

Zurück zum gesunden Menschenverstand

ZUSAMMENFÜHRUNG VON ENEV UND EEWÄRMEG Die geplante Zusammenführung von EnEV und EEWärmeG sollte genutzt werden, die nicht zukunftsfähigen Anforderungen zur Begrenzung des Primärenergiebedarfs abzuschaffen und eine größere Lenkungswirkung bezüglich Energieeffizienz und Verringerung der CO₂-Emissionen zu etablieren. Nimmt man den Klimaschutzplan ernst, muss ein neuer Weg der Bewertung gefunden werden. Kati Jagnow, Dieter Wolff, Adrian Schünemann

□ Klimaschutz bedeutet Reduktion der Treibhausgase (THG). Primäre Messgröße sind hierbei CO₂-Äquivalente. Für Deutschland betragen sie 1990 1250 Mio.t/a. Bis 1995 sind die THG-Emissionen stark gesunken. In den folgenden 20 Jahren deutlich schwächer. 2015 lagen sie nur 19% unter den Werten von 1995. Um bis 2020 das Ziel einer 40%-igen Reduktion gegenüber 1990 zu erreichen, müssten die THG-Emissionen in 4 Jahren um insgesamt 17% sinken. Dies ist laut einer Studie sehr unwahrscheinlich [Heymann, Eric: Deutsche Energiewende: Zielverfehlungen in Sicht, Studie 12. Mai 2016, www.dbresearch.de].

Abb.1 stellt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2014 differenziert nach Sektoren dar. Der Zielwert von 2020 ist mit einem X markiert. Da dieser Zwischenschritt voraussichtlich ohnehin nicht einzuhalten ist, wird die Grafik auf den langfristigen Zeithorizont 2050 erweitert. Das von der Bundesregierung ausgegebene langfristige Ziel einer Minderung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 von 80% bis 95% (bezogen auf das Jahr 1990) wird in den meisten Studien mit 85% angenommen.

Sprichwörtlich viele Wege führen also nach Rom. Ganz genauso verhält es sich mit unseren Klimazielen. Die Randbedingungen sind den meisten nicht unbedingt sofort klar: wichtig ist nicht, das Ziel erst 2050 möglichst punktgenau zu treffen, sondern die Einspeicherung von Treibhausgasen in die Erdatmosphäre in den nächsten Jahrzehnten so schnell wie möglich zu senken. Diese Tatsache wird nur teilweise erkannt.

Das 40%-Minderungsziel für 2020 zeigt bereits in der Vergangenheit diese Tendenz einer eher

konservativ angenommenen linearen Abnahme der Treibhausgase. Das Ziel war bereits in der Vergangenheit zu wenig ambitioniert. Und auch wenn wir das Ziel für 2050 tatsächlich erreichen sollten, ist es für den nachfolgenden Zeitraum relevant, wie viel Treibhausgase bis dahin in die Atmosphäre emittiert wurden. Es geht also nicht um den Endpunkt der Kurve, sondern deren Verlauf bzw. die Fläche unter der Kurve. Diese ist maßgeblich, um das Budget für die Gesamtemissionen einzuhalten.

Abb.2 bildet die Restmenge der CO₂-Emissionen ab, die weltweit noch ausgestoßen werden darf, um das 2°C-Ziel bzw. das 1,5°C-Ziel mit 50- bzw. 66%-iger Wahrscheinlichkeit zu erreichen. In Anbetracht der stetig wachsenden CO₂-Emissionen muss eine Kehrtwende sofort eingeleitet werden. Dies darf nicht allein für Deutschland gelten, aber Deutschland kann eine Vorreiterrolle übernehmen.

Soll das ambitionierte 1,5°C-Ziel mit 50%-iger Wahrscheinlichkeit getroffen werden, läge das weltweite Restbudget für CO₂-Emissionen bei insgesamt nur noch 393 GtCO₂ bis 2050 – das deutsche Restbudget entsprechend dem heutigen Anteil Deutschlands von 2,4% bei 9432 Mio.tCO₂. Das erfordert ein beschleunigtes Drosseln der Produktion von Treibhausgasen.

Zwischen den in Abb.1 beispielhaft dargestellten Pfaden für Deutschland liegt eine absolute Emissionsdifferenz von etwa 6500 Mio.tCO₂-Äquivalente.

