

Inhalt

Symbole, Einheiten und Indizes	11
1 Beitrag der Gebäude zum Klimaschutz	17
1.1 Notwendigkeit des Klimaschutzes	17
1.2 Energietechnische Begriffe	20
1.3 Das Niedrigenergiehaus und seine Weiterentwicklungen	21
1.4 Politische Umsetzung der Klimaschutzziele	26
1.4.1 Europäische Union 2002 bis 2003	26
1.4.2 Deutschland 2004 bis 2009	26
1.4.3 Europäische Union 2008 bis 2012	28
1.4.4 Deutschland 2010 bis 2015	29
1.4.5 Europäische Union 2018	32
1.4.6 Deutschland 2017 bis 2020	33
1.4.7 Europäische Union 2021	37
1.4.8 Deutschland 2021 bis 2023	38
1.5 Literatur zum Kapitel 1	39
2 Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes	43
2.1 Ziele des Wärme- und Feuchteschutzes bei Gebäuden	43
2.2 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden	47
2.3 Beeinflussung des Wärmebedarfs durch die Bauplanung	48
2.4 Wärmeleitfähigkeit und Wärmedämmstoffe	54
2.5 Berechnungsgrundlagen des baulichen Wärmeschutzes	56
2.5.1 Überblick	56
2.5.2 <i>Fouriersches</i> Gesetz der Wärmeleitung	57
2.5.3 Stationäre Wärmeleitung in einem ebenen Bauteil	58
2.5.4 Stationärer Wärmeübergang Luft/Bauteil	59
2.5.5 Stationärer Wärmestrom	62
2.5.6 Wärmedurchlasswiderstand R nichttransparenter, beidseitig luftberührter Bauteile	63
2.5.7 Wärmedurchlasswiderstand R_u unbeheizter Räume	65
2.5.8 Wärmedurchgangswiderstand R_T nichttransparenter, beidseitig luftberührter Bauteile	67
2.5.9 Wärmedurchgangskoeffizient U nichttransparenter, beidseitig luftberührter Bauteile	68
2.6 Nachweis des Mindestwärmeschutzes flächiger Bauteile	70

2.7	Temperaturverlauf in beidseitig luftberührten Bauteilen	79
2.8	Wärmebrücken	82
2.8.1	Arten und Vermeidung von Wärmebrücken	82
2.8.2	Nachweis des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken	84
2.8.3	Berücksichtigung von Wärmebrücken beim Nachweis des baulichen Wärmeschutzes	96
2.9	U-Wert bei nebeneinanderliegenden Bauteilabschnitten	102
2.10	Wärmedurchgangskoeffizient U bei keilförmigen Schichten	108
2.11	Wärmedurchgangskoeffizient U erdberührter Bauteile	115
2.11.1	Wärmetechnisches Verhalten erdberührter Bauteile	115
2.11.2	Erdberührte Bodenplatten	119
2.11.3	Aufgeständerte Bodenplatten	124
2.11.4	Beheizte Keller	124
2.11.5	Unbeheizte Keller	125
2.11.6	Vereinfachte Berechnung erdberührter Bauteile	126
2.12	Wärmedurchgangskoeffizient transparenter Bauteile	131
2.12.1	Entwicklung wärmedämmender Verglasungen	131
2.12.2	Wärmebrücken durch Randverbund und Rahmen	136
2.12.3	Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{w,BW}$ von transparenten Bauteilen sowie $U_{D,BW}$ von Türen und Toren	140
2.12.4	Rollläden und Rollladenkästen	150
2.13	Luftdichtheit von Bauteilen und Gebäuden	150
2.13.1	Luftwechsel durch die Gebäudehülle	150
2.13.2	Nachweis der Luftdichtheit einzelner Bauteile	154
2.13.3	Nachweis der Luftdichtheit der Gebäudehülle	156
2.14	Klimabedingter Feuchteschutz	159
2.14.1	Notwendigkeit des Feuchteschutzes und des Feuchteschutznachweises	159
2.14.2	Grundlagen für den Nachweis des Schlagregenschutzes	163
2.14.3	Schlagregensichere Außenwandkonstruktionen	168
2.14.4	Bauteile ohne rechnerischen Nachweis des Tauwasserschutzes	169
2.14.5	Grundlagen des rechnerischen Tauwassernachweises	178
2.14.6	Glaser-Verfahren	188
2.14.7	Nachweis des Tauwasserschutzes mit dem Periodenbilanzverfahren	196
2.14.8	Hygrothermische Simulation mit aufwändigen EDV-Programmen	214
2.15	Sommerlicher Wärmeschutz	219
2.15.1	Notwendigkeit des sommerlichen Wärmeschutzes	219
2.15.2	Planung des sommerlichen Wärmeschutzes	221
2.15.3	Möglichkeiten des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes	231
2.15.4	Vereinfachter Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	237
2.16	Literatur zum Kapitel 2	247
3	Konstruktionen zur Einhaltung des GEG	259
3.1	Einführung	259
3.2	Wahl maximaler Wärmedurchgangskoeffizienten	260

3.3	Massive Außenwände	262
3.4	Hölzerne Außenwände	267
3.5	Massive Kelleraußenwände	274
3.6	Massive Bodenplatten	275
3.7	Massive Kellerdecken	276
3.8	Anschlussdetails bei massiven Kellerdecken	279
3.9	Anschlussdetails bei massiven Außenwänden	280
3.10	Anschlussdetails bei hölzernen Außenwänden	285
3.11	Massive Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen	287
3.12	Hölzerne Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen	288
3.13	Geneigte hölzerne Dächer	289
3.14	Anschlussdetails bei geneigten hölzernen Dächern	294
3.15	Massive Flachdächer	300
3.16	Hölzerne Flachdächer	301
3.17	Literatur zum Kapitel 3	303
4	Anlagentechnik zur Einhaltung des GEG	307
4.1	Einführung	307
4.2	Heizung	307
4.2.1	Heizungsanlagen mit fossilen Brennstoffen	307
4.2.2	Heizungsanlagen mit regenerativen Energieträgern	313
4.2.3	Regelung und Steuerung von Heizungsanlagen	318
4.2.4	Heizstrang	321
4.3	Trinkwassererwärmung	325
4.3.1	Trinkwassererwärmungsanlagen	325
4.3.2	Trinkwarmwasserstrang	328
4.4	Lüftung	331
4.4.1	Lüftungskonzept	331
4.4.2	Lüftungsanlagen	335
4.4.3	Lüftungsstrang	336
4.5	Klimatisierung	340
4.5.1	Klimaanlagen	340
4.5.2	Klimakältestrang	341
4.6	Photovoltaik	342
4.7	Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität	346
4.8	Energieverbrauchskennzeichnung	346
4.9	Literatur zum Kapitel 4	348
5	Nachweis von Gebäuden nach GEG	351
5.1	Einführung	351
5.2	Abgrenzung von Wohn- und Nichtwohngebäuden	354
5.3	Anforderungen des GEG an zu errichtende Gebäude	356
5.3.1	Allgemeine Anforderungen	356
5.3.2	Besondere Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien	366

