

GEB Schwerpunkt Dämmung



Bild: Dirk Scharmer

Bild: Claudia Siegele



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 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.

□ GEB Dossier

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

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

konstatierten [2]: „Eine verstärkte Wärmedämmung reduziert den Heizenergiebedarf und verursacht gleichzeitig nur einen unwesentlichen Mehraufwand an Herstellungenergie. Sobald aber Herstellungenergie und Heizenergie die gleiche Größenordnung aufweisen, lohnt es sich, der Herstellungenergie 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 BBSR 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 Zusammenhang mit der Grauen Energie, doch haben nach dem

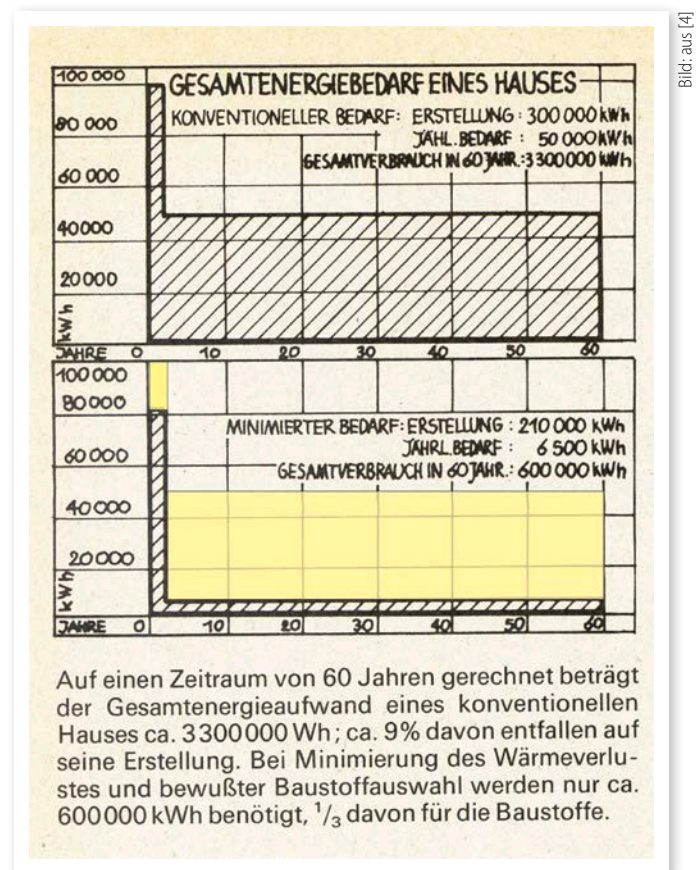


Bild: aus [4]

1 Schon seit 1982 bekannt: Gesamtbedarf eines Hauses

heutigen Wissensstand Größe, Kompaktheit und Materialwahl einen wesentlich stärkeren Einfluss.“

Im Jahr 2005 berechnete die EMPA in einem nationalen Zukunftsszenario [5]: Auf die gesamte Neubau- und Sanierungstätigkeit in allen Wohn- und Nichtwohnbauten der Schweiz entfallen 10% der Grauen Energie als Anteil am gesamten bau-

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 / Reihenhause (1990)			250		
Mehraufwand Graue Energie, MFH / Neue Heimat Tirol (gegenüber Niedrigenergiehaus)			100		
Abrissaufwand MFH				60	
Abrissaufwand EFH				80	

2 Graue Energie verschiedener Baustandards

lichen 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.
- Reduziert man die Graue Energie um 35%, ist der Passivhausstandard in Neubau und Gebäudesanierung (MinergieP)

