

Tobias Loga, André Müller, Michael Hörner

Wärmewende jetzt – Der Weg zu einer drastischen Senkung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor

Weltweit steigen die Treibhausgas-Emissionen anstatt zu sinken. Deutschland wird seine Klimaschutzziele für 2020 deutlich verfehlen. In allen Sektoren unserer Volkswirtschaft müssen die Anstrengungen für den Klimaschutz massiv verstärkt werden – andernfalls werden die zur Stabilisierung des Weltklimas erforderlichen Minderungen der Treibhausgas-Emissionen nicht erreicht. Auch der Gebäudesektor hinkt in seiner Entwicklung den Emissionszielen weit hinterher. In nur noch sehr kurzer Zeit müssen der Wärmebedarf deutlich gesenkt und der Anteil regenerativer Energieträger erheblich gesteigert werden. Wir benötigen jetzt die politischen Instrumente zur Umsetzung dieser Wärmewende.

Der politisch-gesellschaftliche Diskurs, ob und wie eine Wärmewende zum Klimaschutz beitragen kann, ist in vollem Gange. In diesem IWU-Schlaglicht soll aufgezeigt werden, wie die Transformation des Gebäudesektors gelingen kann: Die Technologien für Neu- und Altbauten sind bekannt und erprobt – doch sie müssen nun in die Fläche gebracht werden. Dazu brauchen Gebäudeeigentümer die richtigen Anreize. Ökonomische Instrumente, die diese Anreize schaffen, sind eine Verteuerung der fossilen Energieträger sowie die Steigerung der Fördersätze der KfW-Energiesparprogramme. Außerdem muss sich das von der Bundesregierung gesetzte Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes bis 2050 auch im Ordnungsrecht niederschlagen. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil heutige Neubauten und modernisierte Bestandsgebäude bis 2050 vermutlich keine weitere Sanierung erfahren werden. Begleitend zur Einführung neuer und Anpassung bestehender Instrumente zum Klimaschutz im Gebäudesektor sind Maßnahmen zur Verbesserung der Transparenz und des Monitorings nötig. Hierzu gehört die realistische Bewertung von Energie-

trägern, aber auch die regelmäßige Erfassung der Fortschritte bei der Reduktion der CO₂-Emissionen in den verschiedenen Gebäudebeständen.

CO₂-Minderungsziele als gesellschaftliche Herausforderung

In der *Energieeffizienzstrategie Gebäude* [Bundesregierung 2015] hat die Bundesregierung das Ziel des *Energiekonzepts 2010* [Bundesregierung 2010] und des *Fortschrittsberichts 2014* [Bundesregierung 2014] für die Energiewende im Gebäudebereich, den „nahezu klimaneutralen Gebäudebestand“, bekräftigt. Das heißt, „dass der Primärenergiebedarf durch eine Kombination aus Energieeinsparung und dem Einsatz erneuerbarer Energien bis 2050 in der Größenordnung von 80% gegenüber 2008 zu senken ist“ [Bundesregierung 2015]. Damit würde der Gebäudebereich einen wichtigen Beitrag zum zentralen Ziel leisten, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80% bis 95% im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu senken, wie es die Bundesregierung 2015 im Klimaschutzabkommen von Paris zugesichert hat.

Transformation mit am Markt vorhandenen Technologien

Einfach und effektiv – Wärmeverluste minimieren

Jede Kilowattstunde durch effektiven Wärmeschutz nicht mehr benötigter Wärme ist heute ein direkter und sicherer Beitrag für den Klimaschutz. Die Festlegung eines hochwirksamen Wärmeschutzes der Gebäudehülle für Neubau und Modernisierung durch die Energiespargesetzgebung sowie die angemessene Förderung dieser Maßnahmen hat also eine sehr hohe

Relevanz für die Erreichung der Emissionsminderungsziele. Die Minimierung von Wärmeverlusten ist Voraussetzung für die langfristig angestrebte vollständige Deckung des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien. Wärme, die nicht benötigt wird, muss auch nicht mehr in (land- und naturverbrauchenden) Anlagen erzeugt, gespeichert und transportiert werden. Die Technologien zur Minimierung der Energieverluste sind bekannt und bewährt:

- a) hochwirksamer Wärmeschutz von Dach, Wand (mit Dämmstärken zwischen 25 und 40 cm) und Fußboden;
- b) Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im gedämmten Fensterrahmen („Passivhaus-Fenster“);
- c) Rückgewinnung der Wärme aus der verbrauchten Luft mit Hilfe einer mechanischen Lüftungsanlage;
- d) Verlegung von wärmeführenden Leitungen und Aufstellung von Wärmeerzeugern und -speichern innerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes sowie hochwirksame Dämmung all dieser Komponenten.

Die Effizienz von Wärmeschutzmaßnahmen ist dabei im Gegensatz zu der von Versorgungssystemen unabhängig von Fehlbedienungen, vom Fehlverhalten der Nutzer oder vom Ausfall von Regelsystemen oder anderen Komponenten.



Steigerung der Energieeffizienz durch Außenwanddämmung

Darüber hinaus ermöglichen diese Prinzipien gegenüber ungedämmten Bestandsgebäuden eine Verbesserung des Raumklimas im Winter und – wirksame Verschattungseinrichtungen vorausgesetzt – auch im Sommer. Das Risiko von Bauschäden und Schimmelpilzbildung wird – bei korrekter Planung und Ausführung – minimiert.

Diese Strategie ist technologieoffen und weitgehend unabhängig vom Pfad, der zur Deckung des Restwärmebedarfs in der Zukunft eingeschlagen wird; sie ist zukunftssicher.

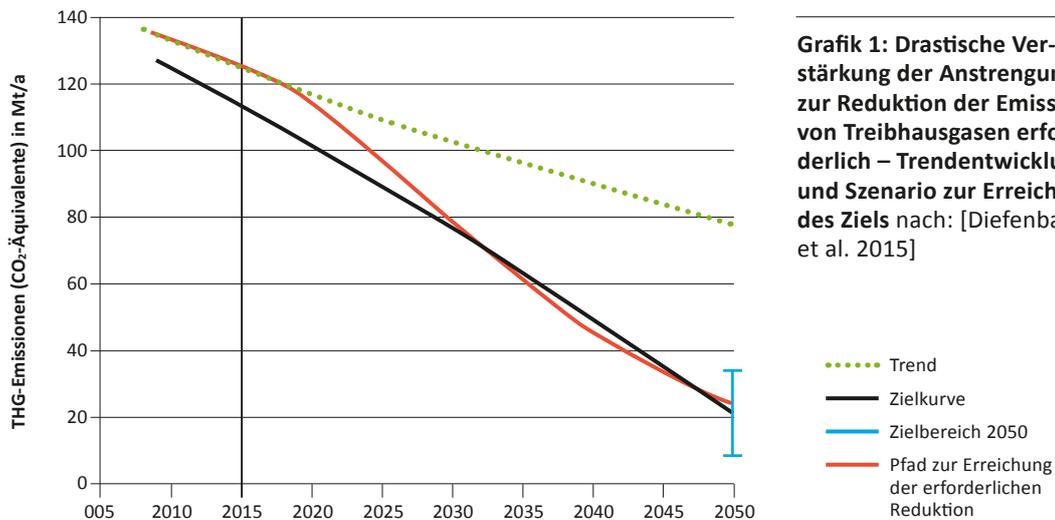
Die komplexe Aufgabe: Deckung des Restwärmebedarfs durch Erneuerbare Energien

