

A 1 40 Jahre Wärmeschutzverordnung

Karl Gertis, Andreas Holm

o. Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik
Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart

Von 1984 bis 2007 Ordinarius für Bauphysik der Universität Stuttgart und bis 2003
Direktor des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Stuttgart.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Holm
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. FIW München
Lochhamer Schlag 4, 82166 Gräfelfing

Studium der Physik an der Technischen Universität München sowie den Universitäten in São Paulo und Porto, Promotion 2001 an der Universität Stuttgart. Ab 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen, von 2001 bis 2004 Gruppenleiter der Abteilung Hygrothermik, von 2004 bis 2011 Leiter der Abteilung Raumklima. Seit 2009 Professur Bauphysik und Energieeffizientes Bauen an der Hochschule München. Seit 2011 Leiter des Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (FIW München), ab 2014 Vorstandsvorsitzender der Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e. V. (GRE).



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5	5	Was haben 40 Jahre energiesparendes Bauen bewirkt?	12
2	Erstes Gesetz und erste Verordnung	5	6	Fazit und Ausblick	14
2.1	Inhalt	5			
2.2	Fachliche Grundlage	5			
3	Laufende Veränderungen und Folgen	7	7	Literatur	14
4	Aktuelle Situation	8			
4.1	Energieeinsparungsgesetz des Bundes (EnEG)	8			
4.2	EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)	9			
4.3	Klimaschutzplan 2050	11			

1 Einleitung

Die Wärmeschutzverordnung, deren erste Fassung im Jahre 1977 in Kraft getreten ist, war eine Reaktion der Bundesregierung auf die Energiekrise, welche uns 1973 „kalt“ erwischt hatte. Wie erinnerlich, mussten wir damals an gewissen Tagen unsere Fahrzeuge am Straßenrand stehen lassen; es herrschte Verkehrsverbot. Schnell wurde erkannt, dass nicht nur die Verkehrsströme, sondern auch unsere Gebäude viel Energie verbrauchen. Dieser hohe Energieverbrauch sollte durch die Wärmeschutzverordnung reduziert werden.

Der Wärmeschutzverordnung 1977 ging das Energieeinspargesetz aus dem Jahr 1976 voraus. Es war die Basis dafür, dass die Bundesregierung Energieeinsparverordnungen erlassen durfte, allerdings nur mit Zustimmung des Bundesrates. Energetische Vorschriften gingen hierdurch in Bundeskompetenz über. Vor dem Jahr 1976 lagen wärmeschutztechnische Regeln ausschließlich in der Kompetenz der Länder, die aufgrund der Landesbauordnungen über Einführungserlässe und ergänzende Bestimmungen gewisse Normen (z. B. die DIN 4108) ganz oder in Teilen öffentlich rechtlich verbindlich machen konnten. Privatrechtlich konnte man aufgrund von Architekten- oder Werkverträgen über die öffentlich rechtlichen Anforderungen hinausgehen, diese aber nicht „unterbieten“ [1]. Durch den Übergang von Länderkompetenz in Bundeskompetenz erhoffte man sich eine gewisse Vereinheitlichung der Energiesparvorschriften.

2 Erstes Gesetz und erste Verordnung

2.1 Inhalt

Das relativ kurz gehaltene Energieeinspargesetz (EnEG) von 1976 ist ein reines Ermächtigungsgesetz [2]. Es ermächtigt die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates Rechtsverordnungen über energetische Anforderungen zu erlassen, die

1. nach dem Stand der Technik erfüllbar und
2. für Gebäude gleicher Art und Nutzung wirtschaftlich vertretbar sind. Anforderungen gelten dann als wirtschaftlich vertretbar, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Bei bestehenden Gebäuden ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer zu berücksichtigen.

Im EnEG sind somit klare Vorgaben gemacht. Die Bedingung 1 ist eigentlich trivial. Bedingung 2 hingegen knüpft die Anforderung an wirtschaftliche Kriterien, die von einer Fülle von Einzelparametern abhängen [3]. Bis zum heutigen Tag kann es nämlich strittig sein, ob Energieeinsparmaßnahmen baulicher oder anlagentechnischer Art vorzuziehen sind [4].

Die erste Fassung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) [5] definiert zunächst den Anwendungsbereich,

der sich von Wohn-, Büro- und Verwaltungsgebäuden, über Schulen, Krankenhäuser, Geschäftshäuser und ähnliche Gebäude erstreckt, die auf mindestens 19 °C Innenlufttemperatur beheizt werden. Derartige Gebäude besitzen im Sinne der Verordnung „normale“ Innenlufttemperaturen. Demgegenüber bezeichnet man Gebäude mit Innenlufttemperaturen zwischen 12 °C und 19 °C über jährlich mehr als 4 Monate lang als „niedrig beheizt“. Ferner werden noch Gebäude erfasst, die jährlich mehr als 3 Monate eine Innenlufttemperatur von mindestens 15 °C aufweisen, wobei Kirchen und Behelfsgebäude (wie z. B. Traglufthallen) ausgenommen sind.

Für diese Gebäudearten schreibt die WSVO eine Begrenzung von jeweils zwei Arten von Energieverlusten vor, nämlich

1. Wärmeverluste durch die Gebäudehülle (Außenwände, Fenster, Dächer, Böden).
2. Wärmeverluste durch Undichtheiten (Luftaustausch über Fugen von Fenstern bzw. sonstige Fugen oder übermäßigen Luftwechsel).

Die Transmissionswärmeverluste werden anhand des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten k_m der Gebäudehülle fixiert. (Der Buchstabe k ist später durch U ersetzt worden, sodass man heute vom mittleren U -Wert U_m spricht.)

Für die Erfassung der Lüftungswärmeverluste wird der Fugendurchlasskoeffizient a herangezogen. Die Autoren *Ehm* und *Gertis* [6] geben einen Überblick über die damaligen Ansätze.

2.2 Fachliche Grundlage

Die fachlichen Grundlagen für die erste WSVO sind in der Arbeit *Gertis* [7] ausführlich dargelegt worden. Aus dieser Publikation ging hervor, dass nicht nur der Wärmedurchgang durch die Gebäudehülle und deren Luftdichtheit, sondern auch der Form des Gebäudes selbst eine große Bedeutung zukommt. Zur Verdeutlichung des Einflusses der Gebäudeform, speziell der Grundrissform, ist in Bild 1 schematisiert der hufeisenförmige, mit rippenartigen Vorsprüngen versehene Grundriss eines zweigeschossigen Vielraumgebäudes in Pavillonbauweise wiedergegeben, das in drei Bauabschnitten mit jeweils drei gleichen Gebäudeteilen von ca. 70 m Länge errichtet wurde. Demgegenüber stellt Bild 2 ein etwa um den Faktor 1000 kleineres, rotationssymmetrisches Konstruktionsteil aus dem Bereich des Maschinenbaus dar, nämlich den Zylinder eines Verbrennungsmotors. Zur Abfuhr der nicht in mechanische Arbeit umsetzbaren Verbrennungsenergie, die dem Zylindermaterial schaden würde, ist der Zylinder ringsum mit Kühlrippen versehen. Wie ein Vergleich der Bilder 1 und 2 zeigt, weist der Gebäudegrundriss und der Motor-Zylinder eine geradezu frappierende, geometrische Ähnlichkeit auf: Die rippenförmigen Vorsprünge bewirken in beiden Fällen eine verstärkte Wärmeabfuhr; beim Zylinderblock ist sie erwünscht, beim Gebäude wirkt sie „energieverschwenderisch“.

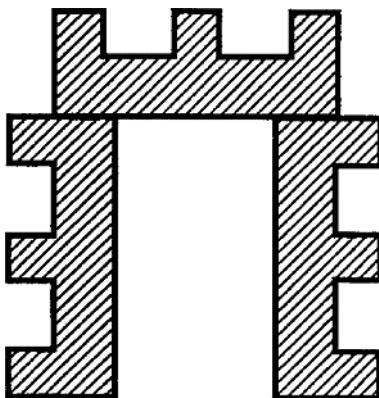


Bild 1. Schematisierter Grundriss eines zweigeschossigen Vielraumgebäudes in Pavillonbauweise. Das Bauwerk besteht aus drei unter sich jeweils gleichen Teilen, die in drei Bauabschnitten erstellt wurden. Die Länge der Gebäudeteile beträgt ca. 70 m.

Man sollte deshalb bei der Planung von Bauwerken prüfen, ob die meist mit tageslichttechnischen Überlegungen motivierte „Grundriss-Verästelung“ wirklich notwendig ist.

Zur Erfassung der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle wird ein mittlerer Wärmedurchlasskoeffizient U_m herangezogen, in den die U-Werte und Flächen der jeweiligen Außenteile, wie folgt, eingehen:

$$U_m = \frac{U_W \cdot A_W + U_F \cdot A_F + 0,5 \cdot U_K \cdot A_K + 0,8 \cdot U_D \cdot A_D}{A} \quad (1)$$

mit

U Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)
A Bauteilfläche

Indices:

W Wand

F Fenster

K Keller

D Dach

Der Einfluss der Wärmeströme durch Keller- und Dachflächen ist in Gl. (1) mit den Faktoren 0,5 bzw. 0,8 gewichtet worden, weil wegen der in Keller- bzw. Speicherräumen vorhandenen – gegenüber der Außenluft – höheren Lufttemperaturen dorthin geringere Wärmemengen fließen. Bei nicht mit Speicherräumen ausgestatteten Flachdächern wirkt sich die ganztägige Beleuchtung energieverbrauchsenkend aus, sodass auch hierbei der Faktor 0,8 gerechtfertigt erscheint.