Welche Maßnahmen können kurzfristig zu einer deutlichen Emissionsminderung führen? Um diese Frage zu beantworten, muss die Aufmerksamkeit auf die Größenordnungen der einzelnen Sektoren gelegt werden. Der stärkste Emittent ist die Ener-



gewirtschaft mit knapp 40% Anteil an den Gesamtemissionen, mit großem Abstand folgen Industrie (20%) und der Verkehrssektor (18%). Der Haushaltssektor (9%) liegt zwar noch darunter, aber Emissionen der Energiewirtschaft beinhalten unter anderem auch Anteile für die Energieversorgung von Wohngebäuden (z.B. für Strom und Fernwärme).

Der Großteil der Emissionen in der Energiewirtschaft entsteht bei der Stromerzeugung – alleine die Hälfte hiervon werden bei der Braunkohleverstromung emittiert, weitere 30% bei der Steinkohleverstromung. Hier muss der primäre Ansatz liegen. Natürlich kann der Kohleausstieg nicht ad hoc erfolgen – allerdings ist zumindest der verstärkte Einsatz von Erdgas anstelle von Kohle in der Stromerzeugung aufgrund der installierten Kraftwerkskapazitäten möglich und ökologisch sinnvoll, momentan jedoch verhindert durch höhere Grenzkosten des Erdgases bei der Stromerzeugung (Merit-Order-Effekt). Hier würde eine CO₂-orientierte Besteuerung der Energieträger helfen. Ein Doppeleffekt (siehe **Beitrag** „Die Dosis macht das Gift“ im GEB 04-2015) könnte erreicht werden, wenn parallel hierzu das in der Stromwirtschaft eingesetzte Gas gleichzeitig durch umfassende Modernisierung gasbeheizter Bestandsgebäude eingespart würde.

Was hat das alles mit der aktuellen Diskussion um die geplante Zusammenführung von EnEV und EEWärmeG zu einem neuen „Gebäudeenergiegesetz“ zu tun? Nun, genau dort besteht die Möglichkeit, den beschriebenen Ansatz einzubringen und damit nicht nur Gutes fürs Klima zu tun, sondern Fachleuten eine einfache und nachvollziehbare Planung von Gebäuden und Anlagen zu ermöglichen.

EnEV und EEWärmeG sind nicht teamfähig

Eine anfänglich gut gemeinte Idee treibt uns mittlerweile immer wieder in die Sackgasse: die Energiegesetzgebung mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG). Fachplaner für Bau- und Anlagentechnik sowie die Ersteller von Energiekonzepten finden kaum noch Lösungen, die wirtschaftlich (für den Nutzer, aber auch volkswirtschaftlich für geringe Lebenszykluskosten)

und emissionsmindernd (primäre Zielsetzung der Energiewende: Verringerung der CO₂-Emissionen) sind und gleichzeitig den geltenden gesetzlichen Grundlagen entsprechen.

Um EnEV und EEWärmeG einzuhalten, haben wir zunächst viel gerechnet und am Ende eine Menge Technik geplant und meist auch verbaut, um erneuerbare Energien einzukoppeln. Wenn die Lösung geringe Lebenszykluskosten aufweist, steht die Verringerung der CO₂-Emissionen oft eher auf dem Papier, als dass sie in der Realität eintritt. Oder es ist umgekehrt. Haben wir eine nach unserem Anspruch emissionsmindernde und zugleich für den Nutzer wirtschaftliche Lösung gefunden, können wir nahezu sicher sein, dass eine der beiden Rechtsgrundlagen nicht vollständig erfüllt wird.

