

Fokus

Dämmung

- Rechtliche Grundlagen
- Oberflächenvielfalt
- Baukultur und Ökobilanz



Gebäude
Energieberater

In der Pflicht

INNENDÄMMUNG UNTER RECHTLICHEN ASPEKTEN Die Grenzen zwischen Informationspflicht, klassischer Beratungsleistung und juristischen Fragen sind in der Baupraxis oft fließend. Ungeachtet dessen dürfen Planer prinzipiell keine Rechtsberatung leisten, jedoch kommt man insbesondere bei Sanierungen und speziell im Fall einer Innendämmung um bestimmte Aufklärungspflichten oder gar schriftliche Bedenkenhinweise nicht herum, will man nicht gutgläubig in die Haftungsfalle tappen. Wozu sind Energieberater im Detail vertraglich verpflichtet und was tun, wenn der fachliche Rat nicht fruchtet? Jürgen Gänßmantel

Die Planung, Verarbeitung und Bauüberwachung von Innendämmsystemen gestaltet sich schon technisch als anspruchsvolle Aufgabe. Oft kommt man auch noch mit Aspekten in Berührung, bei denen es sich um juristische Fragestellungen handelt und die von Technikern grundsätzlich nicht beantwortet werden können und dürfen – Rechtsberatung ist Sache von Juristen! Wenn im Folgenden dennoch rechtliche Aspekte im Zusammenhang mit Innendämmungen erläutert werden, dann ausschließlich zu dem Zweck, den Leserinnen und Lesern die Kenntnisse dazu aus technischer Sicht zu vermitteln.

Die folgenden Ausführungen basieren auf dem Manuskript des ehemaligen Vorsitzenden Richters am OLG Hamm, Uwe Liebheit (†), dem Autor des umfangreichen Kapitels 2 „Recht“ im 2016 vom Fachverband Innendämmung e.V. (FVID) herausgegebenen Praxishandbuch Innendämmung (siehe Infokasten). Sie geben die persönliche Meinung und Erfahrung des Autors wieder und stellen keine Beratung im Einzelfall und im rechtlichen Sinne dar.

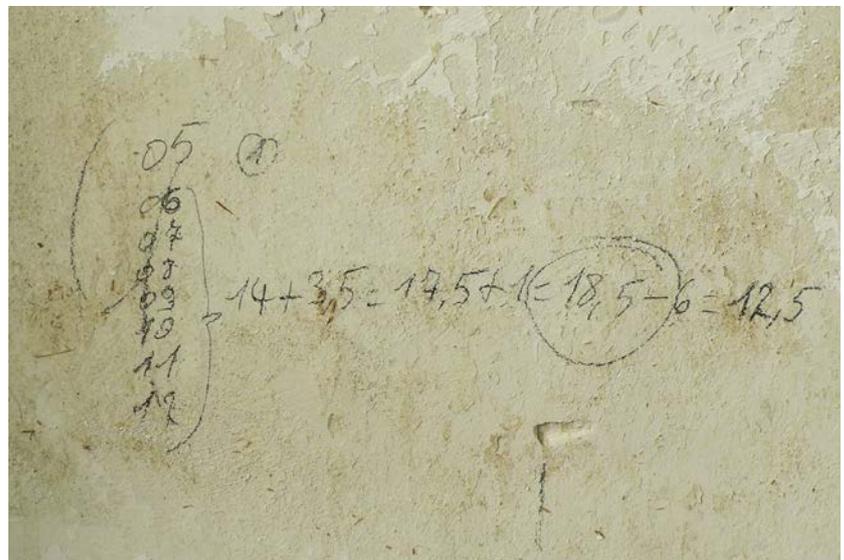
Die Pflichten des Auftragnehmers

Die Begriffe, mit denen die Pflichten eines Auftragnehmers beschrieben werden, sind nicht immer einheitlich. Man unterscheidet:

- vorvertragliche Aufklärungs- und Informationspflichten;
- vertragliche Aufklärungs- und Beratungspflichten, wenn ohne verbindliche Vorgaben des Auftraggebers die Planung eines Werks übernommen wurde, das seinen Wünschen und Vorstellungen entsprechen soll;
- Prüf- und Bedenkenhinweispflicht bei der Bauüberwachung und
- vertragliche Nebenpflichten, die sich nicht auf die Herstellung des vom Auftragnehmer geschuldeten Werks beziehen.

Vorvertragliche Aufklärungs- und Informationspflichten

Der Auftraggeber oder Besteller muss bereits bei der Anbahnung eines Vertrages über die für den Vertragsabschluss



1 Trotz mathematischer Übungen – Gipsputz als Untergrund für Innendämmung ist nicht in jedem Fall geeignet.

wesentlichen Umstände aufklären. Diese sogenannte vorvertragliche Aufklärungs- und Beratungspflicht stellt eine sogenannte unselbstständige Beratungspflicht bzw. Nebenpflicht dar.

Es entspricht zwar dem Interesse eines Bestellers, sich vor Abschluss eines Vertrages von sich aus über eine Bauleistung zu informieren, die seinen Vorstellungen entspricht. Der Auftragnehmer/Berater kann sich aber nicht darauf verlassen, dass den Wünschen des Bestellers zutreffende Informationen zugrunde liegen. Deshalb hat er eine vorvertragliche Auskunftspflicht gegenüber dem Kunden über solche Umstände, die allein ihm bekannt sind und von denen er weiß oder wissen muss, dass sie für den Kunden von besonderer Bedeutung sind, um sich für den Vertrag zu entschließen.

Im Falle einer kompletten oder partiellen Innendämmung kann sich diese Pflicht darauf beziehen, welche baulichen Gegebenheiten vorhanden sein müssen, ob die Ausführung unter Würdigung aller Umstände in bestimmten Räumen eines konkreten Altbaus überhaupt sinnvoll ist, ob sie technische, personelle oder finanzielle Mittel voraussetzt, die womöglich nicht verfügbar sind usw.

Beispiel 1:

Der Besteller möchte einen Wärmedämmputz aufbringen lassen. Im Internet hat er gelesen, dass man vorhandene Putze vor dem Aufbringen einer Innendämmung nicht abschlagen muss. Vor Ort stößt der Auftragnehmer bzw. Energieberater auf einen nicht tragfähigen und nicht feuchtebeständigen Gipsputz. Er muss nun den Besteller darüber aufklären und ihn informieren, dass dies unter bestimmten Bedingungen kein zulässiger Untergrund für die gewünschte Innendämmung ist (**Abb. 1**).

Vertragliche Aufklärungs- und Beratungspflicht

Die Aufklärungs- und Beratungspflicht des Auftragnehmers bezieht sich auf alle Umstände, die für die Erbringung einer mangelfreien Werkleistung, und das ist ja Energieberatung, relevant sind. Der Auftraggeber muss als bautechnischer Laie in die Lage versetzt werden, dem Auftragnehmer die von ihm benötigten Informationen zu geben und mit ihm Vereinbarungen zu treffen, die notwendig sind, um seine Vorstellungen umzusetzen.

Die Konzeption und Umsetzung einer Innendämmung setzt eine umfassende Planung voraus, die auf den Vorstellungen des Bestellers und den örtlichen Gegebenheiten beruht. Die Wünsche des Bestellers, die z. B. auf einer irreführenden Werbung oder sonstigen Fehlinterpretationen beruhen, muss der Auftragnehmer als eine Planungsaufforderung auffassen, die er als Fachmann mit einem spezifischen Fachwissen dahingehend zu überprüfen hat, ob und wie eine entsprechende Werkleistung erbracht werden kann, die einerseits den Vorstellungen des Bestellers entspricht und andererseits die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik erfüllt. Die Beratung durch den Auftragnehmer muss sich auf alle genannten Kriterien beziehen, weil sie für die Auslegung der Beschaffensvereinbarung gem. § 633 Abs. 2 S. 1 BGB von entscheidender Bedeutung sind. Sie geht über die grundsätzlichen Hinweise im Rahmen der vorvertraglichen Aufklärungspflicht hinaus, weil sie sich auf die Planung einer mangelfreien Innendämmung bezieht.

Beim Bauen im Bestand kommt es oft vor, dass die Planung noch nicht abschließend ist bzw. sich in der Bauphase noch ändern kann. Zum Beispiel können im Verlauf des Baufortschritts nicht vorhergesehene Details des Bestands erkennbar werden, die eine Anpassung der vertraglich vereinbarten Leistung (Energieberatung) erfordern. Der Beratervertrag setzt stillschweigend voraus, dass der Auftragnehmer den Besteller im Laufe des dynamischen Bauprozesses stets über neue Erkenntnisse aufklärt, die es zu berücksichtigen gilt, um einen optimierten Erfolg herbeizuführen, der den oben dargestellten Kriterien entspricht. Das kann zu einer Modifikation der Beratung führen, was nicht ungewöhnlich ist. Der Besteller kann aber auch entscheiden, dass er an der getroffenen Vereinbarung festhalten will.

Beispiel 2:

Der Besteller stellt sich eine plattenartige Innendämmung vor. Den vorliegenden Gebäudeplänen zufolge bestehen die Außenwände aus Ziegel. Im Verlauf der

Auch für Mängel und Schäden, die ohne eigenes Verschulden entstehen, kann man in Regress genommen werden!

Bautätigkeiten wird der nicht tragfähige Altputz entfernt. An einigen Außenwänden kommt nun ein unregelmäßiges Natursteinmauerwerk zum Vorschein. Um die Dämmplatten kleben zu können, wird ein Ausgleichsputz benötigt (**Abb. 2**). Das war vorher nicht erkennbar; jetzt muss der Besteller aufgeklärt werden.

Haftungsausschluss erfordert Bedenkenanmeldung

Häufig lassen sich die durch Werbung hervorgerufenen Erwartungen der Besteller nicht erfüllen. Daher muss der Auftragnehmer den Besteller z. B. umfassend darüber aufklären, welcher Wärmeschutz erreichbar ist oder welche technischen und wirtschaftlichen Vor- und Nachteile mit unterschiedlichen Innendämmsystemen verbunden sind. Wenn nur ein bestimmtes System für die Innendämmung vorgeschlagen wird, das üblicherweise verwendet wird, weil es als optimal angesehen wird, kann das Werk mangelhaft sein, wenn es nicht den erkennbaren subjektiven Vorstellungen des Bestellers entspricht.

Aus diesen Gründen muss der Auftragnehmer zunächst die qualitativen und wirtschaftlichen Vorstellungen des Bestellers bezüglich des Dämmniveaus klären und diese mit ihm gewichten und werten, d. h. Prioritäten festlegen. Anschließend sollte er die Vor- und Nachteile verschiedener Alternativen mit ihm erörtern, die den Vorstellungen des Auftraggebers am nächsten kommen. Diese Aufklärungspflicht ist Teil der erfolgsbezogenen Pflicht zur Herstellung eines mangelfreien Werks. Ein nützliches Hilfsmittel hierfür können zum Beispiel die Auswahlmatrix für Innendämmungen aus WTA-Merkblatt 8-5 (2018) oder objektbezogene Vorlagen sein (**Abb. 3**).

Um einen Auftragnehmer in die Haftung nehmen zu können, ist gem. §§ 633, 634 BGB kein Verschulden erforderlich. Ein Energieberater kann sich daher nicht darauf berufen, dass der Besteller ihn nicht hinreichend über seine Vorstellungen aufgeklärt hat. Die Aufklärung und Beratung ist Aufgabe des Auftragnehmers.

Der Auftragnehmer muss den Besteller daher darüber in Kenntnis setzen, wie dieser das Risiko eines Mangels der Innendämmung ausschließen oder zumindest begrenzen kann.



2 Nach Entfernen des Bestandputzes kommen in der oberen Wandhälfte Ziegel, in der unteren Wandhälfte Natursteine zu Vorschein. Hier wird ein Ausgleichsputz benötigt.

Diese Aufklärung muss er mit der ausdrücklichen Vereinbarung eines Haftungsausschlusses für die Risiken verbinden, die der Besteller hinnehmen will. Der gleiche Fall ist gegeben, wenn sich der Besteller „beratungsresistent“ zeigt. Den Haftungsausschluss muss der Auftragnehmer beweisen: daher muss die Vereinbarung schriftlich erfolgen. Sicher keine einfache Situation in der Praxis, aber: Sie führt dem Auftraggeber nachhaltig die Bedeutung und den Ernst der Aufklärung und die sorgfältige Beratung des Auftragnehmers vor Augen.

Beispiel 3:

Der Schlagregenschutz ist bei einer steinsichtigen Ziegelfassade nicht gewährleistet, weil die Steine und die Fugen bei Schlagregen stark Feuchtigkeit saugen (Abb. 4). Als begleitende Sanierungsmaßnahme wird eine Fugensanierung mit nachträglicher Tiefenimprägnierung empfohlen, die der Besteller aus Kostengründen nicht akzeptiert. Die Aufklärung über die Konsequenzen der unterlassenen Imprägnierung muss dokumentiert werden, damit sie im Streitfall vom beweispflichtigen Auftragnehmer/Berater nachgewiesen werden kann.

Sonderfall: Ausführender Unternehmer als Planer

Bittet der Bauherr einen Unternehmer um die Abgabe eines Angebots für eine Innendämmung, überträgt er ihm stillschweigend die Planungsaufgaben. Übernimmt ein Unternehmer diese Planung stillschweigend, muss er im Rahmen der Grundlagenermittlung wie jeder Planer die Aufgabenstellung klären und im Rahmen der Vorplanung die Zielvorstellungen des Bauherrn mit diesem abstimmen (siehe Aufklärungs- und Beratungspflicht).

Ein Unternehmer, der die Planungsaufgaben übernimmt, übernimmt auch alle Haftungsrisiken eines Planers, dass sich seine Planung zur Herstellung eines zweckentsprechenden und

Innendämmung / Einflussfaktor	Materialsystem A	Materialsystem B	Materialsystem C	Materialsystem D	Materialsystem E	Materialsystem F
Niedrige Systemdicke	-	-	+	+	+	+
Investitionskosten	+	+	0	+	0	0
Nutzungssicherheit Wohnen	0	+	0	0	-	+
Ausführungssicherheit	+	+	0	0	-	0
Diffusions-eigenschaften	+	+	-	+	-	+
Brandschutzeigenschaften	0	+	-	0	0	-
Denkmalschutzkriterien	+	+	-	+	-	+
Energetische Verbesserungsmaß ΔR_i	-	0	+	+	+	+
Ökologie/Umwelteigenschaften	+	+	-	+	-	+

3 Beispiel einer objektbezogenen Entscheidungsmatrix für verschiedene Innendämmsysteme

funktionstauglichen Werks eignet, das alle oben dargestellten Anforderungen erfüllt. Somit ist die Aufgabe des Unternehmers, der die Aufgabe des Planers übernommen hat, die Vorstellungen des Bestellers im Rahmen eines Beratungsgesprächs aufzuklären. Dadurch unterscheiden sich qualifizierte Fachbetriebe von Billiganbietern, die ohne die erforderlichen Fachkenntnisse nur ein bestimmtes Produkt bzw. System anbieten. Da diese nicht auf ihre unzureichenden Fachkenntnisse und die Beschränkung ihres Angebots hinweisen, kann solch eine Ausführung einen Mangel begründen, wenn sie nicht der erkennbaren Erwartung des Bestellers entspricht.

Prüf- und Bedenkenhinweispflicht

Die Haftung des Auftragnehmers wird durch einen Mangel seines Werks gem. §§ 633, 634 BGB begründet. Von dieser Haf-

Praxishandbuch Innendämmung

An diesem fast 400 Seiten umfassenden Fachbuch haben insgesamt 26 Autoren mitgewirkt. So zahlreich die Autoren, so umfassend und praxisbezogen sind in dem Grundlagenwerk die Informationen und Hinweise rund um das Thema Innendämmung. Die einzelnen Kapitel beginnen mit wichtigen grundsätzlichen Informationen, gefolgt von rechtlichem und danach bauphysikalischem Basiswissen zu der Dämmbauweise. Sehr ausführlich ist auch das Kapitel über die geeigneten Werkstoffe und die Innendämmsysteme im Detail. Hier kategorisieren die Autoren die Innendämmsysteme nach plastischen Dämmstoffen, gemauerten Vorsatzschalen und Ständerwerken und Lösungen mit plattenartigen Dämmstoffen, benennen deren jeweiligen Vorteile, Einsatzmöglichkeiten, Produkte und Komponenten und schließen mit Verarbeitungshinweisen und Besonderheiten, die von Planern und Ausführenden jeweils zu beachten sind. Nicht weniger ausführlich und an der Praxis ausgerichtet sind die Ausführungen zur Planung und Bemessung – nebst Hinweisen auf Förderprogramme, Bestandsaufnahme, Objektüberwachung bis hin zu Detailfragen wie Schlagregenschutz, Holzbalkenköpfe und die Kombination mit anlagentechnischen Komponenten. Praxisbeispiele und hilfreiche Checklisten

untermauern das Verständnis und erleichtern die Vorgehensweise bei der eigenen Planung und Umsetzung einer Innendämmung. Insgesamt 323 farbige Abbildungen und 72 Tabellen illustrieren das geballte Fachwissen und machen das Lesen der einzelnen Kapitel zum kurzweiligen Vergnügen. Die flüssig geschriebenen und wirklich gut verständlichen Beiträge weisen zwar hin und wieder Redundanzen zu gewissen Aspekten auf, was aber nicht weiter stört und durch Wiederholungen unter jeweils anderen Gesichtspunkten das Wissen zum Thema Innendämmung fest im Kopf verankert.

Fachverband Innendämmung e. V. (Hrsg.), 385 Seiten, 89 Euro, 1. Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln 2016



Bild: Jürgen Gänßmantel, Dormettingen



4 Die Risiken eines fehlenden Schlagregenschutzes müssen aufgezeigt werden.

Der Energieberater ist von der Haftung befreit, wenn er Bedenken angemeldet hat und der Mangel

- auf verbindlichen Anordnungen des Bestellers beruht,
- in den vom Besteller gelieferten oder vorgeschriebenen Stoffen begründet ist oder
- auf eine von ihm vorgeschriebene Ausführungsweise zurückzuführen ist.

Allerdings müssen für einen erfolgreichen, d.h. die eigene Haftung ausschließenden Prüf- und Bedenkenhinweis, bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Hierzu gibt es immer wieder verschiedene Veröffentlichungen in entsprechender Fachliteratur; daher werden Details dazu im Folgenden nicht betrachtet. Was jedoch hier hervorgehoben werden soll, weil man dies nicht immer vor Augen hat oder unterschätzt, ist die Überprüfung der Planung und aller (Vor-)Leistungen: Diese müssen dazu geeignet sein, dass ein mangelfreies Werk (= Innendämmung) hergestellt werden kann. Dies ist zum Beispiel Bestandteil einer baubegleitenden Qualitätskontrolle. Ist das nicht der Fall, muss gegenüber dem Besteller als Vertragspartner ein Hinweis auf Bedenken erfolgen.