Die gesamten Transmissionswärmeverluste eines Bauwerks ergeben sich mithilfe des U_m -Wertes aus folgender Gleichung:

$$Q = U_m \cdot A \cdot \Delta\vartheta \quad (2)$$

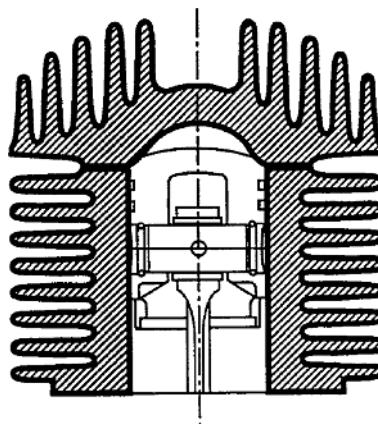


Bild 2. Schnitt durch den Zylinder eines Verbrennungsmotors (Zylinderlänge: 70 bis 80 mm). Um die nicht in mechanische Arbeit umsetzbare Wärmeenergie möglichst rasch an die Umgebung zu übertragen, ist der Zylinder ringsum mit Kühlrippen versehen.

Bringt man die treibende Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ auf die linke Seite der Gl. (2) und teilt beide Gleichungsseiten durch das von der Gebäude-Hüllfläche A umschlossene Baukörpervolumen V, so erhält man

$$\frac{Q}{V \cdot \Delta\vartheta} = U_m \cdot \frac{A}{V} \quad (3)$$

wobei A/V den bereits bei Bild 1 erwähnten Einfluss der Baukörperform wiederspiegelt. Würde man nun nach dem Gleichheitsgrundsatz fordern, dass unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung bei allen in Deutschland umgebauten Volumina – auf das Grad Temperaturdifferenz bezogen – derselbe Energieverbrauch zuzulassen sei (Forderung $Q/V \cdot \Delta\vartheta = \text{konst}$), so ergäbe sich hieraus gemäß Gl. (3):

$$U_m \cdot \frac{A}{V} = \text{konst.} \quad (4)$$

In der Darstellung von Bild 3 mit U_m als Ordinate und A/V als Abszisse beinhaltet Gl. (4) eine Hyperbel, die als gestrichelte Kurve eingetragen ist.

Es erhebt sich die Frage, ob die Forderung nach Gleichheit des je Kubikmeter beheizten Bauwerksvolumens und je Grad Temperaturdifferenz vorhandenen Wärmeverlustes praktisch realisiert werden kann. Um dies zu klären, wurde eine Vielzahl praktischer Bauobjekte überprüft, die nach den bisherigen wärmetechnischen Vorschriften errichtet worden waren (Einzelpunkte innerhalb des schraffierten Bereiches von Bild 3). Es zeigt sich hierbei eine eindeutige, in Richtung zunehmender A/V-Werte abfallende Verlaufstendenz. Hochhäuser bzw. kompakte Bauten besitzen relativ kleine A/V-Werte, Einfamilienhäuser liegen im Wertebereich um $A/V \approx 1,0$; dazwischen kommen Reihenhäuser und pavillonähnliche Bauten zu liegen. Der dem in Bild 1 erläuterten Pavillonbau entsprechende Punkt $A/V = 0,55 \text{ m}^{-1}$, $U_m = 1,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ fällt nicht in

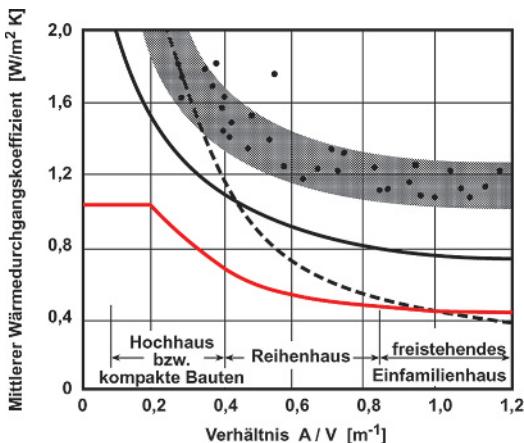


Bild 3. Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient um von Gebäuden in Abhängigkeit des Verhältnisses A/V, wobei A – wärmetauschende Hüllfläche eines Gebäudes, V – das durch die Hüllfläche A eingeschlossene Bauwerksvolumen; Schraffierter Bereich (mit Punkten): u_m -Verlauf, ermittelt anhand zahlreicher Gebäude, die nach den bisherigen wärmetechnischen Vorschriften errichtet worden waren (status quo ante); Gestrichelte Kurve (hyperbolischer Verlauf): diese Kurve entspricht der Forderung nach Gleichheit des pro m^3 umgebauten Raumes und der pro Grad Temperaturdifferenz vorhandenen Wärmeverluste ($Q/V \cdot \Delta\vartheta = \text{konst}$); Ausgezogene Kurve (schwarz): künftige Sollkurve für energieökonomisches Bauen, wie sie damals in den Fachgremien diskutiert worden ist; Ausgezogene Kurve (rot): Anforderungsniveau in der Fassung der Wärmeschutzverordnung von 1995

den schraffierten Bereich; dieses Bauwerk verhält sich energieökonomisch ungünstiger als das Gros der herkömmlichen Bauten.

Vergleicht man die nach dem Grundsatz „Gleichheit des Wärmeverbrauchs“ ermittelte, gestrichelte Hyperbel-Kurve mit dem schraffierten Bereich, so er sieht man, dass die Erfüllung dieser Forderung vom Einfamilienhausbau eine enorme Einsparungsanstrengung abverlangen würde, während im Hochhausbau so ziemlich alles beim Alten bleiben könnte, was zweifellos ungerecht wäre und zu einer starken Behinderung, wenn nicht sogar zur völligen Einstellung des Einfamilienhausbaus führte. Hieraus folgt, dass man in der Praxis den frei stehenden, kleineren Bauwerken einen höheren volumenbezogenen Wärmeverbrauch zubilligen muss und nicht nach dem erläuterten Gleichheitsgrundsatz der Hyperbel-Kurve verfahren kann. Wenn – gegenüber dem Status quo ante – eine Energieeinsparung erzielt werden soll, muss die „reale“ Sollkurve sicherlich unterhalb des schraffierten Bereiches liegen. Sie kann aber andererseits aus den vorgenannten Gründen im Einfamilienhausbau (bei großen A/V-Werten) nicht so niedrige U_m -Werte beinhalten, wie sie der gestrichelten Kurve entsprächen. Einen damaligen Vorschlag für eine anwendbare U_m -Limitierung stellt

Tabelle 1. Chronologie deutscher Gesetze und Verordnungen, die energetische Belange berühren

Jahr	Verordnung	Jahr	Verordnung
1976	1. EnEG	2001	BioMV
1977	1. WSVO		4. WSVO
1977	3. SchornFG		3. EnEG
1978	1. HeizAV		1. EnEV
1980	2. EnEG	2004	2. EnEV
1982	2. WSVO	2005	3. EnEG
	2. HeizAV	2007	3. EnEV
1984	1. HeizKV	2008	3. HeizKV
1989	2. HeizKV		1. EEWärmeG
	3. HeizKV	2009	5. EnEG
1994	4. HeizAV		4. EnEV
	3. WSVO		2. BioMV
1998	5. HeizAV		2. EEWärmeG
1999	BimSchV	2011	3. EEWärmeG
2000	KWKG	2013	6. EnEG
			5. EnEV
		2016	6. EnEV

die ausgezogene Kurve dar. Sie beruht auf praktischem Ermessen und wird von 1977 an, laufenden Veränderungen bzw. Verschärfungen unterworfen.