Der Restwärmebedarf muss langfristig zum überwiegenden Teil durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Die Hauptlast der Wärmeerzeugung müssen Wärmepumpen und – teils mit Biomasse, teils mit fossilen Brennstoffen betriebene – Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen tragen. Bei einem Teil der Wohngebäude müssen ergänzend thermische Solaranlagen eingesetzt werden. Der Strom zum Betrieb elektrischer Wärmepumpen wird teilweise wiederum aus gebäude-nah errichteten PV- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gewonnen. Auch der Restbezug aus dem Stromnetz ist weitgehend durch erneuerbare Energiequellen, mit Blick auf die Beheizung im Winter insbesondere durch Windenergie, zu erzeugen. Für den Preis und für die ökologische Bewertung von bezogenem und eingespeistem Strom werden dabei auch die Jahres- und Tagesgänge an Bedeutung gewinnen.

Heizungen, die auf Gas-, Öl- oder Biomassekesseln basieren, müssen fast vollständig zurückgedrängt werden. Inwieweit synthetische Brennstoffe zur Verfügung stehen werden, die aus überschüssigem, regenerativ erzeugtem Strom gewonnen werden können, ist heute ungewiss.

Der technische Weg zum Ziel

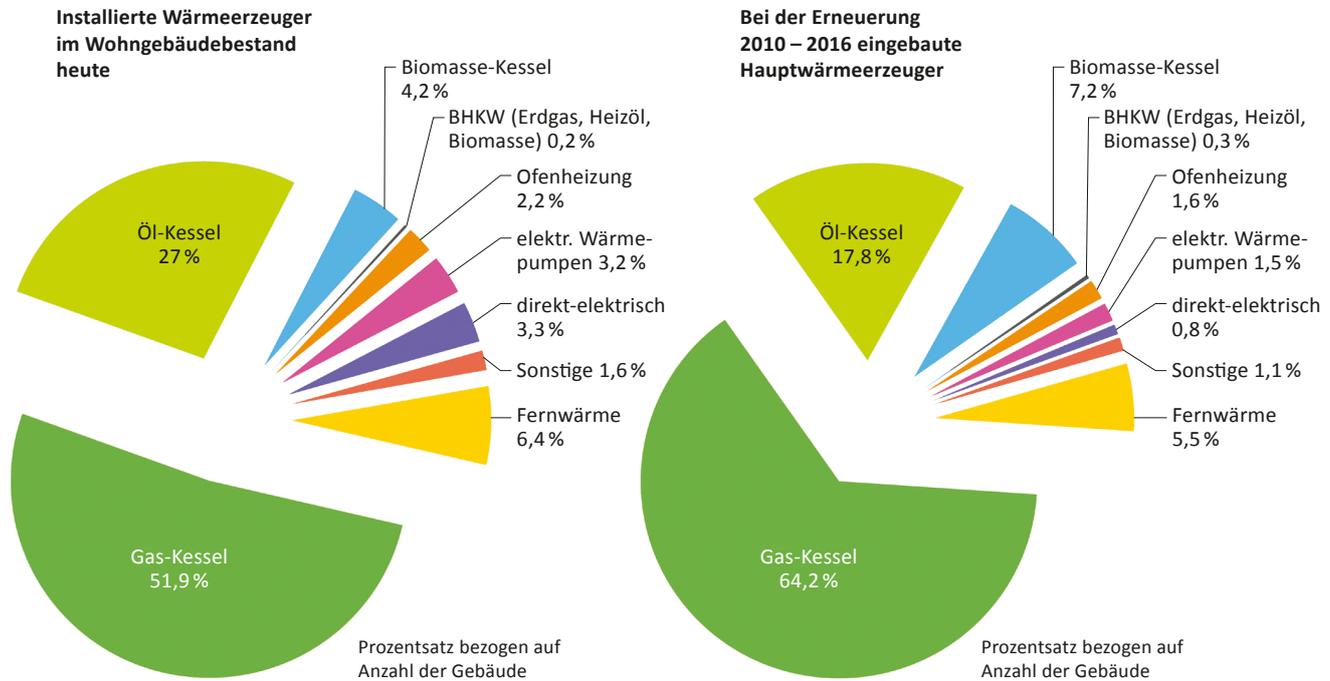
Aus technischer Sicht ist das genannte Ziel einer 80-prozentigen Reduzierung des Primärenergiebedarfs für den Gebäudesektor machbar. Modellrechnungen zeigen, dass wir mit einer schnellen Erhöhung der Klimaschutz-Anstrengungen den Zielkorridor in 2050 erreichen können (siehe Grafik 1, vgl. [Diefenbach et al. 2013 a]).



Grafik 1: Drastische Verstärkung der Anstrengungen zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen erforderlich – Trendentwicklung und Szenario zur Erreichung des Ziels nach: [Diefenbach et al. 2015]

- Die Verbesserung des Wärmeschutzes an den **Gebäudehüllen des Bestands** ist hier von zentraler Bedeutung. Durch nachträgliche Wärmedämmung an Außenwand, Dach bzw. oberster Geschossdecke und Fußboden bzw. Kellerdecke sowie den Austausch von Fenstern muss der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung in bestehenden Gebäuden mindestens halbiert werden. Hierzu ist eine deutliche Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz notwendig. Nach [Diefenbach et al. 2010] lag die Gesamtmodernisierungsrate¹ im Wohngebäudebestand vor 2010 bei etwa 0,8%/a und im Zeitraum seit 2010 im Mittel bei ca. 1%/a. Das Energiekonzept [Bundesregierung 2010] spricht von einer Verdoppelung bzw. von 2% pro Jahr als Zielwert. Allerdings muss diese Erhöhung bald erreicht und auf diesem Niveau langfristig stabil gehalten werden. Außerdem müssen diese Maßnahmen überproportional häufig im „Altbaubestand“ mit Baujahren bis 1978 (vor der ersten Wärmeschutzverordnung) stattfinden.
- Die jährlich neu errichteten Gebäude werden im Jahr 2050 einen relevanten Anteil am Gebäudebestand erreichen. **Neubauten** müssen deshalb möglichst schnell ein Anforderungsniveau erfüllen, das dem Ziel des „klimaneutralen Gebäudebestands“ gemäß [Bundesregierung 2010] gerecht wird. Technisch entspricht dieses Anforderungsniveau in etwa dem heute von der KfW geförderten Effizienzhaus-40-Standard (siehe Anmerkungen zur Energiespargesetzgebung unten).
- Der Umbau der **Wärmeversorgung** im Bestand kann auch ohne erhebliche Steigerung der jährlichen Rate bei der Heizungsmodernisierung erreicht werden, die aktuell bereits in der Größenordnung von 3% p.a. liegt [Cischinsky/Diefenbach 2018]. Allerdings muss sich bei der Erneuerung schon heute die zukünftig angestrebte Wärmeversorgungsstruktur widerspiegeln, insbesondere im Wechsel der Energieträger. Später eingebaute Wärmeerzeuger werden möglicherweise zu einem Großteil bis 2050 nicht mehr ausgetauscht. Derzeit ist eine Trendwende bei der Erneuerung jedoch nicht erkennbar. Noch immer dominieren mit einem Anteil von mehr als 80% der Neuinstallationen im Bestand als Haupt-Wärmeerzeuger die herkömmlichen Gas- und Öl-Kessel (Grafik 2).
- Grundsätzlich bestehen die genannten technischen Möglichkeiten auch im **Bestand der Nichtwohngebäude**. Allerdings sind hier die jährlichen Modernisierungsraten bisher nicht bekannt, Szenarienrechnungen sind dadurch mit zusätzlichen Unsicherheiten behaftet.