5.3.3	Zusammenfassung der Anforderungen und Nachweise	371
5.4	Baulicher Wärmeschutz der Gebäudehülle	372
5.4.1	Nachweis der Gebäudehülle von Wohngebäuden nach DIN V 4108-6	372
5.4.2	Nachweis der Gebäudehülle von Wohngebäuden nach DIN V 18599-2	385
5.4.3	Nachweis der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten bei Nichtwohngebäuden	386
5.5	Energetische Erfassung von Wärmebrücken	388
5.5.1	Gründe für die genauere Erfassung von Wärmebrücken	388
5.5.2	Nachweis der Gleichwertigkeit von Wärmebrücken	390
5.5.3	Berechnung sämtlicher Wärmebrücken (detaillierter Wärmebrücken- nachweis)	393
5.6	Bilanzierung des Gesamtenergiebedarfs von Gebäuden	403
5.6.1	Alternativen der Bilanzierung	403
5.6.2	Zu errichtende Wohngebäude nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10	404
5.6.3	Bilanzierung von Gebäuden nach DIN V 18599	451
5.6.4	Bilanzierung von Wohngebäuden nach DIN V 18599	460
5.7	Änderung von Gebäuden	462
5.7.1	Notwendigkeit der Energieeinsparung im Gebäudebestand	462
5.7.2	Anforderungen bei Änderung von bestehenden Gebäuden als Ganzes	466
5.7.3	Anforderungen bei Änderung einzelner Bauteile in der thermischen Hülle bestehender Gebäude	467
5.7.4	Austausch- und Nachrüstpflichten im Bestand	475
5.7.5	Kleine Gebäude und Erweiterung bestehender Gebäude	477
5.8	Energieausweise	478
5.8.1	Allgemeines	478
5.8.2	Energieausweise für zu errichtende Gebäude	485
5.8.3	Energieausweise für Gebäude im Bestand	485
5.8.4	Ausstellungsberechtigte für Energieausweise	493
5.9	Vollzug des GEG	496
5.9.1	Registriernummer und Stichprobenkontrollen	496
5.9.2	Verantwortliche für die Einhaltung des GEG	496
5.9.3	Ordnungswidrigkeiten	497
5.10	Literatur zum Kapitel 5	497
6	Zusammenfassung und Ausblick	505
6.1	Zusammenfassung	505
6.2	Ausblick	505
6.3	Literatur zum Kapitel 6	510
	Berechnungsformulare (siehe auch www.beuth-mediathek.de)	511
	Stichwortverzeichnis	519

1 Beitrag der Gebäude zum Klimaschutz

1.1 Notwendigkeit des Klimaschutzes

Von der Vielzahl der heute diskutierten Umweltprobleme werden sich die anthropogenen, d. h. vom Menschen hervorgerufenen Klimaänderungen in Form einer globalen Erwärmung als besonders folgenschwer erweisen, da sie – wenn überhaupt – nur sehr langfristig rückgängig gemacht werden können. Die globale Erwärmung beruht auf der Emission der klimaschädlichen sog. Treibhausgase (Bild 1.1).

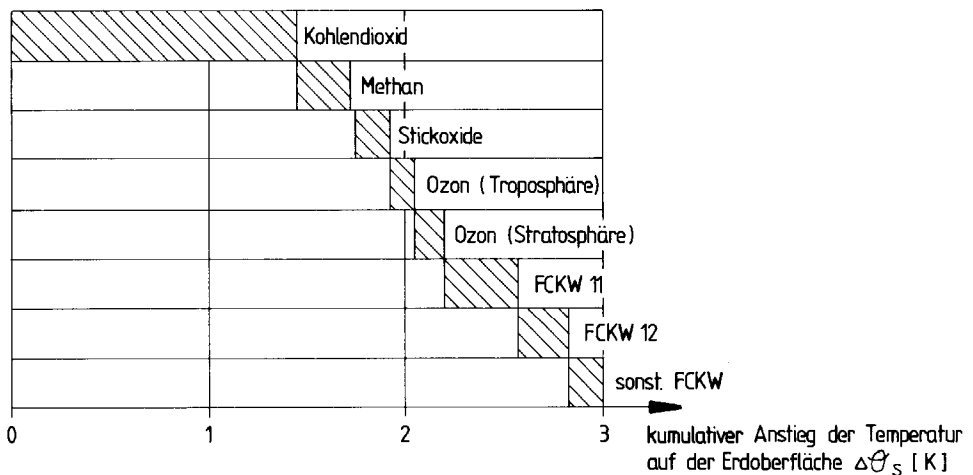


Bild 1.1: Anteil der verschiedenen Treibhausgase am für das 21. Jahrhundert geschätzten Temperaturanstieg von 3 K auf der Erdoberfläche, Stand 1990 (nach [1.1])

Hochrechnungen der bei Fortsetzung unseres Emissionsverhaltens zu erwartenden Klimaänderungen aus den 1990er-Jahren ergaben, dass im Laufe des 21. Jahrhunderts mit einem Temperaturanstieg von 1 bis 3,5 K auf der Erdoberfläche zu rechnen ist [1.2]. Eine genauere Untersuchung der Ursachen zeigt (Stand 1990 als weltweit übliches Referenzjahr für den Klimaschutz), dass die voraussichtliche Temperaturerhöhung

- zu ca. 50 % auf das bei der Verbrennung fossiler Energieträger frei werdende Kohlendioxid (CO_2) und
 - zu ebenfalls ca. 50 % auf andere Treibhausgase
- zurückzuführen ist (vgl. Bild 1.1) [1.1], wobei insbesondere die geologisch ermittelte Korrelation zwischen CO_2 -Gehalt der Atmosphäre und den Durchschnittstemperaturen auf

der Erdoberfläche während der letzten 160 000 Jahre die Bedeutung der CO_2 -Emissionen für den zu erwartenden Temperaturanstieg deutlich macht (Bild 1.2). Eine Reduzierung der CO_2 -Emissionen – die seit Beginn der Industrialisierung zu einer deutlich angestiegenen CO_2 -Konzentration in der Erdatmosphäre geführt haben (vgl. Bild 1.2) – ist daher dringend geboten.

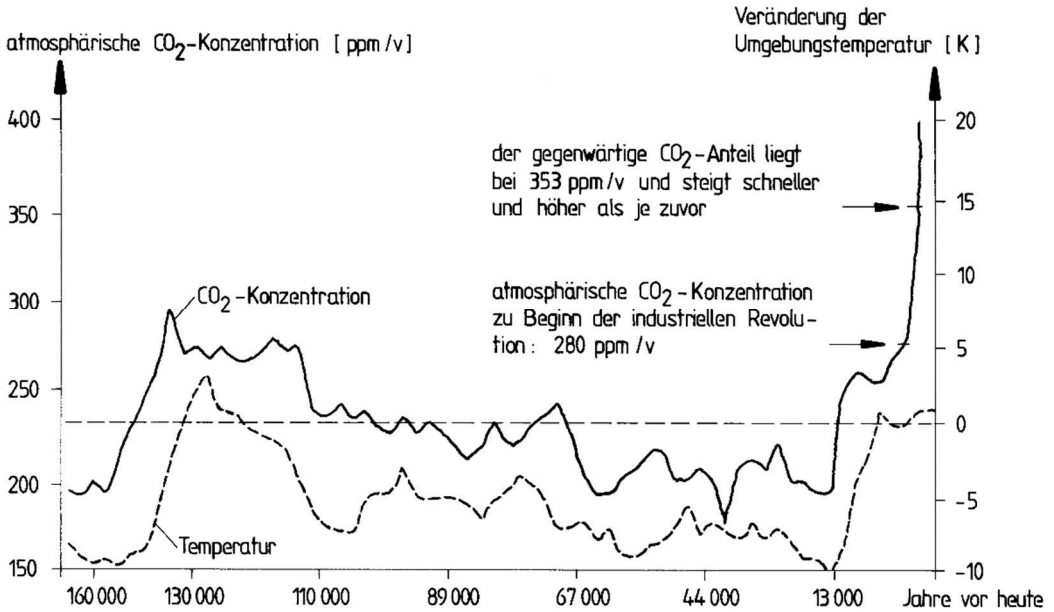


Bild 1.2: Korrelation zwischen der im antarktischen Eis gemessenen CO_2 -Konzentration der Erdatmosphäre (ab 1960 direkt auf Hawaii gemessen) und den geologisch bestimmten Durchschnittstemperaturen der Erdoberfläche in den letzten 160 000 Jahren [1.3]