3 Laufende Veränderungen und Folgen

Das Energieeinspargesetz (EnEG) und die Wärmeschutzverordnung (WSVO) haben in den vergangenen 40 Jahren viele Veränderungen, Überarbeitungen und Verschärfungen erfahren. Ab 2001 ging die WSVO in die Energieeinsparverordnung (EnEV) über. Tabelle 1 zeigt die deutschen Gesetze und Verordnungen auf, die energetische Belange berühren und wie sie chronologisch im Laufe der letzten 40 Jahre verändert worden sind. Es handelt sich um:

EnEG	Energieeinspargesetz
WSVO	Wärmeschutzverordnung
SchorFG	Schornsteinfegergesetz
HeizAV	Heizungsanlagenverordnung
HeizKV	Heizkostenverordnung
BimSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BioMV	Biomasseverordnung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EEWärmeG	Erneuerbare Energie-Wärmegesetz

Tabelle 2. Jahre, in denen einschlägige Gesetze, Verordnungen, Normen und EU-Richtlinien erschienen sind bzw. fortgeschrieben oder geändert worden sind. Chronologie deutscher Gesetze und Verordnungen, die energetische Belange berühren

EnEG	1976, 1980, 2001, 2005, 2009, 2013
WSVO	1977, 1982, 1994, 2001
EnEV	2001, 2004, 2007, 2009, 2013, 2016, 2021
DIN 4108	1952, 1960, 1969, 1974, 1975, 1981, 1982, 1991, 1995, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2010, 2011, 2013, 2015, 2016
EU-Richtlinien	1992, 1993, 2002, 2006, 2009, 2010, 2012

Die geradezu unglaublich große Zahl von Beeinflus- sungen und Veränderungen wird besonders deutlich, wenn man sich gemäß Tabelle 2 vergegenwärtigt, wie oft in diesen 40 Jahren allein das EnEG, die WSVO bzw. die EnEV, die DIN 4108 und die energiebezogenen EU-Richtlinien verändert wurden. Vom EnEG gibt es 6 Versionen, die WSVO wurde bis 2001 vier- mal verändert und ging dann in die EnEV über, die bis zum heutigen Tag siebenmal verändert wurde. Die DIN 4108 erfuhr – vom Ausgangszustand 1952 an – bis dato 20 Anpassungen und seitens der EU erschienen 7 Richtlinien, die sich mit energetischen Fragen befasst haben. Weiterhin erschien auf dem Energiesektor eine Reihe von

- Bundestagsdrucksachen,
- ministeriellen Verlautbarungen von Bundes- und Länderministerien (Verwaltungsvorschriften, Durchführungsverordnungen, Hinweise und Bekanntmachungen von Stoffwerten, letztere mehr als 100),
- Durchführungsbestimmungen von 16 Bundes- ländern,
- Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bau- technik (DIBt), Bauregellisten,
- Merkblätter von Verbänden, Vereinigungen, Arbeitsgemeinschaften und Agenturen,
- Privatpublikationen.

Die Anzahl der energiebezogenen Publikationen ist zu einer wahrlichen „Lawine“ angewachsen, die schließ- lich zwei Standardwerke veranlasste, nämlich die Bü- cher von *Hegner, Volger* [8] und von *Eschenfelder, Merkschien* [9], in welchen der gesamte Energieeinspar- Sachverhalt bis zum Jahr 2002 und bis 2015 umfassend dargestellt wird. Zu ergänzen ist, dass die Baustoff- industrie und die Produzenten von Heizungs-, Lüf- tungs- und Klimaanlagen in diesen 40 Jahren auch viele neue Baumaterialien und Anlagenkomponenten ent- wickelt haben, die wesentlich zur Energieeinsparung beitragen.

Fasst man die 40-jährige Entwicklung zusammen, so ist festzustellen, dass in diesem Zeitraum

- 26 deutsche Normen [10] bis [35] und

– 34 europäische bzw. internationale Normen und Richtlinien [36] bis [69] entstanden, fortgeschrieben oder angepasst worden sind. Das Echo, welches die damalige Energiekrise ausgelöst hat, war gewaltig. Auf keinem anderen Sektor des Verwaltungsrechts und des bürgerlichen Rechts dürften jemals derartig vielfältige Reaktionen in ei- nem 40-jährigen Zeitraum ausgelöst worden sein. Die Vielzahl der Gesetze und Verordnungen ist offensichtlich auch dem Gesetz- und Verordnungsgeber selbst zu groß und zu unübersichtlich geworden. Deshalb hat er alle einschlägigen Gesetze und Verordnungen in ei- nem Gesetz, dem sogenannten Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengefasst, von dem im Januar 2017 ein erster Entwurf vorgestellt wurde.

Allerdings war diese 40-jährige Entwicklung auch von Kritik, Streit, Einwänden und polemischen Äußerun- gungen begleitet, die natürlich wiederum Gegendarstellun- gen und Widerlegungen hervorriefen. Die Publikatio- nen [70] bis [107] verdeutlichen diesen Streit. Er be- gann mit der Publikation [70] „Mit verbundenen Au- gen auf dem falschen Dampfer“ und gipfelte in der polemischen Äußerung [85] „Dieser Krampf mit dem k-Wert“. Durch vielfache Richtigstellungen (vgl. z. B. [71, 81, 97, 99] und [107]), in die sich auch das Bundes- bauministerium eingeschaltet hatte [83], sind sämtliche Einwände widerlegt worden. Trotzdem waren auch in jüngster Zeit wieder Fernsehsendungen zu sehen, welche die alten Gegenargumente gegen das Energiespa- ren „aufwärmten“; sie basierten offensichtlich auf ein- seitigen bzw. schlampigen Recherchen. Jeder hat in un- serem Land das Recht auf eine eigene Meinung. Er muss diese dann auch begründen. Er hat aber nicht das Recht, sich „eigene“ Fakten zurechtzimmern, denn die Fakten der Energieeinsparung unterliegen den Gesetzen der Bauphysik und Physik ist eine Wiss- senschaft, welche durch die Natur festgelegt ist. Soge- nannte „postfaktische“ Darlegungen haben hier nichts verloren.

4 Aktuelle Situation

4.1 Energieeinsparungsgesetz des Bundes (EnEG)

Das EnEG zielt bis heute darauf ab, in Gebäuden Energie zu sparen und nur so viel Energie zu verbrauchen, wie jeweils notwendig ist, um das Gebäude zweckdien- lich zu nutzen. Es hatte schon in der ersten Fassung insbesondere den Wärmeschutz der Gebäudehülle so- wie die effiziente Anlagentechnik und deren Betrieb im Visier.

Die Fortentwicklung der Energieeffizienz im Gebäu- debereich hat dazu geführt, dass sich innerhalb der letzten 30 Jahre, wie aus Bild 4 hervorgeht, die Bi- lanzgrenzen ständig erweitert haben. Die Anforderun- gen an das energiesparende Bauen sind im Laufe der Jahre immer komplexer geworden. Während die ers- te Wärmeschutzverordnung 1977 noch mit einem Um-

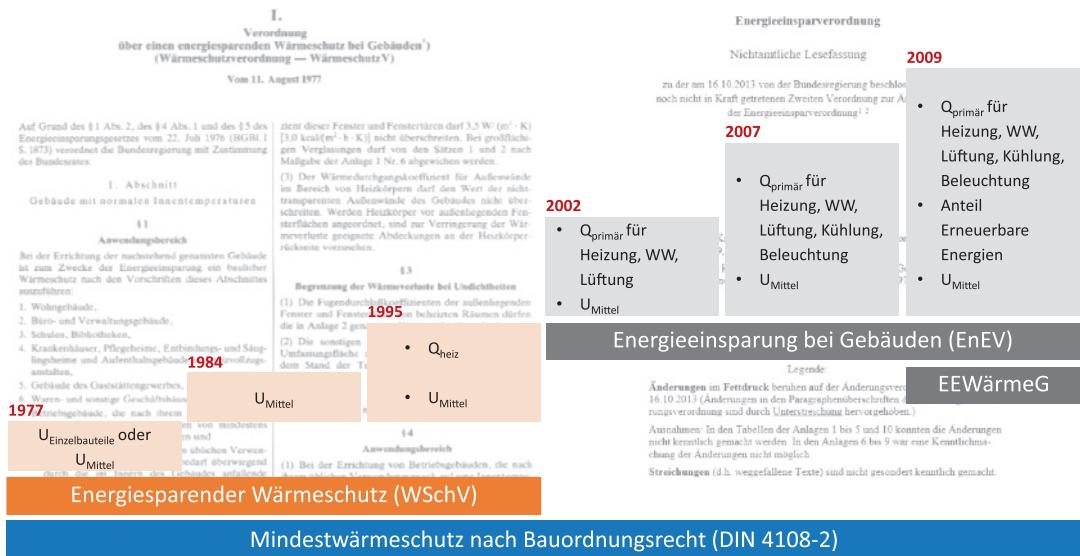


Bild 4. Zeitliche Entwicklung der Anforderungen und des Bewertungsumfangs an das energieparende Bauen in Deutschland seit 1977 durch Einführung des Energieeinspargesetzes im Jahr 1976. Im Laufe der verschiedenen Anpassungen der WSchV bzw. EnEV wurde das System immer komplexer.

fang von etwa 10 Seiten auskam, um die Anforderungen und Nachweismethode zu definieren, erweiterten sich im Laufe der mittlerweile sieben Novellierungen sowohl der Umfang der Anforderungen und des Nachweises als auch die Komplexität der Bewertungsmethode. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Gesetzgebung zum Integrierten Energie- und Klimapaketes (IEKP) im Jahr 2007 ergänzende Anforderungen in einem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz fixiert, die nur begrenzt auf die Anforderungen der Energieeinsparverordnung abgestimmt waren. Parallel zu den Veränderungen in den Anforderungen haben die dazu notwendigen technologischen Entwicklungen auch unsere Gebäude in den letzten Jahrzehnten verändert. Mit den steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden sind in den letzten Jahrzehnten leistungsfähige Materialien für den Wärmeschutz entstanden, die Anwendungsbereiche ausgeweitet und neue Verarbeitungstechniken entwickelt worden. Die energetische Qualität der Gebäude ist seit der Wärmeschutzverordnung Ende der 1990er Jahre deutlich gestiegen und inzwischen um ein Vielfaches besser als die von Vor- und Nachkriegsaltbauten. Tabelle 3 zeigt, wie sich im Laufe der verschiedenen Novellierungen der WSchV bzw. EnEV die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz einzelner Bauteile geändert haben. In den letzten Jahren konnte sich die sogenannte Niedrigenergiebauweise als Mindeststandard bundesweit durchsetzen und bestimmt somit den Stand der Technik.