Fragwürdiges Kompensieren

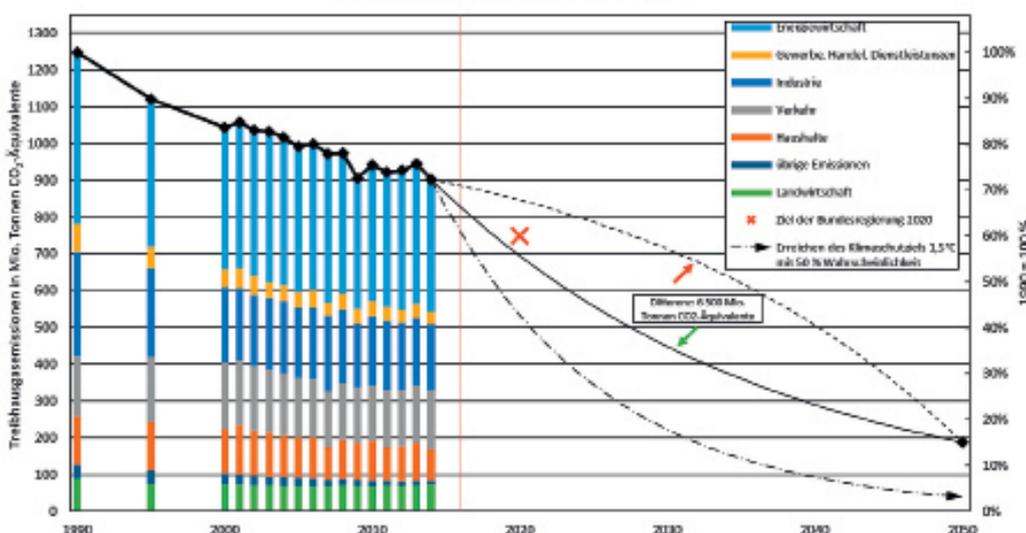
Die Kompensationsprinzipien der EnEV „Wärmeschutz vs. Anlagentechnik“ und „Erneuerbare Anteile vs. Wärmeschutz und Anlagentechnik“ des EEWärmeG führen zu Fehlentwicklungen: Erhöhte Endenergieverbrauchswerte, erhöhte Treibhausgasemissionen, hohe Energiekosten für den Nutzer sowie höhere Investitions- und Betriebskosten. Denn: die gültige EnEV 2014 stellt vorrangig Anforderungen an den maximalen Primärenergiebedarf, eine auch nach 15 Jahren EnEV in Deutschland noch schwer zu verinnerlichende Größe. Und das gilt für beide Teile des Begriffes: Primärenergie und Bedarf.

Verpasste Chancen

Gleichzeitig wird durch den H_T-Wert ein nur wenig ambitionierter Wärmeschutz vorgeschrieben. Es handelt sich näherungsweise um einen mittleren U-Wert der Wärme übertragenden Umfassungsflächen. Dabei sind die Anforderungen an den Wärmeschutz der EnEV für viele Gebäude noch immer um etwa den Faktor 2 zu gering – wirtschaftlich waren und sind zum Teil deutlich höhere Qualitäten der Gebäudehülle möglich.

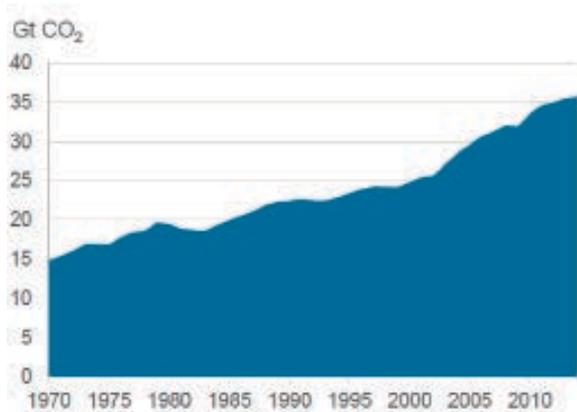
Bereits Mitte der 1990er-Jahre waren Passivhaus und Niedrigenergiehaus Stand der Technik. Dies war die Zeit zwischen letzter Wärmeschutzverordnung und der ersten EnEV von

Entwicklung der Treibhausgasemissionen

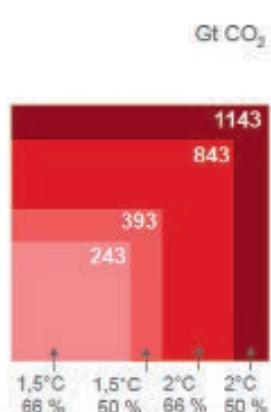


1 Die mittlere Kurve resultiert aus der Annahme einer jährlich gleich bleibenden prozentualen Emissionsminderung von jährlich 4,3%. Die obere Kurve entsteht, indem die Emissionsminderungen der unteren Kurve in umgekehrter Reihenfolge angenommen werden, vergleichbar mit der Restschuld eines Annuitätendarlehens – die Tilgung nimmt erst im Verlauf der Jahre zu. Die untere Kurve zeigt die maximal erlaubten Emissionen für das Erreichen des 1,5 °C-Ziel mit einer 50 %-igen Wahrscheinlichkeit – eine jährliche Minderung der Emissionen um ca. 8,4 % wäre erforderlich.

