- Biomasse als Notanker für den noch verbleibenden Rest der Gebäude gezielt einzusetzen

Anforderungen an zukünftige Qualitäten der Gebäude und Anlagentechnik bei Neubau und Bestandsmodernisierung

Außenwand

Zielwerte: Außendämmung 0,15 W/(m² · K), Innendämmung 0,30 W/(m² · K). Eine Förderung ist nicht erforderlich, wenn ohnehin Maßnahmen an der Fassade notwendig sind und das Gebäude unsaniert ist. Für die Nachdämmung des Baustandards der 2. WärmeschutzV von 1984 ist eine Anreizförderung erforderlich.

Fenster

Ein Best-Practice-Zielwert für neue Fenster liegt heute bei 0,9 W/(m² · K). Eine alleinige Fenster-sanierung ist kostenintensiv, sodass sie selbst bei ohnehin notwendigen Ersatzmaßnahmen auch bei angestiegenen Energiepreisen nicht immer wirtschaftlich ist, aber mit Zuschüssen werden kann.

Ein vorzeitiger Fensteraustausch konnte in den Studien nicht als wirtschaftlich nachgewiesen werden, auch nicht im Zusammenhang von Maßnahmenpaketen. Der Fenstertausch ist vor allem dann sinnvoll, wenn das Bestandsfenster das Ende seiner Lebensdauer – also etwa 35 Jahre – erreicht.

Kellerdecke und Bodenplatte

Gut die Hälfte aller unteren Gebäudeabschlüsse ist ungedämmt ($U = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Nur etwa 30 % sind gut gedämmt ($U = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$), der Rest ist in mäßigem energetischen Zustand ($U = 0,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Ein Best-Practice-Zielwert liegt bei nur $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Es ist in vielen Gebäuden mit Restriktionen zu rechnen (fehlende Deckenhöhe, Notwendigkeit der Innendämmung).

Die Dämmung der Kellerdecke ist eine wirtschaftliche Maßnahme, die auch anlasslos unter Verwendung der Vollkosten keine Bezuschussung benötigt. Eine Aufdopplung der Dämmung erfordert einen Zuschuss von ca. 15 %, wenn eine „mittlere“ Deckenkonstruktion der 2. WärmeschutzV von 1984 zugrunde gelegt wird.

Die Bodendämmung ist nicht wirtschaftlich. Es ergeben sich selbst bei ungedämmten Konstruktionen notwendige Investitionskostenzuschüsse von mindestens 15 %.

Bauliche Qualitätssicherung

Die bauliche Qualitätssicherung (QS) 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 steigt an, je besser der erreichte Standard ist. Die untersuchten Sanierungen auf „guten“ und „besten“ Standard erreichten eine 25- bis 33%ige Emissionsminderung durch die Summe aller QS-Maßnahmen.

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.

Oberste Geschossdecke und Dach

Knapp 60 % aller Dächer und oberen Geschossdecken weisen bereits einen guten Standard ($U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) auf. Die restlichen gut 40 % sind gering oder nicht gedämmt ($U = 0,45$ bis $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Ein Best-Practice-Zielwert von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ kann fast in jedem Objekt erreicht werden, weil nur wenige Restriktionen gegeben sind.

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 die Aufdopplung. Erst ab einem Ausgangszustand, welcher der WärmeschutzV von 1995 entspricht, ist dies nicht mehr ohne Förderung wirtschaftlich.

Die Dachsanierung als Zwischensparrendämmung hingegen weist schlechtere Ergebnisse auf. Liegt die Dachsanierung sowieso an, ist die Maßnahme wirtschaftlich. Eine Aufdopplung der Dämmung ist hingegen grenzwirtschaftlich. Anlasslos ist keine Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Bei einer Dachsanierung als Einzelmaßnahme ist es in jedem Fall ratsam, bereits einen ausreichenden Dachüberstand für eine Außenwanddämmung herzustellen.

Wärmepumpen

Für die Hauptwärmeerzeuger lassen sich aus Effizienzmessungen im Feld Jahresnutzungsgrade oder Jahresarbeitszahlen ableiten. Sie zeigen, dass es ist sinnvoll ist, eine Unterscheidung in Fälle mit und ohne Qualitätssicherung vorzunehmen.