4.2 EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)

Die europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2002/91/EG) ist das Hauptinstrument der EU zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand. In Vorbereitung der Kopenhagener Klimaschutzkonferenz vereinbarten die EU-Mitgliedsstaaten verbindlich, die EU-Richtlinie zur Energieeffizienz von Gebäuden in Europa zu verschärfen. Die europäische Gebäuderichtlinie (2010/31/EU) trat 2010 in Kraft. Artikel 9 der Neuauflage der EU-Gebäuderichtlinie fordert, dass „die Mitgliedsstaaten gewährleisten, dass bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigenergiegebäude, sog. Fast-Null-Energie-Gebäude (Nearly Zero Energy Buildings – NZEB), sind [111]. Für neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, muss dieses schon nach dem 31. Dezember 2018 gelten. Ein Niedrigenergiegebäude ist laut Artikel 2 der Neuauflage der EU-Gebäuderichtlinie definiert als „ein Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden“. Wie viel Energie so ein Gebäude verbrauchen kann, welche erneuerbaren Energiequellen erlaubt sind und in welcher Nähe zum Gebäude die Energie erzeugt werden muss, muss noch in den Mitgliedsstaaten und in den EU-Institutionen diskutiert werden. Es wird nationale Definitionen von Niedrigenergiegebäuden in jedem Land geben.

Tabelle 3. Zeitliche Entwicklung der Wärmedurchgangskoeffizienten für die Bauteile der Gebäudehülle in Abhängigkeit der verschiedenen Wärmeschutz- und Energieeinspar-Verordnungen

Bauteile	Bis 1977 k_{\max} in W/(m ² ·K)	Wärmeschutzverordnung					Energieeinsparverordnung					
		1978		1984		1995	2002	2007	2009		2014/2016	
		K _{max} in W/(m ² ·K)					U _{max} in W/(m ² ·K)					
		Neubau	Neubau	Bestand	vereinfacht	Bestand	Bestand	Bestand	Referenzgebäude	Bestand	Referenzgebäude	Bestand
Steildach und Flachdach	2,6–1,0	0,45	0,45	0,45	0,22	0,3	0,3 0,25 *)	0,3 0,25 *)	0,2	0,24 0,2 *)	0,2	0,24 0,2 *)
Geschossdecke (beheizter Raum gegen unbeheiztes DG)	2,1–0,8	0,8	0,3	0,45	0,22	0,3	0,4–0,5	0,4–0,5	0,2	0,24	0,2	0,24
Außenwand (beheizter Raum gegen Außenluft)	2,0–1,1	K _{m,W+F} ≤ 1,45–1,75	K _{m,W+F} ≤ 1,20–1,50	0,6	0,5	0,40–0,50	0,45–0,35	0,45–0,35	0,28	0,24	0,28	0,24
Fenster		1,9–3,5	Doppel- od. Isolierverglasung	3,1	K _{m,Freq} ≤ 0,70	1,8	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3	1,3
Kellerdecke (beheizter Raum gegen unbeheizten Keller)	1,8–0,8	0,8	0,55	0,7	0,35	0,5	0,4–0,5	0,4–0,5	0,35	0,3	0,35	0,3
Perimeter (beheizter Keller gegen Erdreich)	2,0–1,1	0,9	0,55	0,7	0,35	0,5	0,4–0,5	0,4–0,5	0,35	0,3	0,35	0,3

*) Dachflächen mit Abdichtung

Tabelle 4. Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts nach EnEV 2016 (Anlage 1, Tabelle 2)

Zeile	Gebäudetyp		Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts	
1	Freistehendes Wohngebäude		mit A _n ≤ 350 m ² H' _T = 0,40 W/(m ² ·K)	
			mit A _n > 350 m ² H' _T = 0,50 W/(m ² ·K)	
2	Einseitig angebautes Wohngebäude			H' _T = 0,45 W/(m ² ·K)
3	Alle anderen Wohngebäude			H' _T = 0,65 W/(m ² ·K)
4	Erweiterung und Ausbauten von Wohngebäuden			H' _T = 0,65 W/(m ² ·K)

In Deutschland wird die EU-Gebäuderichtlinie in Form des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG), welches die gesetzliche Grundlage schafft, und der Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. In der derzeit gültigen EnEV müssen neu zu errichtende Gebäude neben der Primärenergieanforderung auch gewisse Vorgaben an den baulichen Wärmeschutz erfüllen [112]. Dies wird durch den auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissions-

wärmeverlust H'_T beschrieben. In Bild 5 ist die zeitliche Entwicklung der Nebenanforderung H'_T als Funktion des sogenannten A/V_c-Verhältnisses (Hüllfläche/beheiztes Volumen) für die verschiedenen WSchV- bzw. EnEV-Ausgaben grafisch gegenübergestellt. Seit 2009 gelten Werte der Tabelle 4 aus der EnEV-Anlage 1. Seit der Version 2016 kam zusätzlich die Anforderung H'_T ≤ H'_{T,Ref} hinzu.

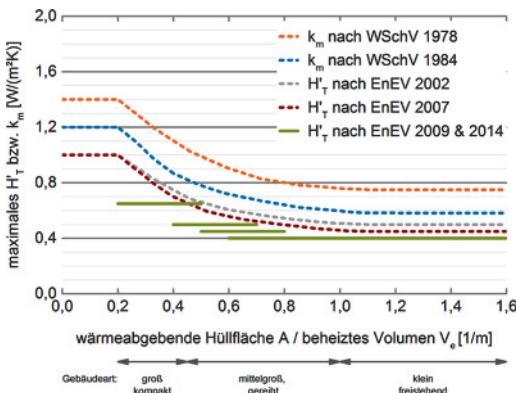


Bild 5. Zeitliche Entwicklung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz der Gebäudehülle. Bis zur Einführung der EnEV 2002 musste der Wärmeschutz in Form eines mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten k_m nachgewiesen werden. Die Einführung der EnEV im Jahr 2002 führte zu einer Umstellung auf die vergleichbare Größe spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_T . Bis zum Jahr 2009 wurde der benötigte Wärmeschutz der Gebäudehülle in Abhängigkeit des A/V_e Verhältnisses begrenzt. Seit 2009 gelten die Anforderungen an H'_T entsprechend den Tabellenwerten der EnEV. Hier wird nur zwischen Gebäudetypen unterschieden. Diese sind im Diagramm für die typischen Bereiche von A/V_e eingezzeichnet. Mit Einführung der EnEV 2016 gilt zusätzlich die Anforderung $H'_T \leq H'_{T,Ref}$ hinzu (PIW München 2016).

Ab dem 13. Juli 2013 trat die geänderte Version des Energieeinsparungsgesetzes EnEG 2013 in Kraft. Wichtigste Änderungen sind entsprechend der Novelle der EU-Gebäuderichtlinie der gesetzlich vorgeschriebene Niedrigstenergie-Gebäudestandard für öffentliche Gebäude ab 2019 und alle weiteren Neubauten ab 2021, die Kontrolle von Energieausweisen und Inspektionsberichten und die Änderung der Energieeinsparverordnung.

Nun steht die nächste Stufe der nationalen Umsetzung der europäischen Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) an [112]. Dazu sollen das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) strukturell

neu konzipiert und in einem Regelungswerk zusammengeführt werden (Bild 6). Ziel ist ein aufeinander abgestimmtes Regelungssystem für die energetischen Anforderungen an Neubauten, an Bestandsgebäude und an den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung. Das künftige „Energieeinspargesetz Gebäude“ setzt die neu gefasste EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden um. Unklar ist derzeit noch, wie die nationale Definition des Niedrigstenergiegebäude aussehen wird. Angedacht ist, dass zukünftige Gebäude um 45 % effizienter sind als Gebäude die bis Ende 2015 errichtet wurden. Das würde dem heutigen KfW-Effizienzhaus 55-Standard entsprechen.

4.3 Klimaschutzplan 2050

Im Klimaschutzplan 2050 (KSP) [113] der deutschen Bundesregierung werden die geplanten nationalen Klimaschutzmaßnahmen zur Umsetzung des Übereinkommens von Paris 2015 beschrieben. Er soll für den Prozess zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele im Einklang mit dem Pariser Abkommen inhaltliche Orientierung geben und zwar: in der Energieversorgung, im Verkehrs- und Gebäudebereich, in der Landwirtschaft, in der Abfallwirtschaft, in der Industrie sowie bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Klimaschutzpolitik der Bundesregierung muss dabei auch soziale und wirtschaftliche Anforderungen – wie sie beispielsweise im „Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen“ im Vordergrund stehen – berücksichtigen.