Entwicklung der CO₂-Emissionen seit 1970



Restmenge zur Einhaltung der Klimaschutzziele



2 Klimaschutzziele jährliche CO₂-Emissionen und das 1,5°C-Ziel [IPCC: Synthesis Report. Entwicklung der CO₂-Emissionen seit 1970. Restmenge zur Einhaltung der Klimaschutzziele. 2014 (zit. nach: Wünsch, M.: Zukunft der KWK und der Fernwärme – vor dem Hintergrund der Entwicklung im KWKG und der Dekarbonisierung des Energiesystems. Kassel, 06/2016. S. 3)]

2002. Wirtschaftlich betrachtet wären damals bereits H_T -Werte zwischen 0,3 und 0,4 W/(m²·K) als Anforderung möglich gewesen. Allerdings wird die Einführung dieses Anforderungsniveaus über die einflussreiche Lobby der „monolithischen Bauweisen“ und nicht in die Gas- und Ölpreise eingerechnete Umweltkosten damals wie heute verhindert.

Die Folgen: Eine Emissionsminderung von schätzungsweise 600 Mio.t CO₂ blieb ungenutzt und jährlich steigt dieser Wert weiter an – und nur mit dem Anforderungsniveau der EnEV gebaute Gebäude sind bereits mit der Fertigstellung energetisch betrachtet Sanierungsfälle. Gleichzeitig wurde durch das Einknicken der Politik die Entwicklung neuer und kostengünstigerer Lösungen gebremst. Ganz nebenbei: Inzwischen existieren auch zahlreiche Lösungen, mit denen die EnEV-Bauteilanforderungen bei einer quasi-monolithischen Bauweise deutlich unterschritten werden können.

CO₂- anstatt Primärenergiebewertung

Mit der Senkung des Primärenergiefaktors für Strom von 2,4 auf 1,8 (seit 1. Januar 2016) ist auf dem Papier der Strom über Nacht um 25 % besser geworden. Anlagenkonzepte mit Elektrowärmepumpen werden hierdurch nach der EnEV (2016) bilanziell wesentlich besser als Gas-Brennwertheizkessel gestellt. Obwohl Wärmepumpen in der Anschaffung zurzeit mindestens um den Faktor 2 teurer sind und die Stromkosten ebenfalls höher als die Energiekosten bei einer Lösung mit Gas-Brennwertheizkessel ausfallen. Dies ist bedenklich, weil eine Verringerung der CO₂-Emissionen für den Anwendungsfall Wärmepumpenheizsystem voraussichtlich erst in 10 bis 20 Jahren eintritt, wenn sich der Emissionskennwert für den Strommix in Deutschland auf etwa 300 bis 400 g CO₂/kWh_{el} reduziert hat.

Soll ein Neubau einen Holzpellet-Heizkessel oder einen Anschluss an Fern- bzw. Nahwärme mit niedrigem Primärenergiefaktor zur Wärmebereitstellung erhalten, muss das Gebäude (wie beim Einsatz von Elektrowärmepumpen) nur die EnEV-Mindestanforderungen an den Wärmeschutz erfüllen. Die Folgen: ein erhöhter Endenergieverbrauch, höhere Treibhausgas-

emissionen und höhere Energiekosten als notwendig.

Klimamandate sind überfällig

Trotz des stetig komplizierter gewordenen EnEV-Berechnungsverfahrens werden immer noch Anlagentechnik und Wärmeschutz gegeneinander ausgespielt – ähnlich verhält es sich im EE-WärmeG. Die Fehlentwicklungen werden drastisch verstärkt bei Anschluss an Fern- und Nahwärme mit niedrigen Primärenergiefaktoren aus Kohleheizkraftwerken. Das eigentliche Ziel der EnEV – durch die Einsparung von Energie zum nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 beizutragen – bleibt vollkommen auf der Strecke.

