

Klaus W. Usemann

Energieeinsparende Gebäude und Anlagentechnik

Grundlagen, Auswirkungen, Probleme und Schwachstellen,
Wege und Lösungen bei der Anwendung der EnEV

Mit 358 Abbildungen und 80 Tabellen

 Springer

Inhalt

0 Einleitung	1
1 Geo-Engineering	5
1.1 Problemstellung	5
1.1.1 Weltweite Klimaveränderungen	5
1.1.2 Zusammenhänge Architektur-Energie-Klima: Der Treibhauseffekt und was steckt dahinter	11
1.2 Ursachen der weltweiten Klimaveränderungen	14
1.2.1 Global (weltweit)	14
1.2.2 Die Rolle der Bundesrepublik Deutschland	24
1.2.3 Die Rolle des Anwendungsbereichs Niedertemperaturwärme in der Bundesrepublik Deutschland	30
1.2.4 Die Rolle des Anwendungsbereichs Niedertemperaturwärme eines einzelnen Gebäudes	31
1.3 Folgen der weltweiten Klimaveränderung	34
1.4 Gegenmaßnahmen: Energie und Architektur	36
1.4.1 Global (weltweit)	36
1.4.2 Rolle der Bundesrepublik Deutschland	38
1.5 Grundlegende Konsequenzen der novellierten Wärmeschutzverordnungen. Anlass und Ziele	39
1.6 Energie der Zukunft	42
2 Forderungen des Wärmeschutzes	44
2.1 Wärmeschutzforderungen vor der ersten Wärmeschutzverordnung	44
2.1.1 DIN 4108 – Wärmeschutz im Hochbau	44
2.2 Die Wärmeschutzverordnung (WSVO)	48
2.2.1 Erste Wärmeschutzverordnung	48
2.2.2 Zweite Wärmeschutzverordnung	51
2.2.3 Dritte Wärmeschutzverordnung	52
2.2.4 Weitere Ausgaben der DIN 4108	66
2.3 Heizungsanlagenverordnungen (HeizAnlV)	67
2.3.1 Heizungsanlagenverordnung 1978	67
2.3.2 Heizungsanlagenverordnung 1982	68
2.3.3 Heizungsanlagenverordnung 1989	69
2.3.4 Heizungsanlagenverordnung 1994	69

2.3.5	Heizungsanlagenverordnung 1998	71
2.4	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden nach DIN 4108	72
2.5	Energiesparendes Bauen, Herausforderung für Architekten und Ingenieure	90
3	Energieeinsparverordnung – EnEV	93
3.1	Schwerpunkte der Verordnung im Einzelnen	94
3.1.1	Beitrag der Energieeinsparung zum Klimaschutz	94
3.1.2	Verschärfung der Anforderungen im Neubau	101
3.1.3	Integration von Wärmeschutz und Anlagentechnik	102
3.1.4	Vereinfachtes Nachweisverfahren bei Wohngebäuden	104
3.1.5	Anforderungskonzept für den Gebäudebestand	105
3.1.6	Erleichterung des Einsatzes erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung sowie sommerlicher Wärmeschutz	110
3.1.7	Erhöhung der Transparenz für Bauherren und Nutzer durch Energieausweise	111
3.1.8	Verweise auf Regeln der Technik, Anpassung an die europäische Normung	112
3.1.9	Rechtsvereinfachung	114
3.1.10	Umsetzung europäischer Richtlinien in nationales Recht	115
3.1.11	Sonderregelungen in Deutschland für Gebäude in energiesparender Bauweise	115
3.2	Verordnungstext mit Erläuterungen	118
3.3	Energiebedarfs- und Wärmebedarfsausweise	296
3.4	EU-Richtlinie EER über die Energieeffizienz von Gebäuden	314
3.5	Wirtschaftliche Vertretbarkeit der Anforderungen, Auswirkungen auf die Baukosten, Mieten und Preise sowie Honorierung	319
3.5.1	Wirtschaftliche Vertretbarkeit	319
3.5.2	Gebäudekosten	321
3.5.3	Preisniveau bei Bauprodukten	331
3.5.4	Mieten und Gesamtwohnkosten, Verbraucherpreise	334
3.5.5	Auswirkungen auf die öffentlichen Haushalte	336
3.5.5.1	Bund, Länder und Gemeinden als Bauherren	336
3.5.5.2	Verwaltungskosten	337
3.5.5.3	Finanzielle Förderung	337
3.5.5.4	Auswirkung der energetischen Modernisierung von Gebäuden auf den Arbeitsmarkt	338
3.5.6	Honorierung	338
3.5.7	Bautypische Instandhaltungsbegriffe	341
3.6	Gebäudegeometrieverhältnis (Kompaktheitsgrad) A/V _e	345