Der Beitrag des Gebäudebereichs auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft Mitte des 21. Jahrhunderts basiert auf der Strategie „klimafreundliches Bauen und Wohnen“ der Bundesregierung (Klima-Aktionsprogramm 2020). Diese hat zum Ziel, nahezu klimaneutrale Städte und Gemeinden bis zum Jahr 2050 zu realisieren und dabei die Lebensqualität weiter zu verbessern. Hierfür greift die Strategie „klimafreundliches Bauen und Wohnen“ auch die Ergebnisse der „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ (ESG) und des „Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen“ auf.

Im Klimaschutzplan 2050 ist vorgesehen, dass die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich bis 2030

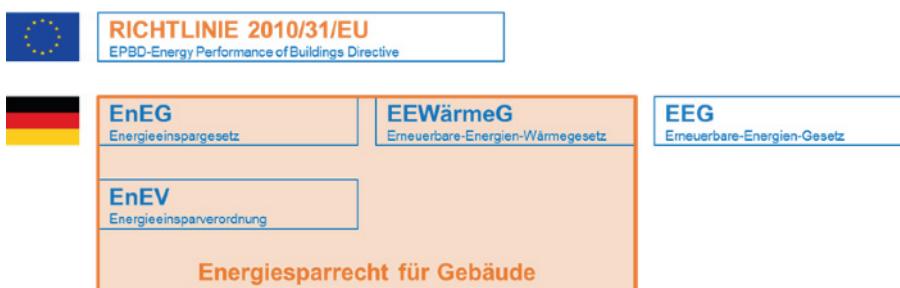


Bild 6. Zusammenhang zwischen dem zukünftigen Energiesparrecht für Gebäude und EU Richtlinie 2010/31/EU

Tabelle 5. Klimaschutzplan der Bundesregierung vom 14.11.2016. Formulierte Zielsetzungen für den Gebäudebereich bis 2050 [113]

Ziel bis	2021	2030	2050
Gebäudestandard/ Primärenergie-Bedarf	Niedrigstenergie- Gebäudestandard (EU)	« EFH 55 $(Q_p/Q_{p,REF} = 0,55 \text{ H}'_{T}/H'_{T,REF} = 0,70)$	40 kWh/(m ² ·a) (Wohn-) Gebäudebestand 52 kWh/(m ² ·a) Nichtwohngebäude
Primärenergie			-80 % (gegenüber 2008)
CO ₂ -Emission		70–72 Mio t CO ₂ -Äquivalente	nahezu klimaneutral

auf 70 bis 72 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent gemindert werden. In Tabelle 5 sind die Ziele des KSP 2050 für den Gebäudebereich zusammengefasst. Der Klimaschutzplan 2050 fordert, um langfristig einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, für die bis 2030 zu errichtenden Neubauten das energetische Anforderungsniveau, bezogen auf den Endenergiebedarf für Wohngebäude, auf einen Wert deutlich unterhalb des heute geförderten Effizienzhaus 55-Standards (EH 55) weiterzuentwickeln. Für den (Wohn-) Gebäudebestand besteht das Ziel, den Primärenergiebedarf bis 2050 auf knapp 40 kWh/(m²·a) zu reduzieren, für Nichtwohngebäude auf einen mittleren Wert von 52 kWh/(m²·a). Dieser soll überwiegend aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Das geltende Wirtschaftlichkeitsgebot wird dabei nicht infrage gestellt. Soweit ein solches Anforderungsniveau nicht wirtschaftlich darstellbar ist, müsste ein entsprechender Deckungsfehlbetrag durch Förderung ausgeglichen werden. Als weitere Anforderung kommt hinzu, dass der Energieaufwand für die Herstellung und beim Recycling von Bauwerken bis 2030 bestmöglich minimiert wird. Dabei sind Auswirkungen auf Ökologie, Ökonomie und Gesundheit ebenfalls zu berücksichtigen [113]. Diese ambitionierten Ziele bieten der Industrie im Bereich des baulichen Wärmeschutzes die Chance, mit ihren innovativen Produkten und Lösungen den Energieverbrauch weiter zu senken.

5 Was haben 40 Jahre energiesparendes Bauen bewirkt?

Die erste Wärmeschutzverordnung und die in den späteren Jahren erfolgten Anpassungen sowie die Einführung der EnEV 2002 haben in Deutschland den Neubau nachhaltig beeinflusst. Die energetische Qualität der Gebäude ist seither deutlich gestiegen und inzwischen um ein Vielfaches besser als die von Vorrund Nachkriegsaltbauten. In Bild 7 ist der Endenergiebedarf des Gebäudebestands in Deutschland für die Teilbedarfe „Trinkwassererwärmung“, „Transmissionswärmeverbedarf“ und „Lüftungswärmeverbedarf“ aufgeschlüsselt. Während der Transmissionswärmeverbedarf in Gebäuden ab 1984 bis heute deutlich reduziert werden konnte, bleibt der Trinkwasserwärmeverbedarf auf einem verhältnismäßig konstanten Niveau. Effi-

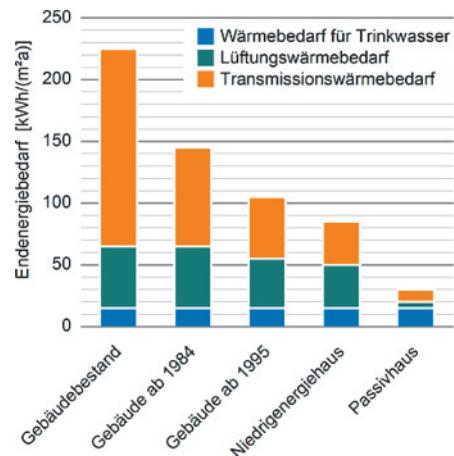


Bild 7. Endenergiebedarf des Gebäudebestands in Deutschland mit Unterscheidung nach Art des Bedarfs (FIW München 2012)

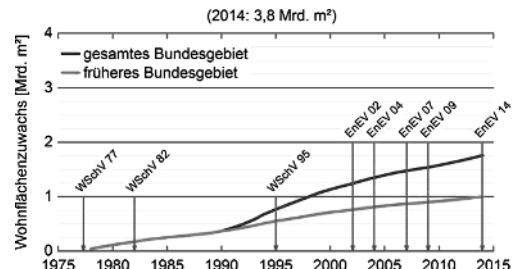


Bild 8. Zunahme der Wohnfläche seit Einführung des energiesparenden Bauens vor 40 Jahren (Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015)

zienzsteigerungen im Bereich der Trinkwassererwärmung durch die entsprechende Anlagentechnik werden durch Mehrverbräuche aufgrund gestiegener Komfortansprüche ausgeglichen. Der Lüftungswärmeverbedarf ist erst in der Gebäudegruppe „Passivhaus“ deutlich reduziert, da hier durch die automatisiert geregelte Lüftung, verbunden mit Wärmerückgewinnungssystemen, gegenüber der manuellen Lüftung bei den anderen Gebäudestandards signifikante Effizienzsteigerungen erreicht werden.

In Bild 8 ist die Entwicklung der Wohnflächenzunahme seit Einführung der ersten WSchV zu sehen. Insgesamt sind rund 1,75 Mrd. m² Wohnfläche (ca. 40 % der gesamten Wohnfläche) seit 1978 gebaut worden. Den Einfluss der seit 1978 in Deutschland geltenden Verordnungen zum energiesparenden Bauen auf den Endenergieverbrauch für die Heizung von Wohngebäuden in Deutschland zeigt Bild 9. Hätte man seit 1977 sämtliche neu errichteten Wohngebäude ohne Verbesserungen im baulichen Wärmeschutz gebaut sowie an Bestandsgebäuden ausschließlich nicht energetische Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt, würde heute der jährliche Endenergieverbrauch im Wohngebäudebereich etwa 825 TWh betragen. Das heißt, die Einführung der WSchV 1977 mit den entsprechenden Anpassungen, bzw. die Einführung der EnEV 2002, spart bereits jetzt jährlich in etwa 250 TWh an Endenergie für Heizung und Warmwasser alleine im Wohnungsbau ein. Bezogen auf den Gesamtverbrauch an Endenergie in Höhe von ca. 2500 TWh sind das stolze 10 Prozent.

Trotz dieses großartigen Erfolges von 40 Jahren energiesparendem Bauen sind wir erst am Anfang; denn die eigentliche Herausforderung liegt im Bestand mit 18 Mio. Gebäuden. Vergleicht man die Gebäudebestandsverteilung mit dem entsprechenden energetischen Zustand der Gebäude, so stellt man fest, dass noch immer 65 Prozent der Gebäude in Deutschland sanierungsbedürftig sind. Ausgehend von einem technisch realisierbaren Einsparpotenzial ergibt sich im gesamten Gebäudebereich (Wohn- und Nichtwohngebäude) ein grob geschätzter Minderverbrauch von ca. 350 bis 400 TWh pro Jahr. Dann würde die aus erneuerbarer Energie erzeugte Energiebereitstellung schon heute ausreichen, um den Bedarf im Wohngebäudebestand zu decken.