Eine CO₂-mindernde Lenkungswirkung haben beide Verordnungen bzw. Gesetze nie erreicht – dazu wäre im ers-

ten Schritt der Einbezug von CO₂ als Nachweisgröße notwendig gewesen, worauf sich die beteiligten Kreise jedoch nie einigen konnten. Und: die EnEV muss endlich auch seitens des Bundestages ein Klimamandat erhalten. Bisher gilt nur das Wirtschaftlichkeitsgebot des EnEG vom 22.07.1976 (Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden – Energieeinsparungsgesetz).

Mit jeder Novellierung von Wärmeschutzverordnung und EnEV wurden 25 bis 30 % Primärenergieeinsparung versprochen, sodass bereits heute das Passivhausniveau erreicht sein müsste. Davon ist die EnEV jedoch auch im Neubaubereich noch sehr weit entfernt; von den Anforderungen für die Bestandsmodernisierung ganz zu schweigen – obwohl viele Projekte zeigen, dass beides mit geringen Mehrkosten möglich ist.

Derzeitige Vorschläge der seit Jahrzehnten gleichen Gutachter für die anstehende EnEV-Novelle verharren im alten System und empfehlen das Beibehalten der bisherigen Methodik mit der Begrenzung des Primärenergiebedarfs als Hauptanforderung.

Bei der anstehenden Novellierung (bzw. Zusammenführung) von EnEV und EE-WärmeG sollte nach Meinung der Autoren durch eine Anpassung der Anforderungen die Probleme aus der Kompensationsphilosophie zwischen Gebäudewärmeschutz, Erzeugertechnologien und dem Anteil erneuerbarer Energien behoben und gleichzeitig eine Vereinfachung erreicht werden. Zusammengefasst sollten folgende Defizite beseitigt werden:

- Kompensationsprinzip mit seinen Fehlentwicklungen,
- fehlende Berücksichtigung der Klimawirkung und die
- aufwendige Berechnungsmethodik.

Einzelanforderungen sind hilfreicher

Möglich wird dies durch die Wiedereinführung von Bauteil- und Einzelanforderungen, beispielsweise auf der Grundlage des Referenzgebäudeverfahrens in der EnEV. Die KfW ermöglicht ihren Kreditnehmern bereits ein ähnliches Verfahren im Wohnungsbau für den Effizienzhaus-55-Standard. In der Förderrichtlinie zum KfW-Programm „Energieeffizient Bauen“ ist ein alternativer „Nachweis“ zugelassen, falls die Gebäudehülle

in einer die EnEV übertreffenden Qualität ausgeführt wird und eine in der Förderrichtlinie vorgegebene Anlagentechnik zum Einsatz kommt.

Dies ist ein ähnliches Vorgehen wie im früheren Verordnungswerk von Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung. Als einzige Hauptanforderung zum Wärmeschutz sollten Maximalwerte für die auf die Gebäudenutzfläche bezogene Transmissionswärmeverlustleistung H_T/A_{EB} vorgeschrieben werden. Der Anforderungswert orientiert sich dabei an ökonomisch sinnvollen Best-Practice-Werten.

Dabei belohnt der Kennwert H_T/A_{EB} die Einflüsse und Vorteile einer kompakten Bauweise. Er berücksichtigt einen möglichst niedrigen H_T' -Wert multipliziert mit einem möglichst niedrigen Kompaktheitsgrad der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A bezogen auf die beheizte Fläche A_{EB} . Gleichermaßen sollten, wie in den früheren Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnungen, zusätzliche Qualitätsanforderungen an die Gebäudehülle und an die Anlagentechnik gestellt werden. Darunter fallen Anforderungen an die Dichtheit der Gebäudehülle und Wärmebrücken, Effizienzkennwerte von Heizkesseln, Wärmepumpen und Kältemaschinen, Dämmforderungen für Speicher und Verteilnetze, Effizienzvorgaben für Beleuchtung, Pumpen und Ventilatoren sowie den sommerlichen Wärmeschutz.