Im weltweiten Vergleich lagen die deutschen CO_2 -Emissionen pro Einwohner im Referenzjahr 1990 sehr hoch [1.4]; deshalb hat die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages zum Thema „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ im gleichen Jahr u. a. als Ziel vorgegeben [1.5], die deutschen Emissionen des Treibhausgases CO_2 bis zum Jahre 2005 um 30 % (und in den Folgejahren noch weiter) zu reduzieren – eine Vorgabe, die

- vom Bundeskabinett 1990 (abgeschwächt auf eine Reduzierung um 25 % insgesamt und um 30 % in den neuen Bundesländern) beschlossen sowie
- seit Anfang der 1990er-Jahre (u. a. im Vorfeld der sog. Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen von Rio de Janeiro 1992) international vertreten

worden ist. Abgesehen von der Stilllegung veralteter Industrieanlagen mit hohen CO_2 -Emissionen in den neuen Bundesländern ist daraufhin allerdings wenig passiert.

2007 hat der UN-Klimarat (*Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*) seinen vierten Sachstandsbericht zur Klimaänderung vorgelegt. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse dieses Weltklimarates sind eine entscheidende Grundlage für die notwendige Klimapolitik auf internationaler Ebene, der Europäischen Union und Deutschlands. Nur wenn

die Erkenntnisse der internationalen Wissenschaftsgemeinschaft in den politischen Prozess einfließen und die Empfehlungen umgesetzt werden, kann nach Meinung des Bundesumweltministeriums eine Reduzierung des Klimawandels auf ein für die Gesellschaft beherrschbares Maß erreicht werden.

Laut diesem Sachstandsbericht von 2007 hatte sich die Erde in den 100 Jahren davor im Mittel um 0,74 K erwärmt, elf der letzten zwölf Jahre waren unter den wärmsten zwölf Jahren seit Beginn der Beobachtung. Um den mittleren Temperaturanstieg auf 2,0 bis 2,4 K gegenüber dem vorindustriellen Wert zu begrenzen – laut IPCC ist das der maximal tolerierbare Wert –, sollte das Wachstum der CO₂-Emissionen in den folgenden 15 Jahren gestoppt werden; bis 2050 sollten die Emissionen um 60 % gegenüber 2007 sinken – das ist weniger als das Niveau von 1970 [1.6], [1.7].

Um dazu beizutragen, hat die Bundesregierung im August 2007 in *Meseberg* das „Eckpunktepapier für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm“ beschlossen, das für den Gebäudesektor u. a. eine anspruchsvollere Energieeinsparverordnung (EnEV) und deren konsequenten Vollzug ankündigt. Darin heißt es (zitiert nach [1.8]):

„Die Anforderungen der EnEV an den energetischen Standard von Gebäuden entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Wirtschaftlich nutzbare Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäudebereich werden nicht ausgeschöpft.“

Eine Verschärfung der Anforderungen der EnEV war klimapolitisch geboten: Der um die Jahrtausendwende erreichte, auf die Wohnfläche bezogene Effizienzerfolg bei der Beheizung von Privathaushalten ist nämlich in der Summe verpufft – die Zunahme der genutzten Wohnfläche führte 1995 bis 2004 absolut zu einer Erhöhung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme um 2,8 % (Bild 1.3), wie die umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR) des Statistischen Bundesamts ausweist [1.9].

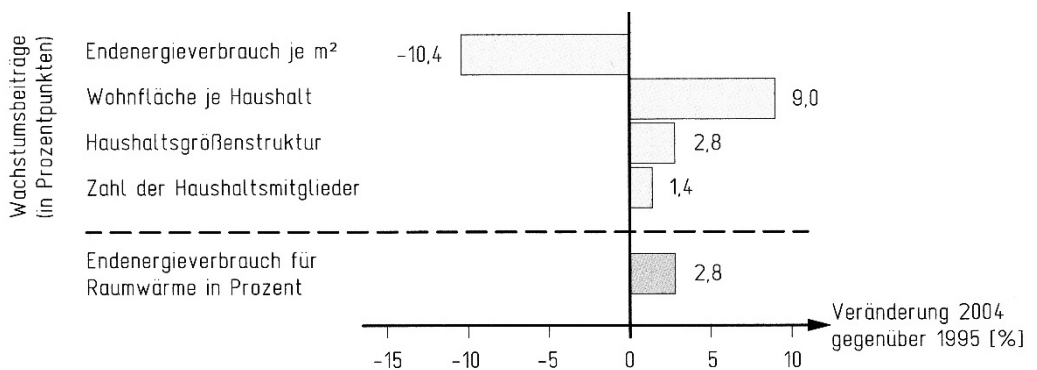


Bild 1.3: Verschiedene Wachstumsbeiträge (oben) führten von 1995 bis 2004 zu einer Erhöhung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte für Raumwärme (unten) (nach [1.9])

Nach langen internationalen Diskussionen wurde schließlich von der UN-Klimakonferenz 2015 das Übereinkommen von Paris verabschiedet, welches verbindlich regelt, dass die Erderwärmung auf deutlich unter 2 K im Vergleich zum vorindustriellen Niveau begrenzt werden soll. Diesem Übereinkommen traten bis 2017 alle Staaten der Welt bei (bzw. haben

den Beitritt angekündigt) – die USA allerdings kündigten 2017 ihren Austritt zum Jahr 2020 an, haben diesen aber 2021 wieder zurückgenommen.

Auf der UN-Folgekonferenz in Glasgow 2021 wurden die Beschlüsse von Paris bestätigt und teilweise konkretisiert, zur Umsetzung in der EU und in Deutschland s. Abschnitt 1.4.

Tabelle 1.1: Bearbeitungsstufen der Energie (unabhängig vom Energieträger)

Primärenergie (Rohenergie): Energieinhalt von Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden – d. h. der Energieinhalt von Rohöl, Naturgas, Steinkohle usw.
Sekundärenergie: Energieinhalt aller Energieträger, die der Verbraucher bezieht (aus Primärenergieträgern umgewandelt) – z. B. Heizöl, (gereinigtes) Erdgas, Strom
Endenergie: Sekundärenergie, die ggf. noch um Umwandlungsverluste und den Eigenbedarf bei der Stromeigenerzeugung des Verbrauchers reduziert wurde
Nutzenergie: nur der von der Endenergie tatsächlich für den jeweiligen Zweck genutzte Anteil wie Wärme, Bewegung, Licht – d. h., dass <ul style="list-style-type: none">– zum einen z. B. bei Heizöl oder Erdgas nur die Raumwärme genutzt wird, während die (vergleichsweise geringen) Abgas- und Kesselverluste ungenutzt bleiben,– zum anderen vom Strom nur ein geringer Anteil tatsächlich in das z. B. gewünschte Licht umgewandelt wird (ca. 28 % bei Leuchtstofflampen, ca. 5 % bei Glühlampen [1.11]), während der große Rest zu nicht genutzter Abwärme wird

1.2 Energietechnische Begriffe

Vor weiteren Betrachtungen im Hinblick auf die Energieeinsparung bei Gebäuden müssen die folgenden energietechnischen Begriffe definiert und gegeneinander abgegrenzt werden:

A Bearbeitungsstufen der Energie

In Anlehnung an VDI 4600 [1.10] werden – unabhängig vom Energieträger – die in Tabelle 1.1 aufgeführten Bearbeitungsstufen der Energie unterschieden.