Immer wieder werden die steigenden Anforderungen als Kostentreiber in Verruf gebracht. Die Diskussion um erhöhte Kosten durch steigende Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz ist nicht neu. Schon die Novellierung der Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 war für viele Experten der Endpunkt der Entwicklung. Trotzdem haben alle Novellierungen – stets unter zwingender Beachtung des Wirtschaftlichkeitsgebotes des EnEG – zum heutigen Stand der EnEV 2016 geführt. Möglich wurden diese wirtschaftlichen Anpassungen der Anforderungen u. a. durch stetige Innovation rund um das energieeffiziente Bauen.

Um nahezu 40 Prozent sind die Kosten bei Neubauten von Mehrfamilienhäusern in Deutschland seit dem Jahr 2000 gestiegen. Bei den reinen Baupreisen gab es im gleichen Zeitraum dagegen – wie bei den Lebenshaltungskosten auch – lediglich einen Anstieg von rund 27 Prozent. Die zusätzliche Kostensteigerung, die die Preisspirale beim Wohnungsneubau – und damit auch beim Wohnen – nach oben gedreht hat, ist nicht ausschließlich auf die gestiegenen Anforderungen des energiesparenden Bauens zurückzuführen. Bild 10 vergleicht die Gestehungskosten eines Mehrfamilienhaus-

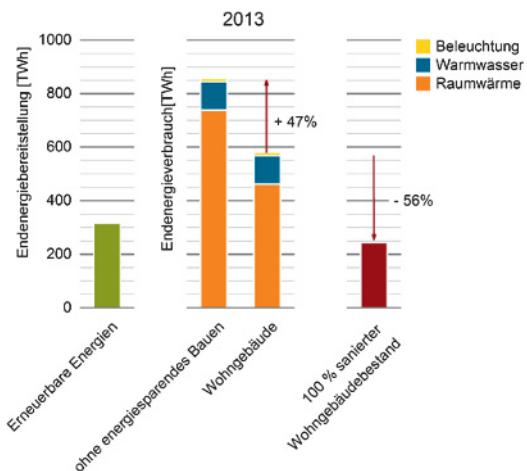


Bild 9. Bedeutung des energiesparenden Bauens und mögliches Einsparpotenzial (Sanierung aller Wohngebäude auf das Niveau der EnEV 09), im Vergleich zur Endenergiebereitstellung aus regenerativer Energie

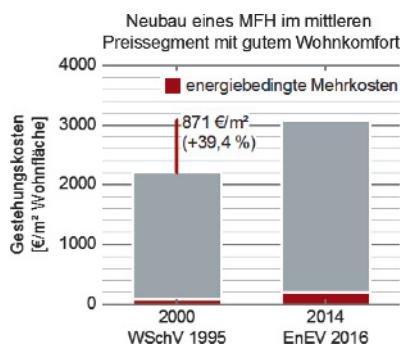


Bild 10. Vergleich der Gestehungskosten eines Mehrfamilienhausneubaus mit gutem Wohnkomfort, errichtet im Jahr 2000 (links), nach Anforderungen der damals gültigen Wärmeschutzverordnung WSchV 1995 und eines vergleichbaren Gebäudes, erbaut im Jahr 2014 (rechts), nach den Anforderungen der zukünftigen EnEV 2016. Die energiebedingten Mehrkosten sind dunkelrot dargestellt. Während die Gestehungskosten um 39,4 Prozent (+871 €/m²) gestiegen sind, haben sich, bedingt durch erhöhte energetische Anforderungen, die energiebedingten Mehrkosten um lediglich 100 €/m² erhöht. Das bedeutet, dass diese nur einen Anteil von 12,5 Prozent an der gesamten Kostensteigerung der Gestehungskosten seit dem Jahr 2000 zu verantworten haben (Kostentreiber für den Wohnungsbau, ARGE Kiel 2015).

neubaus mit gutem Wohnkomfort, errichtet im Jahr 2000 (links), mit den Anforderungen der damals gültigen Wärmeschutzverordnung WSchV 1995 und eines gleichgroßen Mehrfamilienhauses, erbaut im Jahr 2014 (rechts), nach den Anforderungen der zukünftigen EnEV 2016. Die Verschärfung der Anforderungen von der WSchV 1995 hin zu den derzeit gülti-

gen Anforderungen der EnEV 2016 sind für 12,5 Prozent der Gestehungskostensteigerung verantwortlich. Durch die Umsetzung der EnEV-Verschärfungen zum 1. Januar 2016 lassen sich weitere Kostenerhöhungen nicht vermeiden. Diese letzte Verschärfung der EnEV 2016 verteuerte die Gestehungskosten im Vergleich zur EnEV 2014 um 3,2 Prozent. Gleichzeitig wurde aber der Primärenergiebedarf um 25 Prozent reduziert. So- mit ist das Anforderungsniveau 2016 bei den gewählten Randbedingungen als wirtschaftlich vertretbar einzustufen.

6 Fazit und Ausblick

Die Fortentwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden im Laufe der letzten 40 Jahre hat zu immer höheren Energieeinspar-Anforderungen geführt. Das energiesparende Bauen ist komplexer geworden. Während das erste Energieeinspargesetz und die erste Wärmeschutzverordnung 1977 nur relativ wenige Seiten umfasst haben, wurden die energetischen Gebäude- regelungen fast schon unüberschaubar oft verändert. Vom Energieeinspargesetz gibt es bis dato 6 Fortschreibungen und von der Wärmeschutzverordnung bzw. Energieeinsparverordnung insgesamt 11 Novellierungen. Die Vielzahl der Gesetze und Verordnungen ist offensichtlich dem Gesetz- und Verordnungsgeber selbst zu groß und zu unübersichtlich geworden. Deshalb möchte er die einschlägigen Gesetze und Verordnungen in einem vereinfachten Regelwerk, dem sogenannten Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammenfassen.

Mit den gestiegenen Anforderungen an die Gebäude- effizienz sind in den letzten Jahrzehnten auch bessere dämmende Materialien für den Wärmeschutz und leis- tungsfähigere Baukonstruktionen entstanden. Dementsprechend sehen die klima- und energiepolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung und der EU stren- gere Anforderungen für Neubauten vor. Um die avi- sierte Verminderung des Primärenergieverbrauchs um 50 Prozent gegenüber 2008 zu erreichen, soll der Pri- märenergieverbrauch im Gebäudebereich um 80 Pro- zent reduziert werden. Nun steht die nächste Stufe der nationalen Umsetzung an. Dazu sollen Energie- einsparungsgesetz (EnEG), Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE- WärmeG) strukturell neu konzipiert und in einem Re- gelungswerk zusammengeführt werden. Dies umfasst genaue Vorgaben an die Qualität der Gebäudehülle und an den Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes. Gleichzeitig ist das Wirtschaftlichkeitsgebot zu be- rücksichtigen und auf die Kosteneffizienz („kostenopti- malen Niveau“) der Maßnahmen zu achten.

Für den (Wohn-) Gebäudebestand besteht das Ziel, den Primärenergiebedarf bis 2050 auf knapp 40 kWh/(m²·a) zu reduzieren, für Nichtwohngebäude auf einen mittleren Wert von 52 kWh/(m²·a). Dieser soll über- wiegend aus erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Das geltende Wirtschaftlichkeitsgebot wird dabei nicht infrage gestellt. Soweit ein solches Anforderungsniveau nicht wirtschaftlich darstellbar ist, müsste ein entspre- chender Deckungsfehlbetrag durch Förderung ausge- glichen werden. Als weitere Anforderung kommt hinzu, dass der Energieaufwand für die Herstellung und beim Recycling von Bauwerken bis 2030 bestmöglich minimiert wird. Die geplante zukünftige EnEV setzt die neu gefasste EU-Richtlinie über die Gesamtener- gieeffizienz von Gebäuden um und bringt die Energie- wende in Deutschland voran.

Eine Abkehr von der EnEV wäre für die klimapoliti- schen Zielsetzungen fatal. Man darf sich nicht von der- zeit niedrigen Energiepreisen täuschen lassen. Zu klären ist aber sicherlich das zukünftige Anforderungs- niveau. Allerdings darf man bei der Diskussion um diese neue Fassung der EnEV nicht vergessen, dass sich das Anforderungsniveau nur im Neubau verän- dern wird. Die eigentliche Herausforderung liegt aber im Bestand mit 18 Millionen Gebäuden. Hier bleibt alles auf dem Niveau von 2009. Eine öffentliche Dis- kussion um eine zukünftige EnEV könnte die Meinung vieler Investoren in Bezug auf die dringend notwendige Sanierung negativ beeinflussen und die Sanierungsra- te heruntersetzen. Die Gefährdung der Energiewende im Gebäudebereich durch eine solche Diskussion wür- de Deutschland in seinen internationalen Einsparver- pflichtungen aber um Jahre zurückwerfen.