Nur etwa 6 % der Ein- und Zweifamilienhäuser und 2 % der Mehrfamilienhäuser sind heute mit einer Wärmepumpe ausgestattet. Jedoch haben Wärmepumpen derzeit das größte Wachstum bei den Wärmeerzeugern. Von den 2021 fertiggestellten Neubauten werden 50,6 % mit einer Wärmepumpe beheizt (Ein- und Zweifamilienhäuser: 53,9 %, Mehrfamilienhäuser: 30,6 %. Von den 2021 zum Bau genehmigten Wohnungen sollen 43,6 % primär mit einer Wärmepumpe beheizt werden.

Eine Wärmepumpe arbeitet weniger effizient im unsanierten Bestand. Es muss mindestens eine Teilsanierung des Gebäudes gegeben sein. Gebäude ab Wärmeschutzverordnung 1984 (und besser) erfüllen die Bedingung mit hoher Wahrscheinlichkeit.

Für Wärmepumpen ist eine Qualitätssicherung besonders relevant. Bei Erdwärmepumpen ergeben sich gemessene Jahresarbeitszahlen 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. Erstgenannte Werte gelten für Durchschnittsgebäude mit Heizkörpern, letztere für



Bild: mhp – stock.adobe.com

6 Bei bisher unsanierten Gebäuden ist eine Außen-dämmung auch ohne Förderung wirtschaftlich, sofern ohnehin Maßnahmen an der Fassade notwendig sind.



Bild: ZVSHK

7 Die Optimierung der Systemtemperatur und der Hydraulische Abgleich lassen sich leicht und zu jedem Zeitpunkt durchführen.

best-sanierte Gebäude mit Flächenheizung. Die Jahresarbeitszahl im Trinkwarmwasserbetrieb ist jeweils schlechter.

Alle Studien zur Energiewende gehen von einer Vervielfachung des Wärmepumpenbestands aus, wenn auch in unterschiedlicher Größenordnung. Wärmepumpen werden auch der Standard in der Sanierung werden. Für Mehrfamilienhäuser sind auch Systeme mit „kalter Fernwärme“ geeignet.

Die Untersuchungen [7, 8] zeigen unter Verwendung heutiger Energiepreise trotz höherer Investitionen in fast allen Fällen eine Wirtschaftlichkeit für den Einsatz von Wärmepumpen. Unter Einbezug von Fördermitteln ist die Wirtschaftlichkeit noch besser, eine Förderung ist aber nicht notwendig. Noch wirtschaftlicher sind Wärmepumpenlösungen in Kombination mit Photovoltaik-Anlagen, weil eine „Quersubventionierung“ durch die Einsparung von vermeintlichem teurem Strombezug stattfindet.

Gas- und Öl-Heizkessel, Hybridheizung

Etwa 75 bis 80 % aller Wohngebäude werden derzeit über einem fossil betriebenen Heizkessel mit Wärme versorgt. Es ist von typischen Effizienzkennwerten (Brennwertbezug) in der Größenordnung 88 bis 93 % für Brennwertheizkessel bzw. 80 bis 85 % für Niedertemperaturheizkessel auszugehen – jeweils ohne bzw. mit Qualitätssicherung.

Ein 1:1-Austausch von Heizkesseln wurde nicht untersucht. Eine präferierte Lösung für die beiden Ziele – einerseits schnell einen emissionsärmeren Zustand zu erreichen, andererseits nicht bis zum nächsten Baukörpersanierungszyklus zu warten – ist der übergangsweise Aufbau von Hybridheizungen (Bivalenz) aus Heizkessel(n) und Wärmepumpen bei Gebäuden, die noch nicht wesentlich modernisiert wurden und deren Baujahr vor der 1. WärmeschutzV von 1978 liegt.

Die Wärmepumpe wird dabei nach der absehbar geringeren Heizlast gewählt, die sich nach der Modernisierung der Gebäudehülle ergibt. Die Wärmepumpe ist damit für eine bestimmte Zeit unterdimensioniert. Mit der nächsten Gebäudesanierung kann das Hybridsystem dann zu einem reinen Wärmepumpensystem umfunktioniert werden. Da eine Hybridlösung klar von der Logik „einfache Systeme sind einfacher zu beherrschen“ abweicht, ist hier eine Qualitätssicherung bei der Planung und Ausführung noch wichtiger als bei reinen Wärmepumpenlösungen.