Eine nützliche Abrundung des Anforderungskatalogs wären informative Hinweise und Richtlinien für die Ausle-

gung von Heiz- und Kühlflächen und weiteren Wärmeverbrauchern für den Niedertemperaturbereich; mit der Zielsetzung, für die Zukunft eine möglichst hohe Flexibilität bei der Wahl der Erzeugung zu erreichen.

Flexible Anlagentechnik für die Zukunft

So kann heute der Einsatz eines sehr guten Gas-Brennwertheizkessels (in einer anlagentechnisch optimierten Peripherie und einem sehr gut gedämmten Gebäude) hinsichtlich minimaler CO_2 -Emissionen noch immer eine sehr sinnvolle Entscheidung darstellen, ohne dass zwangsweise durch ein EEWärmeG eine Solarthermieanlage oder eine andere erneuerbare Technik vorzusehen ist. Vielmehr sollten die zusammengeführten Regularien von EnEV und EEWärmeG perspektivisch gewährleisten, dass sowohl das Gebäude als auch die restliche Anlagentechnik für den zukünftigen Betrieb mit alternativem Wärmeerzeuger geeignet sind.

Am Ende der Lebensdauer des heute installierten Gas-Brennwertheizkessels ist dann ein Austausch gegen eine Wärmepumpe, einen Holz-Heizkessel oder einen Nahwärmeanschluss ohne Probleme möglich (geringe Heizlasten, niedrige Vorlauftemperaturen, geringe Verteilverluste). Oder im Gasnetz befindet sich so viel „Windgas“, dass es auch weiterhin eine Gaslösung mit Gaswärmepumpe oder einer kombinierten Lösung aus Gas-BHKW mit Stromnutzung für eine Elektrowärmepumpe geben könnte. Beides Systeme, die thermodynamisch

etwa die gleiche Gesamteffizienz aufweisen. Die zukünftigen Erzeugerlösungen entscheidet der Markt nach Vorgabe eines politisch festgelegten Emissionsziels.

Alleine durch das gewählte Anforderungsniveau an den baulichen Wärmeschutz zusammen mit Einzelanforderungen an die Qualität der Bauteil- und Anlagenkomponenten und ihrer Ausführung kann sowohl energetisch als auch ökonomisch ein sehr hoher Vorteil ge-

genüber der aktuell gültigen EnEV erzielt werden – bei einer gleichzeitigen Vereinfachung der EEWärmeG-Regelungen.

Die entschlackten Vorschriften würden nicht mehr direkt den Einsatz notwendiger Anteile erneuerbarer Energien vorschreiben, sondern dies offenlassen. Jedoch würde durch ein entsprechend hohes, aber gleichzeitig wirtschaftliches Anforderungsniveau an den Wärmeschutz eine Peripherie geschaffen, in der regenerative Energien optimal funktionieren. In Kombination mit einer sich ändernden, aber schwer prognostizierbaren Energieträger- und Versorgungsstruktur kann eine stetige Reduktion der CO₂-Emissionen kostengünstig erreicht werden. Erneuerbare Energien erobern sich dann automatisch ihren Markt und ihre Anteile, je geringer der Nutzenergiebedarf durch eine energieeffiziente Gebäudehülle wird.

Die realen, jährlich zu erfassenden Endenergieverbrauchs- und die damit verbundenen CO₂-Emissionen – beispielsweise in einem stetig fortzuschreibenden Energieverbrauchsausweis – wären dann das beste Maß für die Klimateffizienz eines Gebäudes.

CO₂-Besteuerung fossiler Energieträger

Um dennoch – ohne aufwendige und mit vielen Annahmen versehene Bilanzierungsberechnungen – den Einsatz erneuerbarer Energien zu forcieren, kann als eine von vielen Möglichkeiten eine CO₂-Steuer auf die noch eingesetzten konventionellen fossilen Energieträger eingeführt werden; und / oder eine vom Endenergieverbrauch und vom CO₂-Ausstoß abhängige Grundsteuer. Die CO₂-Steuer könnte ohne zusätzlichen Erfassungsaufwand über den Energielieferanten (Erdgas, Wärme, Strom, Heizöl, Pellets) erhoben werden. Praktischerweise wäre in dieser Erfassungsart z.B. selbst geschlagenes und verarbeitetes Brennholz nicht enthalten – ganz im Sinn einer schonenden Holznutzung im Rahmen des Biomassebudgets.