7 Literatur

- [1] Gertis, K. (1976) Neuere Vorschriften und Empfehlun- gen für Energieeinsparung durch erhöhten Wärmeschutz. *HLH* 27, H. 8, S. 272.
- [2] Bundesregierung: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) vom 22. Juli 1976. BGBl, Teil 1, 1873 ff.
- [3] Holm, A., Gertis, K., Maderspacher, C., Sprengard, C. (2016) Kritische Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit von energiesparenden Wärmeschutzmaßnahmen. *Bauphysik* 38, H. 1, S. 1–18.
- [4] Holm, A., Kagerer, F., Sprengard, C., Walberg, D., Gniechwitz, T. (2017) Wirtschaftlichkeit von Einfamilien- häusern in Niedrigstenergiebauweise. *Mauerwerk* 21, H.1, S. 34–46.
- [5] Bundesregierung: Verordnung über einen energiespa- renden Wärmeschutz bei Gebäuden (WSVO) vom 11. Aug. 1977. BGBl, Teil 1, S. 1554–1565.
- [6] Ehm, H., Gertis, K. (1974) Heizenergieeinsparung und Wärmeschutz im Hochbau. *Bauen mit Kunstst.* 17, Sonderheft 3a, S. 13–15.
- [7] Gertis, K. (1975) Heizenergieeinsparung durch bauli- che Maßnahmen. *Ges.-Ing.* 96, H. 3, S. 70–79. *Elektrowär- me International* 33, H. 5, S. 148–152.

- [8] Hegner, H.-D., Volger, I. (2002) *Energieeinsparverordnung EnEV – für die Praxis kommentiert*, Verlag Ernst und Sohn, Berlin.
- [9] Eschenfelder, D., Merkschien, E. (2015) *Energieeinsparverordnung EnEV 2014/2016*, Verlag Wirtschaft und Verwaltung Wingen, Essen.
- [10] DIN 67507:1980-06 (1980) *Lichttransmissionsgrade, Strahlungstransmissionsgrade und Gesamtenergiedurchlassgrade von Verglasungen*, Beuth, Berlin.
- [11] DIN 2771:1987-06 (1987) *Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1: Begriffe, Berechnungsgrundlagen*, Beuth, Berlin.
- [12] DIN 1286:1989-05 (1989) *Mehrscheiben-Isolierglas. Gasgefüllt – Teil 2: Zeitstandverhalten. Grenzabweichungen des Gasvolumenanteils*, Beuth, Berlin.
- [13] DIN 68121:1993-09 (1993) *Holzprofile für Fenster und Fenstertüren – Teil 1: Maß, Qualitätsanforderungen*, Beuth, Berlin.
- [14] VDI-Richtlinie 3807, Blatt 1: *Energieverbrauchskennwerte für Gebäude. Grundlagen*. Juni (1994).
- [15] Beiblatt 2 zu DIN 4108:1998-01 (1998) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele*, Beuth, Berlin.
- [16] VDI-Richtlinie 3807, Blatt 2:1998-06 (1998) *Heizenergie und Stromverbrauchskennwerte für Gebäude*.
- [17] DIN 1946:1998-06 (1998) *Lüftung von Wohnungen – Teil 10: Anforderungen, Ausführung, Abnahme*, Beuth, Berlin.
- [18] DIN 18195:2000-08 (2000) *Bauwerksabdichtungen – Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen. Bemessung und Ausführung*, Beuth, Berlin.
- [19] DIN 18195:2008-08 (2008) *Bauwerksabdichtungen – Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen*, Beuth, Berlin.
- [20] DIN 4108:2000:11 (2000) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs*, Beuth, Berlin.
- [21] DIN 4701:2001:02 (2001) *Energetische Bewertung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*, Beuth, Berlin.
- [22] DIN 4108:2001-03 (2001) *Wärmeschutz und Energieeinsparung von Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*, Beuth, Berlin.
- [23] DIN 4108:2001-08 (2001) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden. Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*, Beuth, Berlin.
- [24] DIN 4108: *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Änderungen Anhang 1. Febr. (2002)*.
- [25] DIN 4108:2002-02 (2002) *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte*, Beuth, Berlin.
- [26] DIN 4108:2002-02 (2002) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe. Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*, Beuth, Berlin.
- [27] Beiblatt 1 zu DIN V 4701-10: 2002-02 (2002) *Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme und Standardkomponenten*, Beuth, Berlin.
- [28] DIN V 4108:2003-06 (2003) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs*, Beuth, Berlin.
- [29] DIN V 4701:2003-08 (2003) *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*, Beuth, Berlin.
- [30] DIN 4108:2006-03 (2006) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Beiblatt 2: Wärmebrücken. Planungs- und Ausführungsbeispiele*, Beuth, Berlin.
- [31] DIN V 4701: *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Änderungsblatt A 1. Dez. (2006)*, Beuth, Berlin.
- [32] DIN V 4701:2007-02 (2007) *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Beiblatt 1: Anlagenbeispiele*, Beuth, Berlin.
- [33] DIN 4108:2011-01 (2011) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*, Beuth, Berlin.
- [34] DIN V 18599:2011-12 (2011) *Energetische Bewertung von Gebäuden. Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung*, Beuth, Berlin.
- [35] DIN 4108:2013-02 (2013) *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*, Beuth, Berlin.
- [36] EWG-Richtlinie 92/42 (1992) *Wirkungsgrade von mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickten neuen Warmwasser-Heizkesseln*. Amtsblatt der EG, L 167, S. 17; L 195, S. 32.
- [37] EWG-Richtlinie 93/76 (1993) *Begrenzung der Kohlendioxid-Emissionen durch effizientere Energienutzung*. Amtsblatt der EG, L 237, S. 28.
- [38] Änderung der EWG-Richtlinie 93/68 (1993) Amtsbl. der EG, L 220, S. 1.
- [39] DIN EN ISO 10211:1995-11 (1995) *Wärmebrücken im Hochbau. Wärmeströme und Oberflächentemperaturen. Allgemeine Berechnungsverfahren*, Beuth, Berlin.
- [40] DIN-EN-ISO 6346:1996-11 (1996) *Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient*, Beuth, Berlin.

- [41] DIN EN 12412:1998-01 (1998) *Fenster, Türen und Abschlüsse. Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Heizkosten-Verfahren – Teil 2: Rahmen*, Beuth, Berlin.
- [42] DIN EN ISO 13370:1998-12 (1998) *Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden. Wärmeübertragung über das Erdreich. Berechnungsverfahren*, Beuth, Berlin.
- [43] DIN EN 410:1998-12 (1998) *Glas im Bauwesen. Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*, Beuth, Berlin.
- [44] DIN EN 832:1998-12 (1998) *Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden. Berechnung des Heizenergiebedarfs*, Beuth, Berlin.
- [45] DIN EN 832:1998-12 (1998) *Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden. Berechnung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden*, Beuth, Berlin.
- [46] DIN EN 674:1999-01 (1999) *Glas im Bauwesen. Bestimmung des Wärmedurchlasskoeffizienten (U-Wert). Verfahren mit dem Plattengerät*, Beuth, Berlin.
- [47] DIN EN 675:1999-02 (1999) *Glas im Bauwesen. Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert). Wärmestrommesser-Verfahren*, Beuth, Berlin.
- [48] DIN EN 673:1999-01 (1999) *Glas im Bauwesen. Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert). Berechnungsverfahren*, Beuth, Berlin.
- [49] DIN ISO 12524:1999-02 (1999) *Baustoffe und Bauprodukte. Verfahren zur Bestimmung des wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerts*, Beuth, Berlin.
- [50] DIN ISO 10077:1999-02 (1999) *Wärmotechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen*, Beuth, Berlin.
- [51] DIN EN ISO 14683:1999-09 (1999) *Wärmebrücken im Hochbau. Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient. Vereinfachtes Verfahren und Anhaltswerte*, Beuth, Berlin.
- [52] DIN EN ISO 13789:1999-10 (1999): *Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient – Berechnung*, Beuth, Berlin.
- [53] DIN EN ISO 12567:2000-02 (2000) *Wärmotechnisches Verhalten von Fenstern und Fenstertüren. Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Heizkastenverfahren – Teil 2: Dachflächenfenster und andere auskragende Produkte*, Beuth, Berlin.
- [54] DIN EN 12207: 2000-06 (2000) *Fenster und Türen – Teil 1: Klassifizierung*, Beuth, Berlin.
- [55] DIN EN ISO 12524:2000-07 (2000) *Baustoffe und Bauprodukte. Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte*, Beuth, Berlin.
- [56] pr EN 13947: 2000-10 (2000) *Vorhangsfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Vereinfachtes Verfahren*, Beuth, Berlin.
- [57] DIN EN ISO 10077:2000-11 (2000) *Wärmotechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Vereinfachtes Verfahren*, Beuth, Berlin.
- [58] DIN EN 13829:2001-02 (2001) *Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden. Bestimmung der Luftdurchlässigkeit. Differenzdruck-Verfahren*, Beuth, Berlin.
- [59] DIN EN ISO 12671:2001-02 (2001) *Wärmotechnisches Verhalten von Fenstern und Fenstertüren. Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Heizkostenverfahren – Teil 1: Komplette Fenster und Türen*, Beuth, Berlin.
- [60] DIN EN ISO 10211-2:2001-06 (2001) *Wärmebrücken im Hochbau – Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken – Berechnung*, Beuth, Berlin.
- [61] EU-Richtlinie (2002) *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*, Amtsblatt der EU 91.
- [62] EU-Verordnung (2006) *Europäischer Fond für regionale Entwicklungen*, Amtsblatt der EG L 210, S. 1.
- [63] DIN EN ISO 10077:2006-12 (2006) *Wärmotechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines*, Beuth, Berlin.
- [64] DIN EN ISO 10211:2008-04 (2008) *Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen*, Beuth, Berlin.
- [65] DIN EN ISO 13786:2008-04 (2008) *Wärmotechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamischthermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren*, Beuth, Berlin.
- [66] EU-Richtlinie (2009) *Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*, Amtsblatt der EU L 140, S. 16 und S. 136.
- [67] EU-Richtlinie (2010) *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*, Amtsblatt der EU, Nr. 31, S. 13–15.
- [68] DIN EN 410:2011-04 (2011) *Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*, Beuth, Berlin.
- [69] EU-Richtlinie (2012) *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*, Amtsblatt der EU. NV 244: Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
- [70] Bossert, P. (1980) Mit verbundenen Augen auf dem falschen Dampfer, *Baseler Zeitung*, H. 204, 1. Sept., S. 2.
- [71] Hauser, G. (1981) Der k-Wert im Kreuzfeuer – ist der Wärmedurchgangskoeffizient ein Maß für Transmissionswärmeverluste? *Bauphysik* 3, H. 1, S. 3–8.
- [72] Wick, B. (1981) Bemerkungen zum Artikel von Gerd Hauser: Der k-Wert im Kreuzfeuer, *Bauphysik* 3, H. 3, S. 109.
- [73] Hauser, G. (1981) Erwiderung auf die Bemerkungen von Bruno Wick, *Bauphysik* 3, H. 3, S. 109–110.