1 Hier handelt es sich um eine flächengewichtete, über die einzelnen Gebäudebauteile gemittelte Rate der Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen, die einen Überblick über die Dynamik beim Wärmeschutz im Gebäudebestand gibt. Insgesamt wird aktuell pro Jahr etwa 1% der Gebäudehüllflächen im Wohngebäudebestand energetisch verbessert. Dabei handelt es sich um eine Brutto-Rate, da teilweise auch Bauteile gedämmt werden, die früher schon einmal modernisiert wurden.

Grafik 2: Die notwendige Änderung der Wärmeversorgungsstruktur findet derzeit nicht statt


Erhebungsdaten aus [Cischinsky/Diefenbach 2018]

Welche Instrumente sind für die Beschleunigung nötig?

Seitens Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bedarf es erheblicher Anstrengungen, um diese Modernisierungsraten und -qualitäten für Gebäudehülle und Anlagentechnik zügig zu erreichen. Hierzu sind geeignete politische Instrumente notwendig.

- Im Neubau kann der kurzfristige Übergang zu einem klimaneutralen Standard durch eine Verschärfung des Ordnungsrechts (siehe unten) und eine Fortführung der erfolgreichen KfW-Förderung weiterführender baulicher und anlagentechnischer Standards sowie durch Konzepte der Qualitätssicherung und des Verbrauchcontrollings erfolgen.
- Im Bestand liegt eine große Vielfalt unterschiedlicher baulicher, rechtlicher und ökonomischer Ausgangssituationen vor, welche die Umsetzbarkeit und Wirksamkeit eines verschärften Ord-

nungsrechts einschränken. Als Motor für eine starke Erhöhung der energetischen Modernisierungsaktivitäten müssen deshalb ökonomische Steuerungsinstrumente massiv ausgebaut werden, die sowohl positive Anreize (z. B. Fördermittel) als auch negative (z. B. Abgabe auf den Energieverbrauch) umfassen.

- Neben den ökonomischen Anreizen und den energetischen Anforderungen sind flankierend auch „weiche“ Maßnahmen erforderlich, die die Bereiche Information, Qualifikation und Markttransparenz umfassen. Informationskampagnen sollten lanciert und die Kenngrößen im Energieausweis praxisnäher gestaltet werden. Weiterhin sollte die den Gebäudeeigentümern und Verbrauchern jährlich zugestellte Energierechnung dazu genutzt werden, sowohl die Anforderungen aus Klimaschutzsicht (Zielgrößen Endenergie und CO₂-Emissionen pro Kopf) als auch die heute praktisch erreichbare Verbrauchsminderung (durch empirisch ermittelte Benchmarks) darzustellen und damit Erfordernisse und Möglichkeiten regelmäßig wiederkehrend bewusst zu machen.

Für die Umsetzung der Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor ist ein nationaler Stufenplan erforderlich, der entsprechende Teilziele quantitativ festlegt und dafür erforderliche Instrumente beschreibt. Das Erreichen der (Teil-)Ziele muss durch ein begleitendes Monitoring verifiziert werden (siehe Abschnitt zum Monitoring unten). Werden die im Stufenplan benannten Ziele innerhalb eines festgelegten Zeitraums nicht erreicht, so ist weiteres politisches Handeln – z. B. in Form weiter gesteigerter Fördersätze und weiter verteuerter Energiepreise – nötig. Dieses Vorgehen entspricht der üblichen Herangehensweise zur Steuerung und Verbesserung von Prozessen und muss auch für die Energiewende im Gebäudebereich etabliert werden.

Das Energiesparrecht liefert die Leitplanken für die Wärmewende

Die Rechtsgrundlage der gesetzlichen Regelungen zum energetischen Zustand und zum Energieverbrauch von Gebäuden sind in Deutschland das Energieeinspargesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG). Die Bundesregierung plant, beides in einem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammenzuführen. Geregelt werden energetische Anforderungen an Neu- und Altbauten, Mechanismen zur Überprüfung von Anlagen sowie die Ausweisung bzw. Darstellung von energetischen Kenngrößen.

Neubau-Anforderungen

Vor dem Hintergrund der Klimaproblematik müssen Neubauten schon heute das in 2050 für alle Gebäude angestrebte Niveau des klimaneutralen Gebäudebestands erreichen, denn sie werden bis dahin nicht mehr modernisiert. Daher sind im Energiekonzept der Bundesregierung bereits ab 2020 „klimaneutrale“ Standards für Neubauten vorgesehen [Bundesregierung 2010]². Gemäß EU-Gebäuderichtlinie [EPBD 2010] [EPBD 2018] dürfen ab 2021 nur noch Neubauten entsprechend dem Niedrigstenergiehaus-Standard³ errichtet werden.

Um dieses Niveau zu erreichen, müssen die Wärmeverluste entsprechend den heutigen baupraktischen Möglichkeiten minimiert werden. Hier kann auf eine energieeffiziente Baukultur aufgebaut werden, die sich mit dem seit nunmehr 25 Jahren existierenden Passivhaus-Standard und mit seit Jahren etablierten

Förderstandards der KfW gebildet hat. Zwischen 2010 und 2016 entsprachen 78% der realisierten Neubauten einem der KfW-Neubau-Standards und waren damit deutlich besser als der bis Ende 2015 geltende EnEV-Standard und – selbst im Fall der inzwischen nicht mehr geförderten KfW-Effizienzhäuser 70 – immer noch besser als die heutigen EnEV-Vorgaben. Bemerkenswert und ein deutlicher Hinweis auf die (Kosten-) Akzeptanz dieser Standards ist die Tatsache, dass fast die Hälfte dieser Gebäude ohne Förderung realisiert wurde.⁴

Vorschriften zur Verbesserung des Wärmeschutzes im Bestand

Eine Verschärfung der Wärmeschutzanforderungen im Bestand sehen wir nicht als sinnvoll an. Zwar sind aus Klimaschutzsicht auch bei der Modernisierung Dämmstoffstärken entsprechend den von der KfW geförderten Standards bzw. dem Passivhaus-„EnerPhit“-Standard⁵ notwendig. Aber auf Grund der verschiedenartigen Restriktionen im Bestand kann es unseres Erachtens keine allgemeine ordnungsrechtliche Festlegung dieser Wärmeschutz-Standards als bedingte Anforderung geben. Es müssten sonst sehr viele detaillierte Ausnahmeregelungen geschaffen werden, welche die Umsetzung eher behindern als fördern würden. Auch sind Restriktionen nicht immer absolut gesetzt – in vielen Fällen kann mit höherem baulichen Aufwand oder durch Sonderregelungen für den Einzelfall Abhilfe geschaffen werden.