Beispiel 4:

Es sind Steckdosen in der innengedämmten Außenwand ohne Hinterdämmung vorgesehen (Abb. 5). Diese Stellen sind potenzielle Wärmebrücken, an deren kühlerer Oberfläche sich Kondensat bilden kann, was in der Folge möglicherweise die Innendämmung durchfeuchtet.

Das gilt auch für nicht gedämmte Bauteilanschlüsse, nicht luftdicht hergestellte Anschlüsse an angrenzende Bauteile, nicht geeignete Klebebänder bei Dampfsperren/-bremsen, die in der Planung vorgesehene Penetration von Dampfbremsfolien mit Nägeln, Schrauben und vieles mehr.

Hat der Auftragnehmer dem Besteller seine Bedenken ordnungsgemäß mitgeteilt und stimmt dieser mit den Bedenken nicht überein, bedeutet das für den Auftragnehmer, dass der Besteller auf der Herstellung des Werks besteht. Damit übernimmt der Besteller das Risiko für dessen Gelingen. Der Auftragnehmer wird von seiner Haftung befreit, obwohl er vorher sieht, dass ein Mangel entstehen wird.

Vertragliche Nebenpflichten

Nach der Abnahme einer erbrachten Werkleistung ist es die Aufgabe des Bestellers, das Werk vor Beschädigungen zu schützen. Erkennt der Auftragnehmer jedoch nach der Abnahme, dass



5 Elektrodosen an der innenseitig zu dämmenden Außenwand sind ein Grund für eine Bedenkenanmeldung.

der Besteller oder ein Dritter in einer Weise tätig wird, die nach den Erfahrungen des Auftragnehmers womöglich das Werk beschädigt, besteht für ihn die vertragliche Nebenpflicht, den Besteller auf das Risiko eines Schadenseintritts hinzuweisen. Das gilt aber nur, soweit dieses Risiko für den Auftragnehmer erkennbar ist. Er muss keine Vorsorge treffen oder Nachforschungen anstellen, um solch ein Risiko rechtzeitig zu erkennen.

Beispiel 5:

Ein Innendämmsystem benötigt eine bestimmte Farbbeschichtung. Bekommt der Auftragnehmer mit, dass der Besteller (oder dessen Mieter) im Baumarkt eine x-beliebige Dispersionsfarbe kauft, um damit die Wände, also die Oberflächen der Innendämmung zu streichen, trifft ihn die vertragliche Nebenpflicht, darauf hinzuweisen, dass das zu einem Schaden führen kann. Unterlässt der Auftragnehmer diese Hinweise, haftet er dem Besteller eventuell auch noch nach der Abnahme für den dadurch verursachten Schaden.

Fazit

Neben technischen Details müssen sich Energieberater und ausführende Fachunternehmen zunehmend auch mit rechtlichen Aspekten beschäftigen. In diesem Beitrag sollten exemplarisch die bei Innendämmungen entstehenden Pflichten durch die Brille eines Technikers vorgestellt werden. Es empfiehlt sich im Einzelfall, einen mit Rechtsfragen vertrauten Fachmann zu konsultieren. ■

Bild: Jürgen Gänßmantel, Dormettingen

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Gänßmantel

studierte Verfahrenstechnik und war bis 1999 in F&E/AWT Baustoffe/Bindemittel tätig. Seit 1999 führt er ein eigenes Ingenieur- und Sachverständigenbüro. Sachverständiger für mineralische Werkstoffe des Bauwesens (ö.b.u. v. IHK) und für Energieeffizienz von Gebäuden (EIPOS). Energieberater für Baudenkmale, AG-Leiter im Referat „Fachwerk“ in der WTA e.V. (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege). Mitgründer und Vorsitzender des Fachverbands Innendämmung e.V. (FVID). Mitarbeit im KIT Innovation HUB „Prävention im Bauwesen“



Bild: Jürgen Gänßmantel, Dormettingen



Nicht nur putzig

Bild: Saint-Gobain Weber/ Ingo Bötter

OBERFLÄCHENVIELFALT VON WDV'S Auch wenn Wärmedämm-Verbundsysteme am häufigsten verputzt werden, lassen sich die Oberflächen vielseitig gestalten. Neben geläufigen, zeitlosen Strukturen wie Scheiben-, Reibe- oder Filzputz kommen mehr und mehr auch die traditionelle Putztechniken wieder zum Zuge. Auch Kombinationen verschiedener Materialien – von Glas über Klinkerriemchen bis hin zu noch experimentelleren Oberflächen – lassen sich auf der durchgängigen Dämmschicht eines WDV'S aufbringen. Georg J. Kolbe

□ Mehr als 80 Prozent aller Gebäudefassaden in Deutschland sind verputzt. Viele Bauherren nutzen jedoch die große Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten, die mineralische Fassadenputze bieten, nicht aus. Nicht nur die Farbe macht's: Auch die Korngröße bestimmt beispielsweise die Oberflächenoptik. Mit einer kleinen Körnung von 0,5 mm lassen sich besonders feine, glatte Oberflächen realisieren. Körnungen bis zu 8 mm hingegen erzeugen eine deutlich strukturierte und lebhafte Oberfläche. Ebenso beeinflussen die Zuschläge das farbliche Erscheinungsbild. Marmor zum Beispiel erzeugt in Kombination mit Kalkhydrat und Weißzement eine natürlich weiße, gleichmäßige Färbung des Putzes. Alternativ kann auch mit kontrastbildenden Zuschlägen wie Quarz gearbeitet werden. Maßgeblich für die Fassadengestaltung ist indes Oberflächenbehandlung nach dem Putzauftrag. Hier gibt es eine Fülle an Handwerkstechniken, die der Fassade den letzten Schliff verleihen – auch wenn unter dem Putz ein WDV-System verborgen ist.



Bild: Saint-Gobain Weber/Olaf Rohl

1 Die Fassade des Max-Planck-Gymnasiums in Berlin zieren viele verschiedene Putztechniken. Spritz-, Edelkratz- und Steinputz begegnen sich an der Schulfassade.



Bild: Saint-Gobain Weber

Putzstrukturen – von klassisch bis modern

Weithin bekannt und oft verwendet ist der Scheibenputz mit Körnungen zwischen 1,5 und 4 mm und einer typischen Korn-an-Korn-Struktur. Ein kräftigeres Fassadenbild erreicht man mit dem Reibeputz. Die Kornstärke legt dabei die Strukturtiefe fest. Das Korn wird mit einer Putzscheibe kreisförmig verrieben und dabei durch den frischen Mörtel „gerollt“. Dies erzeugt die klassische Struktur der Oberfläche. Ein besonders ebenmäßiges Erscheinungsbild gelingt mit dem Filzputz, der sich gut für kleine Flächen und zur Betonung bestimmter Bauteile, wie zum Beispiel der Fensterfaschen, eignet. Edelkratzputze stellen eine Besonderheit unter den mineralischen Putzen dar. Damit lassen sich unterschiedlichste Körnungen frei an der Oberfläche präsentieren, da diese nicht wie üblich mit einem Bindemittelfilm umgeben sind.

Auch traditionellere Putztechniken wie etwa der Kammzug, der besonders gut zu Häusern im Stil der Gründerzeit passt, finden sich bei moderner Architektur, um die Fassade zu gliedern und die Sockelzonen hervorzuheben. Zur vollflächigen Bearbeitung der Hauptfassaden ist auch der Besenstrichputz aktuell wieder sehr gefragt, entfaltet er doch gerade auf großflä-

chigen modernen Baukörpern seine ganz besondere Wirkung. Besenstrichoberflächen haben eine kraftvolle, unregelmäßige, leicht geschwungene und reliefartige Horizontalstruktur. Geht man aufgetragen, lassen sich damit haptisch einladende Fassaden verwirklichen.

Hydrophile Oberflächen gegen Algen- und Pilzbewuchs

Gleich, für welche Struktur sich Bauherr und Planer letztlich entscheiden – um eine langfristig schöne Fassadenoptik zu gewährleisten, bedarf es eines effektiven Schutzes vor Algen- und Pilzbewuchs. Eine entscheidende Rolle spielen dabei die materialspezifischen Eigenschaften der Fassadenbeschichtung.



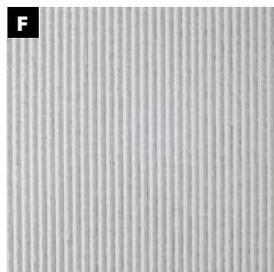
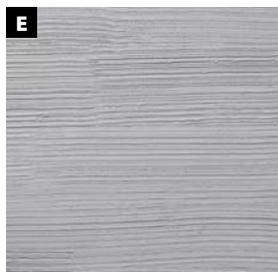
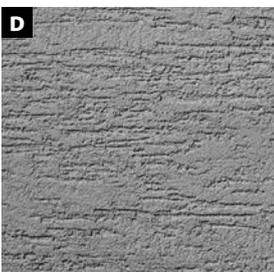
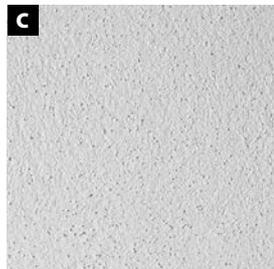
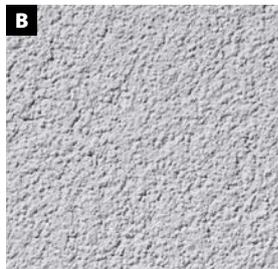
Bild: Saint-Gobain Weber/Stephan Falk



Bild: Saint-Gobain Weber/Stephan Falk

2 Bei einer Kita in Berlin-Spandau bildet der Besenstrichputz das einzige Schmuckelement des eingeschossigen Gebäudes mit Flachdach. Die unregelmäßigen, waagerechten Linien erzeugen auf der Fassade ein lebhaftes Licht-Schatten-Spiel.

Bild: Saint-Gobain Weber



3 A Bei einem Edelkratzputz lassen sich unterschiedliche Körnungen frei an der Oberfläche präsentieren, da diese, anders als bei anderen mineralischen Putzen, nicht von einem Bindemittelfilm umgeben sind.

B Scheibenputz ist leicht zu verarbeiten und schnell strukturierbar. Er ist in Körnungen von ca. 1,5 mm bis 4 mm verfügbar.

C Filzputz lässt besonders homogene Flächen entstehen. Durch Abreiben erhält die Oberfläche ihre glatte Struktur.

D Reibeputz wird nach Auftrag auf den Untergrund durch Reiben mit einem Kunststoffglätter strukturiert.

E Besenstrichputz wird in zwei Lagen von je 2 bis 3 mm Dicke aufgetragen und noch im frischen Zustand mit einem Straßenbesen horizontal gestrichen.

F Kammzugputz entsteht ähnlich wie Besenstrich – nur kommt hier anstelle des Besens ein grobkinkiger Kamm zum Zuge.

G Spritzputz wird durch zwei- oder mehrmaliges Aufspritzen eines feinkörnigen, dünnflüssigen Mörtels hergestellt.

H Schleppputz wird überwiegend im Bereich des Denkmalschutzes verarbeitet.

I Mit Steinputzen geben Oberflächen den Charakter einer nahezu fugenlosen Steinfassade. Nach dem Aufziehen, Verziehen und Verreiben kann die Oberfläche zur besseren Steinsichtigkeit gewaschen werden.

Bild: Saint-Gobain Weber



4 Mineralische Edelputze wirken besonders bei natürlichen Farbtönen, die an Zuschlagstoffe wie Kalk oder Sand erinnern.

Drei Schritte zur Bewertung dunkler Farbtöne

- Hellbezugswert (HBW) < 20 %:
Bestimmung des TSR-Werts durch Hersteller
- Total Solar Reflectance (TSR) ≥ 25 %:
Farbton ist thermisch sicher, es besteht kein erhöhtes Rissrisiko
- Total Solar Reflectance (TSR) < 25 %:
Einsatz von NIR-Pigmenten, z. B. weber.ton Xtreme

Mineralische Putze bieten durch einen guten Feuchtehaushalt und einen hohen pH-Wert einen natürlichen Schutz vor Bewuchs. Dickschichtige Aufbauten verfügen zusätzlich über eine hohe Wärmespeicherfähigkeit und verringern dadurch die Tauwasserbildung. Vor allem aber sind mineralische Edelputzoberflächen hydrophil, das heißt die Feuchtigkeit wird aufgenommen und erst später wieder kontinuierlich abgegeben. Die Putzoberfläche ist bereits kurz nach der Beregnung oder der Befuchtung durch Tau wieder trocken. Algen und Pilzen wird das Wasser und damit die Lebensgrundlage entzogen, wodurch sich die Gefahr des Bewuchses allein durch die Auswahl eines mineralischen Systems bereits erheblich minimiert.

Pastöse Putze auf der Basis organischer Bindemittel besitzen eine geringere Wärmespeicherfähigkeit, kühlen nachts schnell

er aus und begünstigen so die Tauwasserbildung und damit auch das Wachstum von Algen und Pilzen. Viele pastöse Putze enthalten daher Biozide zum Algenschutz, die an der Fassade eine so genannte Filmkonservierung bilden. Ein solcher Ansatz ist ökologisch bedenklich und nur begrenzt wirksam. Denn die umwelt- und gesundheitsschädigenden Biozide müssen wasserlöslich sein, um ihre Wirkung zu entfalten, und werden so durch das Regenwasser mit der Zeit ausgewaschen.

Auf Biozide gänzlich zu verzichten ist indes auch keine Lösung, will man dem Algen- und Pilzbefall nachhaltig entgegenzutreten. Eine wirkungsvolle, physikalische Alternative bietet die von Saint-Gobain Weber entwickelte AquaBalance-PUTZtechnologie, die das hydrophile Funktionsprinzip mineralischer Putze aufgreift, verstärkt und auch auf pastöse Putze überträgt. Dabei werden stehende Tropfen auf der Fassadenoberfläche gespreizt und somit ihre Verdunstungsfläche erhöht. Gleichzeitig verfügen die Putze über eine ausgeprägte Kapillaraktivität, wodurch das Wasser von der obersten Putzlage gezogen und erst während der nächsten Trockenphase wieder abgegeben wird. Algen und Pilzen wird auf natürliche Weise das Wasser und damit die Lebensgrundlage entzogen. Weber hat damit den neuen Trend zu biozidfreien Putzen ausgelöst und führt ihn konsequent fort: Seit 2019 bietet Weber alle seine mineralischen und pastösen Oberputze ausschließlich mit der biozidfreien AquaBalance-Technologie an.

Eine Frage der Farbe

Im Zusammenspiel mit der Struktur beeinflusst auch die Farbgestaltung der Fassade die Wahrnehmung und Wirkung eines Gebäudes. Jedem Oberflächenbild eines verarbeiteten Materi-

Bild: Saint-Gobain Weber



5 Mit Hilfe von NIR-Pigmenten konnte bei dieser Fassade ein thermisch sicherer TSR-Wert erzielt werden – bei gleichem Farbeindruck.



Bild: Saint-Gobain Weber

6 Der gleiche Farbton wirkt auf glatten Oberflächen heller als auf rauen, da letztere einen Teil des Lichts absorbieren.

als entspricht bei gleichem Licht ein spezieller Farbeindruck. So erscheint glatter Putz leuchtender und heller als derselbe Putz mit aufgerauter Struktur. Dies liegt daran, dass glatte Flächen Lichtstrahlen nur wenig absorbieren und in verschiedene Richtungen reflektieren. Putze mit strukturierter Oberfläche hingegen absorbieren einen Teil des Lichts, das innerhalb der rauen Oberfläche reflektiert wird. Es verliert dadurch Energie, und die Farbgebung wirkt gesättigter, beziehungsweise gedämpfter. Ist der Putz durch Tau und Regen feucht, erscheint er ebenfalls kurzfristig dunkler.

Materialgerechte Farbe unterstützt Putzwirkung

Die Farbgebung sollte immer materialgerecht erfolgen. Mineralische Putze werden nicht farbig, sondern mithilfe anorganischer Mineralien bereits durchgefärbt hergestellt. Die Farbpalette mineralischer Putze umfasst daher alle Nuancen, die auch bei Sanden, Gesteinen und Erzen vorkommen, von weißen, gelben, ocker-, beige- und sandfarbenen, über rötliche und braune bis zu grauen und anthrazitfarbenen Tönen. Diese Pigmente unterstützen das natürliche Spiel von Licht und Schatten auf der Oberfläche. Die von Natur aus durchgefärbten, mineralischen Putzfassaden bieten eine hohe, über Jahre dauerhafte Farbstabilität.

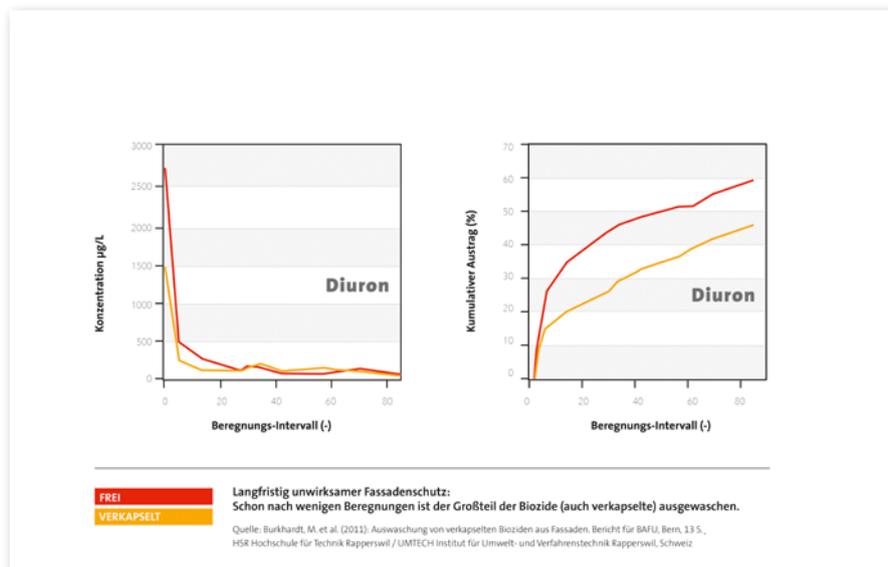
Wer gesättigte Vollfarbtöne wie reines Schwarz oder intensives Blau oder Grün an seiner Fassade sehen möchte, muss zu organischen Putzen und Farben greifen. Das Farbspektrum organischer Pigmente ist umfangreich und von hoher Intensität. Sie vermitteln den Eindruck einer homogenen Beschichtung der Fassade. Organische Farben sind, abhängig vom gewählten Farbton, weniger farbstabil als mineralische Putze; dementsprechend sind die Renovierungsintervalle dieser Fassaden in der Regel kürzer.