B Heizwärme und Heizenergie

Zu unterscheiden sind ferner Heizwärme und Heizenergie (Bild 1.4):

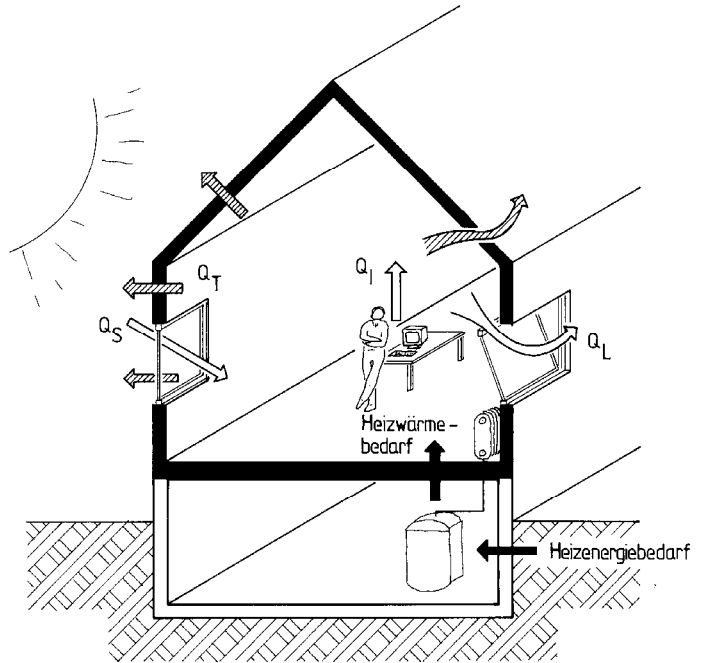
- als *Heizwärme (Nutzwärme oder Nettoheizenergie)* bezeichnet man die *Nutzenergie* für die Beheizung, d. h. die zur Beheizung von Wohn- oder Arbeitsräumen tatsächlich genutzte Energie,
- als *Heizenergie (Bruttoheizenergie)* dagegen wird die der Heizungsanlage zur Verfügung gestellte *Endenergie* bezeichnet, traditionell in Form eines Brennstoffs (Kohle, Heizöl, Erdgas).

C Bedarf und Verbrauch

Weiter werden – in Anlehnung an [1.13] – im Folgenden die Begriffe Bedarf und Verbrauch wie folgt unterschieden:

- als Heizwärmeverbrauch $Q_{h,real}$ oder Heizenergieverbrauch $Q_{H,real}$ in kWh werden die tatsächlichen, gemessenen Größen bezeichnet,
- als Heizwärmebedarf Q_h oder Heizenergiebedarf Q_H in kWh werden die berechneten Größen bezeichnet.

Bild 1.4: Zur Definition der Begriffe „Heizwärmebedarf“ und „Heizenergiebedarf“ (nach [1.12]) mit
 Q_T = Transmissionswärmeverlust
 Q_L = Lüftungswärmeverlust
 Q_S = solare Wärmezugewinne
 Q_I = interne Wärmezugewinne



Diese Bezeichnungsweise in EN 832 [1.14] und DIN V 4108-6 [1.15] steht allerdings im Widerspruch zur alten DIN 4701:1983-03 [1.16], [1.17], [1.18] – der Norm, mit der Heiz- und Klimatechniker früher Heizungsanlagen in Gebäuden ausgelegt haben; dort bezeichnet

- der Wärmeverbrauch noch die Arbeit in kWh als *berechnete* Größe (jetzt *Wärmebedarf*, s. o.),
- der Wärmebedarf noch eine Leistung in kW (jetzt *Heizlast* in EN 12831 [1.19])!

Zum Vergleich unterschiedlich großer Gebäude bezieht man diese Kennwerte üblicherweise auf die Zeit t in a und die Gebäudenutzfläche A_N in m^2 und bezeichnet sie dann z. B. als Jahres-Heizwärmebedarf q_h in $kWh/(m^2 \cdot a)$ oder Jahres-Heizenergiebedarf q_H in $kWh/(m^2 \cdot a)$.

1.3 Das Niedrigenergiehaus und seine Weiterentwicklungen

Unter einem Niedrigenergiehaus (NEH) versteht man allgemein ein Gebäude, das im Vergleich zum gültigen technischen Standard deutlich weniger Energie verbraucht.

Langjähriger technischer Standard war die am 01.01.1995 in Kraft getretene dritte Wärmeschutzverordnung (WSchV) [1.20], die je nach Formfaktor A/V_e des Gebäudes (mit V_e als beheiztem Bruttovolumen des Gebäudes und A als Hüllfläche des beheizten Volumens, jeweils berechnet mit den Außenmaßen) z. B. einen *flächenbezogenen* Jahres-Heizwärmebedarf von $q_h = 54$ bis $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ zuließ.

Das vom Bundestag am 27.10.1995 verabschiedete Eigenheimzulagengesetz, das die Förderung beim Kauf bzw. Bau von selbst genutzten Wohnungen regelte, definierte nun ein Niedrigenergiehaus dahingehend, dass sein flächen- oder volumenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf um 25 % unter den Anforderungen der dritten Wärmeschutzverordnung liegen muss [1.21] – damit ist die o. g. variable Definition (immer besser als der gültige technische Standard) hinfällig geworden; heute geht man davon aus, dass ein Gebäude nach EnEV ein Niedrigenergiehaus ist.

Tabelle 1.2: Weiterentwicklungen des Niedrigenergiehauses [1.22], [1.24]

a)	Ein Passivhaus ist ein Gebäude, dessen Jahres- <i>Heizwärmebedarf</i> so gering ist, dass ohne Komfortverlust auf ein separates Heizsystem verzichtet werden kann; dies ist in Deutschland bei einem Jahres- <i>Heizwärmebedarf</i> $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ Wfl.} \cdot \text{a})$ der Fall.
b)	Ein Sonnenhaus ist ein Gebäude, dessen Jahres- <i>Wärmebedarf</i> für Heizung und Trinkwarmwasser zu $\geq 50 \%$ durch eine thermische Solaranlage gedeckt wird; der verbleibende Jahres- <i>Wärmebedarf</i> wird überwiegend durch erneuerbare Energie gedeckt, sodass der Jahres- <i>Primärenergiebedarf</i> $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ liegt.
c)	Ein Null-Heizenergiehaus ist ein Gebäude, dessen Jahres- <i>Heizenergiebedarf</i> in einem durchschnittlichen Jahr Null ist; in einem solchen Haus darf auch am kältesten Tag kein Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern anfallen.
d)	Ein Netto-Nullenergiehaus ist ein Gebäude, dessen Jahres- <i>Heizenergiebedarf</i> im Mittel eines durchschnittlichen Jahres Null ist; in einem solchen Haus wird im Sommer überschüssiger, regenerativ erzeugter (Solar-)Strom ins öffentliche Netz eingespeist, aus dem der Strom im Winter wieder zum Heizen bezogen wird.
e)	Ein energieautarkes Haus bedarf keinerlei Endenergielieferungen von außerhalb des Grundstücks bis auf die ohnehin einfallenden natürlichen Energieströme (Sonnenstrahlung, Wind, ggf. Grundwasser).
f)	Ein Plusenergiehaus gewinnt in der Jahresbilanz mehr Energie, als von außen über die Bilanzgrenze (z. B. in Form von Strom, Gas, Heizöl oder Biomasse) bezogen wird. Der dabei i. d. R. photovoltaisch gewonnene, für das Gebäude nicht benötigte Strom dient – ggf. nach Speicherung in stationären Batterien – v. a. der Elektromobilität der Bewohner.