3 Struktur der Grauen Energie beim Passivhaus

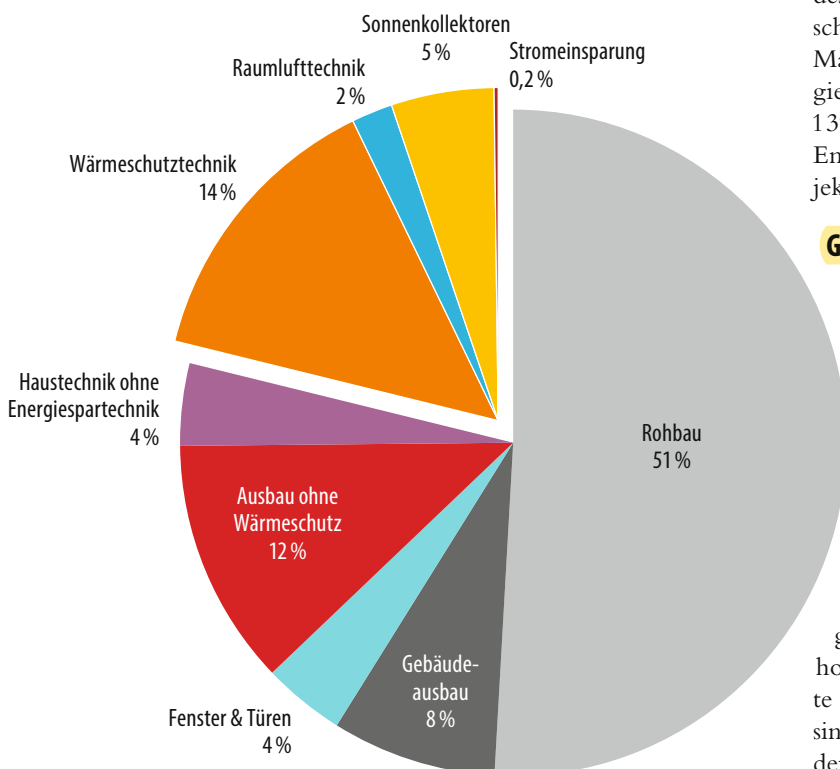


Bild: Passivhaus Institut / Energieinstitut Hessen

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 bei Gebäuden ein und wurde bereits durch Folgeprojekte unterboten [9].

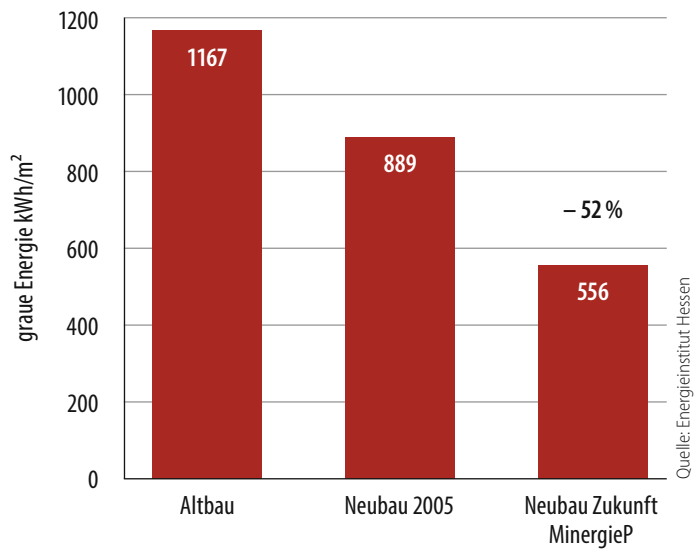
Graue Energie in der Decarbonisierung

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 mit 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 Decarbonisierung der Energieversorgung unseres Landes den Energieeinsatz auch in der Baustoffindustrie fortschreitend verändern. Die Bestandteile des Umbaus sind: Fokussierung auf decarbonisiert 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 Sektor übergreifende 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 Produkten um die Einsparungen durch Recycling ergänzt [5]. Schon heute sollten Ökobilanzierungen

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



4 Reduktionspotenzial der Grauen Energie in der Schweiz

diese Entwicklung einbeziehen und nicht nur bei den Energieträgern, sondern auch bei den Baustoffen die absehbaren Veränderungen im Energie- und CO₂-Inventar berücksichtigen. Sonst wird zukünftig decarbonisierter Heizstrom gegen das heutige CO₂-Inventar des Wärmeschutzes gerechnet. Da-

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	1 704,71	89,58	373,82
Wohnfläche MFH bis 1990: 1,2 Mrd. m ²	1 304,38	94,64	118,30
Summe	3 009,08	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

bei wird übersehen, dass diese Energieversorgungsinfrastruktur einen hocheffizienten Gebäudesektor voraussetzt, ohne den die zukünftig gewünschte Elektrowärmepumpenheizung 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 (GWP) 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 Herstellungsaufwand 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 Herstellungsaufwandes 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 geklärt. Sie liegt, bei gegenüber heute um den Faktor 2 höher angenommenem Herstellungsaufwand, 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 Institutes zwischen einem und vier Prozent. In der Altbautensanierung liegt der Anteil des Herstellungsaufwandes aller Dämmstoffe bei Wandaufbauten mit U-Wert um 0,2 W/(m²K) im Mittel bei einem Prozent (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 Herstellungsaufwand 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 Herstellungsaufwandes im Verhältnis zur Einsparung und die geringen Unterschiede zwischen den Dämmstoffen. Wir brauchen ohnehin alle am Markt verfügbaren Dämmstoffe, angesichts der Größe der Aufgabe, einen klimaneutralen Baubestand zu schaffen.