Statt einer Erhöhung von Mindestdämmstärken schlagen wir deshalb vor, in der Verordnung die Mindestanforderungen je Maßnahme durch Zielwerte in Form von „Standards zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bestand“ zu ergänzen. Damit ist in der Entscheidungssituation und in der Diskussion zwischen Bauherr, Planer und Handwerker das Klimaschutzziel immer präsent. Mögliche Wege zum Zielzustand können

2 siehe auch Interpretation für die Definition der Zielerreichungsszenarien in [Diefenbach et al. 2015]

3 Gemäß den Empfehlungen der Kommission [EU RecNZEB 2016] soll der Primärenergieverbrauch (nicht-erneuerbar) für Einfamilienhäuser bei 20 bis 40 kWh/(m²a) liegen (Empfehlung für kontinental-europäisches Klima)

4 siehe [Cischinsky/Diefenbach 2018] Tabelle 65

5 vgl. Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard, Version 9f, Stand 26.08.2016, Download: https://passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_gebaeude_de.pdf

mit Hilfe eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP) aufgezeigt werden, der bereits als richtlinienkonforme Darstellung der Ergebnisse einer von der BAFA geförderten Vor-Ort-Energieberatung für Wohngebäude anerkannt ist. Die Umsetzung dieser Zielzustände wäre dann natürlich auch im Rahmen des KfW-Programms zuschussfähig. Insbesondere könnten flexible Fördersätze (abhängig von der Dämmstoffdicke bzw. dem U-Wert) Anreize schaffen, die individuell unterschiedlichen, von der baulichen Situation abhängigen Spielräume für einen gegenüber den gesetzlichen Standards verbesserten Wärmeschutz möglichst weitgehend auszunutzen.

Bei Gewerbeimmobilien könnten außer ökonomischen Anreizen auch darüber hinausgehende Modernisierungspflichten bei Neu- bzw. Weitervermietung in Betracht gezogen werden, ähnlich wie dies in England und Wales sowie den Niederlanden^{6, 7} und in Frankreich⁸ für Wohn- und/oder Nichtwohngebäude der Fall ist. Um für Deutschland schlüssige Konzepte zu finden, sollten die dort gemachten Erfahrungen ausgewertet werden. Mit ausreichender Frist angekündigt, führen solche Verpflichtungen zu mehr Planungssicherheit für die betroffenen Unternehmen und zu einer vorausschauenden Einbindung von Energiethemen in die Portfoliostrategien in diesem an Renditen orientierten, Gebäudesektor⁹.

-
- 6 2015 No. 0000, ENERGY CONSERVATION, ENGLAND AND WALES, The Energy Efficiency (Private Rented Property) (England and Wales) Regulations 2015: Seit April 2018 dürfen Immobilien nur dann neu vermietet werden, wenn der Energieausweis einen Effizienzstandard von mindestens E ausweist. Ab April 2020 müssen alle Wohngebäude den Standard E erreichen, auch wenn sie nicht neu vermietet werden. Ab April 2023 gilt dies auch für alle Nichtwohngebäude.
- 7 2016 Bouwbesluit, Niederlande: Ab 2023 dürfen Bürogebäude nicht mehr betrieben werden, wenn der Energieeffizienzstandard gemäß Energieausweis schlechter als C ist.
- 8 In Frankreich gilt eine Sanierungspflicht bis 2025 für alle privaten Wohngebäude mit einem Energieverbrauch > 330 kWh/m²a beschlossen. Ein digitaler Energiepass muss für jedes Gebäude vorliegen, die Energieeffizienzklasse ist maßgebend für die Höhe der Gemeindesteuern.
- 9 IRE|BS 2016: Metastudie Nachhaltigkeit contra Rendite?, Universität Regensburg, 2016, Seite 9: Das Fazit der Metastudie zu den Implikationen nachhaltigen Wirtschaftens in offenen Immobilienfonds lautet: „Nachhaltiges Wirtschaften schafft messbaren Mehrwert. [...] Nur bei sehr kurzfristiger Betrachtung überwiegen Kosteneffekte. Produkte, bei denen in nachhaltige Eigenschaften investiert wurde, machen sich somit insbesondere mittel- bis langfristig ‚bezahlt‘. Im Ergebnis bildet nachhaltiges Wirtschaften die Grundlage für die Erzielung von ‚Rendite‘ und steht diesem Ziel nicht entgegen.“

Vorschriften zur Art der Wärmeversorgung

Im Bestand sind bindende Fristen zur Umstellung der Wärmeversorgung z. B. auf Elektro-Wärmepumpen oder zum Einbau von thermischen Solaranlagen oder PV-Anlagen auf Grund der vielen räumlichen und baulichen Einschränkungen kaum vorstellbar. Der beim Erneuerbare-Wärme-Gesetz in Baden-Württemberg verfolgte Ansatz bedingter Anforderungen (Nutzung erneuerbarer Energien oder Ersatzmaßnahmen bei Austausch des Wärmeerzeugers) geht in die richtige Richtung, ist aber für einen kompletten Umbau der Wärmeversorgungsstruktur mit einer Ablösung der bisherigen Gas- und Ölkessel als Haupt-Wärmeerzeuger nicht ausreichend. Hier wie beim Wärmeschutz besteht die Gefahr, dass sich die Vorgabe immer höherer Standards negativ auf die Erneuerungsraten im Gebäudebestand auswirkt. Deshalb scheint in beiden Fällen eine verbesserte Anreizförderung notwendig.

Im Neubau sind bei Übergang auf die oben empfohlenen Standards mit ihrer hohen Gesamtanforderung an den Primärenergiebedarf ohnehin nur sehr energieeffiziente Anlagen inklusive der Nutzung von erneuerbaren Energien realisierbar. Bezüglich der derzeit primärenergetisch als höchst effizient bewerteten Wärmeversorgung mit Biomasse- und KWK-Anlagen sei auf die Anmerkungen zur Bewertungsmethodik unten verwiesen.

Anforderungen zur Erreichung eines energieeffizienten Betriebs

Bei Wärmeversorgungsanlagen in hochwärmegedämmten Gebäuden ist der energieeffiziente Betrieb keine Selbstverständlichkeit, wie die Erfahrungen aus verschiedenen Modellprojekten belegen. Die Energiespargesetzgebung kann die Bedingungen hier verbessern, indem bei Neuanlagen Messeinrichtungen zur Erfassung und Anzeige der Effizienz der Wärmebereitstellung vorgeschrieben werden (Messung Wärmelieferung und Endenergieverbrauch, Darstellung der Systemeffizienz inklusive Abweichungen vom Zielwert). Ein erster Ansatz bestand bisher schon im Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz. Damit jedoch ein dauerhaft effizienter Anlagenbetrieb sichergestellt wird, ist eine Ausweitung der Nachweispflichten und gleichzeitig auch ein Konzept für die Auswertung und Nutzung der Daten zu implementieren. Beispielsweise wäre die gemessene Systemeffizienz dann auch Bestandteil der unten geforderten Überprüfung des gemessenen Energieverbrauchs mehrere Jahre nach Erstellung des Energiebedarfsausweises.