Dunkle Farben sicher planen

Die Auswahl der Putzfarbe ist nicht nur eine ästhetische Aufgabe. Gerade die Wahl einer besonders dunklen Farbe beeinflusst die Bauphysik der Fassade. Denn dunkle Flächen absorbieren mehr Sonnenlicht als helle Flächen und heizen sich dadurch stärker auf. Das macht sich speziell bei hoch wärmedämmendem Mauerwerk oder Wärmedämm-Verbundsystemen bemerkbar. Die starken Temperaturschwankungen verursachen Spannungen, die in Extremfällen zu Schäden in der Putzschale führen können.

Hellbezugswert und Total Solar Reflectance

Zur Bewertung dient der Hellbezugswert (HBW). Er gibt die Lichtmenge an, die von der Oberfläche reflektiert wird. 0% entspricht dabei schwarz, 100% weiß. Im Falle der Beschichtung von Wärmedämm-Verbundsystemen oder hochdämmendem Mauerwerk sollten nur Farbtöne mit einem Hellbezugswert (HBW) > 20 ausgewählt werden. Niedrigere Werte (d.h.



7 Biozid eingestellte Oberputze haben nur eine begrenzte Haltbarkeit. Schon nach wenigen Beregnungen ist der Großteil der Biozide ausgewaschen.

dunklere Farbtöne) bedürfen der Abstimmung mit dem Hersteller.

In solchen Fällen kommt ein weiterer Wert zum Tragen: die Total Solar Reflectance (TSR). Während der HBW nur den

Bild: Saint-Gobain Weber



8 Bei diesem Wohn- und Geschäftshaus in Aachen wurden auf einer Fassadenfläche von 230 m² WDVS-Dämmplatten in einer Stärke von 180 mm aufgebracht und mit farbigen Glaselementen in 90 verschiedenen, vorkonfektionierten Formaten verklebt.



Bild: Saint-Gobain Weber

9 Gerade bei flächigen Fassaden stellen beispielsweise verglaste Hauseingänge eine attraktive Ergänzung der verputzten Gebäudehülle dar.

Farbeindruck im sichtbaren Bereich widerspiegelt und damit nur rund 39% des Energieeintrags des Sonnenlichts abdeckt, bezieht sich die TSR auf die Energieeinstrahlung im gesamten Sonnenlichtspektrum vom ultravioletten bis zum infraroten Bereich. Je höher dieser Wert, desto stärker wird die solare Strahlung reflektiert – und desto geringer fällt daher der Temperaturanstieg auf einer Beschichtungsfläche nach Sonneneinstrahlung aus.

Pigmente reduzieren Aufheizung

Eine Herausforderung für die Hersteller besteht darin, bei gleichem Farbeindruck die TSR zu steigern und somit die Oberflächentemperatur geringer zu halten. Dadurch werden dunklere Farbtöne sicher ausführbar. Möglich machen dies sogenannte NIR-Pigmente. Diese reflektieren gezielt die nicht sichtbare Strahlung. Ein Beispiel: Bei der Fassadensanierung der Uhlandsschule Stuttgart war eine anthrazitfarbene WDVS-Fassade gewünscht. Im Farbton NCS S7500-N ergaben sich mit einer herkömmlichen Reinacrylat-Fassadenfarbe ein deutlich zu geringer Hellbezugswert von 5% und eine TSR von 7%. Mithilfe der der NIR-Pigmente konnte bei gleichem Farbeindruck ein thermisch sicherer Wert von TSR = 26% erreicht werden.

Glas, Klinker und Putz im Wechselspiel

Putz ist zwar das häufigste, aber beileibe nicht das einzige Material, um die Oberflächen wärmegeämmter Fassaden zu gestalten. Sehr beliebt sind derzeit Klinkerriemchen auf WDV-Systemen, die Gebäuden eine historisch gewachsene und vertraute Fassadenoptik verleihen, ohne die zeitgemäßen energetischen Anforderungen zu vernachlässigen.

Aber auch andere plattenförmige Werkstoffe lassen sich auf ein WDV-System applizieren. Lange waren Glasfassaden nur als vorgehängte Konstruktion umsetzbar. Inzwischen bietet Saint-Gobain Weber ein WDV-System an, auf dem auch großformatige Glaselemente von bis zu 2,2 x 1,0 m auf einer durchgehenden Dämmebene sicher und ohne sichtbare Befestigung verklebt werden können. Für den optimalen Verbund zwischen Glasoberfläche und mineralischen Baustoffen sorgt eine zwei Millimeter dicke Spezialbeschichtung. In Kombination mit dem systemeigenen Kleber wirkt sie als Puffer für die Spannung, die

durch die unterschiedliche Flexibilität der Systemkomponenten entsteht. Gleichzeitig ist der Verbund – im Vergleich zu einer vorgehängten Fassade – extrem wärmebrückenarm, und es wird keine Unterkonstruktion benötigt. Auch sind die Aufbauten schlanker als klassische Vorhangfassaden und erlauben die Kombination verschiedener Oberflächen an einem Gebäude. ■

[1] Burkhardt, M. et al. (2011): Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden. Bericht für BAFU, Bern, 13 S., HSR Hochschule für Technik Rapperswil / UMTECH Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik Rapperswil, Schweiz



Bild: Anke Müllerklein / Saint-Gobain Weber

10 Ein abwechslungsreiches Fassadenbild durch die Kombination aus Glas und Putz zeigen die im Zuge der Internationalen Bauausstellung IBA 2013 in Hamburg errichteten WaterHouses.

Georg J. Kolbe

Dipl.-Ing. Georg J. Kolbe studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Bochum. Seit 1996 arbeitete er zunächst im Vertrieb bei Wülfrather Fertigbaustoffe, der heutigen Saint-Gobain Weber GmbH. 2002 wechselte Georg Kolbe in das Marketing und wurde Produktmanager für Wärmedämm-Verbundsysteme in Deutschland und Österreich. Seit 2009 leitet er den Bereich Produktmarketing Fassade und Wand. Er ist maßgeblich beteiligt an der Entwicklung und Markteinführung von effizienten Dämmsystemen.



Bild: Saint-Gobain Weber



Bild: Metrona Union, München

1 Trinkwassererwärmungssysteme können in der Übergangszeit den Wärmebedarf von Wohnungen komplett abdecken, wie Messungen in diesem Wohngebäude in München zeigen.

Durchs Fenster geheizt

REBOUND-EFFEKT IN HOCHWÄRMEGEDÄMMTEN WOHNGEBÄUDEN Viele Bewohner in Wohngebäuden, die nach dem aktuellen Energiestandard errichtet sind, fühlen sich regelungstechnisch überfordert. Folge: Sie regulieren die Raumtemperatur über die Fenster, was zu einem Mehrverbrauch an Heizenergie von bis zu 30 Prozent führt. Zu diesem Ergebnis kommen zwei Studien aus Deutschland und der Schweiz. Wolfgang Schmid

□ Der aktuelle Dämmstandard nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie nach dem schweizerischen Baustandard SIA 380/1:2016 kann aufgrund von systemisch bedingtem „Überkomfort“ oder einer falschen Einschätzung des Selbstregeleffekts bei Flächenheizungen zu Energiemehrverbräuchen führen, die bis zu 30 Prozent über dem rechnerischen Verbrauch der jeweiligen Norm liegen. Zu diesem Resultat kommt in Deutschland eine Forschungskoooperation zwischen Wohnungswirtschaft, Wissenschaft sowie dem Wärmedienstleister Brunata-Metrona und in der Schweiz das Bundesamt für Energie.

Der aus der deutschen Studie entstandene Fachbeitrag „Entwicklung saisonaler Raumtemperaturverteilungen von klassischen zu modernen Gebäudestandards – sind Rebound-Effekte vermeidbar?“ ist erstmals in der Fachzeitschrift „Bauphysik“, Ausgabe 3/2018, erschienen. Die schweizerische Studie mit dem Titel „OpEer – Optimierung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Einzelraumtemperaturregelung“ ist unter www.energieschweiz.ch abrufbar.

Die Untersuchungen verfolgen unterschiedliche Ansätze: Bei der Brunata-Metrona-Analyse geht es in erster Linie um unkontrollierte Wärmeeinträge in Geschosswohnungen und

das daraus resultierende Nutzerverhalten. Die schweizerische Studie untersucht, ob der Selbstregelleffekt von Fußbodenheizungen in hochwärmedämmten Geschosswohnungen und damit der Verzicht auf eine Raumtemperaturregelung noch dem Stand der Technik entspricht und mit welchen Maßnahmen bzw. welcher Art von Regelung man das Problem der Überheizung bei flächenbeheizten Wohnungen beheben kann.

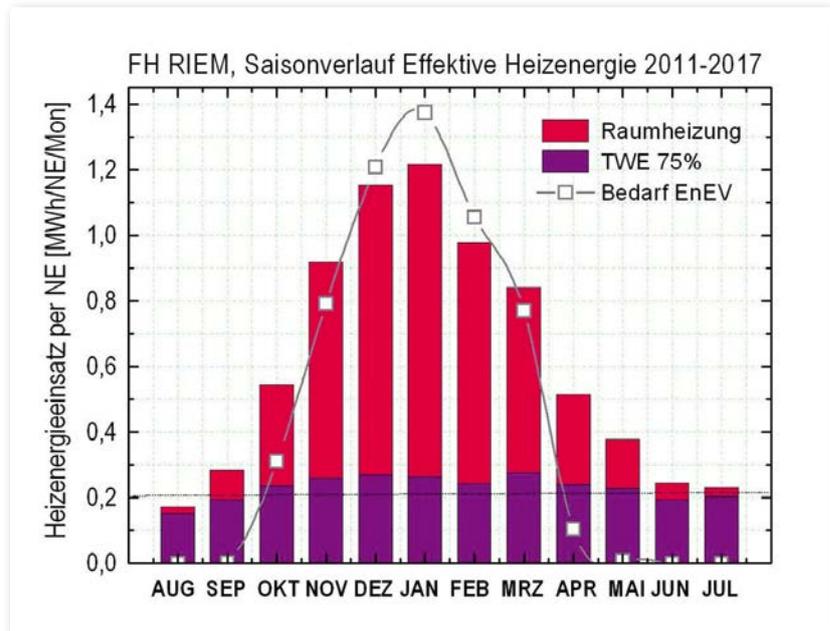
Beide Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass bei der künftigen Gestaltung von bautechnischen Standardanforderungen an energieeffiziente Gebäude die Berücksichtigung des Nutzerverhaltens eine wichtigere Rolle spielen muss, will man den Rebound-Effekt vermeiden. Der Rebound-Effekt entsteht meist bei Effizienzsteigerungen und den damit verbundenen Kostensenkungen. Energiekosteneinsparungen führen häufig zu einer Änderung des Nutzerverhaltens, was wiederum zu einem Mehrverbrauch an Energie führen kann. Die theoretisch möglichen Einsparungen werden dann in der Realität kaum erreicht.

Trotz unterschiedlicher Ansätze kommen beide Studien zu ähnlichen Lösungen: Wichtig sei eine stärkere Visualisierung des Verbrauchsverhaltens in Kombination mit einer digitalen Systemtechnik und einer hochwertigen Einzelraumregelung. Damit könne der eher unwillkürliche Griff des Nutzers nach dem Fenster zur Temperaturregulierung vermindert werden, da dann der Anlass „Überheizung“ entfalle.

Brunata-Metrona: Trinkwarmwasser heizt mit

Sechs baugleiche dreistöckige Wohnhäuser nach EnEV 2009 mit je 600 m² Wohnfläche und 750 m² Nutzfläche wurden über einen Zeitraum von sechs Jahren in einem monatlichen energetischen Monitoring erfasst (48 Wohnungen, Heizenergie und Warmwasserverbrauch separat, etwa 120 Messstellen). Zusätzlich wurden von Herbst 2012 bis Spätsommer 2013 die Innenraumtemperaturen im Stundentakt aufgezeichnet. Die Auswertung ergab folgendes Bild:

- Die mittleren Raumtemperaturen unterschreiten über einen weiten Bereich der Außentemperaturen unterhalb von 14°C nie den Komfortbereich zwischen 21 und 22°C, egal wie stark die Außentemperatur absinkt.
- Oberhalb mittlerer Außentemperaturen von etwa 14°C liegen die Raumtemperaturen permanent um 4 bis 5 K über den Tagesmitteltemperaturen.
- Laut Normbedarfsberechnung umfasst die Heizsaison die Monate von Oktober bis Mitte/Ende April. In der Realität verteilen sich die Heizenergieanteile auf den Zeitraum zwischen September und Juni.
- Der heiztechnische Wärmeeintrag in die Gebäudehülle ist durch einen relativ hohen jährlichen Warmwasserkonsum – durchschnittlich 40 m³ pro Wohnung (ca. 110 l/d) – überdurchschnittlich hoch.
- Mit rund 52 kWh/m² ist der jährliche Energieeinsatz für die Trinkwassererwärmung relativ hoch. Er variiert monat-



2 Saisonale Verteilung des mittleren Heizenergiekonsums pro Wohnung in sechs untersuchten EnEV 2009-Wohngebäuden (rot: mittlerer Energieeintrag über Heizkörper, lila: anteiliger mittlerer Heizenergiebeitrag über konsumiertes Warmwasser)

lich zwischen 3,5 kWh/m² im Sommer und 5 kWh/m² im Hochwinter. Zum Vergleich: Der Jahres-Heizenergieverbrauch liegt in den untersuchten Wohngebäuden witterungskorrigiert bei knapp 65 kWh/m² und ist damit nahezu EnEV-konform.

Die Autoren schließen daraus, dass die Trinkwassererwärmung ganzjährig einen Sockelbeitrag zur Erwärmung der Gebäudehülle liefert. Dadurch wird die Nutzbarkeit anderer Wärmegewinne, etwa durch Sonneneinstrahlung oder Elektrogeräte, geschmälert. Dies führt zu einer Übererwärmung der Wohnungen in der eigentlich heizfreien Zeit und damit zu einem Mehrverbrauch an Heizenergie. Mit hoher Wahrscheinlichkeit stellen die permanent hohen Fensteröffnungsraten die maßgebliche Energiesenke in den untersuchten Wohngebäuden dar und damit eine wesentliche Ursache des Rebound-Effekts.

Der Rebound-Effekt definiert in diesem Fall den mengenmäßigen Unterschied zwischen dem Heizwärmebedarf nach EnEV 2009 und dem tatsächlich gemessenen Heizenergieverbrauch. Bei den konkreten Gebäuden geht es um kostenpflichtige Heizenergie in einer Höhe von jährlich 2 MWh pro Wohnung oder 16 MWh pro Gebäude, die ungenutzt via Fensteröffnung weggelüftet wird, um offensichtlich überheizte Räume zu kühlen (Abb. 2).

Bundesamt für Energie: Experten simulieren Mehrfamilienhaus

In der Schweiz ist es auch im Geschosswohnbau gängige Praxis, Wärmepumpe und Fußbodenheizung zu kombinieren. Bislang galt: Je niedriger die Heizungsvorlauftemperatur in flächenbeheizten, hochwärmedämmten Gebäuden, desto besser der Selbstregelleffekt des Heizsystems und desto höher die Leistungszahl der Wärmepumpe.

Ähnlich wie in Deutschland erfolgt auch in der Schweiz die Regelung von Fußbodenheizungen wahlweise kollektiv nach der Außentemperatur, über einen Referenzraum oder über Einzelraumregler. Um Kosten einzusparen, wurde und wird bei Fußbodenheizungen häufig auf eine Einzelraumregelung verzichtet. In der Schweiz ist diese Option in der Norm SIA 384/1 ausdrücklich gestattet. Allerdings haben sie nicht alle Kantone im Rahmen der Harmonisierung energierechtlicher Vorschriften im Gebäudebereich in die sogenannten „Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich“ übernommen.

Wegen der hohen energetischen Anforderungen der Mustervorschriften haben die Verantwortlichen den relativ großen Spielraum bei der Auswahl an Regelstrategien für Fußbodenheizungen auf Effizienz und Wirtschaftlichkeit überprüfen lassen. Die vom Bundesamt für Energie (BFE) bzw. dessen Plattform „EnergieSchweiz“ beauftragte Studie „OpEER – Optimierung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Einzelraumtemperaturregelung“ haben das Institut für Solartechnik der Hochschule für Technik in Rapperswil sowie eine Begleitgruppe aus Fachleuten der betroffenen Verbände erstellt.

Im Gegensatz zu den in situ-Messungen von Brunata-Metrona handelt es sich bei der OpEER-Studie um die dynamische Simulation eines dreistöckigen Referenz-Mehrfamilienhauses in Massivbauweise mit drei unterschiedlichen Regelungsvarianten für fußbodenbeheizte Wohnräume. Das Referenzgebäude basiert auf Erfahrungen und Resultaten aus dem BFE-Projekt „ImmoGap – Einfluss der Kombination aus Nutzerverhalten und Gebäudetechnik auf den Performance-Gap bei

Mehrfamilienhäusern“. Es hat die Heizwärmeverbräuche von 65 Mehrfamilienhäusern der Baujahre 2009 bis 2014 erfasst. 78 Prozent entsprachen dem schweizerischen Minergie-Standard bzw. dem aktuellen Baustandard für Neubauten nach SIA 380/1:2016.

Das Gebäudemodell besteht aus drei Wohngeschoßen und einem Kellergeschoß mit folgenden Eckwerten: Massivbauweise, Energiebezugsfläche (EBF) 1205 m², Gebäudehüllzahl 1,3, Fensteranteil 25,1 Prozent der EBF, Jahres-Heizwärmebedarf 29 kWh/m².

Das Heizsystem bilden Erdsonden, Wärmepumpe und Pufferspeicher. Der Minergie-Standard bedingt tiefe Vorlauftemperaturen zwischen 23 und 29 °C und somit nahe der Raumtemperatur. Der so entstehende Selbstregelleffekt tritt immer dann ein, wenn sich die nach der Außentemperatur geregelte Vorlauftemperatur der Raumtemperatur nähert.

Aus diesem theoretisch durchaus schlüssigen Sachverhalt wurde in ebenfalls vom BFE in Auftrag gegebenen Untersuchungen abgeleitet, dass bei derart niedrigen Vorlauftemperaturen keine Raumregelung notwendig sei, d.h. eine kollektive witterungsgeführte Regelung oder eine Referenzraumregelung ausreiche. In der Praxis ergaben sich jedoch Quereffekte, die zu einer Über- oder Unterversorgung von Räumen mit Heizenergie führten.