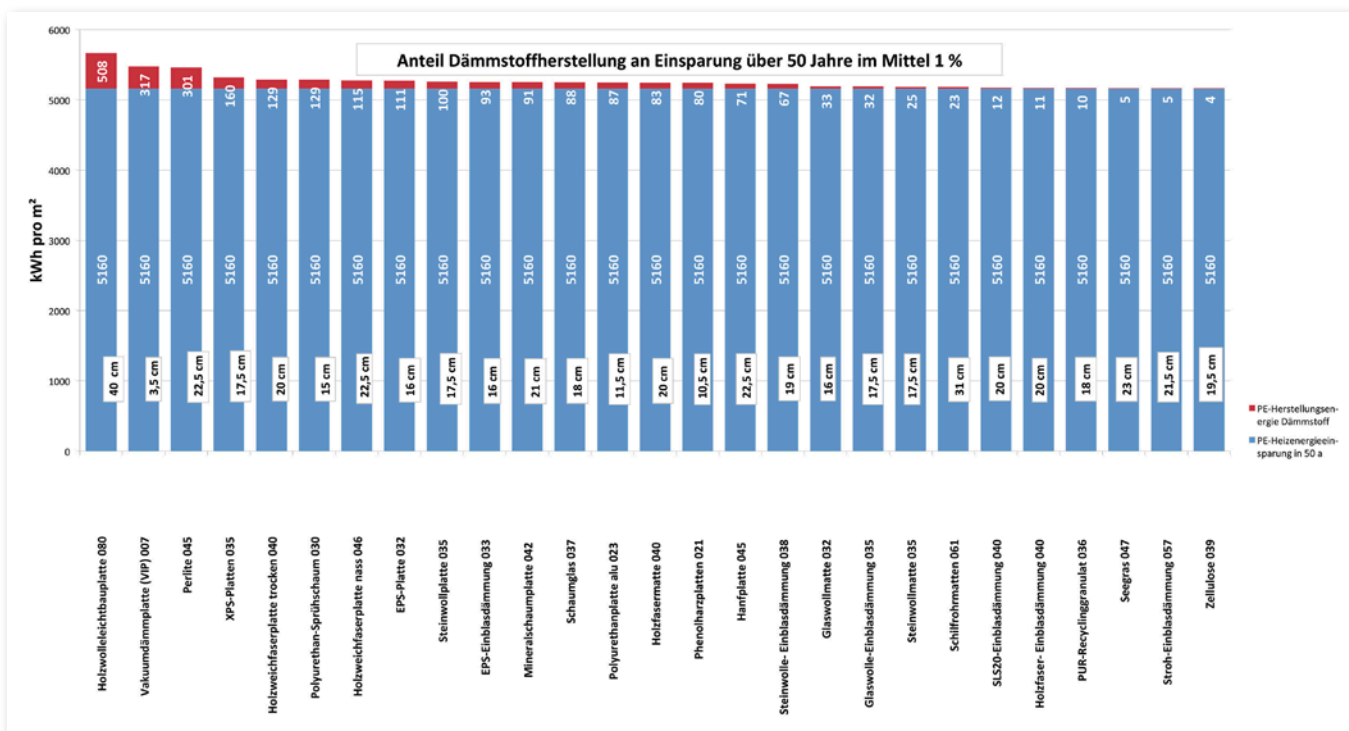


Bild: Energieinstitut Hessen auf Basis der Daten des IpeG-Institutes

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

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 Koschenz/Andreas Pfeiffer EMPA, Potenzial Wohngebäude, Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich 2005
- [6] Dr. Harald Kloft, Untersuchungen zu den Material- und Energieströmen im Wohnungsbau, TU Darmstadt, Institut für Massivbau 1998; Dr. Wolfgang Feist, Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene, AK kostengünstige Passivhäuser, Band Nr. 8, Darmstadt 1997; Prof. K. Weller, Siegfried Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten und Erarbeitung von Lösungsansätzen, TU Berlin 1979; Markus Koschenz/Andreas 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 und Erarbeitung von Lösungsansätzen, 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. Wolfgang Feist, Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene, AK kostengünstige Passivhäuser, Band Nr. 8, Darmstadt 1997; Prof. K. Weller, Siegfried Rehberg, Formulierung der zukünftigen umweltbezogenen Anforderungen an industriell herstellbare Wohnbauten und Erarbeitung von Lösungsansätzen, TU Berlin 1979; Markus Koschenz/Andreas 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