Wärmenetze und KWK

Etwa 4 % der Ein- und Zweifamilienhäuser und knapp 20 % der Mehrfamilienhäuser werden heute über Wärmenetze versorgt. Da langfristig auch die Heizkraftwerke dieser Netze überwie-

gend durch regenerative Stromerzeugung ersetzt werden müssen, stellt sich die Frage, welche Energieträger mittel- und langfristig für das Wärmenetz zum Einsatz kommen sollen. Bis auf industrielle Abwärme (Müll, Prozesswärme usw.) weisen alle anderen Optionen (Solarthermie, Großwärmepumpe, KWK / Kessel mit PtX oder Wasserstoff betrieben) bei einem zentralen Einsatz mit Netz die gleichen Restriktionen auf, die auch für die Direktverwendung am Gebäude gelten. Solarthermie und Photovoltaik-Strom sind saisonalen Schwankungen unterworfen, künstliche Brennstoffe haben sehr stark verlustbehaftete Vorketten.

Es muss deshalb beantwortet werden, ob die zusätzlichen Netzverluste die sich eventuell ergebenden geringeren Investitionskosten von Großanlagen gegenüber vielen Kleinanlagen rechtfertigen. In Anbetracht sinkender Wärmeabnahmen, welche sich aus der notwendigen Gebäudemodernisierung ergeben, fallen Netzverluste künftig noch deutlicher ins Gewicht als bisher.

Auch der Betrieb von KWK-Anlagen sollte langfristig nicht weiter gefördert werden. Eine Stromproduktion in Zeiten ohne Photovoltaik- oder Windstrom wird auch künftig unvermeidbar sein, dafür wird es reine Kraftwerke geben. Diese zentrale Stromproduktion ist aber auf ein Minimum zu begrenzen: In diesen Phasen wird auch langfristig eine mit hohen Umwandlungsverlusten verbundene Rückverstromung vorher hergestellter synthetischer 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 KWK-Anlagen auszugehen.

Künftig können jedoch Netze mit „kalter Fernwärme“ aus Erdreichkollektoren, Erdsonden oder sonstigen „Abwärmequellen“ der Versorgung gebäudeweiser Wärmepumpen dienen [10].

Es konnte nachgewiesen werden, dass warme und heiße Netze, betrieben mit Großwärmepumpen, einen etwa doppelt so hohen Strombedarf wie kalte Netze mit dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden aufweisen [10].

Holzessel

Etwa 6 % der Ein- und Zweifamilienhäuser und 2 % der Mehrfamilienhäuser sind heute mit einem Holz-Heizkessel ausgestattet. Ihre typische Effizienz liegt in der Größenordnung von 70 % (ohne QS) bis 75 % (mit QS).

Da Holz ein endlicher in seiner Verfügbarkeit begrenzter Energieträger ist, können nicht alle Gebäude auf diese Art versorgt werden. Etwa ein Drittel des für die Gebäudebeheizung verfügbaren Biomassebudgets ist heute schon ausgereizt. In der langfristigen Perspektive kann



Bild: blende11, photo – stock.adobe.com

8 Hat heiße/warme Fernwärme eine Zukunft? Mit der Dekarbonisierung der Stromerzeugung wird immer weniger Abwärme und nicht mehr kontinuierlich zur Verfügung stehen.

Holz als Brennstoff zur CO₂-Minderung beitragen, jedoch nicht in einem Massenmarkt.

Eine Wirtschaftlichkeit stellt sich durch einen Wechsel von Erdgas oder Heizöl zu Holz nach Berechnungen der Autoren nicht ein.

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 erlauben, z. B. Denkmale (nach Ausführung aller möglichen baulichen Maßnahmen). Für den Betrieb von Nahwärmenetzen und die damit verbundenen Verluste an das Erdreich ist Holz zu wertvoll.

QS der Haupterzeuger

Die Qualitätssicherung der Wärmeerzeugung 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.

Jedoch sind Anpassungen der Regelparameter bei sorgfältig geplanter 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 Qualitätssicherung als Alleinmaßnahme ist sinnvoll, wenn ein Monitoring stattgefunden hat, mit dem einzelne Probleme lokalisiert und erkannt werden. Eine gute Basis ist eine (automatisierte) EAV, zum Beispiel integriert in zukünftigen Regeleinrichtungen von Wärmeerzeugern sowie Heizkreisregelungen.

Der absolute und prozentuale Einfluss der Qualitätssicherung steigt an, je besser der erreichte bauliche Standard ist. Die im Rahmen

der Feldprojekte untersuchten Sanierungen auf „guten“ und „besten“ Standard erreichten eine 25- bis 33%ige Emissionsminderung durch die Summe aller QS-Maßnahmen.