Die OpEER-Studie simulierte folgende Varianten der Raumtemperaturregelung:

- witterungsgeführte Vorlauftemperatur, keine Raumtemperaturregelung

Bild: EnergieSchweiz

	Keine Raumregelung	Einzelraumregelung	Referenzraumregelung
Endenergieverbrauch			
Wirtschaftlichkeit	Vergleichsbasis		
WP Schaltzyklen (Kompressorlebensdauer)			
Temperaturabsenkung			
Komfort bei tiefen und homogenen Raumtemperaturen			
Komfort bei hohen und inhomogenen Raumtemperaturen			
Komfort bei geschlossenen Zimmertüren			

⁵ Die minimalen Temperaturen werden zu jederzeit eingehalten, jedoch wird die gewünschte Temperatur häufig überschritten. Wenn die Übertemperatur mit Fensterlüften korrigiert wird durch die Nutzenden, dann kann das auch als Komforteinbuße betrachtet werden.

3 Qualitative Bewertung von Einzelraum- und Referenzraumregelung für unterschiedliche Simulationsbedingungen. Zu beachten ist, dass die Stromkosten in der Schweiz bei umgerechnet etwa 0,19 Euro/kWh liegen. Daraus folgt die als schlecht bewertete Wirtschaftlichkeit.

- Regelung der Raumtemperatur nach Referenzraum (je Wohnung)
- Einzelraumregelung mit On/Off-Verhalten und einer Hysterese von einem Kelvin

Im Gegensatz zu Brunata-Metrona hat das Bundesamt für Energie darauf verzichtet, die Trinkwassererwärmung in die Simulation einzubeziehen, da es nur um den Vergleich verschiedener Raumtemperaturregelungen ging. Die Auswertung ergab folgendes:

- Ohne Raumtemperaturregelung ist der elektrische Endenergieverbrauch der Wärmepumpe um bis zu 3551 kWh/a bzw. 41 Prozent höher als mit einer Einzelraumregelung. Der Grund liegt in der deutlich höheren operativen Raumtemperatur als vom Nutzer gewollt. Die Simulation zeigt, dass der Selbstregeleffekt einer Temperaturerhöhung durch interne und externe Wärmeeinträge nicht ausreichend entgegenwirkt.
- Gegenüber der Referenzraumregelung spart die Einzelraumregelung zwischen 538 kWh/a und 1413 kWh/a an Strom für die Wärmepumpe ein. Die gewünschten Raumtemperaturen werden durch den Einsatz von Einzelraumreglern am besten eingehalten.

Eine interessante Erkenntnis: Die Wohnungen im mittleren Geschoss können deutlich höhere Raumtemperaturen aufweisen, je nachdem, welche Raumtemperaturen im darüber- bzw. darunterliegenden Stockwerk vorliegen. Zitat: „Bei deutlich höheren Raumtemperaturen (+3 K) kann sich der Anteil am Gesamtwärmebedarf im mittleren Geschoss von 20 Prozent auf ein Prozent reduzieren, und das unabhängig von der Wahl der Raumregelung.“

Nicht berücksichtigt wurde in der Simulation die Reaktion des Nutzers auf die unterschiedlichen Regelungskonzepte, da „die wissenschaftlichen Grundlagen zum Benutzerverhalten weitgehend fehlen.“ Im schlimmsten Fall werde der Nutzer Raumübertemperaturen durch das Öffnen von Fenstern korrigieren, was dazu führe, dass der reale Endenergieverbrauch noch deutlich höher liegen könne als das Ergebnis der Simulation.

Bei Verzicht auf Einzelraumregelungen müsse zudem damit gerechnet werden, dass wegen vereinzelter Wärmeunterversorgung von Wohnräumen aufgrund von Beschwerden der Bewohner die kollektive Vorlauftemperatur erhöht werde. Vermutlich seien diese Begleitumstände Mitverursacher des sogenannten „Energy Performance Gap“, was dem in der Brunata-Metrona-Studie verwendeten Begriff „Rebound-Effekt“ entspricht. Die Empfehlung der Autoren der Studie:

- Bei Einfamilienhäusern ist eine Einzelraumregelung immer vorzuziehen.
- Für den Einsatz im Geschosswohnbau müssten die Kosten pro Regelkreis jedoch deutlich günstiger werden (Anmerkung des Autors: Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf Stromkosten von 0,22 CHF/kWh, das entspricht etwa 0,19 Euro/kWh). (Abb. 3)

Fazit

„Überkomfort“ in hochwärmedämmten Wohnungen, mangelnde „Kälteerfahrungen“ des Nutzers sowie eine Fehleinschätzung des Selbstregeleffekts bei Flächenheizungen in hoch-

Kommentar: Es braucht intelligente Einzelraumregler

Die Verschärfung der Energieeinsparverordnung in Deutschland bzw. der hohe energetische Baustandard in der Schweiz laufen offensichtlich ins Leere, da sich die Nutzer von Wohnungen im Umgang mit der Heizung in vielen Fällen nicht „regelkonform“ verhalten. Schon wegen der thermischen Trägheit eines hochwärmedämmten Wohngebäudes in Massivbauweise macht es für die Nutzer keinen Sinn, bei unkomfortabel hohen Raumtemperaturen zum Thermostat zu greifen. Der unwillkürliche, oft unbewusste Griff zum Fenster ist Usus. Jeder erlebt das fast täglich in seinem beruflichen und privaten Umkreis.

Unter diesem Aspekt macht der Ruf nach noch mehr Dämmung wenig Sinn. Viel wichtiger erscheint es, die Entwicklung von Einzelraumreglern mit eingebauter Intelligenz voranzutreiben. Wer schon einmal versucht hat, in seinem persönlichen Umfeld für mehr Energiebewusstsein und Klimaschutz zu werben, oder versucht, Regelungsfunktionen oder den hydraulischen Abgleich zu erklären, der weiß, wie heikel das Thema ist und wie schnell gute Absichten verpuffen.

Was bei allen Appellen zum sorgsamem Umgang mit Heizenergie unterschätzt wird: Das Öffnen eines Fensters zur Temperaturregulierung ist eine uralte menschliche Gewohnheit. Der Griff zum Fenster lässt sich nur abmildern, wenn schon die Ausgangssituation vermieden wird. Die Raumtemperatur muss vorausschauend und möglichst ohne Eingriff des Nutzers so geführt werden, dass Situationen, die den Gang zum Fenster auslösen könnten, erst gar nicht entstehen.

Die Ergebnisse der beiden Studien sind als Aufruf an die Heizungs- und Regelungsindustrie zu verstehen, die vorhandenen Regelungskonzepte auf den Prüfstand zu stellen. Die Vorgaben für Einzelraumregler könnten lauten: genauer, schneller, intelligenter, mit verständlicher Rückmeldung an den Bewohner und exakter Diagnose für den Betreiber.

WS

wärmedämmten Wohngebäuden können zu einem Mehrverbrauch an Energie von bis zu 30 Prozent führen.

Aufgrund des hohen Speichervermögens moderner Wohngebäude reagieren konventionelle Regelungen zu langsam, so dass der Nutzer meist zur Urform der Temperaturregelung – dem Fenster – greift. Eine Lösung bietet die vorausschauende adaptive Einzelraumregelung, möglichst mit Rückmeldung der Temperatur- und Verbrauchsdaten an den Nutzer und den Betreiber der Anlage. ■

Wolfgang Schmid

ist freier Fachjournalist für Technische Gebäudeausrüstung, München

wsm@tele2.de



Bild: Margot Dertinger-Schmid

Die Unverzichtbare

Bild: Fachzeitschrift Energie, 1941



EIN DISKURS UM DAS THEMA GEBÄUDE-DÄMMUNG (TEIL 1)

Die Bedeutung des baulichen Strukturwandels hin zur Dämmbauweise ist bei vielen Architekten und ihren Verbänden umstritten. Jedoch werden Positionen, die Dämmstoffe als Gefahr für „gute Architektur“ stigmatisieren und die in gedämmten Fassaden einen Bruch mit „den Regeln der Baukunst“ beschwören, zunehmend in Frage gestellt. Die strikte Ablehnung der Gebäudedämmung ist schon lange nicht mehr einhellig. Grund genug, in dieser mehrteiligen Serie aus verschiedenen Blickwinkeln genauer hinzuschauen. Werner Eicke-Hennig

Der BDA kritisiert in seinem Manifest „Das Haus der Erde“ [1], ein „Übermaß oftmals ökologisch fragwürdiger Dämmmaterialien führe ... nicht zu langlebigen und energetisch nachhaltigen Bauten“. Der Verband setzt den „Schwerpunkt auf natürliche Materialien wie Stein, Holz und Lehm“. Die Architekten Müller & Linnemann sehen in der Dämmung, besonders im WDVS, gar einen „Feldzug gegen die Baukultur“ und ein „Verbrechen dieser Zeit“ [2]. Die Bundes-Architektenkammer (BAK) kritisierte bisher alle Novellen der WSchVO/EnEV: „Die verschärften Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz werden von der Bundesarchitektenkammer kritisch beurteilt...“ [3]. Mit ihrer Forderung nach „wissenschaftlichen Untersuchungen“ zum Beweis der Gültigkeit des U-Wertes zweifelte die Kammer sogar die Erkenntnisse der physikalischen Wärmelehre an.

Die Praxis belegt: Der Wandel ist schon lange im Gange

Demgegenüber gehören energieeffiziente Gebäude längst zur Praxis vieler Architekturbüros. Das Allgäuer Architekturbüro Herz & Lang saniert beispielsweise seit 1998 auch denkmalgeschützte Bauten zu Passivhäusern und verweist [4] auf eine „Vielzahl von Projekten (...), die sich durch gute Gestaltung, hohe Nutzungs-, Ausführungsqualität (Komfort, geringste Unterhaltskosten) und die Einhaltung der Zeit- und Kostenbudgets auszeichnen“. Allesamt Qualitäten, die nicht im Widerspruch zum exzellenten Wärmeschutz des Passivhauses stehen.

Der Mannheimer Architekt Roland Matzig formuliert kurz und bündig: „Energieeffizienz ist durch nichts zu ersetzen.“ Er baute in den letzten 20 Jahren über 500 Gebäude im Passivhausstandard, und der Restenergiebedarf seines neuesten Projekts wird durch Dämmung so stark reduziert, dass es energieautark betrieben wird.

Auch der Freiburger Professor Timo Leukefeld errichtet funktionierende energieautarke Mehrfamilienhäuser zu bezahlbaren Pauschalmietten mit Energieflat für Wärme, Strom und E-Mobilität und bemerkt auf die Frage, ob dies gute Architektur sei: „Klimaschutz trifft Städtebau: Schön ist ein Haus, wenn es bezahlbar, effizient und nachhaltig ist. Wir kommen heute mit den künstlerischen Kriterien der Lehre von der Schönheit aus der Vergangenheit allein nicht mehr weiter.“

Für die ABG Holding, den Zusammenschluss aller städtischen Frankfurter Wohnungsbaugesellschaften, stehen hochwärmegeämmte Passivhäuser in Neubau und Bestand seit 20 Jahren auf der Tagesordnung. „Wir sind mittlerweile bei über dreieinhalbtausend Passivhauswohnungen angekommen“, bilanziert ihr Geschäftsführer Frank Juncker und erläutert die Haltung seines Holding [5]: „Wir ermöglichen ressourcenschonendes und energieeffizientes Wohnen, weil wir Innovationen weniger als Risiken, sondern vielmehr als Chancen begreifen.“ Das Holdingmitglied „AG für kleine Wohnungen“ baute schon 1890 bezahlbaren Wohnraum für Arbeiter und Angestellte und sieht im Wärmeschutz keinen Widerspruch zu diesem Ziel.



1 Mit Passivhauskomponenten sanierte historische Arbeiterwohnsiedlung Füssen

Effiziente Lösungen gibt es auch für Einzeldenkmale, deren ornamentierte Fassaden nicht gedämmt werden können. So erhielt die von Otto Wagner 1904 im Jugendstil errichtete Wiener Postsparkasse 2005 rund 10 000 m² innere Wärmeschutzverglasungen in den Kastenfenstern und eine neue Haustechnik mit Kühldecken als Ersatz für stromzehrende Klimaanlage. Das fernwärmeversorgte Haus profitiert nun stetig von Innovationen durch einen bis 2030 angestrebten 40-prozentigen Anteil erneuerbarer Energien an der Wiener Fernwärme [6].

Pro und Contra bestimmen die Debatte

Von der Gebäudesanierung auf Passivhausniveau bis zur CO₂-sparenden Energieversorgung von denkmalgeschützten Bauten reichen demnach die Handlungsmöglichkeiten im Gebäudebestand. Im Neubau wird heute der Löwenanteil der Fördermittel durch KfW-55-Häuser beansprucht. Jedoch halten die Meinungsverschiedenheiten an. Bei allen baulichen Strukturwandeln ringen neue und alte Bauweisen miteinander. „Die einzelnen Bau-

weisen lösten sich langsam ab und bestanden jeweils lange Zeit noch nebeneinander“, wobei die „jetzt am niedrigsten gestellten, in der vorangegangenen Zeit einmal die Oberhand hatten“ [7]. Mit der Energiewende stehen wir erneut an einem Scheideweg. Die einen bauen bereits Gebäude, deren geringer Heizenergieverbrauch eine ganzjährige regenerative Energieversorgung ermöglicht, während andere einen vermeidbaren Verbrauch beibehalten und diesen einfach nur regenerativ abdecken wollen.

Historische Defizite korrigieren

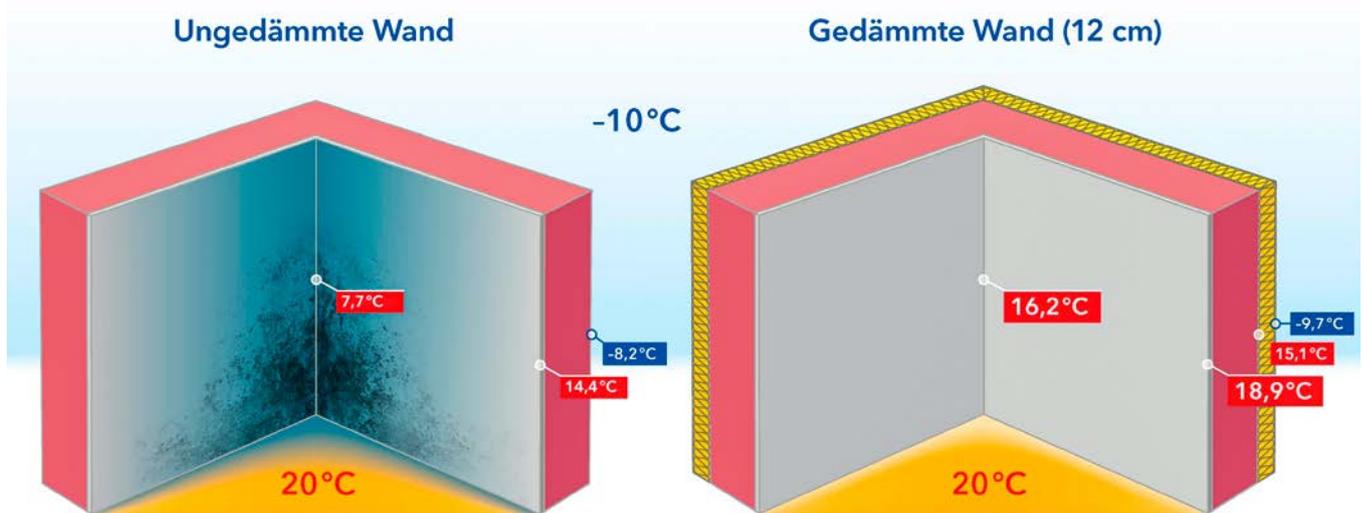
Wir haben in der Vergangenheit nicht den Wärmeschutz unserer Häuser, sondern ihre direkt befeuerten Wärmequellen ausgebaut und mit der Zentralheizung überflüssigen Energieverbrauch erzeugt. Vom offenen Herdfeuer in den bronzezeitlichen Hütten ging die Entwicklung hin zu einem weltumspannenden, militärisch gesicherten Energiesystem, dessen Verbrennungsprodukt CO₂ das Weltklima bedroht. Unsere erlernten Denkprozesse suchen weiterhin Energiepro-



2 Ein Passivhaus aus dem Jahr 2001 des Architekten Roland Matzig aus Mannheim



3 Heutige Fassaden definieren sich nicht mehr über Ornamentik, sondern übernehmen Funktion: Sie schützen vor Wärmeverlust und erzeugen Strom.



4 Dämmung sorgt für Behaglichkeit und schützt vor Schimmel.

bleme durch Energieträgerwechsel zu lösen. Das ist in Zeiten des Klimawandels zu wenig [8]. Es reicht nun mal nicht aus, Benzin gegen E-Antrieb oder Heizöl durch Ökostrom ersetzen zu wollen. Dies ist die Stunde der Effizienz in allen Verbrauchsbereichen. Bei der Gebäudeheizung muss mit dem unzureichenden Wärmeschutz der Gebäudehülle die Ursache des Heizens beseitigt werden. In ökologischen Systemen gibt es keinen unnötigen Aufwand. Wärmeschutz reduziert die Energieverschwendung beim Heizen ersatzlos.

Klimaschutz braucht Effizienz

Für den Klimaschutz ist der Wärmeschutz unverzichtbar. „Klimaschutz im Gebäudebereich ist ohne anspruchsvolle Effizienzpolitik nicht realistisch.“ Zu diesem Schluss kommt die Studie „Wert der Energieeffizienz im Gebäudesektor“ [9] und führt weiter aus: „In der Zusammenschau der Szenarien zeigt sich, dass die Einhaltung der Klimaschutzziele durch höhere Effizienzanstrengungen im Gebäudebereich nicht nur kostengünstiger wird, sondern vor allem realisierbarer.“

Die aktuelle Raumwärme-Studie des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) zeigt, nur wenn wir den Heizwärmebedarf des Gebäudebestandes bis 2050 von 550 auf 300 TWh/a absenken, können wir die Klimaziele in diesem Sektor erreichen [10]. Auch ein suffizientes Verbrauchsverhalten ersetzt keine Effizienz, beide ergänzen sich stattdessen: „Vielmehr ist eine integrierte Politik zur Förderung von Energiesuffizienz und Energieeffizienz erforderlich und sinnvoll“, so das Wuppertal-Institut [11]. Extrem geringe Heizenergieverbräuche machen sogar den Wohnflächenzuwachs verkraftbarer.