Vom Niedrigenergiehaus ausgehend gibt es folgende Weiterentwicklungen (Tabelle 1.2):

- Beim *Passivhaus* ist durch optimale passive Nutzung der Solarenergie (sowie der internen Gewinne) der Heizenergiebedarf so gering, dass auf eine konventionelle Heizung verzichtet werden kann (Tabelle 1.2a) [1.22] – die bei diesen Häusern sowieso notwendige mechanische Lüftungsanlage übernimmt auch die geringe noch

erforderliche Beheizung. Nähere Informationen zum Passivhaus sind erhältlich beim Passivhaus-Institut in Darmstadt (www.passiv.de).

Der Passivhausstandard wurde in den letzten Jahren vom Passivhaus-Institut weiterentwickelt (nicht in Tabelle 1.2 a aufgeführt)

- zum *Passivhaus Classic* mit einem nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf $q_P \leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,
- zum *Passivhaus Plus* mit einem nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf $q_P \leq 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und
- zum *Passivhaus Premium* mit einem nutzflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarf $q_P \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

dabei handelt es sich um *erneuerbare* Primärenergie PER – *nicht erneuerbare* Primärenergie darf nicht genutzt werden. Die beiden letztgenannten Klassen sind dabei Plusenergiehäuser (s. u.), d. h.,

- das *Passivhaus Plus* erzeugt *grundflächenbezogen* $\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und
- das *Passivhaus Premium* erzeugt *grundflächenbezogen* $\geq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ erneuerbare Energie pro Jahr, die allerdings mit dem Grad der Verfügbarkeit gewichtet wird. Zusätzlich darf bei geringerem Jahres-Primärenergiebedarf die jährliche Energieerzeugung etwas geringer ausfallen, bei größerer jährlicher Energieerzeugung darf der benötigte Jahres-Primärenergiebedarf etwas größer ausfallen [1.23].

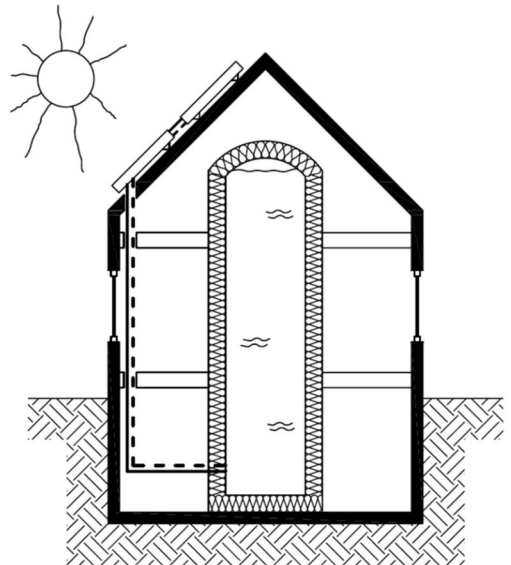


Bild 1.5: Solarthermisch geladener Pufferspeicher über mehrere Etagen eines Sonnenhauses (Speichermedium Wasser)

- Das *Sonnenhaus* verfolgt einen anderen Ansatz: Eine größere thermische Solaranlage mit einem den Bedarf mehrerer Tage oder sogar Wochen deckenden Pufferspeicher (Bild 1.5) sorgt dafür, dass der Jahres-Wärmebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser zu mindestens 50 % durch Solarthermie gedeckt wird – der verbleibende Jahres-Wärmebedarf wird überwiegend durch Holz als erneuerbare Energie gedeckt,

sodass der *nicht* erneuerbare Anteil des Jahres-Primärenergiebedarfs bei maximal $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ liegt (Tabelle 1.2 b) [1.24]. Dieser Standard wird in Deutschland vom Sonnenhaus-Institut in Straubing definiert (www.sonnenhaus-institut.de).

- Das *Null-Heizenergiehaus* benötigt *keine* von außen zugeführte nicht erneuerbare Energie (Tabelle 1.2 c); praktisch bedeutet das aber, dass die *im Sommer* gewonnene Solarwärme in einem sehr großen Langzeit-Wärmespeicher aufwendig gespeichert und *im Winter* wieder zur Verfügung gestellt werden muss. Langzeit-Wärmespeicher können aber nur bei ausreichender Größe wirtschaftlich werden (Bild 1.6), praktisch sind damit nur große Speicher für ganze Siedlungen (Bild 1.7) und nicht für Einzelgebäude sinnvoll.

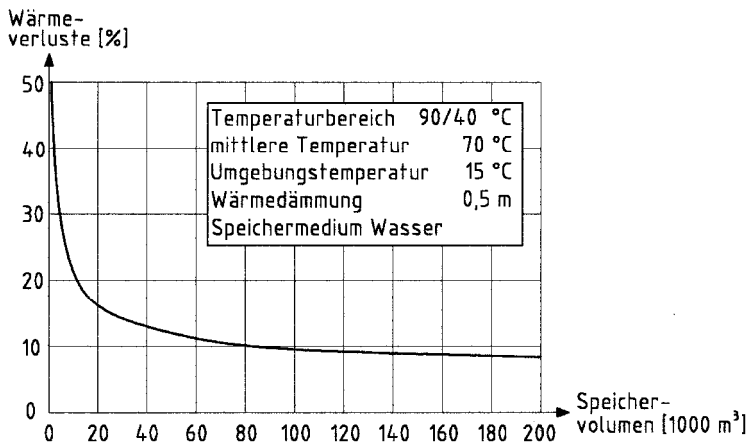


Bild 1.6: Anteil der Wärmeverluste an der gespeicherten Wärmemenge über ein Jahr als Funktion des Speichervolumens (Speicher würfelförmig angenommen, nach [1.27])

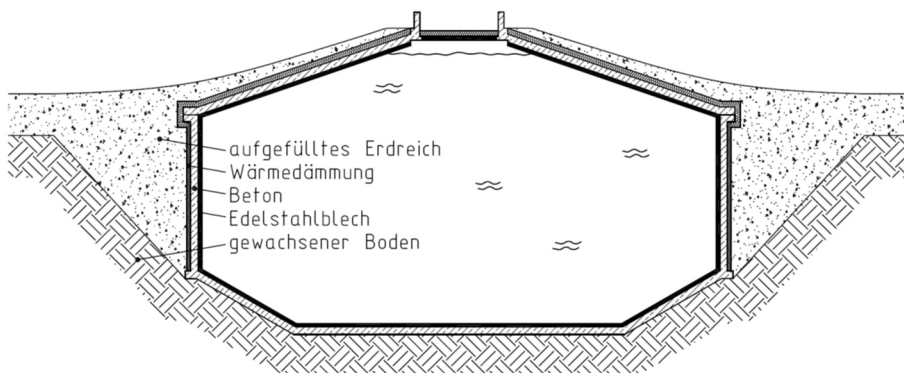


Bild 1.7: Solarthermisch geladener Langzeit-Wärmespeicher für eine Siedlung (Speichermedium Wasser) – häufig mit gemeinsamem Spielplatz darüber

- Beim *Netto-Nullenergiehaus* liegt der Jahres-Heizenergiebedarf im Mittel eines durchschnittlichen Jahres bei Null (Tabelle 1.2 d); notwendig dafür ist Stromerzeugung auf dem Grundstück durch eine Anlage, die mit erneuerbarer Energie gespeist wird

(i. d. R. Photovoltaik); die Beheizung erfolgt dann durch eine elektrische Wärmepumpe. Dabei wird der *im Sommer* gewonnene überschüssige Solarstrom in das öffentliche Stromnetz eingespeist und *im Winter* Strom aus dem öffentlichen Netz zum Heizen bezogen. Dies belastet zum einen das öffentliche Netz, zum anderen müssen die Stromversorger im Sommer eine Nutzung für den eingespeisten Strom finden und im Winter Strom z. B. aus (fossilen) Reservekraftwerken bereitstellen.