Eine Variation der Abgabenlast der einzelnen Energieträger verschafft dem Gesetzgeber ein adäquates Steuerungsinstrument. Und: warum sollte die heute stetig steigende EEG-Umlage als Strompreisbestandteil nicht wieder wegfallen und stattdessen aus einer CO₂-Abgabe auf die fossilen Brennstoffe Kohle, Öl und Erdgas finanziert werden; unabhängig, ob diese für die Wärme- oder Stromerzeugung eingesetzt werden? Denn diese sollen ja möglichst kurzfristig ersetzt werden. Ganz im Sinne des Themas Sektorenkopplung von Wärme und Strom. Zusätzliche Einnahmen aus der Belastung fossiler Energieträ-

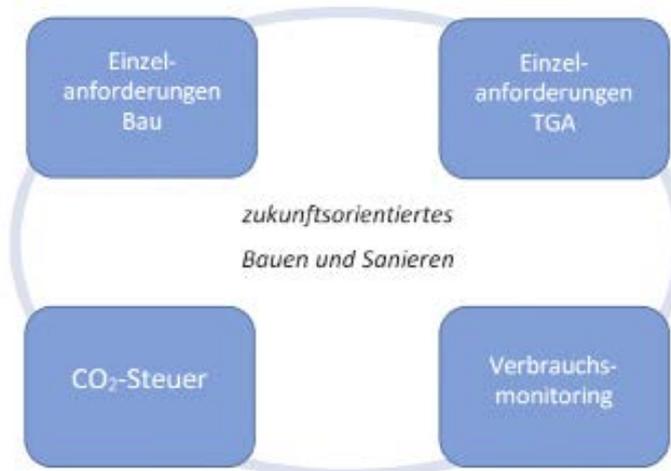


Bild: Wolff / Jagnow / Schünemann

3 Zukunftsorientiertes Bauen und Sanieren.

ger könnten dann in einen politisch bereits vorgesehenen Klimaschutzfonds fließen, mit dem Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert und ihre Marktfähigkeit und -verbreitung beschleunigt werden.

Durch die Kombination von Einzelanforderungen und

CO₂-Steuer oder vergleichbaren Lenkungsinstrumenten kann in der Gebäudeerstellung wieder nach ökonomischen, technischen und ökologischen Gesichtspunkten die Art der Erzeugung frei gewählt und optimiert werden. Eine CO₂-Abgabe hätte zudem den Vorteil, dass sich der Bürger gegen sie wehren kann – indem er genau das tut, was die Politik mit dem klimaneutralen Gebäudebestand vorhat, nämlich den Ausstieg aus dem Einsatz fossiler Brennstoffe. An erster Stelle könnte damit der Ausstieg aus der Steinkohleverstromung gesteuert werden, denn heimische Steinkohle wird es in Kürze nicht mehr geben und dann der Ausstieg aus der Braunkohle forciert werden.

Praktikable Rechtsgrundlage

Was wir als Fachplaner brauchen, ist eine praktikable Rechtsgrundlage, die lieber wenige Größen streng reguliert als versucht, Tausende Einflussgrößen unter einen Hut zu bringen. Aus Sicht eines sich schnell ändernden Energiemarkts und daran gekoppelten Klimaschutzes brauchen wir heute bau- und anlagentechnische Lösungen, die in 10 oder 20 Jahren flexibel mit jedem Energieträger und mit jeder sinnvollen Anlagentechnik versorgt werden können. Zum Teil widersinnige Anlagenkombinationen und Gebäudeausführungen – „nur um die EnEV und das EEWärmeG einzuhalten“ – müssen zu den Akten gelegt werden, damit wir wieder den gesunden Menschenverstand nutzen können. ■

Adrian Schünemann B. Eng.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für energieoptimierte Systeme – EOS, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel

Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow

Hochschule Magdeburg-Stendal – Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff

Institut für energieoptimierte Systeme – EOS, Fakultät Versorgungstechnik, Ostfalia-Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wolfenbüttel, d.wolff@ostfalia.de, www.ostfalia.de