Sanierung eines Bürogebäudes auf Passivhaus-Niveau – wirtschaftlich vertretbar und klimapolitisch geboten

Auch für bestehende Wärmeversorgungsanlagen sollte der energieeffiziente Betrieb sichergestellt werden. Dazu sollte die schon vorhandene Verpflichtung zur regelmäßigen Inspektion von Klimaanlage (§ 12 EnEV) auf Wärmeversorgungsanlagen, über die heute vorgeschriebenen Emissionsmessungen durch Schornsteinfeger an Feuerungsanlagen hinaus, ausgedehnt werden.

Das Wirtschaftlichkeitsgebot des EnEG ist überholt

Gemäß § 5 Absatz 1 Energieeinspargesetz (EnEG) darf der Gesetzgeber in der Energieeinsparverordnung nur Anforderungen stellen, die wirtschaftlich vertretbar sind. Entsprechend dem Gesetz gelten Anforderungen als wirtschaftlich vertretbar, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können¹⁰.

Eine derart enge Selbstbeschränkung dürfte im Bereich der Umweltgesetzgebung weitgehend beispiellos sein – schon allein deshalb weil andere Maßnahmen, (z. B. zur Luft- oder Wasserreinhaltung), gar keine Chance einer betriebswirtschaftlichen Rentabilität in sich tragen, da hier ein mit Energieeinsparungen vergleichbarer Mechanismus zur Refinanzierung nicht existiert.

Angesichts der Herausforderung des Treibhauseffekts und mit Blick auf die CO₂-Minderungsziele der Bundesregierung kann eine solche rein betriebswirtschaftliche Betrachtung kein sinnvolles Kriterium für Anforderungen im Gebäudebereich sein, denn viele der für eine Erreichung der Klimaschutzziele erforderlichen zusätzlichen Maßnahmen sind für Gebäudeeigentümer bei den derzeitigen Energiepreisen nicht wirtschaftlich.

In den vorliegenden Entwürfen zum GEG vom November 2018 [Bundesregierung 2018a] ist jedoch weiterhin die Überprüfung der „wirtschaftlichen Vertretbarkeit“ der Vorschriften durch den Gesetzgeber gefordert. Dies ist umso erstaunlicher, als das GEG doch das Energieeinsparungsgesetz EnEG und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zusammenführen soll. Im EEWärmeG ist keine betriebswirtschaftliche Rechtfertigung der gesetzlichen Anforderungen vorgesehen – aus gutem Grund, denn der hier geforderte Einbau von thermischen Solaranlagen oder Elektrowärmepumpen ist heute in der Regel nicht wirtschaftlich darstellbar [Enseling et al. 2012].

Im neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG) sollte daher der Bezug zur gesamtgesellschaftlichen Aufgabe des Klimaschutzes in den Vordergrund gestellt und eine Beschränkung auf Anforderungen, die betriebswirtschaftlich rentabel sind, vermieden werden.

Um dennoch Gebäudeeigentümern und Nutzern einen Schutz vor unverhältnismäßigen Kosten zu bieten, könnte der bisher enthaltene Grundsatz der „wirtschaftlichen Vertretbarkeit“ in Richtung einer „wirtschaftlichen Zumutbarkeit“ geändert werden. Als wirtschaftlich zumutbar könnte gelten, dass die Gesamtkosten (annuisierte Investitionskosten + jährliche Betriebskosten) bezogen auf eine Maßnahme um einen Betrag von 5 bis 10% steigen dürfen, um den Erfordernissen des Klimaschutzes gerecht zu werden.¹¹

¹⁰ Diese Formulierungen des EnEG entstammen dem Jahre 1976, in dem die Klimaschutzproblematik in der politischen und gesellschaftlichen Diskussion keine Rolle spielte.

¹¹ Wie oben dargestellt, entspricht dies beim Neubau etwa der Unsicherheit der reinen Baukosten.

Ökonomische Anreize als Motor für eine beschleunigte Transformation

Förderung im Neubau

Im Neubau kann der Übergang zu einem klimaneutralen Standard in bewährter Weise und wie oben beschrieben durch eine schrittweise Verschärfung des Ordnungsrechts und eine flankierende Förderung weitergehender Standards (wie bereits im aktuellen KfW-Programm „Energieeffizient Bauen“) erfolgen.

Verstärkung der positiven und negativen ökonomischen Anreize für energetische Modernisierungen

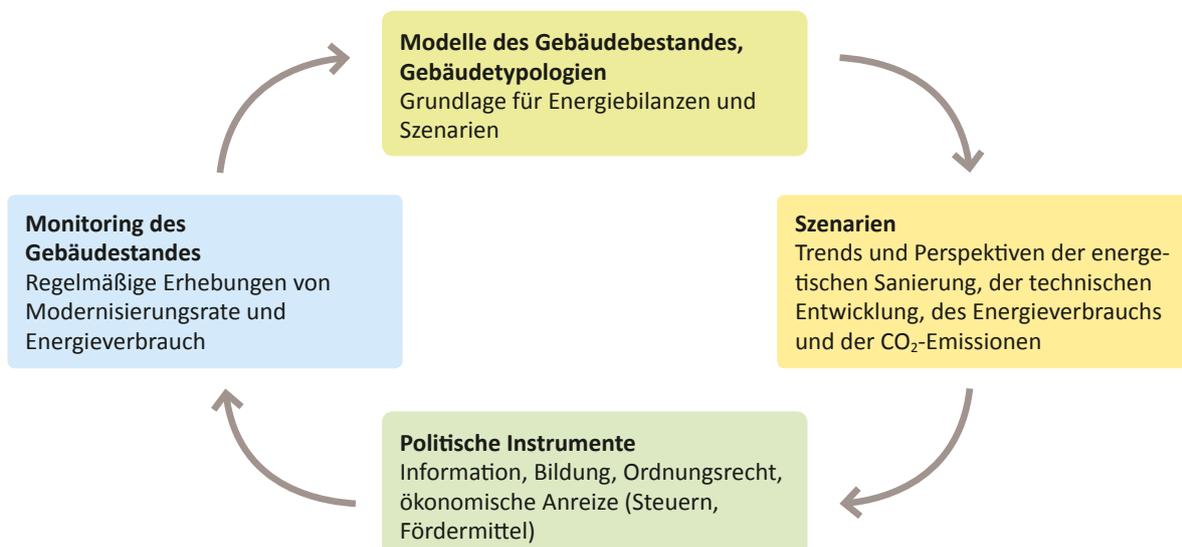
Um die anvisierte Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate im Bestand zu erreichen, müssen die ökonomischen Randbedingungen erheblich verbessert werden. Die in der Breite erforderlichen zusätzliche Maßnahmen, die dann auch Gebäude ohne bzw. mit nur geringem Instandsetzungs- oder Sanierungsbedarf betreffen, können nur angestoßen werden, wenn Gebäudeeigentümer unter dem Strich einen Gewinn machen können (also wenn sich herumspricht, dass man „mit der energetischen Modernisierung Geld verdienen“ kann). Zu diesem Zweck müssen zum einen die

effektiven Fördersatz für Maßnahmen im Bestand erheblich gesteigert und zum anderen fossile Energieträger verteuert werden. Die zusätzlichen Fördermittel könnten dabei ggf. aus Steuern oder Abgaben auf den Verbrauch fossiler Energieträger finanziert werden.