- Das *energieautarke Haus* kommt ganzjährig ohne jegliche Energiezufuhr von außen aus (Tabelle 1.2 e), d. h., die *im Sommer* thermisch oder photovoltaisch gewonnene Solarenergie muss aufwendig gespeichert werden, um *im Winter* als Nutzenergie zur Verfügung zu stehen [1.22], [1.25], [1.26].
- Das *Plusenergiehaus* ist eine Weiterentwicklung des Netto-Nullenergiehauses; es gewinnt in der Jahresbilanz mehr Energie, als von außen bezogen wird (Tabelle 1.2 f). Notwendig dafür ist Stromerzeugung auf dem Grundstück durch eine Anlage, die mit erneuerbarer Energie gespeist wird (i. d. R. Photovoltaik), hierfür ist nach den KfW-Förderkriterien ein stationärer Batteriespeicher vorzusehen. Die überschüssige Energie in Form von elektrischem Strom dient v. a. der Elektromobilität der Bewohner.

Passivhaus und Sonnenhaus können als Stand der Technik bezeichnet werden. Das Null-Heizenergiehaus könnte aufgrund zunehmender Erfahrungen mit der Langzeit-Wärmespeicherung in den kommenden Jahren häufiger ausgeführt werden, obwohl es wohl für längere Zeit noch unwirtschaftlich bleiben wird – daher geht der Trend trotz der o. g. Belastung des öffentlichen Stromnetzes zum Netto-Nullenergiehaus. Die für ein energieautarkes Haus erforderlichen Langzeit-Energiespeicher sind bisher noch so aufwendig und teuer, dass diese Variante auf absehbare Zeit auf wenige Versuchsgebäude beschränkt bleiben dürfte. Das Plusenergiehaus wird durch die KfW-Förderbank in den letzten Jahren als *KfW-Effizienzhaus 40 Plus* gefördert und dürfte sich dadurch zum Stand der Technik entwickeln.

Die KfW-Förderbank hat aber im Neubau v. a. folgende Varianten gefördert [1.28]:

- Das *KfW-Effizienzhaus 55* benötigt im Vergleich zum Referenzgebäude der EnEV bzw. des GEG
 - maximal 55 % des Primärenergiebedarfs und
 - maximal 70 % des Transmissionswärmeverlustes.Mit Einführung des GEG 2023 wurde allerdings diese Hauptanforderung des *KfW-Effizienzhauses 55* zur Standardanforderung (s. Abschnitt 1.4.8) – es wird daher nicht mehr gefördert.
- Das *KfW-Effizienzhaus 40* (es stellt auch die Grundlage des o. g. *KfW-Effizienzhauses 40 plus* dar) benötigt im Vergleich zum Referenzgebäude der EnEV bzw. des GEG
 - maximal 40 % des Primärenergiebedarfs und
 - maximal 55 % des Transmissionswärmeverlustes.Seit Sommer 2022 wird allerdings nur noch das *KfW-Effizienzhaus 40 NH* gefördert, d. h. mit einer zusätzlichen sog. *Nachhaltigkeitsklasse* (s. Abschnitt 6.2).

(Zu den Begriffen Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust sowie den durch das Referenzgebäude definierten Anforderungen s. Abschnitt 5.3.1)

Im Bestand gibt es darüber hinaus weitere Förderangebote, nämlich *KfW-Effizienzhaus 70* und *KfW-Effizienzhaus 85* sowie das *KfW-Effizienzhaus Denkmal* (speziell für denkmalgeschützte Gebäude mit vereinfachten Förderbedingungen).

Zu den sich ständig ändernden Förderkonditionen – reduzierte Zinssätze und Tilgungszuschüsse – s. www.kfw.de.

1.4 Politische Umsetzung der Klimaschutzziele

1.4.1 Europäische Union 2002 bis 2003

Um die in Abschnitt 1.1 genannten Klimaschutzziele umzusetzen, wurde 2002 die EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ verabschiedet und am 04.01.2003 im Amtsblatt der EU veröffentlicht [1.29]; sie war innerhalb von drei Jahren nach Veröffentlichung, d. h. eigentlich bis zum 04.01.2006, in nationales Recht umzusetzen. Die wichtigsten Inhalte in Kürze:

- Der Energiebedarf von Gebäuden muss
 - nicht nur (wie bisher) unter Einbeziehung der Gebäudehülle, der Heizung, der Lüftung und der Trinkwassererwärmung,
 - sondern auch mit Berücksichtigung der *Kühlenergie für raumlufttechnische Anlagen* sowie der *Beleuchtungsenergie* nachgewiesen werden.
- Gemäß Artikel 5 der Richtlinie [1.29] müssen ferner bei Neubauten mit > 1000 m² Gesamtnutzfläche die technische, ökologische und wirtschaftliche *Einsetzbarkeit alternativer Systeme* wie
 - dezentrale Energieversorgung auf der Grundlage erneuerbarer Energien,
 - Kraft-Wärme-Kopplung (KWK),
 - Fern- oder Blockheizung bzw. -kühlung sowie
 - Wärmepumpenvor Baubeginn geprüft werden.
- Gemäß Artikel 7 der Richtlinie [1.29] muss auch bei Kauf oder Vermietung bestehender Gebäude dem potenziellen Käufer oder Mieter ein *Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz* vorgelegt werden, der maximal zehn Jahre gültig sein darf. Bei öffentlichen Gebäuden mit Publikumsverkehr und einer Gesamtnutzfläche > 1000 m² ist dieser Ausweis gut sichtbar auszuhängen (Vorbildfunktion der öffentlichen Hand).

1.4.2 Deutschland 2004 bis 2009

Die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie [1.29] gestaltete sich aufgrund der relativ kurzen Frist schwierig: Erst am 17.11.2006 erschien der Entwurf der künftigen Energieeinsparverordnung (EnEV) [1.30] mit zugehöriger Begründung [1.31].

Am 24.07.2007 wurde schließlich die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007 zur Umsetzung der o. g. EU-Richtlinie erlassen; mit Beschluss des Bundesrates vom 06.03.2009 und Kabinettsbeschluss vom 18.03.2009 wurde diese Verordnung erneut geändert zur Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 [1.32], mit der im Neubau wie bei Maßnahmen im Bestand ab 01.10.2009 gegenüber der EnEV 2007 das Primärenergie-Anforderungsniveau um 30 % abgesenkt wurde (um 15 % beim spezifischen Transmissionswärmeverlust). Parallel zur EnEV 2009 gilt bereits seit 01.01.2009 das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) [1.33], mit dem ein anteiliger Einsatz der in o. g. EU-Richtlinie genannten alternativen Beheizungssysteme vorgeschrieben wird.