- [74] Bossert, P. (1981) Bemerkungen zum Artikel von Gerd Hauser: Der k-Wert im Kreuzfeuer, *Bauphysik* 3, H. 4, S. 142–143.
- [75] Hauser, G. (1981) Erwiderung auf die Bemerkungen von Paul Bossert, *Bauphysik* 3, H. 4, S. 143–144.
- [76] Haferland, F. (1981) Randbemerkungen zum Disput über den k-Wert, *Bauphysik* 3, H. 3, S. 226–228.
- [77] Aggen, K. (1981) Zur Diskussion gestellt: Moderne Isolierwandkonstruktionen verschleudern Energie, *DAB* 13, H. 11, S. 1621–1622.
- [78] Aggen, K. (1981) Energieverschwendungen durch moderne Isolierwandkonstruktionen mit hochporigen Baustoffen, *Wohn. u. Ges.*, H. 12, S. 28 und 49–52.
- [79] Assmann, K. (1982) Wärme-Bilanz-Verfahren zur energetischen Beurteilung von Bauteilen und Bauwerken, *DBZ* 116, H. 3, S. 403–405.
- [80] Aggen, K. (1982) Moderne Isolierwandkonstruktionen verschleudern Energie. Wärmespeicherfähigkeit und Feuchteverhalten sind entscheidend, *Wohn. u. Ges.*, H. 3, S. 30–31.
- [81] Gertis, K., Erhorn, H. (1982) Jetzt: Wärmebrücken im Kreuzfeuer? *Bauphysik* 4, H. 4, S. 135–139.
- [82] Wiechmann, H., Varsek, Z. (1982) Energieeinsparung durch Ausnutzung physikalischer Gesetze ohne übliche Wärmedämmung, *Ziegelindustrie International* 34, H. 5, S. 307–324.
- [83] Bundesbauministerium (1982) Stellungnahme: Die Bedeutung des baulichen Wärmeschutzes bei der Einsparung von Heizenergie in Gebäuden, *Bauphysik* 4, H. 6, S. 214–215.
- [84] Künzel, H. (1982) Behauptungen und Meinungen anstelle von wissenschaftlicher Beweisführung, *BBauBl.* 31, H. 10, S. 683–684.
- [85] Swyter, H. (1982) Dieser Krampf mit dem k-Wert! Vortrag, Regensburg, 30. Nov., Zitiert nach Neumarkter Tagblatt.
- [86] Heindl, W. (1983) *Hat die Gebäudemasse einen Einfluss auf den Heizenergieverbrauch?* Tagungsunterlagen, Kongr. Bauphysik und Gebäudeklima, Deubau.
- [87] Wick, B. (1983) Einfluss von Hülle, Heizung und passiver Sonnenenergienutzung auf den Energieverbrauch von Gebäuden, *Bauphysik* 5, H. 1, S. 10–17.
- [88] Wiechmann, H., Varsek, Z. (1983) Energieeinsparung, wie sie ein Planer sieht. Dargestellt am Beispiel einer Schule in Bruchsal, *Rat. Bauen* 20, H. 2, S. 33–38.
- [89] Assmann, K. (1983) Wärmedämmung contra Wärmespeicherung? *Baumarkt* H. 3/4, S. 142–144.
- [90] Aggen, K. (1983) Nochmals: Behauptungen und Meinungen anstelle von wissenschaftlicher Beweisführung, *BBauBl.* 32, H. 5, S. 316–317.
- [91] Gertis, K. (1983) Ist die Außenwanddämmung sinnlos? Kritische Betrachtungen zu einem Artikel von H. Wiechmann und Z. Varsek, *Allg. Bau-Z.* 53, H. 30, S. 6 und H. 31, S. 6 und 9.
- [92] Gertis, K. (1984) Zur k-Wert-Diskussion, *AIT* 92, H. 1, S. 11.
- [93] Aggen, K. (1985) Das dämmstofffreie massive Haus. Gesundes Wohnen in vier strahlungsaufnahmefähigen, somit wärmestrahlenden, atmenden, somit trockenen Wänden, *DAB* 17, H. 10, S. 1289–1292.
- [94] Gertis, K. (1987) *Speichern oder Dämmen? Beitrag zur k-Wert-Diskussion*, Proc. Aachener Bausachverständigentage, S. 25–29.
- [95] Bossert, P. (1987) Stellungnahme und Untersuchung über den Nutzen in der Praxis. Gertis-Studie „Wärmeschutz, Energieeinsparung, Umweltschutz“ (Oktober 1986), *Bauplan* 8, H. 5, S. 208–211.
- [96] Bossert, P. (1987) Computergesteuerte Wohnmaschine. Paul Bossert nimmt Stellung zur Studie von Prof. Gertis „Wärmeschutz, Energieeinsparung, Umweltschutz“ (Oktober 1986), *DBZ* H. 12, S. 1510–1519.
- [97] Gertis, K. (1988) Gegendarstellung zu Paul Bosserts Ausführungen zur Studie „Wärmeschutz, Energieeinsparung, Umweltschutz“, *Bauplan, Bauorga* 9, H. 3, S. 113.
- [98] Erhorn, H., Gertis, K. (1988) Stimmen Computerberechnungen des wärmetechnischen Verhaltens von Gebäuden mit praktischen Messungen überein? *Bauphysik* 10, H. 4, S. 97–104.
- [99] Gertis, K. (1988) k-Wert falsch oder richtig? Zur angeblichen Diskrepanz zwischen Berechnungen und Messungen des Heizenergieverbrauchs, *WKS-B*, H. 25, S. 2–6.
- [100] Gertis, K. (1988) *Bauen und Gesundheit. Beitrag der Bauphysik zur Richtigstellung „baubiologischer“ Behauptungen*, IABSE-Proc., P. 126.
- [101] Erhorn, H., Gertis, K. et al. (1988) Werden die vorherberechneten k_{eff} -Werte von Außenbauteilen praktisch bestätigt? *DAB* 20, H. 4, S. 549–552.
- [102] Gertis, K. (1988) Erzeugt Wärmedämmung ein ungesundes Raumklima, *Copatect-Architektenbrief* 10.
- [103] Fischer, K. (2002) *Energieeinsparverordnung*, Selbstverlag, Hannover.
- [104] Fischer, K. (2003) *Energie- und kostensparendes Instandsetzen*, TOP-Thema Wärmeenergie, Stuttgart: IRB-Verlag.
- [105] Dämmen wir uns krank? Werden Energieeinsparung und Schimmelpilz sachlich diskutiert? *VBN-Sonderheft* (2003), S. 59–70.
- [106] Anger, Ch. (2012) Immer noch Zweifel am Nutzen von Außendämmung, *Immobilienwirtschaft*, H. 9, S. 48–50.
- [107] Gertis, K. (2014) Stellungnahme des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik zu widersprüchlichen Berichten in den Medien, IBP-Presseinformation.
- [108] Bundesregierung (2016) *Energieeinsparverordnung (EnEV), Neue Regeln 2016*, Forum-Verlag, Herkest.

- [109] Maas, A. (2016) *Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016*. GRE, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf.
- [110] Bundesregierung (2013): *Energieeinspargesetz (EnEG), Neue Regeln 2021*, Leseftassung, BGBl. I, S. 3951 ff.
- [111] Amtsblatt der Europäischen Union (2010) Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). S L 153/13.
- [112] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil 1 Nr. 67, Bonn 21. November 2013.
- [113] BMUB: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. November 2016.