Effizienz und erneuerbare Energien

Es ist eine Aufgabe von historischer Bedeutung, die Bodenschätze Kohle, Öl und Gas durch erneuerbare Energien zu ersetzen. Dabei entlastet jede künftig eingesparte Kilowattstunde Heizstrom hinsichtlich Kraftwerkszubau, Netzausbau und Stromspeicherung. Der Architekt Burkhard Schulze Darup baut seit zwanzig Jahren Passiv- und Plusenergiehäuser. Die von ihm entwickelten Quartierskonzepte beziehen erneuer-

5 Erstes Nullheizkostenhaus im hessischen Pfungstadt im Passivhausstandard (Bauherr: GeWoBau Pfungstadt)



bare Energien mit ein. Er schreibt in [12]: „Wir müssen ... die Energieeffizienz erheblich steigern und dafür zunächst den Energieverbrauch massiv senken, um den verbleibenden Energiebedarf im Wesentlichen durch Erneuerbare Energien in Verbindung mit Sektorkopplung decken zu können.“

Je nach zukünftig realisiertem Dämmstandard liegt der durch Windkraftwerke zu deckende Heizwärmebedarf im Wohngebäudebestand zwischen 45 und 145 TWh/a [13]. Würde man die Differenz von 100 TWh/a mit Wärmepumpen erzeugen, würde dies etwa 8000 bis 11000 zusätzliche Windkraftwerkstandorte erforderlich machen. Der vermeidbare Heizenergieverbrauch erfordert somit Windkraftwerke in der Menge eines Drittels der heutigen Standortanzahl. Die Umstellung des Wärmemarktes auf Strom bringt also keine neuen Freiheitsgrade beim Heizwärmebedarf, sondern erfordert die Ausschöpfung aller Energiepotenziale.

Energieverbrauch sinkt ersatzlos

Wärmeschutz durch Wärmedämmung, Wärmeschutzverglasung und Luftdichtung ist „die“ Technik für eine energieeffiziente Gebäudehülle. Statt den Energieverbrauch auf neue Energien zu verlagern, reduziert der Wärmeschutz diesen ersatzlos bis zu 80 Prozent. Die Wirksamkeit der Dämmung wurde schon 1927 durch eine Untersuchung des norwegischen Architekten Bugge und seither immer wieder bewiesen [14]. Der Klimaschutz braucht verlässliche Techniken. Wärmeschutztechniken sind es, weil sie ihre Wirkung allein durch ihre statischen Materialeigenschaften entfalten. Sie benötigen keine zusätzlichen Wirkprozesse zum Betrieb, unterliegen keiner Abnutzung, brauchen weder Antriebsenergie noch Regelung, weder Wartung noch regelmäßige Inspektion. Einmal angebracht oder eingebaut, wirken sie sofort. Ihre Lebensdauer entspricht der des Bauteils, das sie vor Wärmeverlusten schützen. Selbst die nach wie vor funktionstüchtige, 90 Jahre alte Torfdämmung des Einstein-Sommerhauses hat heute noch ihre ursprüngliche Wärmeleitfähigkeit von 0,046 W/(mK).

Der Kostenfalle entgehen

Professor A.B. Lovins [15] schrieb schon 1979: „Jetzt sind unsere neuen Energieformen zehn- oder hundertmal kapitalintensiver und werden auch so bleiben.“ Für die Energieverbraucher ist eine Strategie „Erneuerbare Energien ersetzen Wärmeschutz“ teurer als eine Effizienzstrategie durch Wärmeschutz. Die Haustechnikkosten für Solarzellen, Wärme- und Stromspeicher sowie Wärmepumpe beim EffizienzhausPlus liegen bei 225 bis 330 Euro/m² Wohnfläche. Das komplexe haustechnische System zur Nutzung erneuerbarer Energien ließ im Demonstrationsprojekt der Berliner Genossenschaft Märkische Scholle Baukosten von mindestens 260 Euro/m²

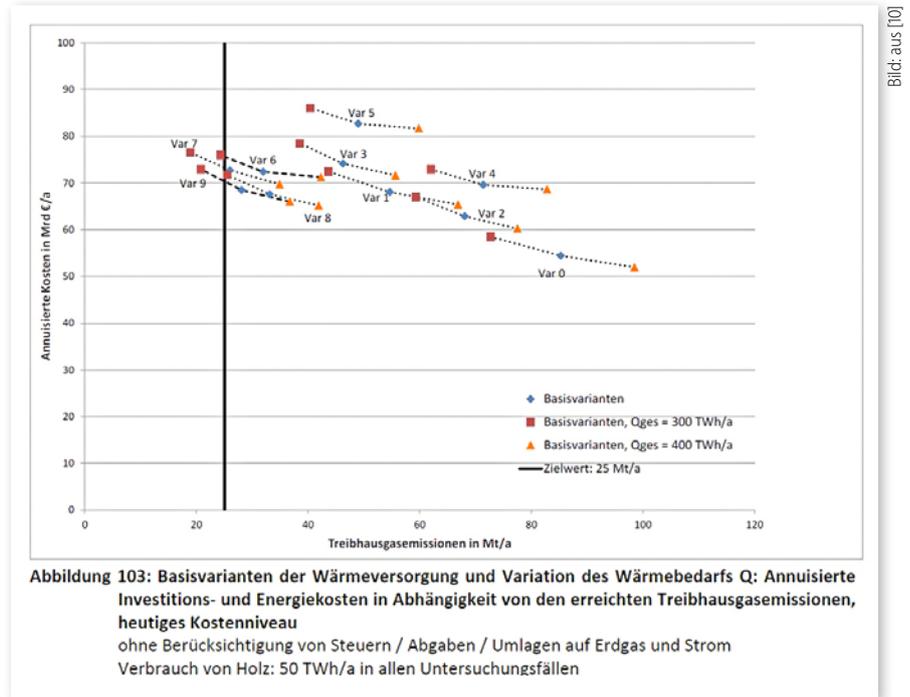


Abbildung 103: Basisvarianten der Wärmeversorgung und Variation des Wärmebedarfs Q: Annuierte Investitions- und Energiekosten in Abhängigkeit von den erreichten Treibhausgasemissionen, heutiges Kostenniveau

ohne Berücksichtigung von Steuern / Abgaben / Umlagen auf Erdgas und Strom
Verbrauch von Holz: 50 TWh/a in allen Untersuchungsfällen

6 IWU-Studie: Nur die Effizienzvarianten erreichen das nationale CO₂-Einsparziel.

entstehen. Hochpreisig kalkulierte Mehrkosten des Passivhausstandards inklusive Haustechnik liegen nur bei 100 Euro/m² Wohnfläche.

Die erneuerbaren Nutzungstechniken werden umso kapitalintensiver, je ineffizienter ein Gebäude ist. Komplexe Haustechnik steigert zudem die Risiken: Energieerzeugungsanlagen verursachen jährlichen Wartungsaufwand, haben einen Hang zu Störanfälligkeit und zum Verfehlen erwarteter Wirkungsgrade, ihre Lebensdauer ist deutlich kürzer als Wärmeschutztechniken, sie führen zu meist unerwartet hohen Investitionskosten und unerklärlichen Zusatzstromverbräuchen. Demgegenüber werden bei dem geringen Verbrauch des Passivhauses auch Energiepreiserhöhungen besser verkraftet.

Wärmeschutz ist physiologisch unverzichtbar

Fast 12 000 Jahre lang baute man ohne das Wissen und die Bedeutung des Wärmeschutzes – er ergab sich rudimentär aus den Anforderungen des Witterungsschutzes und der Statik. „... Behaglichkeit gab es kaum und sie wurde, da man sie nicht kannte, auch nicht vermisst“, schilderte Sir Walter Scott 1819 [16] die Konsequenz. Erst vor 150 Jahren änderte sich das allmählich, und man begann bei der Gebäudehülle auch über den Wärmeschutz nachzudenken. Die Hygieneforschung führte zur Verankerung der Wohnhygiene in der DIN 4108. Die Erkenntnis: Gedämmte Bauteile bleiben tauwasserfrei und verhindern dadurch Wohnungsschimmel. Damit wurde ein Zivilisationsproblem beseitigt, das schon die Bibel beschäftigte. Der Wärmeschutz reduziert die Bauteilaukühlung und sorgt damit für eine hohe Wohnbehaglichkeit.

Mieter der in Passivhausstandard erbauten Heidelberger Bahnstadt beschreiben diese Qualität so [17]: „Letztes Jahr haben wir vielleicht an zwei Tagen geheizt. (...) Unsere Körper wärmen die Wohnung. Dazu die Sonne. Oder wenn wir mal

Bild: Aufbau-Gilde, 1949



Gilde-Siedlung Osterholz-Scharmbeck

7 Die ersten Versäumnisse beim Wärmeschutz gab es bereits nach dem Zweiten Weltkrieg beim Wiederaufbau mit den Methoden der Kaiserzeit zu beklagen.

eine Kerze anzünden.“ Heidelberg hat 240 Norm-Heiztage. Ein weiterer Effekt: Die gleichmäßige Raumtemperatur im Haus mit geringen Abweichungen von den Bauteiltemperaturen dient unserer Gesundheit. Diese physiologischen Effekte unterstreichen die Bedeutung des Wärmeschutzes.

Wärmeschutz ist Ressourcenschutz

Alle bisherigen Lebenszyklusbilanzen unterschiedlicher Gebäudestandards von der Wiege bis zur Bahre zeigen: entscheidend ist der Energieverbrauch während der langen Gebäudenutzung [18]. Schließt man den Nutzen der Dämmung ein, amortisiert sich ihr Herstellungsaufwand energetisch meist binnen weniger Tage bis Monate. Wärmeschutz senkt im Netto die vom Bauen und Wohnen ausgehenden Umweltbelastungen.

Angesichts der wachsenden Erdbevölkerung und ihrem Baubedarf wird eine „Entmaterialisierung“ der Baustoffe unausweichlich. Wärmedämmung hat schon in der Vergangenheit den massiven Anteil von Außenwänden reduziert und im Ge-

werbebau Massivdächer und Wände durch Sandwichkonstruktionen ersetzbar gemacht. In Verbindung mit einer zukünftig dekarbonisierten Stromversorgung der gesamten Bauindustrie sinkt der CO₂-Ausstoß der Bau- und Dämmstoffherstellung weiter ab. Auch verlängert nachträgliche Wärmedämmung die Nutzungszeit unserer Altbausubstanz um mindestens 100 Jahre und vermeidet damit Bauschutt sowie den Energie- und Kostenaufwand für Abriss und Neubau.

Sommerlicher Wärmeschutz ohne Strom

Ein guter Gebäudewärmeschutz schützt vor den Folgen der Klimaerwärmung. Gedämmte Gebäude mit äußerem Sonnenschutz der Fenster und Nachtkühlung sind sommerkühl. Ganz ohne stromverbrauchende Kühlanlagen ermöglichen sie selbst bei großer Hitze eine komfortable Raumtemperatur im Bereich von 24 °C. Das ist sommerlicher Wärmeschutz ohne Stromkosten. Sommerliche solare Stromüberschüsse können nun für die Wasserstoffherzeugung genutzt werden.

Baukultur im zivilisatorischen Prozess

Über Jahrtausende war das Problem der Wohnraumversorgung zu lösen, mussten Bautechniken und Baustoffe entwickelt werden, um die sich durch das Bevölkerungswachstum verknappenden Naturfasern abzulösen. Heute schiebt sich die Nutzungsqualität unserer Bauten in den Vordergrund und löst das Klimaproblem gleich mit. Die bisherige Gebäudeplanung nach Kriterien der visuellen Gestalt beachtete nicht alle für das menschliche Wohlbefinden wichtigen Faktoren.

Die architektonische Stilgeschichte erfasst mit fünf Prozent aller Bauten ohnehin nur die Sakral- und Herrschaftsbauten, deren hoher Bauaufwand die Wohnraumversorgung über Jahrhunderte behinderte. „Die oberflächliche Anwendung eines von der Vergangenheit erborgten Schönheitsprinzips erwies sich als ein wahrer Fluch“, schrieb Richard Neutra 1956 [19] und forderte: „Das leitende Prinzip für die Beurteilung von Bauplänen muss stets die Eignung für unseren Organismus sein.“ Hier liegt auch der Ansatz, den elitären Begriff der „Bau-

8 Die Heidelberg Bahnstadt ist ein neuer Stadtteil für 10 000 Einwohner, bei dem alle Gebäude den Passivhausstandard erfüllen.



Bild: Stefan Diemer für Stadt Heidelberg

kultur“ durch eine Zielformulierung zu ersetzen. Seither wird die Bedeutung der thermischen Qualität der Gebäudehülle für das physiologische Wohlbefinden des Menschen immer klarer. Die Architektur der Zukunft ist eine ganzheitliche Aufgabe, die alle physiologischen Bedürfnisse der Menschen einbeziehen muss. Das führt in der Konsequenz zu Gebäuden mit einem minimalen Restenergiebedarf, den erneuerbare Energien decken können.

Wärmeschutz von Gebäuden schließt weder Kreativität noch die weiteren Kriterien des nachhaltigen Bauens aus. Das Thema der Architekten des 19. Jahrhunderts, Architektur als Kunst zu betreiben, wurde schon durch die Industrialisierung des Bauens in Frage gestellt und verliert sich langsam in einer neuen Architekturpraxis, die Ökonomie und Ökologie des Bauens verbindet. Es wird allmählich Realität, was der Architekt Bruno Taut schon 1928 postulierte [20]: „Der Kampf um die Baukunst als solcher ist vorüber, um die Baukunst, die nicht mehr von der Nachahmung vergangener Zeiten lebt.“ Die neue Baukunst erzeugt behagliche Häuser in nachhaltiger Bauweise und Städte nach menschlichem Maß, nicht länger bestimmt und dominiert von dem unsäglichen Stadtplaner „motorisierter Individualverkehr“, den es ebenfalls durch effizientere Lösungen zu ersetzen gilt. Schönheit war halt schon immer mehr als nur die äußere Erscheinung. ■

Literatur und Quellen:

- [1] Bund Deutscher Architekten, Haus der Erde, Berlin 2019
- [2] Molter/Linnemann: Wärmedämmverbundsystem und das verlorene Ansehen der Architektur, Kaiserslautern 2010
- [3] Bundesarchitektenkammer, Stellungnahme des BAK zum Referentenentwurf der Energieeinsparverordnung 1999
- [4] Internetseite von Herz & Lang, Memmingen
- [5] ABG Holding, Geschäftsberichte, Frankfurt am Main 2017 und 2018
- [6] Mitteilung Stadtwerke Wien
- [7] Dr. Frederik Troels-Lund: Das tägliche Leben in Skandinavien im 16. Jahrhundert, Kopenhagen 1882
- [8] Johan Goudsblom: Die Entdeckung des Feuers, Frankfurt 2000
- [9] AGORA-Energiewende (Hrsg.), ifeu/Fraunhofer IEE/Consentec: Wert der Energieeffizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung, Berlin 2018
- [10] Institut Wohnen und Umwelt: Analyse der Energieversorgungsstruktur für den Wohngebäudesektor zur Erreichung der Klimaschutzziele 2050, Darmstadt 2019, Band 1
- [11] Thomas/Thema/Kopatz: Ansätze für eine Energiesuffizienzpolitik, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 7-2017 und aktuelle Internetseite
- [12] Dr. Burkhard Schulze Darup (Hrsg.): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier, Projektbericht, Osnabrück 2019
- [13] Institut Wohnen und Umwelt, ebenda
- [14] Andreas Bugge: Ergebnisse von Versuchen für den Bau warmer und billiger Wohnungen, Berlin 1924
- [15] A.B. Lovins: Sanfte Energie, Hamburg 1983
- [16] zitiert nach Witold Rybczynski: Verlust der Behaglichkeit, München 1987
- [17] Frankfurter Rundschau, 05.12.2018
- [18] z. B. natureplus: Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen, Heidelberg 2019; Bayr. Landesamt für Umwelt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden, Augsburg 2017; FIW: Graue Energie von Einfamilienhäusern, Gräfelfing, 2019; BMVIT: Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus, Wien 2014 und weitere
- [19] Richard Neutra: Gestaltete Umwelt, Dresden 1976
- [20] Bruno Taut: Aesthetik der Architektur, Vortrag auf dem 53. Deutschen Architekten- und Ingenieurtag 1928 Ludwigshafen

9 Dämmung entstand für die Industrie, heute löst sie das Zentralproblem unseres baulichen Erbes.

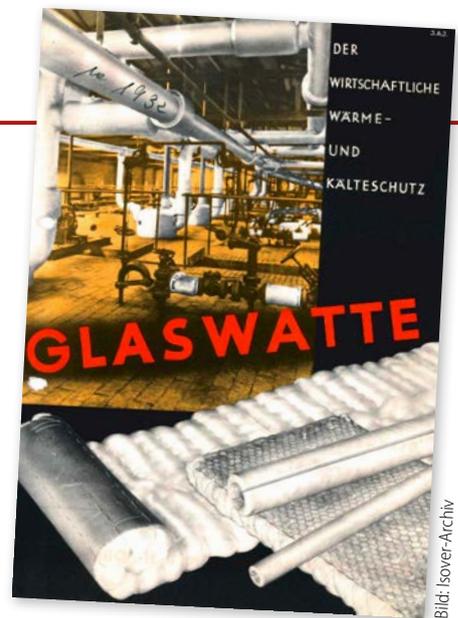


Bild: Isover-Archiv

Werner Eicke-Hennig

studierte nach einer Bauzeichnerlehre Stadtplanung in Kassel, wo er ab 1984 eine unabhängige Energieberatungsstelle aufbaute. Er war seit 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Wohnen und Umwelt (IWU) und dort Leiter der Hessischen Energiespar-Aktion des Hessischen Wirtschaftsministeriums. Seit 2017 ist er im Ruhestand und betreibt das Energieinstitut Hessen in Frankfurt/Main.



Bild: Werner Eicke-Hennig

GEB Schwerpunkt Dämmung



Bild: Dirk Scharmer

Bild: Claudia Siegele



Das Optimieren der Grauen Energie bei den Baustoffen spart weitaus weniger Energie ein als das Dämmen der Gebäude.

Grau ist alle Theorie

DIE NEUE ÖKOLOGIE DER DÄMMSTOFFE Nach der Energiekrise galt es, den Energieverbrauch der Gebäude zu senken. Der Wärmeschutz wurde der zentrale und verlässliche Problemlöser mit Konzept: bezahlbar, effektiv und verlässlich. Die Energiewende braucht nun die Verbindung von Energie- und Ressourceneffizienz. Eine Reduktion der grauen Herstellungsenergie von Bauten könnte auf dem Erreichten aufbauen. Aber so einfach geht das nicht – zumindest nicht in Deutschland. Werner Eicke-Hennig

□ Da möchte man ein Schweizer sein. Die Eidgenossen entdeckten die „Graue Energie“ ihrer Gebäude schon in den siebziger Jahren, inspiriert durch den Bericht an den Club of Rome 1972 [1]. Graue Energie bezeichnet den nicht erneuerbaren Primärenergie- und Rohstoffaufwand, den es braucht, um ein Gebäude zu bauen und zu renovieren. Bei der Lösung des Hauptproblems, dem hohen Heizenergieverbrauch der Gebäudesubstanz, entwickelten die Eidgenossen auf dem Weg ins Jahr 2000 die „Gesamtenergie-Buchhaltung für Gebäude“ und

Obwohl zahlreiche Studien das Gegenteil belegen, glauben selbst viele Fachleute der Mär, dass die Herstellung von EPS, Mineralwolle & Co. weitaus mehr Energie verschlingt, als sich durch das Dämmen im Lebenszyklus einsparen lässt.