Nachfolgend sind die Maßnahmen an Zusatz-erzeuger und wesentliche Elemente der Peripherie zusammengestellt. Die genannten Maßnahmen der Sanierung lassen sich inhaltlich auch auf den Neubau übertragen. Dies gilt vor allem für eine verpflichtende Qualitätssicherung beim Bau und nach Inbetriebnahme auf Basis von Verbrauchsdatenanalysen mit der EAV – diese wäre als obligatorische Maßnahme in der GEG-Novelle (2025) festzuschreiben.

Neubau-Bauherren wird nahegelegt, sich an den aus technischer Sicht besten Lösungen zu orientieren – sowohl beim Wärmeschutz, als auch bei der Wärmeversorgung. Konkret werden

das „Nahe-Passivhausniveau“ sowie die vorgeschriebene Nutzung von Photovoltaik (vgl. u. a. das Hamburger Klimaschutzgesetz) als realistisch angesehen.

Lüftung mit WRG

Nur etwa 1 bis 3 % der Wohngebäude haben eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Die Untersuchungen im Rahmen der Feldprojekte zeigen, dass – wenn zur Komfort- und Hygieneverbesserung gewünscht – ein sinnvoller Einsatzbereich der Neubau sein wird. Trotz unbestrittener Vorteile ist eine Wirtschaftlichkeit nur gegeben, wenn Fördermittel von fast 100 % der Investitionssumme angesetzt werden. Im durchschnittlichen Sanierungsfall eines bestehenden Wohnbaus ist die Nachrüstung einer Lüftungsanlage mit so hohen Kosten sowie baupraktischem Aufwand bei der Umsetzung verbunden, dass sich keine Wirtschaftlichkeit ergibt. Auch eine einfache CO₂-Anzeige oder eine CO₂-Ampel mit manuell gesteuerter Fensterlüftung kann die Belüftungsanforderungen erfüllen.

Photovoltaik-Anlagen

Etwa 6 % der Mehrfamilienhäuser und 14 % der Ein- und Zweifamilienhäuser sind bereits mit Photovoltaik-Anlagen ausgestattet. Hinsichtlich der Zusatz-erzeuger im bzw. am Gebäude spielt Photovoltaik eine herausragende Rolle. Sie kann nicht nur nennenswert den Haushaltsstrom decken, sondern künftig auch Anteile für die Trinkwassererwärmung und Heizung beisteuern. Einfamilienhäuser schneiden wegen eines günstigeren Verhältnisses von Dachfläche zu Wohnfläche besser ab. Die dezentrale Stromproduk-

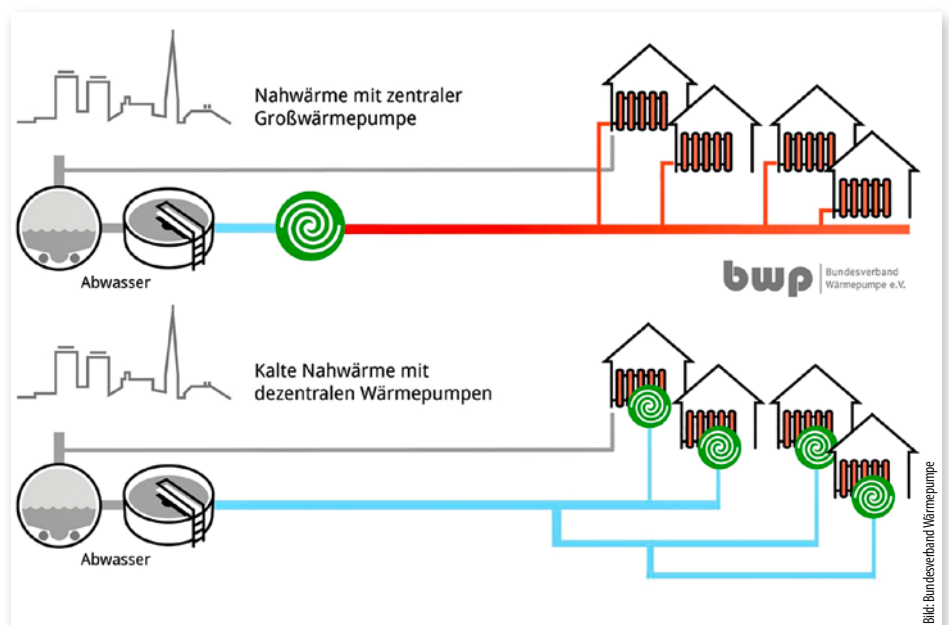


Bild: Bundesverband Wärmepumpe

9 Warme oder kalte Nahwärme (hier aus Abwasser)? Bei sinkender Wärmeabnahme, was sich aus der notwendigen Gebäudemodernisierung ergibt, fallen die Netzverluste künftig noch deutlicher ins Gewicht als bisher.

tion kann vergleichsweise ausfallsicher erfolgen. Es ist ein typischer Jahresertrag von 200 kWh/(m²·a) bezogen auf die Kollektorfläche gegeben.

Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass keine Investitionskostenzuschüsse notwendig werden, sofern eine Vergütung des eingespeisten Stroms erfolgt. Für den Mietwohnungsbau sind übergangsweise aus Sicht der heutigen Rechtslage Konzepte für den Vertrieb und/oder die Eigennutzung von Mieterstrom notwendig, beispielsweise über Contracting.

Solarthermie

Die Durchdringung der Wohnbauten mit Solarthermie liegt bei etwa 9 % für Mehrfamilienhäuser und bei etwa 20 % für Ein- und Zweifamilienhäuser. Je nach erfolgter QS ist mit einem Ertrag von 320 bis 360 kWh/(m²·a) bezogen auf die Kollektorfläche zu rechnen.

Im Gegensatz zu anderen Studien ergibt sich aus den Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit eine sehr eingeschränkte Relevanz für die Solarthermie. Sie hat gegebenenfalls ihre Berechtigung bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit mehr als drei Bewohnern (also bei ausreichender Belegung) und ohne Zirkulation. Das Maß an notwendiger Qualitätssicherung bis zu einem zufriedenstellenden Betrieb ist in Mehrfamilienhäusern hoch. Zudem ist der ungünstige Umstand einer Trinkwarmwasserzirkulation kaum vermeidbar.

Eine Wirtschaftlichkeit ist erst gegeben, wenn Investitionskostenzuschüsse von 55 bis 60 % angesetzt werden. Die größte Konkurrenz ergibt sich zur dezentralen Photovoltaik

am Gebäude. Da mit größerer Sicherheit der vorher bestimmte Ertrag bei Photovoltaik aus eigener Monitoring-Erfahrung auch eintritt und die Anlagen auch ohne nennenswerte Qualitätssicherung ihre zugesicherten Eigenschaften aufweisen, wird die geringere Effizienz (Ertrag pro Fläche) gegenüber einer Solarthermie in Kauf genommen. Mit zukünftig verbesserten Zell-Wirkungsgraden werden sich die Vorteile von Photovoltaik gegenüber Solarthermie weiter erhöhen.

Qualitätssicherung der Peripherie

Zu einer qualitätsgesicherten anlagentechnischen Peripherie gehören durch Dämmung minimierte unkontrollierte Wärmeeinträge von Rohrleitungen in den beheizten Bereich, der Hydraulische Abgleich, optimale Raumregelung und Systemtemperaturen sowie passende Umwälzpumpen und ihre bedarfsgerechte Einstellung. Optimale Verhältnisse sind umso schwieriger zu erreichen, je besser der bauliche Wärmeschutz ist: die Problematik unkontrollierter Wärmeeinträge und lokaler Überwärmung sowie Nachteile durch träge Wärmeübergabesysteme (Fußboden- und Wandheizungen) wirken sich in Gebäuden mit geringem Wärmebedarf deutlich negativer aus.

Ein Teil der Maßnahmen lässt sich leicht und zu jedem Zeitpunkt durchführen: die Optimierung der Systemtemperatur sowie der Hydraulische Abgleich. Auch Speicher lassen sich nachdämmen. Der andere Teil – insbesondere schwer regelbare Heizflächen (Estrichfußbodenheizung, Stahlradiatoren) – kann erst beim nächsten Sanierungszyklus angegangen

werden. Die Möglichkeit der Nachdämmung von Rohrleitungen hängt vom Ort der Installation ab: frei zugänglich oder innerhalb der Baukonstruktion.