Die Wirkung ökonomischer Anreize auf die Gebäudeeigentümer in Deutschland und ihre für die Zielerreichung notwendige Höhe kann nicht vorausgesagt werden. Doch gibt eine grobe Abschätzung in Anlehnung an [Diefenbach et al. 2013a] eine Vorstellung von den zu erwartenden Größenordnungen: Demnach müsste das Förderniveau im Wohngebäudebestand innerhalb von etwa 10 Jahren – parallel zu steigenden Wärmeschutz-Modernisierungsraten sowie einem fortschreitenden Umbau der Wärmeerzeugerstruktur – die Größenordnung von etwa 10 Mrd €/a erreichen. Gleichzeitig wären die Endenergiepreise (insbesondere Heizöl und Erdgas) mit dem Ziel einer zusätzlichen Anreizwirkung und einer weitgehenden Gegenfinanzierung um etwa 2 Cent pro Kilowattstunde zu erhöhen. Das entspricht in etwa einer Mehrbelastung von 260 €/a für einen durchschnittlichen Haushalt¹².

¹² Dieser Betrag ergibt sich bei Ansatz eines durchschnittlichen Gasverbrauchs von 140 kWh/(m²a) gemäß Techem Energiekennwerte, 2017 und einer durchschnittlichen Wohnfläche je Haushalt von 91,8 m² gemäß Statistischem Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 3.

Grafik 3: Kontinuierliches Monitoring als wichtiger Bestandteil der Transparenzmaßnahmen



Zusätzlich müssten Ausgleichsmaßnahmen für Haushalte mit niedrigem Einkommen getroffen werden: Diese würden zwar von der Förderung auch als Mieter mit profitieren (soweit ihr Gebäude modernisiert würde), müssten aber in noch unsanierten Gebäuden die steigenden Energiepreise bewältigen. Ein Ausgleich der steigenden Wärmekosten für die Gruppe der vom Armutsrisiko betroffenen Haushalte¹³ würde staatliche Transferleistungen in einer Größenordnung von 2 Mrd €/a erfordern.

Die genannten Kosten treten nicht von Anfang an auf, sondern steigern sich über einige Jahre bis auf das geschätzte Niveau.

Transparenzmaßnahmen: Orientierung in einem komplexen Prozess

Realistische und zielorientierte Bewertung von Handlungsalternativen

Um als Gebäudeeigentümer oder Nutzer mögliche Handlungsalternativen realistisch beurteilen zu können, bedarf es einiger Verbesserungen beim Nachweis nach EnEV, beim Energieausweis und in der Energieberatung. Die wichtigsten Punkte sind:

■ Sichtbarkeit der Klimaschutzziele für den einzelnen Gebäudeeigentümer

Vielfach sehen Gebäudeeigentümer betriebswirtschaftlich unrentable Maßnahmen als nicht sinnvoll an. Das übergeordnete Ziel des Klimaschutzes kann bei den derzeitigen niedrigen Energiepreisen jedoch nur erreicht werden, wenn in großem Umfang zusätzliche, nicht an ohnehin stattfindende Sanierungen gekoppelte Maßnahmen umgesetzt werden, die sich betriebswirtschaftlich meist nicht rechnen. Im Energieausweis sollte daher statt Amortisationszeiten der Erreichungsgrad der gesamtgesellschaftlichen Klimaschutzziele in markanter Form kommuniziert werden.

■ Kalibrierung der Normberechnung

Die Normberechnung nach EnEV liefert Werte für den Endenergiebedarf, die bei Bestandsgebäuden systematisch über dem mittleren realen Verbrauch liegen [Loga et al. 2015] [Loga et al. 2018]. Daher sollten Angaben, die als Information für Verbraucher gedacht sind, stets auf den realen Verbrauch kalibriert werden – sei es auf den empirisch

ermittelten Verbrauch von Gebäuden ähnlicher energetischer Qualität oder auf den realen Verbrauch des betreffenden Gebäudes. Dieser Ansatz wird bereits im gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan verfolgt und sollte auf EnEV-relevante Nachweise ausgedehnt werden.

■ Konsistenz der EnEV-Bewertungsregeln mit denen der Gesamtbilanz Deutschland

Die EnEV-Regeln für die Bewertung von Energieträgern müssen mit denen der Gesamtbilanz Deutschlands in Einklang stehen. Effizienzgewinne dürfen nicht mehrfach eingebracht werden. Zum Beispiel müssen sich die bei der Kraft-Wärme-Kopplung im EnEV-Nachweis angesetzten Zuordnungen der Anteile des Brennstoffbedarfs zu der produzierten Menge an Wärme und Strom auch in der nationalen Energiebilanz und damit in der Bewertung auf der Seite des Stromsektors wiederfinden¹⁴. Ebenso sollte der Anteil des PV-Stroms, der in die Bewertung eines Gebäudes eingeht (und damit z. B. höhere Wärmeverluste kompensiert), nicht als regenerative Erzeugung im Stromsektor verbucht werden.

■ Ökologische Bewertung von Biomasse

Im Fall von Pelletkesseln oder anderen Wärmeerzeugern, die mit Biomasse betrieben werden, wird der Brennstoff gemäß den EnEV-Regeln als weitgehend regenerativ bewertet. Auf Grund des nur begrenzt für die Beheizung zur Verfügung stehenden Biomassebudgets (begrenzte Fläche, Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, Gefährdung der Artenvielfalt) ist eine Versorgung des gesamten Gebäudebestands mit heimischer Biomasse nicht möglich (selbst bei erheblich verbessertem Wärmeschutz), die Bewertung der Biomasse also nicht beliebig skalierbar. Die klimapolitischen Instrumente, insbesondere die EnEV-Ansätze zu ihrer Bewertung, sollten diesen Aspekt angemessen berücksichtigen (siehe Vorschlag für ein Biomasse-Budget in [Diefenbach 2002]).

13 Niedrigeinkommen wurde hier entsprechend dem EU-Kriterium des Armutsrisikos mit 60 % des Medians des äquivalenzgewichteten Haushaltsnettoeinkommens definiert. 2010 waren rund 10 % der deutschen Haushalte betroffen.

14 Darüber hinaus sollte die Bewertung der Effizienzvorteile der KWK zwischen Wärmesektor und Stromsektor ausgewogen sein. Dieses Ziel wird aus unserer Sicht weder mit der bisherigen Stromgutschriftmethode noch mit der neu eingeführten „Carnot-Methode“ zufriedenstellend erreicht.

**Energieeffizienz-Monitoring im Gebäudesektor:
Nachverfolgung der Zielerreichung**

Die Gesamtentwicklung bei der Verbesserung des Wärmeschutzes, bei der Umsetzung von CO₂-minimierten Wärmeversorgungsstechniken sowie bei der tatsächlichen Minderung fossiler Brennstoffe im deutschen Gebäudebestand muss regelmäßig – mindestens im Rhythmus von etwa 5 Jahren – nachverfolgt werden, um das Erreichen der anvisierten langfristigen Ziele sicherzustellen.