Zweifellos ist die Materie der Energiebilanzierung sehr komplex – die Graue Energie der Baustoffe insgesamt gehört indes mit eingerechnet, zumal sich allmählich die Erkenntnis durchsetzt, dass die CO₂-Emissionen die ausschlaggebende Größe für den Klimaschutz sind.

Was leisten diesbezüglich Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen? Nachhaltigkeit lautet das elfte Gebot, weshalb Pilotprojekte mit solchen Ansätzen auch im GEB aufmerksam verfolgt werden.

konstatierten [2]: „Eine verstärkte Wärmedämmung reduziert den Heizenergiebedarf und verursacht gleichzeitig nur einen unwesentlichen Mehraufwand an Herstellungsenergie. Sobald aber Herstellungsenergie und Heizenergie die gleiche Größenordnung aufweisen, lohnt es sich, der Herstellungsenergie wieder vermehrt Beachtung zu schenken.“

Um diesen klaren Gedanken kreisen wir in Deutschland noch heute und lassen keinen Irrweg aus. Zwanzig Jahre nachdem die Schweizer die Ressourceneinsparung beim Bauen angingen, wollen Architekten hierzulande mittels „Lowtech-Konzepten“ mit „den richtigen Materialien und kluger Architektur Ressourcen sparen“ [3]. Das Pikante dabei: In der Regel erfüllen „Lowtech-Bauten“ gerade mal die Wärmeschutzanforderungen der EnEV 2016 mit dem seit 1990 veralteten Standard des Niedrigenergiehauses. Macht diese auch vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung unterstützte Strömung bundesweit Schule auf ihrem Weg zurück, verlieren wir noch mehr Zeit, um die angepeilten Klimaschutzziele zu erreichen. Denn mit dem Fokus auf das Optimieren der Grauen Energie bleibt die Heizenergieeinsparung auf der Strecke. Die Physik zwingt uns aber zur Lösung beider Aufgaben. **Abb. 1** zeigt ein Beispiel mit 87% Heizenergieeinsparung und 30% Reduktion der Grauen Energie durch „bewusste Baustoffauswahl“ [4]. Die wegfallenden Flächengrößen (gelb) zeigen sehr anschaulich: Es geht bei der Heizenergieeinsparung um ganz andere Größenordnungen als bei der Grauen Energie.

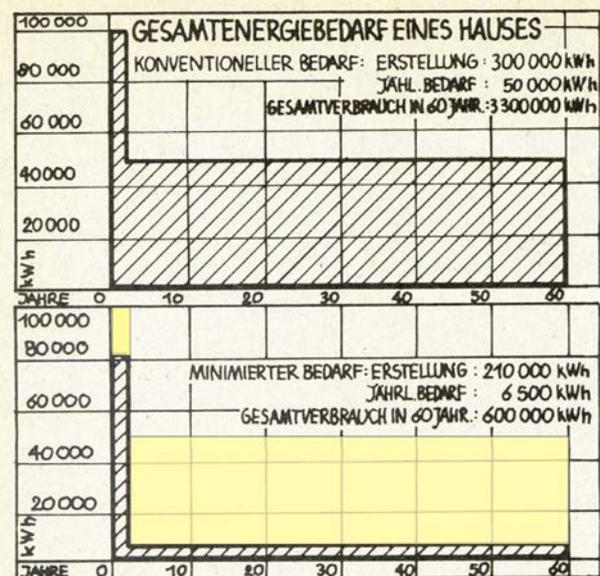
Ein schwacher Zusammenhang

Um die Graue Energie in ihrer Größenordnung einschätzen zu können, sind Kennwerte hilfreich. Sie liegen sowohl bei Neu- als auch bei Altbauten zwischen 500 bis 1800 kWh/m² und können gleichermaßen auf den niedrigen Wert sinken (**Abb. 2**). Die Schwankungsbreite der Kennwerte ist hoch und der Zusammenhang mit dem Energiestandard der Gebäude nur schwach [5]: „Ein hoher Baustandard (z.B. Minergie) steht zwar infolge der etwas intensiveren Materialisierung (z.B. Wärmedämmung, Lüftungsanlagen usw.) in einem schwachen Zu-

□ GEB Dossier

Grundlegende Informationen zum Thema finden Sie auch in unserem Dossier **Dämmung** mit Beiträgen und News aus dem GEB

<https://www.geb-info.de/themen/fassadendaemmung-aussendaemmung>



Auf einen Zeitraum von 60 Jahren gerechnet beträgt der Gesamtenergieaufwand eines konventionellen Hauses ca. 3.300.000 Wh; ca. 9% davon entfallen auf seine Erstellung. Bei Minimierung des Wärmeverlustes und bewußter Baustoffauswahl werden nur ca. 600.000 kWh benötigt, 1/3 davon für die Baustoffe.

1 Schon seit 1982 bekannt: Gesamtenergiebedarf eines Hauses

sammenhang mit der Grauen Energie, doch haben nach dem heutigen Wissensstand Größe, Kompaktheit und Materialwahl einen wesentlich stärkeren Einfluss.“

Im Jahr 2005 berechnete die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in einem nationalen Zukunftsszenario [5]: Auf die gesamte Neubau- und Sanierungstätig-

Graue Energie für verschiedene Baustandards					
Autoren	EMPA Schweiz	Kloft	Passivhaus Feist/ NH Tirol	Weller/Rehberg	Mittelwert
Standard	Neubau 2000	Altbauten	Passivhaus 1990/2009	Neubau 1979	
spez. Herstellungsprimärenergie	kWh/m ² Energie- bezugsfläche	kWh/m ² Wohnfläche	kWh/m ² Wohnfläche	kWh/m ² Wohnfläche	kWh/m ² Wohnfläche
EFH-Massivbau	1167	1346	1391	1805	1427
MFH-Massivbau	1167	1346	1636	1364	1378
alle Gebäude Zielwert CH	556				
Mehraufwand Graue Energie, EFH / Reihenhauses (1990)			250		
Mehraufwand Graue Energie, MFH / Neue Heimat Tirol (gegenüber Niedrigenergiehaus)			100		
Abrissaufwand MFH				60	
Abrissaufwand EFH				80	

2 Graue Energie verschiedener Baustandards

keit in allen Wohn- und Nichtwohnbauten der Schweiz entfallen 10% der Grauen Energie als Anteil am gesamten baulichen Primärenergieverbrauch. 90% der Energieflüsse am Gebäude gingen auf das Konto des Heizenergie- und Stromverbrauchs während der langen Gebäudelebensdauer. Die Studie stützte sich auf umfangreiche Analysen des Grauen Energieinventars zahlreicher Gebäude [7]. Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Energiesparstandard beeinflusst die Graue Energie nur unwesentlich.

3 Struktur der Grauen Energie beim Passivhaus

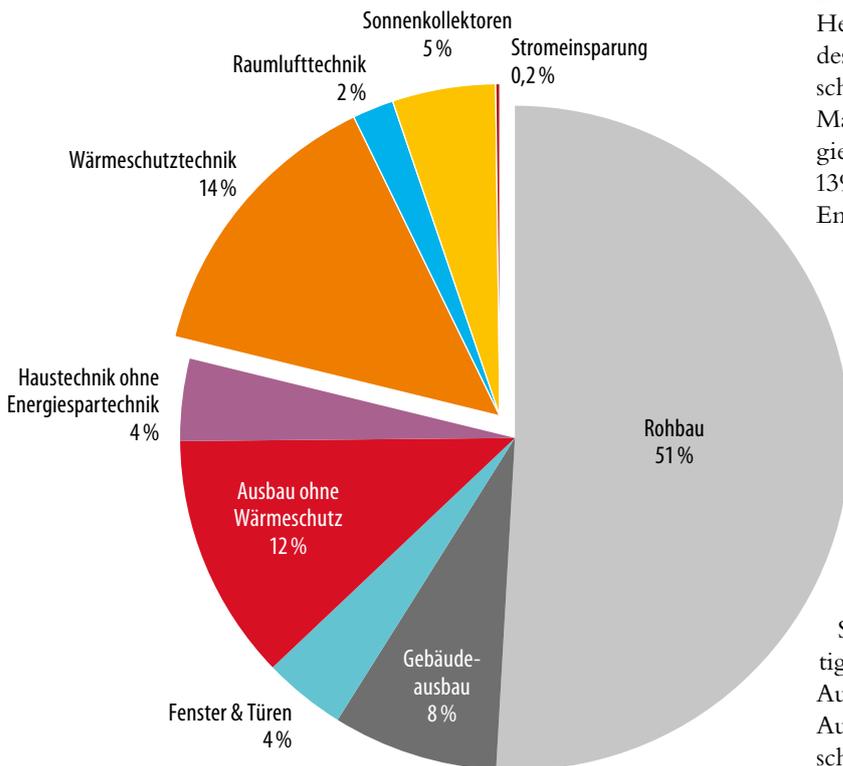


Bild: Passivhaus Institut / Energieinstitut Hessen

- Reduziert man die Graue Energie um 35%, ist der Passivhausstandard in Neubau und Gebäudesanierung (MinergieP) konfliktfrei möglich – was indes ambitioniert ist, denn Optimierungen bei der Grauen Energie sind nicht so einfach wie bei der Heizenergieeinsparung.
- In den Massivbauteilen eines Gebäudes steckt der größte Anteil an Grauer Energie [5]. Das ist wichtig für den Optimierungsweg.
- Einen verbesserten Energiesparstandard im Sinne der Energiewende abzulehnen, lässt sich mit der dafür nötigen Grauen Energie nicht begründen.

Beim ersten Passivhaus in Deutschland entfielen nur 14% der Herstellungsprimärenergie auf die Dämmung, einschließlich des Mehraufwandes bei den Fenstern, 7% auf den energetischen Teil der Haustechnik, jedoch 79% auf den klassischen Massivbau mit Ausbau [8] (Abb. 3). Der gesamte Primärenergieaufwand für den Bau des Passivhauses ordnete sich mit 1391 kWh/m² in das breite Spektrum der Kennwerte Grauer Energie ein und wurde durch Folgeprojekte unterboten [9].

Graue Energie in der Dekarbonisierung

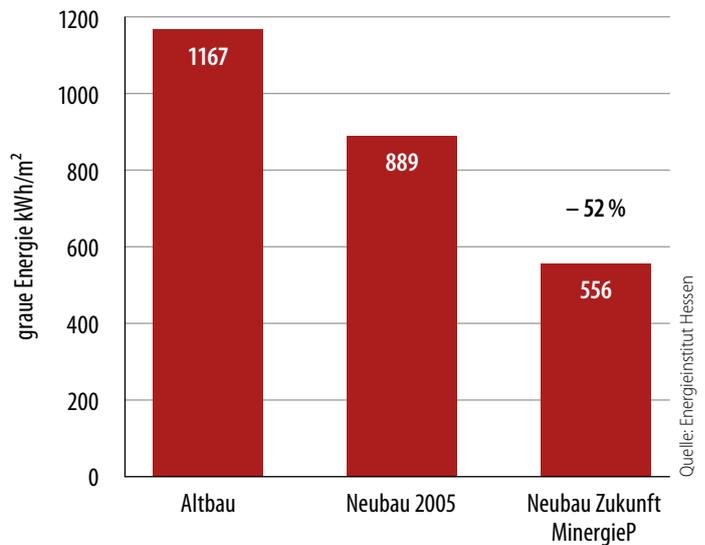
Den Grauen Energieaufwand bei Neubau und Sanierung von Gebäuden abzusenken, ist eine eigenständige Optimierungsaufgabe, begründet in der notwendigen Ressourceneffizienz, der Bauschuttreduktion, dem Recyclingaufwand sowie dem CO₂-Einsparziel für die Industrie. Sie ist nur mit der Bauindustrie und nicht gegen sie zu lösen. Für einen Ersatz des Massivbaus durch Holz und Pflanzenfasern fehlt bei 83 Mio. Menschen die Ressourcenbasis. Schon der Ersatz von Beton- durch Holzbalkendecken bei allen Neubauten in Deutschland würde den Schnittholzbedarf um 50% erhöhen [10], während gleichzeitig der waldstressende Klimawandel das Weichholz verknappt. Auch eine ökologische Waldwirtschaft drängt nicht auf eine Ausweitung des Holzangebotes [10]. Zudem sind bei allen schon in Nutzung befindlichen Pflanzenfasern der Energie-

und CO₂-Aufwand für die Ersatzprodukte zu bilanzieren, der für die zu Dämm- und Baustoffen umgewidmeten Naturstoffe entsteht [11]. Auch ist die Entlastung durch den Holzbau dann eher geringer als erwartet, wenn dieser unterkellert wird. Sein Vorsprung zum Massivbau schmilzt in diesem Fall auf 35%. Dennoch wird die Dematerialisierung [12] des Bauens zukünftig nicht auf Holzbau und Dämmstoffe aus NawaRo verzichten, eine Alternative zu einer ressourceneffizienten Baustoffindustrie im Massivbau ist dies gleichwohl nicht.

In den nächsten 30 bis 50 Jahren wird die Dekarbonisierung der Energieversorgung unseres Landes den Energieeinsatz auch in der Baustoffindustrie fortschreitend verändern. Die Bestandteile des Umbaus sind: Fokussierung auf dekarbonisiert erzeugten Strom, Wärme- und Kraftherzeugung aus KWK und PtX sowie Ergänzen der Kraftwerksreserve in volatilen Netzen. Auch Baustoffrecycling und Produktinnovationen gehören dazu. Dadurch sinken stetig Herstellungsenergie- und CO₂-Aufwand in den Bereichen Massivbaustoffe, Dämmstoffe, Bauchemie und bei den metallischen Baustoffen im technischen Ausbau. Die Umweltqualität der Bauprodukte verbessert sich durch sektorenübergreifende Effekte und nicht mehr allein durch die Baustoffwahl.

Die Baustoffindustrie avanciert bei der Reduktion der Grauen Energie in Neubau und Sanierung zum zentralen Handlungsführer. **Abb. 4** zeigt einen Zielkorridor für die Entwicklung der Grauen Energie, der sich bei einzelnen Produk-

Entwicklung der Grauen Energie an Gebäudestandards in der Schweiz in kWh/m²



4 Reduktionspotenzial der Grauen Energie in der Schweiz

ten um die Einsparungen durch Recycling ergänzt [5]. Schon heute sollten Ökobilanzierungen diese Entwicklung einbeziehen und nicht nur bei den Energieträgern, sondern auch bei den Baustoffen die absehbaren Veränderungen im Energie- und CO₂-Inventar berücksichtigen.

Graue Energie wärmetechnischer Sanierung im Verhältnis zu vermiedenem Abriss und Weiternutzung der Altbausubstanz			
	Weitergenutzte Herstellungsenergie Altbau [TWh] (nur Anteil Rohbau 80 %)	vermiedener Abriss [TWh]	Graue Energie Sanierung Wärmeschutz im PH-Niveau [TWh]
Wohnfläche EFH bis 1990: 1,5 Mrd. m ²	1704,71	89,58	373,82
Wohnfläche MFH bis 1990: 1,2 Mrd. m ²	1304,38	94,64	118,30
Summe	3009,08	184,22	492,12
Anteil Graue Energie Sanierung an der weitergenutzten Herstellungsenergie von Altbauten			15 %

5 Graue Energie wärmetechnischer Sanierung und Verhältnis zu vermiedenem Abriss und für Weiternutzung der Altbausubstanz

Sonst wird zukünftig dekarbonisierter Heizstrom gegen das heutige CO₂-Inventar des Wärmeschutzes gerechnet. Dabei wird übersehen, dass diese Energieversorgungsinfrastruktur einen hocheffizienten Gebäudesektor voraussetzt, ohne den die zukünftig gewünschte Elektro-Wärmepumpenheizung nicht möglich wäre. Anderenfalls bauen wir Windkraftwerke für einen vermeidbaren Heizenergieverbrauch. Das ist aus wirtschaftlichen, ressourcen- und ökologischen Gründen kein gangbarer Weg. Ökologische Systeme kennen keinen Überfluss. Demnach ist die Energieeffizienz und nicht das Global Warming Potential bei der Gebäudeplanung das zielführende Entscheidungskriterium.

Dämmstoffe amortisieren ihre Graue Energie

Für unsere 22 Mio. Altbauten gehört die energetische Ertüchtigung zwingend zum laufenden Modernisierungsprozess. Ohne Klimaneutralität und neuzeitliche Wohnqualität lässt sich deren Bestand nicht sichern. Wärmeschutz ist die zentrale und sozialverträgliche Technik, um unsere Altbauten energetisch zu ertüchtigen. Deren Heizenergieverbrauch sinkt durch entsprechenden Wärmeschutz um bis zu 80%. In erster Linie durch das Dämmen sank der spezifische Heizenergiekennwert der von Techem abgerechneten Mehrfamilienhäuser zwischen 1977 und 2011 um 51% ab [13]. Am Beispiel der vor 1990 errichteten 2,7 Mrd. m² Wohnfläche sei gezeigt: Bei ihrer Modernisierung hat sich die Graue Energie für den Wärmeschutz schon vom ersten Tag an energetisch als auch CO₂-seitig amortisiert. Denn der Herstellungsenergieaufwand für die energetische Ertüchtigung auf Passivhausniveau erfordert nur 15% der für Abriss und Neubau dieser Gebäude erforderlichen Grauen Energie [14]. Eine „Vermeidungsgutschrift Abriss/Neubau“ in der Größe von 100-200 kWh/m² Primärenergie und entsprechender CO₂-Gutschrift würde zu einer sachgerechten Bewertung von Dämmkonzepten in Ökobilanzen führen (Modul D, DIN EN 15804). Besser kann Ressourcenschonung nicht gelingen (Abb. 5).

Dämmstoffe wurden jahrzehntelang mit dem eindimensionalen Kriterium des Herstellungsenergieaufwandes beurteilt und die Marktführer als „energieintensiv“ gebrandmarkt. Durch diese Nebelkerze blieb unerkannt: Dämmstoffe sind die einzigen Baustoffe, die ihre Graue Energie durch Heizenergieeinsparung wieder einspielen.