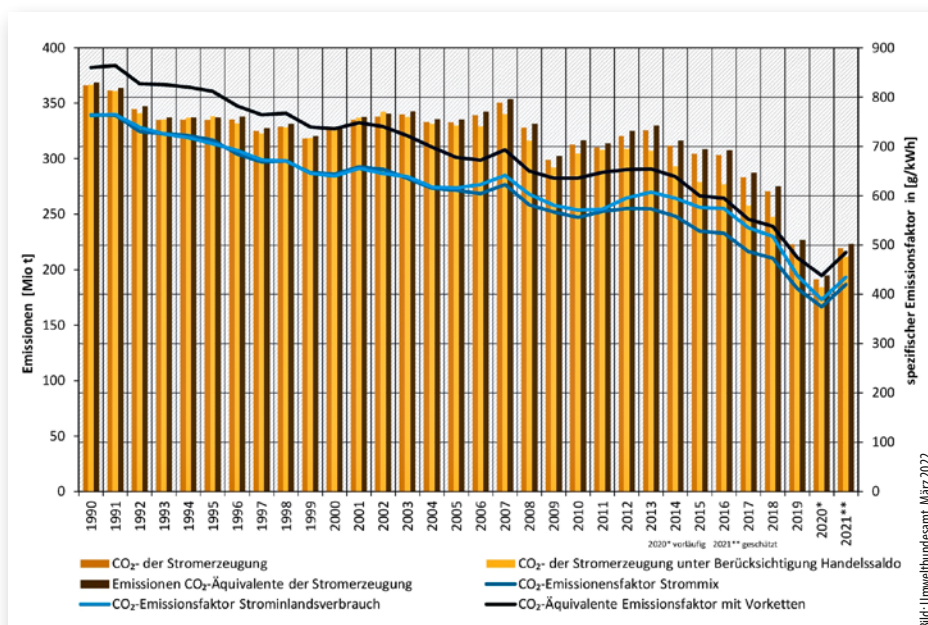
Der absolute und prozentuale Einfluss der Qualitätssicherung steigt an, je besser der erreichte energetische Standard ist. Die im Rahmen des Gutachtens untersuchten Sanierungen auf „guten“ und „besten“ Standard erreichten eine 25- bis 33%ige Emissionsminderung durch die Summe aller QS-Maßnahmen.

Ausblick

In folgenden Fachartikeln wird auf EAV-Anwendungen mit den Themen: „Aus Verbräuchen lernen“, „Effiziente und ‚erneuerbare‘ Wärmenetze“ sowie „Wärmepumpeneinsatz im Geschosswohnungsbau“ als Zusammenfassung der Fachtagung „Energiewende in der Wohnungswirtschaft“ der Ostfalia-Hochschule am 6. Mai 2022 näher eingegangen. ●

Literatur

- [1] Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Aufteilung der Kohlendioxidkosten (Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz – CO₂KostAufG). Berlin: 27. Mai 2022, ➔ [Download auf www.bmwi.de](#)
- [2] Entwurf Formulierungshilfe EnWG-Novelle: Formulierungshilfe für einen Änderungsantrag der Fraktionen der SPD, von Bündnis 90/Die Grünen und der FDP zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung. Berlin: Ausschussdrucksache 20(25)95 zur Bundestagsdrucksache 20/1599 vom 18. Mai 2022, ➔ [Download auf www.bundestag.de](#)
- [3] siehe: [www.delta-q.de](#)
- [4] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Standpunkt zur Energiewende im Gebäudesektor. Treibhausgas-Budget muss die Agenda sein. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 03-2022, [WEBCODE 950078](#)
- [5] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Vorschläge zur Umsetzung der EU-Richtlinie: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. E-A-V: Energieanalyse aus dem Verbrauch. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 04-2004, ➔ [Download auf www.delta-q.de](#)
- [6] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Vorschläge zur Umsetzung der EU-Richtlinie: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Effizienz von Wärmeerzeugern. Stuttgart: gentner Verlag, TGA 10-2004, ➔ [Download auf www.delta-q.de](#)
- [7] Wolff, Dieter: DBU-Projekt „EAV-Anwendung in der Wohnungswirtschaft. Kurzfassung der Abschlussdokumentationen“. Wolfenbüttel, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Versorgungstechnik, Institut für energieoptimierte Systeme, August 2021, ➔ [Download auf www.delta-q.de](#)
- [8] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Zusammenfassung des Gutachtens: Energiespareffekte und Kosten-Nutzen-Relationen der energetischen Gebäudesanierung. Braunschweig: November 2020, ➔ [Download auf www.delta-q.de](#)
- [9] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Zukünftige Wärmeversorgung von Gebäuden. Nah- und Fernwärme: Aus- oder Rückbau?. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 09-2011, [WEBCODE 950079](#)
- [10] Jagnow, Kati; Wolff, Dieter: Plädoyer für kalte versus warme Nah- und Fernwärmenetze aus erneuerbaren Quellen. Braunschweig, Dezember 2021, ➔ [Download auf www.delta-q.de](#)



10 Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommix 1990 bis 2020 und erste Schätzungen 2021 im Vergleich zu Emissionen der Stromerzeugung.