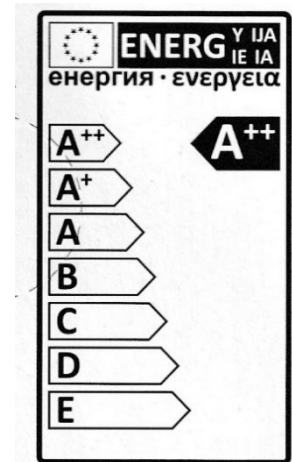


Bild 1.8: EU-Treppenlabel auf der Verpackung eines Leuchtmittels

Zum Inhalt der EnEV 2007/2009: Um eine vollständige Umstellung für die Praxis zu vermeiden, werden seitdem folgende Gebäudegruppen unterschieden [1.32]:

- Für zu *errichtende Wohngebäude* wurde eingeführt, dass
 - sie zum einen so für den sommerlichen Wärmeschutz zu bemessen sind, dass keine Klimaanlage notwendig wird,
 - zum anderen der Nutzer im Wohnungsbau seine Leuchtmittel mit entsprechender Deklaration selbst kauft (Bild 1.8), sodass der Zweck der EU-Richtlinie – die Energieeinsparung – auch anderweitig erreicht wird.

Dementsprechend ergaben sich für den Wohnungsneubau in der EnEV 2007/2009 nur wenige Änderungen im Nachweisverfahren gegenüber der EnEV 2002/2004.

- Nicht nur für *neue Wohngebäude*, sondern auch für *Wohngebäude im Bestand* ist bei jedem Mieter- oder Eigentümerwechsel ein Energieausweis (häufig auch Energiepass genannt) vorzulegen. Das Nachweisverfahren für Wohngebäude im Bestand wurde gegenüber dem für Neubauten vereinfacht, um die Kosten für die Energieausweise zu begrenzen.
- Für *Nichtwohngebäude* – Neubau wie auch Bestand – wurde mit DIN V 18599 [1.34] ein neues Berechnungsverfahren zur integrierten Bewertung des Baukörpers, der

Nutzung und der Anlagentechnik unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen entwickelt, das zwar auf die bekannten Verfahren zurückgreift, jedoch weit darüber hinausgeht.

Auch für diese Gebäude ist bei jedem Mieter- oder Eigentümerwechsel ein Energieausweis vorzulegen. Bei öffentlichen Gebäuden mit Publikumsverkehr und einer Gesamtnutzfläche > 1000 m² ist dieser Ausweis gut sichtbar auszuhängen.

1.4.3 Europäische Union 2008 bis 2012

Die EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen ist Teil des Europäischen Klima- und Energiepakets, auf das sich der Europäische Rat im Dezember 2008 nach einjähriger Verhandlung geeinigt hat. Mit der EU-Richtlinie Erneuerbare Energien [1.35] wurden ehrgeizige verbindliche Ziele für die EU gesetzt: Erreicht werden sollten bis 2020

- 20 % des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien sowie
- ein Mindestanteil von 10 % erneuerbare Energien im Verkehrssektor [1.36].

Die Richtlinie sah verbindliche nationale Gesamtziele der EU-Mitgliedstaaten vor, die von 10 % für Malta bis 49 % für Schweden reichen. Für Deutschland war ein nationales Ziel von 18 % am gesamten Endenergieverbrauch vorgesehen [1.36].

2008 hat die EU-Kommission ferner den Entwurf einer Novelle der Europäischen Gebäuderichtlinie (*Energy Performance of Buildings Directive* = EPBD) vorgelegt mit u. a. folgenden Punkten [1.37], [1.38]:

- Die Energiekennzahl ist verpflichtend in Immobilienanzeigen zu nennen, Energieausweise sind bei Vertragsabschluss auszuhändigen.
- Die Energiebilanzierung soll anhand eines europaweit einheitlichen Berechnungsinstrumentes erfolgen.
- Energieausweise sollen nicht mehr nur unverbindliche Informationen enthalten, sondern eine gesteigerte rechtliche Wirkung erhalten (was die Zahl von Rechtsstreitigkeiten erhöhen könnte).
- Es soll eine unabhängige Kontrollinstanz für Energieausweise eingeführt werden, Energieausweisaussteller müssen dafür zugelassen werden.
- Energieausweise sind auch bei nicht öffentlichen Gebäuden mit starkem Publikumsverkehr und bereits ab 250 m² Gesamtnutzfläche auszuhängen.

Dieser Entwurf wurde vom EU-Parlament im April 2009 mit Änderungen verabschiedet [1.39], v. a. sollten seit 2019 neu gebaute Gebäude nur noch so viel Energie verbrauchen, wie sie selbst erzeugen. In einem solchen *Netto-Nullenergiegebäude* (vgl. Tabelle 1.2) darf der jährliche Primärenergieverbrauch nicht die Energieerzeugung vor Ort aus erneuerbaren Energien übersteigen.

Die EU-Mitgliedstaaten haben diesen vom EU-Parlament mit großer Mehrheit verschärfen Entwurf der EU-Kommission für eine Neufassung der Gebäuderichtlinie in einem im

November 2009 ausgehandelten Kompromiss wieder abgeschwächt vom *Netto-Nullenergiegebäude* zum *Nahe-Null-Energiegebäude*. Wesentliche Punkte der Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie waren nun [1.40]:

- Die Mitgliedstaaten setzen in Zukunft nationale Mindeststandards für Neubauten, umfassende Sanierungen sowie bei der Erneuerung wesentlicher Bauteile fest, beispielsweise des Daches (in Deutschland bereits umgesetzt). Die nationalen Standards sollten sich dabei an einer europaweiten Vergleichsmethode ausrichten. Bestehende und bewährte nationale Systeme (wie die EnEV) müssen nicht grundsätzlich geändert werden.
- Ab 2021 (öffentliche Gebäude ab 2019) müssen alle Neubauten „höchste Energieeffizienzstandards“ aufweisen. Der verbleibende Heiz- bzw. Kühlbedarf soll dann zu wesentlichen Teilen durch erneuerbare Energien gedeckt werden.
- In gewerblichen Immobilienanzeigen muss der Energiekennwert auf dem Energieausweis angegeben werden. Bei Abschluss eines Kauf- oder Mietvertrages muss der Energieausweis ausgehändigt werden. Die Wahlmöglichkeit zwischen bedarfs- und verbrauchsorientiertem Energieausweis bleibt erhalten. (Das EU-Parlament hatte im April 2009 beschlossen, nur noch Bedarfsausweise zuzulassen.)

Im Dezember 2009 hat diese Fassung der EU-Gebäuderichtlinie den Energieministerrat passiert [1.41]; nach der Bestätigung durch das EU-Parlament trat sie als EU-Richtlinie 2010/31/EU am 08.07.2010 in Kraft [1.42]. Die nationale Umsetzungsfrist betrug zwei Jahre: Die Mitgliedstaaten sollten „die zur Umsetzung erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften“ spätestens bis zum 09.07.2012 erlassen und die Vorschriften spätestens ab dem 09.01.2013 anwenden.

Die weitere Richtlinie 2012/27/EU (Energieeffizienz-Richtlinie, Abkürzung EnEff-RL, engl. *Energy Efficiency Directive*, EED) ist ein wesentlicher Teil des Energierechts der EU und soll dabei helfen, Lösungen zu finden zur Verringerung der Importabhängigkeit der EU von einigen wenigen Weltregionen und für das Problem der Klimaänderung. *Hinweis:* Seit 14.07.2021 liegt im Rahmen von *Fit for 55* ein Vorschlag der EU-Kommission für eine Novelle der EnEff-RL vor.

Einige der Hauptziele der Energieeffizienz-Richtlinie von 2012 waren

- die Festlegung nationaler Energieeffizienzziele für 2020,
- eine Sanierungsrate für Gebäude der Zentralregierung von 3 % pro Jahr,
- eine verpflichtende Energieeinsparung der Mitgliedstaaten im Zeitraum 2014 bis 2020 von jährlich durchschnittlich 1,5 % sowie
- die verpflichtende Durchführung regelmäßiger Energieaudits in großen Unternehmen.