Um dies zu erkennen, ist bilanzielles Denken erforderlich. Die optimale Dämmschichtdicke wurde bereits 1986 und 1995 von Feist und Spreng durch Energiebilanzrechnungen ge-

klärt. Sie liegt, bei gegenüber heute um den Faktor 2 höher angenommenem Herstellungsenergieaufwand, zwischen 24 bis 38 cm, bei Zellulose sogar bei 1,44 m [1], [15]. Die energetische Amortisationszeit der Dämmstoffe beträgt bei einem R-Wert von 0,5 (m²K)/W im Altbau zwischen 0,4 und 79 Monaten [16]. Die Lebensdauer der Dämmstoffe wiederum entspricht dem Bauteil, das sie vor Wärmeverlusten schützen, denn die Dämmstoffe selbst unterliegen in der Regel keiner Abnutzung. Alle Dämmdicken bis hin zum optimalen Wärmeschutz des Passivhauses erfahren eine Amortisation ihrer Grauen Energie. In manchen Fällen können Dämmstoffe auch Massivbaustoffe ganz oder teilweise ersetzen, beispielsweise bei Kalksandsteinaußenwänden oder bei den Sandwichkonstruktionen im Gewerbebau. Damit sind Dämmstoffe für die Dematerialisierung des Bauens heute schon der Baustoff Nummer Eins.

Wir brauchen sie alle!

Die Unterschiede im Energie- und CO₂-Inventar der Dämmstoffe sind ohnehin marginal und liegen nach der Studie des IPEG Instituts zwischen 1 und 4%. In der Altbauanierung liegt der Anteil des Herstellungsenergieaufwands aller Dämmstoffe bei Wanddämmungen mit U-Wert um 0,2 W/(m²K) im Mittel bei 1% (!) an der durch Dämmung über 50 Jahre erzielten Einsparung. Aufgrund ihrer höheren Wärmeleitfähigkeit benötigen NawaRo-Dämmstoffe größere Materialdicken bis zu 40 cm, was ihre Herstellungsenergie und den CO₂-Aufwand erhöht. Das Fazit der Studie: Es kommt nicht auf die Materialart der Dämmung an, sondern die Materialmenge entscheidet, die für denselben U-Wert verbaut werden muss. Und diese hängt wiederum von der Wärmeleitfähigkeit ab.

Die CO₂-Gutschrift für NawaRo-Produkte löst sich zudem in Rauch auf, wenn die Dämmstoffe am Ende ihrer Nutzung verbrannt werden und das beim Wachstum in den Pflanzen gebundene CO₂ wieder freisetzen [17]. Die Verbrennung ist in den meisten Fällen das End-of-Life-Konzept dieser Dämmstoffgruppe. In Lebenszyklusbilanzen beruht der Vorteil von Öko-Gebäudevarianten aus Holz-Zellulose-Hanf usw. meist beim Global-Warming-Potenzial zu 80-90% auf dieser Gutschrift, die nur erscheint, wenn das Modul End-of-Life aus der Lebenszyklusanalyse ausgeblendet wird [18].

Das Diagramm in Abb. 6 zeigt neben den unterschiedlichen Dämmdicken für denselben Wärmeschutz vor allem den geringen Anteil des Herstellungsenergieaufwandes im Verhältnis zur Einsparung und die geringen Unterschiede zwischen den

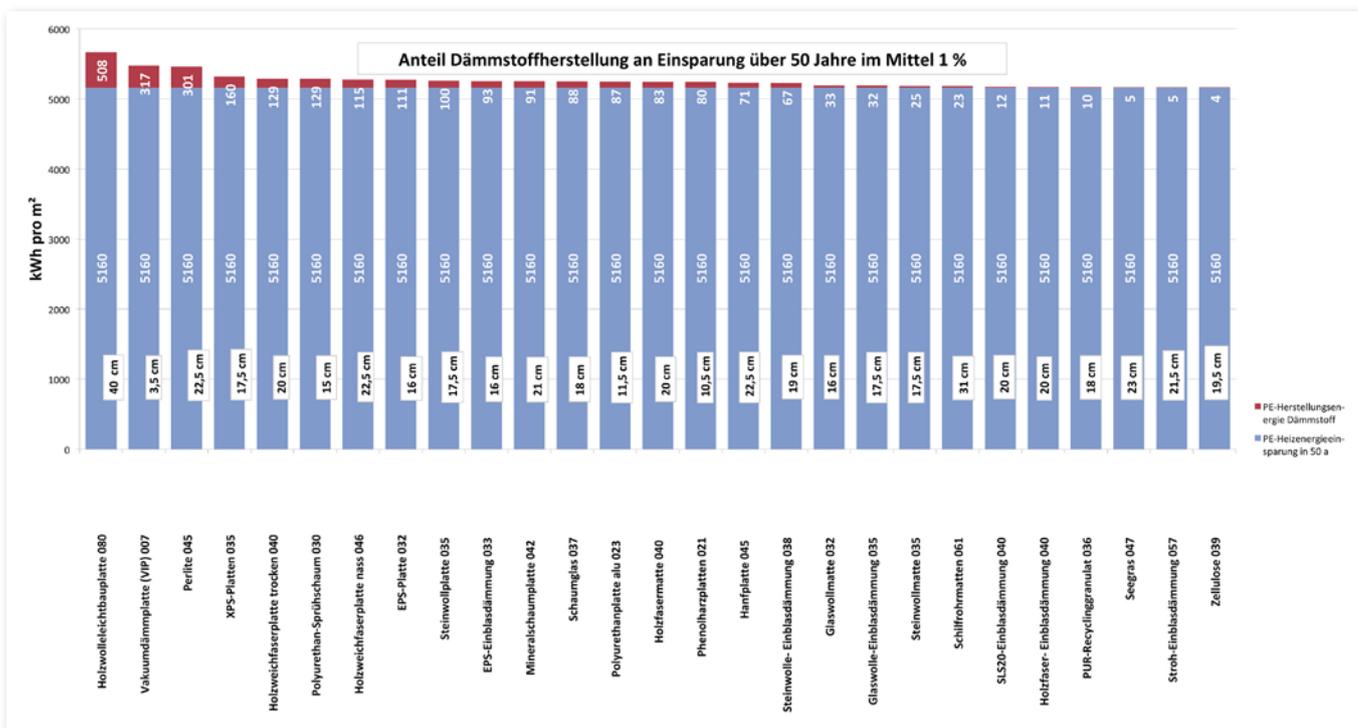


Bild: Energieinstitut Hessen auf Basis der Daten des IpeG-Institutes

6 Graue Energie und Heizenergieeinsparung für 29 Dämmstoffe bei gleichem R-Wert über 50 Jahre im Altbau (R-Wert Dämmstoffe 5,0 (m²K)/W)

Dämmstoffen. Wir brauchen ohnehin alle am Markt verfügbaren Dämmstoffe, angesichts der Größe der Aufgabe, einen klimaneutralen Baubestand zu schaffen.

Wirklich „kluge Architektur“ baut nicht auf Vorurteile, sondern kommt zu dem Schluss: Dämmstoffe sind nicht das Problem, sondern die Lösung. Lernen wir vom Windradbau, wo Chemieindustrie, Beton- und Stahlbau sowie Softwareschmieden gemeinsam an der Lösung des Klimaproblems arbeiten und damit sogar das Problem der Grauen Energie bei den Baustoffen weitgehend lösen. Da sollte das doch auch bei den Dämmstoffen durch die Interaktion von Baustoffindustrie und Architekten gelingen. ■

Literatur und Quellen:

- [1] Daniel Spreng, Graue Energie, Energiebilanzen von Energiesystemen, Stuttgart 1995
- [2] Energie 2000 Öko-Bau, Gesamtenergie-Buchhaltung von drei Gebäuden, Zürich 1997
- [3] Naomi Bader, Neue Häuser, alte Tricks, Süddeutsche Zeitung 05/06.12.2020
- [4] Krusche/Weig-Krusche/Althaus/Gabriel, Ökologisches Bauen, Umweltbundesamt Hrsg., Wiesbaden 1982 und Prof. K. Weller, S. Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten und Erarbeitung von Lösungsansätzen, TU Berlin 1979; Grafik farblich bearbeitet d. Verf.
- [5] Markus Koschensch/Andreas Pfeiffer EMPA, Potenzial Wohngebäude, Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich 2005
- [6] Dr. H. Kloft, Untersuchungen zu den Material- und Energieströmen im Wohnungsbau, TU Darmstadt, Institut für Massivbau 1998; Dr. W. Feist, Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene, AK kostengünstige Passivhäuser, Band Nr. 8, Darmstadt 1997; Prof. K. Weller, S. Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten, TU Berlin 1979; M. Koschensch/A. Pfeiffer EMPA, Potenzial Wohngebäude, Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich 2005; Reisinger, Kovacic, Rössler, Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck, Hrsg: Neue Heimat Tirol, 2018; eigene Berechnungen
- [7] Sia Dokumentation D 0122, Ökologische Aspekte des Bauens, Zürich 1995
- [8] Dr. W. Feist, Lebenszyklusbewertung von Gebäudekonzepten, in: Internationales Holzbauforum 2008
- [9] Reisinger, Kovacic, Rössler, Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck, Hrsg: Neue Heimat Tirol, 2018

[10] Prof. K. Weller, S. Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten, TU Berlin 1979

[11] Ökoinstitut Darmstadt/ifeu Heidelberg, Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, Umweltbundesamt (Hrsg.) Texte Dessau 04-2007

[12] Friedrich Schmidt-Bleek, Wieviel Umwelt braucht der Mensch, München 1994

[13] Techem, Energiekennwerte 2016, Eschborn 2017

[14] Basis der Werte: Ebel/Eicke-Hennig/Feist/Großcurth, Energieeinsparung bei Alt- und Neubauten, Heidelberg 2000; Dr. Harald Kloft, Untersuchungen zu den Material- und Energieströmen im Wohnungsbau, TU Darmstadt, Institut für Massivbau 1998; Dr. W. Feist, Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene, AK kostengünstige Passivhäuser, Band Nr. 8, Darmstadt 1997; Prof. K. Weller, S. Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten, TU Berlin 1979; M. Koschensch/A. Pfeiffer EMPA, Potenzial Wohngebäude, Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich 2005; eigene Berechnungen

[15] Wolfgang Feist, Primärenergie- und Emissionsbilanzen von Dämmstoffen, IWU Darmstadt 1986

[16] IpeG-Institut, Arnold Drewer, Dr. Kerstin Paschko, Beim Bilanzieren alles einbeziehen, ökologischer Fußabdruck von Dämmstoffen, in: Bauen im Bestand, 02-2020

[17] Natureplus/ifeu, Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen, Heidelberg 2019

[18] Harald Gmeiner u. a., Klimarelevanz der Materialwahl bei Wohnbauten in Vorarlberg, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2020

Werner Eicke-Hennig

studierte nach einer Bauzeichnerlehre Stadtplanung in Kassel, wo er ab 1984 eine unabhängige Energieberatungsstelle aufbaute. Er war seit 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Wohnen und Umwelt (IWU) und dort Leiter der Hessischen Energie-spar-Aktion des Hessischen Wirtschaftsministeriums. Seit 2017 ist er im Ruhestand und betreibt das Energieinstitut Hessen in Frankfurt/Main.

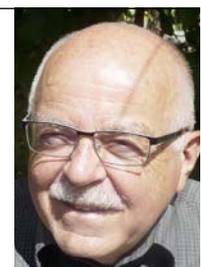
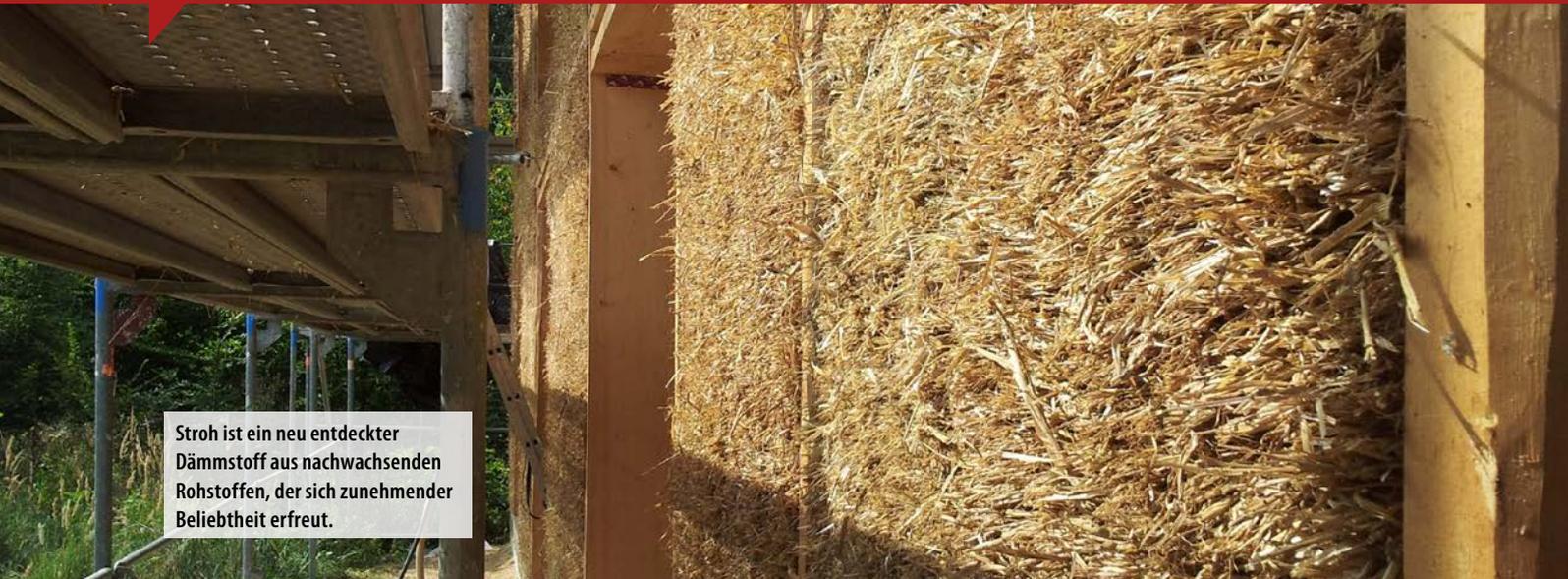


Bild: Werner Eicke-Hennig



Stroh ist ein neu entdeckter Dämmstoff aus nachwachsenden Rohstoffen, der sich zunehmender Beliebtheit erfreut.

Bild: Dirk Scharmer

Stroh von morgen

DÄMMSTOFFE AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN Ihr Marktanteil verharrt bei sieben Prozent, ihre Vielfalt nimmt jedoch zu: Neben Holzfasern, Zellulose und Tierwolle ergänzen immer mehr Dämmstoffe aus pflanzlichen Fasern wie Schilf und Hanf das Angebot an nachwachsenden Dämmstoffen. Eine Broschüre der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe informiert über die am Markt verfügbaren NawaRo-Dämmstoffe, listet die Hersteller und deren Produkte auf und erläutert Eigenschaften und Anwendung. Claudia Siegele

Den Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen erging es ähnlich wie den Holzfenstern. Sie waren über Jahrhunderte das dominierende, nein, das einzige verfügbare Material, um in unseren Gefilden die Gebäude zumindest einigermaßen vor der Kälte der damals noch eisigen und langen Winter zu schützen. So wie die einfachverglasten Holzfenster mit Eisblumen und mäßig langer Lebensdauer einhergingen, erfüllten Stroh, Hanf und andere Gräser nur hinreichend ihren Zweck, was aber kaum störte, da es erstens keine Alternativen gab und zweitens die notdürftige Dämmung im Fokus stand, die Ersparnis an Holz und Kohle hingegen erst in zweiter Linie.

Mit dem Aufkommen „moderner“ Dämmstoffe, allen voran die Magnesitplatten („Sauerkrautplatten“) aus Holzwolle neben Kork- und Torfdämmung, verbesserte sich der Dämmwert zusehends, und seit 1974 steht neben dem Komfort die Energieeinsparung als relevante Größe im Raum. Anfangs noch mit wenigen Zentimetern, dann immer dicker und im Dach, an Fassade und unterm Estrich eingebaut, dominierten bald Styropor, Mineralwolle und Polyurethan den Markt und schickten die Naturdämmstoffe ins Nischendasein. Die NawaRo-Branche schien gänzlich abgeschrieben, bis in den 1990ern das aufkommende Ökobewusstsein zunächst der Zellulose und den Holzfaserdämmstoffen (Abb. 1) eine zögerliche Renaissance bescherte. Immerhin 2 % Wachstum in den letzten 40 Jahren bescherte ihnen bis heute einen Marktanteil von rund 7 %.

Müsli-Image war gestern

Inzwischen rücken zunehmend auch Stroh, Hanf und verschiedene Gräser wieder ins Bewusstsein, haben sich doch deren Qualität, Eigenschaften und Haltbarkeit gegenüber ihren historischen Vorgängern durch Zusätze erheblich zum Positiven verändert. Man mag's nicht glauben, aber auch die Ökos mit ihrem „Gute-Welt-Image“ können Innovation und sie verstehen, technischen Fortschritt für sich zu nutzen, um sich gegenüber der Konkurrenz zu behaupten. Allerdings kämpft diese Branche immer noch mit ihrem Müsli-Image und schafft es bislang nur mühsam, sich in der öffentlichen Wahrnehmung davon zu lösen. Zwar warten viele etablierte Dämmstoffhersteller neben

Bild: Michael Nast



1 Zu den bekanntesten und sehr häufig am Bau verwendeten NaWaRo-Dämmstoffen zählen die Holzfasерplatten.

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit Bemessungswert λ in W/(m·K)	Rohdichte ρ in kg/m ³	Wasserdampf-Diffusionswiderstand μ	Wärmekapazität c in J/kg·K	Baustoffklasse nach DIN 4102-1	Brandverhalten nach DIN EN 13501-1
Flachmatten	0,039	30 – 40	1 – 2	1550 – 2300	B2	E
Hanf (Stopfwolle)	0,045	50 – 60	1 – 2	2200	B2 / B1	E, C-s2, d0
Hanfjute	0,043	35 – 40	1 – 2	2300	B2	E
Hanfmatten	0,043	30 – 110	1 – 2	1600 – 2300	B2	E
Holzfaser (lose)	0,040	30 – 45	1 – 2	2100	B2	E
Holzfaserplatten	0,038	40 – 55	1 – 3	2100	B2	E
Holzfaserplatten	0,040	110 – 270	2 – 5	2100	B2	E
Holzspäne	0,045	90 – 360	2	k. A.	B2	E
Holzwolleplatten	0,090	330 – 500	2 – 5	2100	B2	B, s1, d0
Jutematten	0,039	30 – 40	1 – 2	2350	B2	E
Korkplatte (expandiert)	0,040	120	5 – 10	1800	B2	E
Korklehmplatte	0,080	200 – 300	10	1254	B2 / B1	E
Schafwolle	0,036	20 – 90	1 – 2	1300 – 1730	B2	E
Schilfplatten	0,065	150	3 – 6,5	1200	B2	E
Seegras	0,045	65 – 75	1 – 2	2502	B2	E
Strohballen	0,052	85 – 115	2	200	B2	E
Stroh-Einblasdämmung	0,043	105	2,8	2100	B2	E
Zelluloseflocken	0,039	28 – 65	1 – 2	2100 – 2544	B2	E bis B-s2, d0
Zelluloseplatten	0,042	70 – 145	2 – 3	2000	B2	E
expandiertes Polystyrol	0,035	11 – 30	20 – 100	1400	B2 / B1	E
Steinwolleplatten	0,035	15 – 130	1 – 2	830 – 1000	A1	A1

Quelle: FNR / Angaben der Hersteller

2 Eigenschaften und Kennwerte der Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – zum Vergleich sind mit EPS und Steinwolle zwei konventionelle Dämmstoffe mit aufgelistet.

ihren fossilen und mineralischen Linien auch mit einem Ökodämmstoff auf, der meist aber eher Alibifunktion fürs Nachhaltigkeits-Image übernimmt, als dass er die Nachhaltigkeits-Revolution einläutet. So wie der E-Golf bei VW.