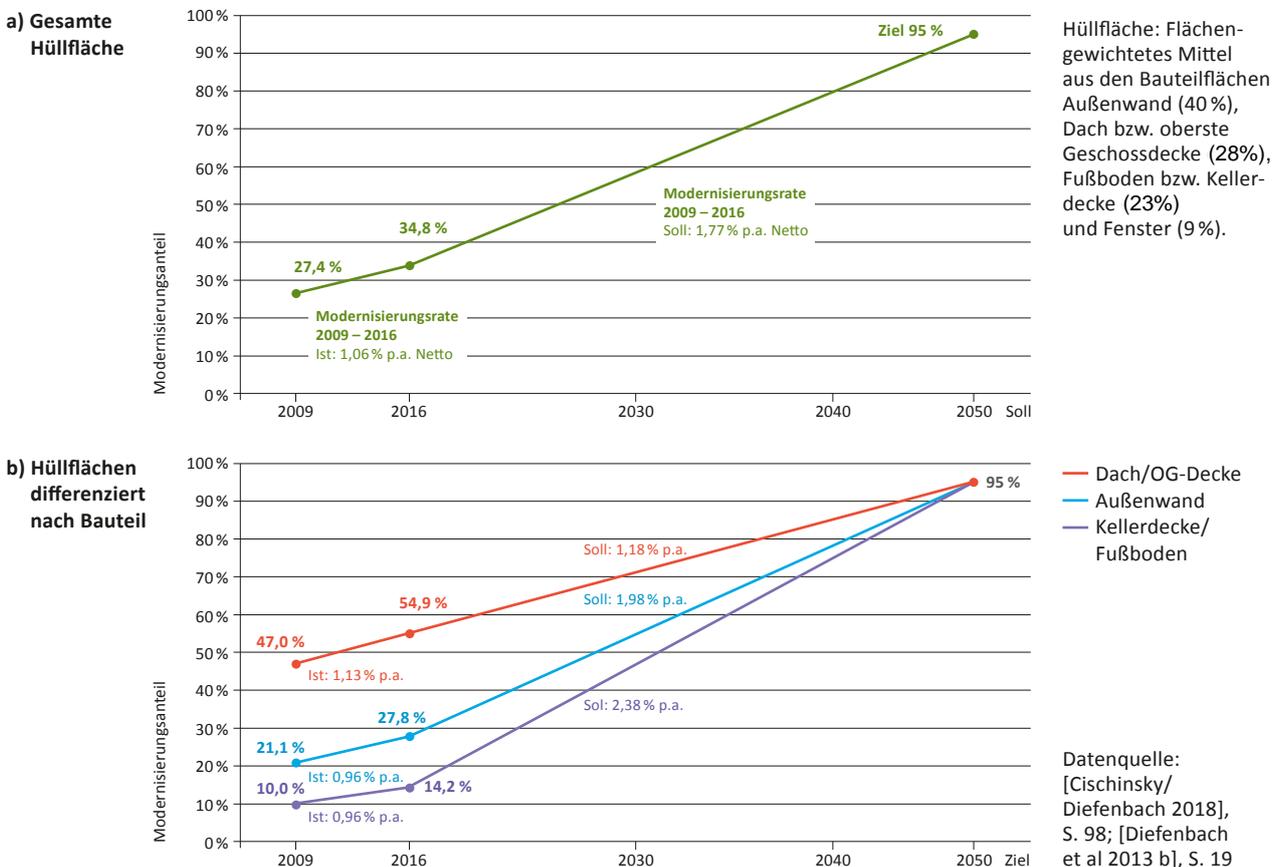
Im Wohngebäudebestand fanden Stichprobenerhebungen bereits in den Jahren 2009 [Diefenbach et al. 2010] und 2017 [Cischinsky/Diefenbach 2018] statt. Ein regelmäßiger Monitoringprozess ist aber noch nicht etabliert. Sinnvoll erschiene dabei eine Einbindung in die alle vier Jahre stattfindende Mikrozensus-Zusatzerhebung zur Wohnsituation. Auf diese Weise könnte auch eine Verknüpfung mit sozio-ökonomischen und sozio-demografischen Daten der Ge-

bäudebewohner stattfinden und z. B. untersucht werden, wie die Wärmewende unterschiedliche Einkommensgruppen betrifft.

Grafik 4 vergleicht den Anteil der Hüllfläche im Altbau (erstellt bis 1978), der bereits energetisch modernisiert wurde, mit dem Sanierungsziel 2050. Die Steigung des Geradenabschnitts 2009 bis 2016 gibt die aus zwei Erhebungen resultierende Modernisierungsrate wieder, die Steigung des Abschnitts 2016 bis 2050 die für die Zielerreichung notwendige Rate. Die entscheidende Größe ist hier die Netto-Modernisierungsrate, also der Anteil der Bauteilfläche, der jährlich erstmalig energetisch saniert wird. Da in der Praxis ein Teil der Gebäude mehrfach saniert wird, liegen die Brutto-Modernisierungsraten noch höher.

Die Modernisierungsraten sind für die unterschiedlichen Bauteile unterschiedlich hoch. Dies ist bei der Ausgestaltung politischer Instrumente (insbesondere Förderanreize) zu beachten; vgl. [Diefenbach et al. 2013a].

Grafik 4: Modernisierungsanteil und -rate: Vergleich der heutigen mit der aus Klimaschutzgründen notwendigen Entwicklung



Im Nichtwohngebäudesektor führt das IWU derzeit die erste repräsentative Primärdatenerhebung durch [ENOB:dataNWG] u.a. mit dem Ziel, die im Wohngebäudesektor schon bekannten Größen Modernisierungsanteil und -rate zu ermitteln¹⁵.

Nicht nur auf Bundesebene sondern auch auf anderen Ebenen sollte die Zielerreichung im Gebäudebestand verfolgt und kommuniziert werden (jeweils durch Vollerhebungen bzw. Pflege von Bestandsdatenbanken). Dazu zählen z. B. die Bestände von Wohnungsunternehmen, aber auch die Gebäudebestände in Kommunen oder in Quartieren. Ebenso könnten Energieversorger bzw. Stadtwerke oder andere Dienstleister ein solches Benchmarking zur Feststellung des Modernisierungsfortschritts bei ihren Kunden einführen.

Hierzu wäre eine Einführung einheitlicher Indikatoren in Anlehnung an die oben genannten bundesweiten Stichprobenerhebungen sinnvoll. Ein Einstieg in ein abgestimmtes Energieeffizienz-Monitoring wäre erreicht, wenn die Bundesregierung diese Indikatoren als verbindliche Erhebungsgrößen im Rahmen der Ausstellung von Energieverbrauchsausweisen festlegen würde. Damit könnten die Auswertungen der Verbrauchsausweisdaten durch Messdienstleister bzw. Verbrauchsausweisersteller um den erreichten Modernisierungsfortschritt und den nach energetischer Qualität differenzierten Energieverbrauch ergänzt und vergleichbar gemacht werden. Ein weiterer Beitrag für Transparenz und Vergleichbarkeit könnte z. B. durch Abfrage der Indikatoren in Förderanträgen geschaffen werden.