1.4.4 Deutschland 2010 bis 2015

Das durch die EU-Gebäuderichtlinie von 2010 notwendige Inkrafttreten einer neuen EnEV im Jahre 2012 hatte sich als unrealistisch erwiesen, da ein Großteil der zugehörigen Regelwerke überarbeitet werden musste (Bild 1.9, s. dazu die folgenden Kapitel).

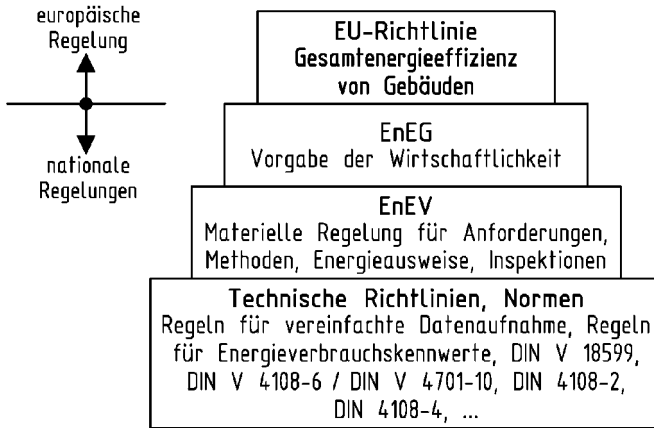


Bild 1.9: Zusammenhang zwischen der europäischen Verordnungsgebung und deren Umsetzung in Deutschland (nach [1.43])

Vor Erlass einer neuen EnEV musste das hierzu ermächtigende Energieeinsparungsgesetz (EnEG) geändert werden, um sämtliche von der Europäischen Gebäuderichtlinie geforderten Änderungen zu ermöglichen. Dementsprechend beschloss der Bundestag in der Plenarsitzung vom 15. Mai 2013 das Vierte Änderungsgesetz zum Energieeinsparungsgesetz. In seiner Sitzung am 7. Juni 2013 stimmte der Bundesrat den Änderungen am Energieeinsparungsgesetz (EnEG) zu. Damit konnte das EnEG 2013 in Kraft treten.

Das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz – EEWärmeG) war zuletzt 2011 zur Umsetzung der EU-Richtlinie 2009/28/EG (Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, s. o.) geändert worden – es galt nun *auch* für die umfassende Sanierung öffentlicher Gebäude (Vorbildfunktion der öffentlichen Hand), auch Kälte zur Raumluftkühlung aus erneuerbaren Energien musste berücksichtigt werden.

Die Novellierung der EnEV selbst stellte sich ebenfalls als langwierig heraus, da zum einen das federführende Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zusammenarbeiten sowie gemäß EnEG zum anderen der Bundesrat zustimmen musste.

Nach langen Diskussionen beschloss am 6. Februar 2013 die Bundesregierung einen EnEV-Entwurf und stellte ihn der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vor. Am 2. Juni 2013 bekam dann u. a. Deutschland den berüchtigten „Blauen Brief“ aus Brüssel [1.44], d. h. die Mahnung wegen verspäteter Umsetzung der o. g. Novelle der Europäischen Gebäuderichtlinie.

Noch vor der Sommerpause 2013 hatte daraufhin die Bundesregierung eine Neufassung der EnEV verabschiedet. Der Bundesrat hatte diese aber in seiner letzten Sitzung vor der Sommerpause am 5. Juli 2013 nicht mehr behandelt – erst am 11. Oktober 2013 stimmte er dieser Vorlage mit Auflagen zu. Diesen Auflagen des Bundesrates hat die Bundesregierung mit Kabinettsbeschluss vom 16. Oktober 2013 zugestimmt, sodass die novellierte EnEV [1.45] umgehend zur Notifizierung zur EU nach Brüssel geschickt werden konnte. Aufgrund der halbjährigen Notifizierungsfrist konnte die neue EnEV erst am 1. Mai 2014

in Kraft treten; die seit 1. Januar 2016 geltenden verschärften Anforderungen wurden darin bereits geregelt.

Die nationale Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie und der in Abschnitt 1.4.3 ebenfalls genannten EU-Energieeffizienz-Richtlinie zeigt schematisch Bild 1.10. Unterschieden werden hier Gebäude (links) sowie Industrie und Gewerbe (rechts):

- Während Wohngebäude mit ihrer recht einheitlichen Nutzung gut zu standardisieren sind (ganz links), sind Nichtwohngebäude nur aufwendig durch Berücksichtigung verschieden konditionierter Gebäudezonen zu standardisieren (Mitte links, s. Abschnitt 5.6). Für beide gibt es Fördermöglichkeiten im Rahmen der Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG, s. Abschnitt 1.4.6).
- Bei Industrie und Gewerbe (rechts) werden Betriebsstätten gesondert erfasst, da sie praktisch nicht zu standardisieren sind. Eine Förderung ist hier nur für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) möglich (s. u.).

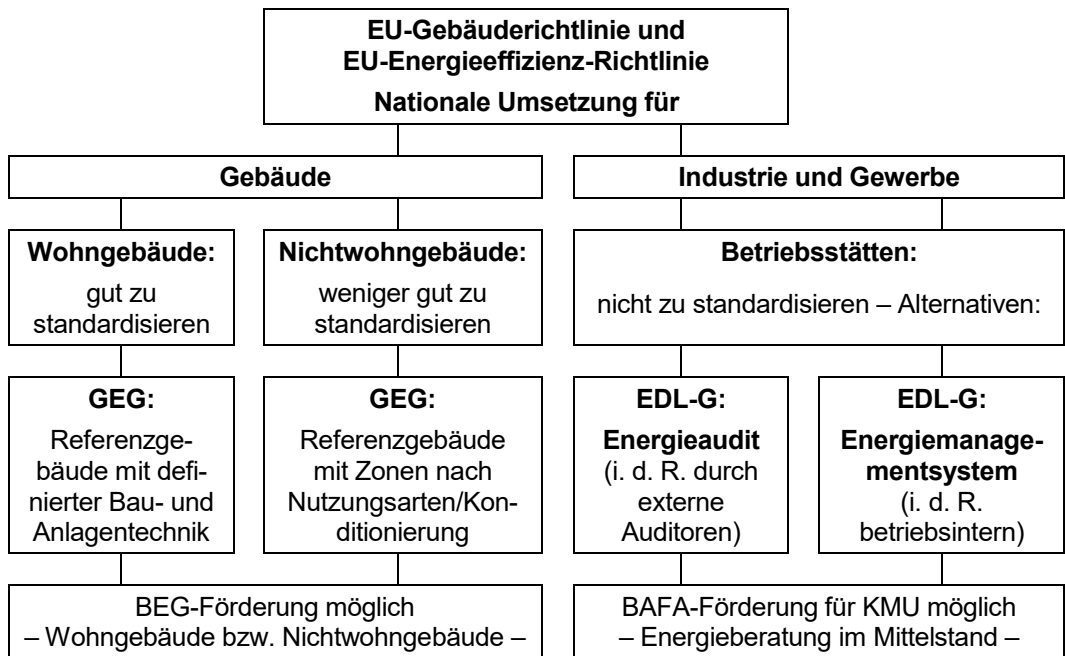


Bild 1.10: Schematische Darstellung der nationalen Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (links) und der EU-Energieeffizienz-Richtlinie (rechts)

Die nationale Umsetzung für Industrie und Gewerbe erfolgte über das Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) vom 22.04.2015 [1.46], [1.47]:

- Kern des EDL-G ist die Verpflichtung von Unternehmen, die *keine* kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) im Sinne der EU-Definition sind, mindestens alle vier