Viele NawaRo-Dämmstoffe (Abb. 2) finden sich heute in den Regelwerken der Berufsverbände wieder und genießen zwischenzeitlich den Status, „allgemein anerkannter Stand der Technik“ zu sein. Einige Hersteller haben ihre Produkte sogar mit EPDs versehen, um sie für eine ökologische Lebenszyklusbetrachtung zu wappnen. Zudem dokumentieren diverse Öko-Label (Abb. 3), wie zum Beispiel das  **natureplus-Umweltzeichen**, deren Qualität und zumeist auch Überlegenheit hinsichtlich Ökologie und Nachhaltigkeit.

Technischer Fortschritt aus dem Labor

Einen erheblichen Innovationsschub erfuhren Einblasdämmstoffe, die besonders bei der Vorfertigung von Holzbau-elementen anderen klassischen Dämmstoffen den Rang ablauen. Auch in der Sanierung, speziell bei Denkmälern, wissen kapillaraktive NawaRos ihren Vorteil zu nutzen, Stichwort Gefache- und Innendämmung – hier bitte auf die Möglichkeit der Rücktrocknung achten! Der Rohstoff generiert sich dabei nicht allein aus Hackschnitzeln, Wiesenhalmen und Tierwolle, sondern auch aus dem Stoffrecycling wie Altpapier. Ein Trend, dem sich übrigens auch die konventionelle Dämmstoffindustrie nicht verschließt, die Altglas nutzt (Glaswolle) oder bei den WDVS an wiederverwertbaren Systemen arbeitet.

Hinweise zur umfassenden gesundheitlichen Bewertung von Baustoffen / Bedeutung von Gütezeichen				
	natureplus	Eco Institut Label	Eurofins Indoor Gold	Blauer Engel
Kriterien und Prüfmethodik transparent ¹	ja	ja	ja	ja
definierte regelmäßige Emissionsprüfungen ²	ja	ja	ja	nicht ersichtlich
geprüft wird auf VOC und Formaldehyd ³ / Prüfberichte müssen vorliegen	ja	ja	ja	ja
geprüft wird regelmäßig auch auf Isocyanate, Weichmacher, Flammschutzmittel, Schwermetalle, Holzschutzmittel, PAK, Biozide ... ⁴ (Herstellerdeklarationen alleine reichen nicht aus!)	ja	ja	nein	nein
externe Probenahme ist vorgeschrieben ⁵	ja	ja	nein	nein
Weitergabe der Messergebnisse gestattet ⁶	ja	ja	ja	ja
hohe Präferenz ökologischer Kriterien ⁷	ja	nein	nein	ja

¹ Prüfkriterien sind im Internet für Verbraucher abrufbar.
² Laut den veröffentlichten Kriterien verpflichtend
³ Teils zwar sehr unterschiedliche Grenzwerte; in den Kriterien aber für Verbraucher ersichtlich
⁴ Produktgruppenspezifisch sind jeweils entsprechende relevante Prüfungen verpflichtender Bestandteil der regelmäßig vorzulegenden Laborprüfungen.
⁵ Probenahme erfolgt an der Produktionsstätte durch Institut oder einem von diesem Beauftragten (Notar, Umweltbeauftragter vor Ort) nach strengen Kriterien. So ist gewährleistet, dass keine überalterte, bereits ausemitierte Ware geprüft wird.
⁶ Hersteller entscheiden selbst, ob sie die Messergebnisse weitergeben wollen. Bei manchen „industrieeigenen“ Gütezeichen ist dies den Herstellern ausdrücklich untersagt.
⁷ Fragen nach Ressourcenschonung, Umweltbelastung bei Herstellung, Transport, Nutzung, Entsorgung sind Bestandteil der Kriterien.

3 Verschiedene Gütesiegel bescheinigen den Dämmstoffen durch unabhängige Prüfungen ihre ökologische Qualität.

Ein im Wortsinn brandheißes Thema ist bei den NawaRo-Dämmstoffen der Brandschutz. Entweder sie stehen in der Kritik, weil aufgrund der zumeist wassergefährdenden Flammschutzmittel wie Borsäure statt Kompostierung nur die thermische Verwertung am Ende des Lebenszyklus infrage kommt, was ihre CO₂-Gutschrift wieder annulliert. Problematisch ist auch die B2-Klassifizierung (normal entflammbar) und die damit einhergehende Beschränkung auf die Gebäudeklasse 1-3 (max. 7 m Gebäudehöhe). Hoffnung macht hier ein Experiment der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), die gemeinsam mit der Isofloc AG einen ➔ **Dämmstoff aus Altpapier** entwickelt hat, der sich auch für vorfabrizierte Holzbauelemente in mehrgeschossigen Holzhäusern eignet und dessen Bindemittelsubstanz aus der Lebensmittelindustrie für Mensch, Tier und Umwelt unbedenklich ist.

Der Hersteller Gutex hat inzwischen mit dem Produkt ➔ **Pyroresist** eine nicht glimmende Holzfaserdämmplatte im Portfolio, die zudem in Euroklasse C-s1, d0 als schwer entflammbar klassifiziert ist.

Einen interessanten Ansatz verfolgt die Technische Universität Hamburg-Harburg mit Dämmstoffplatten, bei dem durch zwei umweltfreundliche Aufschlussverfahren Lignin aus Buchenrestholz und Weizenstroh zu Aerogelen geliert werden. Die hybriden ➔ **Lignin-Polyurethan-Aerogele** (massebez. Ligningehalt 78 %) mit einstellbarer Dichte zwischen 50 und 250 kg/m³ erreichen eine Wärmeleitfähigkeit von 0,024 W/(mK) und übertreffen somit die Bestwerte von Po-

lystyrol oder Steinwolle deutlich. Ob die Rohstoffbasis es erlaubt, diesen Weg zu verfolgen, und ob es Absatzmärkte gibt, bleibt abzuwarten.

Häuser aus Stroh – eine alte Idee neu interpretiert

Neben Holzfasern und Zellulose bieten sich auch pflanzliche Fasern für die Gebäudedämmung an. Außer Flachs, Hanf, Schilf und Seegras scheint sich aus diesem Segment insbesondere Stroh als dritte NaWaRo-Säule zu etablieren. Nach Angaben des Fachverbands Strohballenbau (www.fasba.de) stehen in Deutschland aktuell 900 bis 1500 Häuser, die mit Stroh oder Strohballen gedämmt sind. Die aus Nordamerika importierte Idee, Holzständerwerke mit gepressten Strohballen zu verfüllen, nahm ihren Anfang im späten 19. Jahrhundert im holzarmen Nebraska. Das älteste Strohhaus Europas aus dem Jahr 1921 steht noch heute im französischen Montargis, südlich von Paris. Neben den gepressten Strohballen lassen sich die trockenen Halme auch in Hohlräume einblasen.

Allerdings braucht es dafür einen genau abgestimmten Luftstrom und definierten Druck, um Hohlräume zu vermeiden.

Der Hersteller maxit hat ➔ **Strohdämmplatten** für Wärmedämmverbundsysteme entwickelt („eco care“), für die bislang aber noch keine bauaufsichtliche Zulassung vorliegt. Dank des biologischen Bindemittels auf Proteinbasis sollen die Platten nicht nur vollständig kompostierbar sein, sondern auch absolut schadstofffrei und gesundheitsverträglich. Weiterer Pluspunkt: Ab dem Zeitpunkt



Bild: Daemnwol

4 Auch Dämmstoffe aus Tierwolle kommen in der Regel nicht ohne Zusatzstoffe aus.

des Strohdreschens bis zur fertigen Dämmplatte braucht es angeblich nur einen Bruchteil des Energiebedarfs, der für andere NaWaRo-Produktionen anfällt.

Nachwachsende Rohstoffe – eine knappe Ressource?

So sehr man es sich zum Schutz der Umwelt und Ressourcen wünschen würde, die Marktanteile der Dämmstoffe genau umzudrehen, also anstatt EPS, PU, Mineralwolle & Co. das größte Kuchenstück den nachwachsenden Rohstoffen zu reichen, muss man deren Verfügbarkeit überdenken. Das meiste Altpapier wandert in die Papierherstellung, und auch die ohnehin anfallenden Holzabfälle für Faserplatten sind begrenzt, weshalb das signifikante Erhöhen dieser Anteile unweigerlich dazu führen würde, dass zusätzlich Holz eingeschlagen bzw. importiert werden müsste. Ähnlich bei den Gräsern und beim Stroh, das für die Tierhaltung gebraucht wird. Die Verknappung würde die Preise erhöhen, was es noch unwahrscheinlicher machen würde, die NaWaRo-Dämmstoffe am Markt zu etablieren. Bei Tierwolle und Seegräsern sieht es nicht anders aus. Vielleicht ließe sich der Marktanteil der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen insgesamt auf 14 bis 15 % verdoppeln, vermutlich wäre aber bereits bei 10 % die Grenze der Marktanteile erreicht, ohne die ökologischen Vorteile zu gefährden und auch preislich wettbewerbsfähig zu bleiben.

Das Dilemma: Trotz Förderbemühungen bleiben klassische Dämmstoffe preislich unschlagbar. Die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe korreliert wiederum mit der Nachfrage, die indes auch mit den Bauweisen zusammenhängt: Ein einschaliger Mauerwerksbau oder eine massive Holzkonstruktion benötigen nicht zwingend eine Fassadendämmung, erfordern jedoch viel Herstellungenergie bzw. es fehlt dafür schlicht an Wald. Zumal in Deutschland drei von vier Häusern Stein auf Stein erbaut werden.

Wer aber aus ökologischen oder gesundheitlichen Gründen eine Gebäudedämmung aus nachwachsenden Rohstoffen

Marktübersicht Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Insgesamt 13 Dämmstoffe führt die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe in ihrer 2019 aktualisierten Marktübersicht auf und beschreibt in der Broschüre ausführlich deren Herstellung, Zusammensetzung, Anwendungsgebiete, Verarbeitung sowie die bauphysikalischen Besonderheiten. Für jeden Dämmstoff sind zudem tabellarisch die entsprechenden Hersteller und deren Produkte benannt. Die Tabellen listen übersichtlich die Verwendung, Angebotsformen, stoffliche Zusätze, den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit und Angaben zu Zulassung und Label. Zudem informieren verschiedene vorangestellte Kapitel über bauphysikalische Grundlagen, die neue EU-Gebäuerichtlinie und erläutern spezifische Daten, Fakten und Auswahlkriterien zu NaWaRo-Produkten.

Recht wenig sagt die Broschüre zu den Verfügbarkeiten von Flachs, Holzfaser, Kork u. a. nachwachsenden Rohstoffen bzw. hält sich bedeckt, was die kritischen Aspekte in Bezug auf Recycling und Kompostierung aufgrund der Zusatzstoffe angeht. Die vorgestellten Referenzprojekte zeigen zwar auf, welche nachwachsenden Rohstoffe verwendet wurden, benennen aber keine Kosten und U-Werte der gedämmten Bauteile. Die Marktübersicht ist trotzdem ein empfehlenswerter Ratgeber für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Die 88 Seiten umfassende **Broschüre** gibt's kostenfrei als pdf zum Download unter www.fnr.de → Service → Mediathek → Broschüren → Nachwachsende Rohstoffe → Bauen. Man kann sie auch für 5 Euro in gedruckter Form erwerben.



Bild: FNR

Die 2019 aktualisierte Marktübersicht Dämmstoffe wurde von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe erarbeitet.

favorisiert, kann darauf vertrauen, dass die verfügbaren Produkte ausgereift, ihre Eigenschaften klar definiert und die Anwendungen in der Regel durch bauaufsichtliche Zulassungen abgesichert sind. Ein prüfender Blick auf eventuell ausgestellte Gütesiegel kann dabei nie schaden. ■

IMPRESSUM

Gebäude Energieberater

Herausgeber:

Alfons W. Gentner Verlag
GmbH & Co. KG

Verlagsanschrift:

Alfons W. Gentner Verlag
GmbH & Co. KG
Forststraße 131, 70193 Stuttgart

Postanschrift:

Postfach 10 17 42, 70015 Stuttgart

Redaktion:

Pia Grund-Ludwig (ppl), Chefredakteurin
Telefon +49 (0) 163 728 23
grund-ludwig@geb-info.de

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Berner (jb), Redakteur
Telefon +49 (0) 163 441 15 95
berner@geb-info.de

Dipl.-Ing. (FH) Claudia Siegele (si), Redakteurin
Telefon +49 (0) 171 832 49 13
siegel@geb-info.de

Anzeigenleitung:

Bettina Mayer
Telefon +49 (0) 711 63 67 28 36
Telefax +49 (0) 711 63 67 27 60
mayer@gentner.de

Auftrags-Management:

Melanie Schweigler (Leitung)
Telefon +49 (0) 711 63 67 28 62
schweigler@geb-info.de

Carmen Welte

Telefon +49 (0) 711 63 67 28 28
Telefax +49 (0) 711 63 67 27 60
welte@geb-info.de

Gesamtleitung Media Sales:

Oliver Scheel (verantwortlich)
Telefon +49 (0) 711 63 67 28 37
Telefax +49 (0) 711 63 67 27 60
scheel@geb-info.de

Layout und Gestaltung:

GreenTomato GmbH, Stuttgart

Internet:

www.geb-info.de

Bezugspreise:

Inlandsabonnement: € 165,90 jährlich zzgl. € 21,00
Versand (inkl. MwSt.)

Auslandsabonnement: € 165,90 jährlich zzgl. € 36,00
Versand (in EU-Länder mit USt-IdNr., ohne USt-IdNr.
zzgl. MwSt.)

Abonnement für Schüler, Studenten und Auszubildende
(gegen Bescheinigung): € 83,00 zzgl. Versand (inkl.
MwSt.)

Luftpostversand auf Anfrage.

Einzelheft: € 24,00 zzgl. Versand (inkl. MwSt.)

Mitglieder der Verbände GIH e. V., bful e. V., Deutsches
Energieberater-Netzwerk e. V.,

EVEU e. V., Zentralverband Deutscher Schornsteinfeger,
Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks und
Interessengemeinschaft Deutscher Schornsteinfeger
erhalten den Gebäude-Energieberater zu einem
vergünstigten Bezugspreis.

Bei Neubestellungen gelten die zum Zeitpunkt des
Bestelleingangs gültigen Bezugspreise.

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 17
vom 01.01.2021

Bezugsbedingungen:

Bestellungen sind jederzeit direkt beim Leserservice
oder bei Buchhandlungen im In- und Ausland möglich.
Abonnements verlängern sich um ein Jahr, wenn sie nicht
schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des
Bezugsjahres beim Leserservice gekündigt werden.

So erreichen Sie direkt
unseren Leserservice

Postfach 91 61
97091 Würzburg

Tel. +49 (0) 711 / 63 67 24 00
Fax +49 (0) 711 / 63 67 24 14

E-Mail: service@geb-info.de

Die Abonnementpreise werden im Voraus in Rechnung
gestellt oder bei Teilnahme am Lastschriftverfahren bei
den Kreditinstituten abgebucht. Sollte die Zeitschrift
aus Gründen nicht geliefert werden können, die nicht
vom Verlag zu vertreten sind, besteht kein Anspruch
auf Nachlieferung, Ersatz oder Erstattung von im Voraus
bezahlten Bezugsgeldern.

Gerichtsstand für Vollkaufleute ist Stuttgart, für alle Übrigen
gilt dieser Gerichtsstand, sofern Ansprüche im Wege
des Mahnverfahrens geltend gemacht werden.
Bitte teilen Sie Änderungen von Adressen oder Empfängern
sechs Wochen vor Gültigkeit dem Leserservice mit.

Urheberrechte:

Die systematische Ordnung der Zeitschrift sowie alle in ihr
enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind ur-
heberrechtlich geschützt. Mit der Annahme eines Beitrages
zur Veröffentlichung erwirbt der Verlag vom Autor umfas-
sende Nutzungsrechte in inhaltlich unbeschränkter und
ausschließlicher Form, insbesondere Rechte zur weiteren
Vervielfältigung und Verbreitung zu gewerblichen Zwecken
mithilfe mechanischer, digitaler oder anderer Verfahren. Bis
auf Widerruf (socialmedia@gentner.de) gilt dies auch für
die Verwendung von Bildern, Graphiken sowie audiovisu-
eller Werke in den Social Media-Kanälen Facebook, Twitter,
Google+ und YouTube. Kein Teil dieser Zeitschrift darf au-
ßerhalb der engen Grenzen urheberrechtlicher Ausnahme-
bestimmungen ohne schriftliche Einwilligung des Verlages
in irgend einer Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder an-

dere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen,
insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen verwendbare
Sprache übertragen werden. Die Wiedergabe von Ge-
brauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und
dgl. in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme,
dass solche Namen ohne Weiteres von jedermann benutzt
werden dürfen; oft handelt es sich um gesetzlich geschützte
eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche
gekennzeichnet sind.

ISSN 1861-115X

Der Gentner Verlag engagiert sich als Mitglied
in folgenden Verbänden:

VDZ Verband Deutscher
Zeitschriftenverleger

FIPP
the network for global media

**Deutsche
Fachpresse**



WISSEN. WAS ZÄHLT
Geprüfte Auflage
Klare Basis für den Werbemarkt

Alle Marken unter einem Dach

gentnershop.de

SCHNELL
KONPAKT
INFORMATIV

FACHWISSEN print,
digital und online

Neben dem **Gebäude Energieberater**
erscheinen im Gentner Verlag weitere
führende Fachzeitschriften aus dem
Bereich Gebäude- und Fassadentechnik.

Alle Informationen über die Abonnements,
Einzelhefte und weitere Produkte finden Sie
unter www.gentnershop.de

Gebäude
Energieberater