15 [ENOB:dataNWG], Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung (Förderkennzeichen: 03ET1315). Die Koordination des Verbundprojektes und die Leitung des Teilprojektes Stichprobenerhebung liegen beim IWU. Forschungspartner sind das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden mit dem Teilprojekt Geodatenanalyse und das Fachgebiet Ökonomie des Planens und Bauens (Prof. Guido Spars) an der Bergischen Universität Wuppertal mit dem Teilprojekt Screening. Ergebnisse werden Ende 2019 erwartet, siehe auch www.datanwg.de.

16 [Bundesregierung 2018b], Tabelle 8

17 Vgl. z. B. United Nations Environment Programme (Unep): Emissions Gap Report 2018, 27.10.2018; <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>

Wärmewende?

Zurzeit konzentriert sich die öffentliche Diskussion auf das Gebäudeenergiegesetz (GEG), das Teil einer Strategie zur Wärmewende sein sollte. Leider erfüllt der aktuelle Entwurf des GEG von November 2018 [Bundesregierung 2018a] diesen Anspruch nicht. So ist z. B. keine Verschärfung der Neubaustandards gegenüber den geltenden Vorschriften der EnEV 2014 für das Jahr 2016 vorgesehen. Um einen im Jahr 2050 nahezu klimaneutralen Bestand zu erreichen, müssten die in den kommenden Jahren errichteten Gebäude aber bereits den „KfW-Effizienzhaus-40-Standard“ aufweisen. Somit wird der zukünftige Handlungsspielraum eingeschränkt, und es werden höhere und teurere Anstrengungen „auf der Zielgeraden“ erforderlich sein.

Mit gesetzlichen Vorgaben alleine ist die Wärmewende im Gebäudesektor nicht zu schaffen – es bedarf vor allem erheblicher finanzieller Anreize. Die im Bundeshaushalt 2019 und im Finanzplan bis 2022 im Vergleich zu 2018 vorgesehene Erhöhung der Mittel um rund 500 Mio.¹⁶ € im Energie- und Klimaschutzfond für „CO₂-Gebäudesanierungsprogramme und Energetische Stadtsanierung“ erscheinen unzureichend – das Anstoßen zusätzlicher Maßnahmen durch Erhöhung der Fördersätze ist so nicht möglich. Auch ist die erforderliche Verteuerung von Energieträgern entsprechend ihrer Treibhauswirkung noch kein Bestandteil der Klimaschutzstrategie der Bundesregierung.

Dies alles muss in der Öffentlichkeit mit dem Verweis auf die Dringlichkeit des Handelns kommuniziert werden – mit Hilfe von Informationskampagnen und erweiterten Beratungsangeboten zur „Klimaschutz-Sanierung“. Nur so können die Bürgerinnen und Bürger auf dem Weg zur Wärmewende mitgenommen werden.

Die unausweichlichen Anstrengungen und Kosten werden derzeit stattdessen in die Zukunft verschoben ohne die Gewissheit, dass die drohenden Veränderungen unserer Lebensgrundlagen dann noch beherrscht werden können. Klimaforscher fordern uns dagegen auf, kurzfristig und entschlossen zu handeln, um die Emission von Treibhausgasen drastisch zu senken¹⁷. Die technischen Lösungsansätze und politischen Steuerungsinstrumente für die Wärmewende im Gebäudesektor sind bekannt. Jetzt werden deutliche Impulse aus der Politik benötigt, um die Wärmewende ins Werk zu setzen.

LITERATUR

[Bundesregierung 2018a]

Gesetzentwurf der Bundesregierung Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude. Berlin, 01.11.2018.

[Bundesregierung 2018b]

Unterrichtung durch die Bundesregierung. Finanzplan des Bundes 2018 bis 2022. Bundesrat Drucksache 331/18. Bundesregierung, Berlin, 10.08.2018.

[Bundesregierung 2015]

Energieeffizienzstrategie Gebäude, BMWi, Berlin, 18.11.2015, Seite 9.

[Bundesregierung 2014]

Die Energie der Zukunft. Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende. BMWi, Berlin, Dezember 2014, Seite 33.

[Bundesregierung 2010]

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010.

[Cischinsky, Diefenbach 2018]

Cischinsky, Holger; Diefenbach, Nikolaus: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016; IWU, Darmstadt 2018. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngebäudebestand-2016.pdf

[Diefenbach et al. 2015]

Diefenbach, Nikolaus; Loga, Tobias; Stein, Britta: Szenarienanalysen und Monitoringkonzepte im Hinblick auf die langfristigen Klimaschutzziele im deutschen Wohngebäudebestand; Bericht im Rahmen des europäischen Projekts EPISCOPE; IWU, Darmstadt 2015.

[Diefenbach et al 2013 a]

Diefenbach, Nikolaus; v. Malottki, Christian; Enseling, Andreas; Loga, Tobias; Cischinsky, Holger; Stein, Britta; Hörner, Michael; Grafe, Michael: Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS); BMVBS-Online-Publikation https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Online/2013/DL_ON032013.pdf?__blob=publicationFile&v=5

[Diefenbach et al 2013 b]

Diefenbach, Nikolaus; Enseling, Andreas; v. Malottki, Christian; Stein, Britta; Grafe, Michael; Cischinsky, Holger; Loga, Tobias; Hörner, Michael: Kurzgutachten zu einem Sanierungsfahrplan im Wohngebäudebestand; Studie im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR im BBR), IWU 2013.

[Diefenbach et al. 2010]

Diefenbach, Nikolaus (IWU); Cischinsky, Holger (IWU); Rodenfels, Markus (IWU); Clausnitzer, Klaus-Dieter (Bremer Energie Institut): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand; IWU, Darmstadt 2010. <http://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/datenbasis-gebaeudebestand/>

[Diefenbach 2002]

Diefenbach, Nikolaus: Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen; IWU, Darmstadt 2002. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/werkzeuge/2002_IWU_Diefenbach_Bewertung-der-Waermeerzeugung-in-KWK-Anlagen-und-Biomasse-Heizsystemen.pdf

[Enseling et al. 2012]

Enseling, Andreas; Diefenbach, Nikolaus; Hinz, Eberhard; Loga, Tobias: Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau; IWU, Darmstadt 2012.

[EPBD 2010]

Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden; Amtsblatt der Europäischen Union; 12.5.2010.

[EPBD 2018]

Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz; L 156/79; 19.6.2018.

[EU RecNZEB 2016]

Amtsblatt der Europäischen Union, L 208/46, 2.8.2016: EMPFEHLUNG (EU) 2016/1318 DER KOMMISSION vom 29. Juli 2016 über Leitlinien zur Förderung von Niedrigstenergiegebäuden und bewährten Verfahren, damit bis 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind.

[Loga et al. 2015]

Loga, Tobias; Stein, Britta; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf: Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden; Broschüre erarbeitet im Rahmen der EU-Projekte TABULA und EPISCOPE; 2. erweiterte Auflage; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2015 http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf

Institut Wohnen und Umwelt GmbH
Forschungseinrichtung des Landes Hessen
und der Stadt Darmstadt
Rheinstr. 65, 64295 Darmstadt
Tel.: +49(0)6151/29 04-0
info@iwu.de
www.iwu.de

Redaktion: Kornelia Müller
Ansprechpartner zu diesem Thema:
Tobias Loga, t.loga@iwu.de