Inhalt	XIII
4 Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs nach DIN V 4108-6	353
4.1 Der Baupfad. Allgemeines	353
4.2 Erläuterungen zum vereinfachten Nachweisverfahren nach der EnEV	360
4.3 Wärmeverluste nach dem Monatsbilanzverfahren	384
4.4 Wärmegewinne nach dem Monatsbilanzverfahren	388
4.5 Heizunterbrechung, Nachtbetriebsabschaltung nach dem Monatsbilanzverfahren	394
4.6 Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne nach dem Monatsbilanzverfahren	396
4.7 Jahresheizwärmebedarf nach dem Monatsbilanzverfahren	401
4.8 Formblätter	401
4.9 Einige kritische Anmerkungen	412
4.9.1 Der nach DIN EN 832 bzw. DIN V 4108-6 ermittelte Jahresheizwärmebedarf ist keine alleinige Eigenschaft des Gebäudes	412
4.9.2 Lüftungswärmebedarf keine alleinige Gebäude- oder Anlageneigenschaft	412
4.9.3 Heizunterbrechungen keine alleinige Gebäude- oder Anlageneigenschaft	413
4.9.4 Bedarfsgeführte Regelung gleichberechtigt zu anderen Maßnahmen	414
4.9.5 Einfache Primärenergiebewertung auf Basis der Heizergiebilanz und mit Primärenergiefaktoren	414
4.9.6 Weiterentwicklung des technischen Regelwerkes	414
5. Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen (Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung) nach DIN 4701-10	416
5.1 Der Anlagenpfad. Allgemeines	416
5.2 Grundlagen des Rechenverfahrens	425
5.3 Anlagenaufwandszahl e_p	427
5.4 Bereiche und Stränge	433
5.5 Symbole und Indizierung	437
5.6 Diagrammverfahren nach DIN V 4701-10	438
5.7 Tabellen- und Detailliertes Rechenverfahren	441
5.8 Berechnungsgrundlagen für das Detaillierte Verfahren	441
5.9 Berechnungsblätter	445
5.10 Nachweise nach der EnEV	451
5.11 Mindestangaben für das Tabellenverfahren	453
5.12 Zusätzliche Angaben für das Detaillierte Verfahren	462
5.13 Der umfassendere Ansatz zur DIN V 4701-10	477
5.14 Verrechnung von Anlagentechnik und Bauphysik	479

6 Jahresheizwärmebedarfs- und Primärenergiebedarfsübersichten	484
Rechenprogramme nach der EnEV	518
7 Konsequenzen der Energieeinsparverordnung auf Konstruktion und Gestaltung der Gebäude	522
7.1 Energieeinsparhäuser	522
7.1.1 Definitionen	522
7.1.2 Gebäudeentwurf bei einer Niedrigenergiebauweise	526
7.1.3 Wärmeschutzkonstruktionen	531
7.1.4 Gebäudetechnik	548
7.1.5 Checkliste und Planungsablauf	554
7.2 Anforderungen an Bauteile für Neubauten	556
7.2.1 Außenwände	556
7.2.2 Decken, Dächer	577
7.2.3 Fenster, Fenstertüren, Dachfenster	583
7.2.4 Wärmedämmstoffe	609
7.2.5 Erdreichberührte Gebäudeaußenfläche	619
7.2.6 Massiv-Absorber	621
7.2.7 Allgemeine Feststellungen	626
7.3 Anforderungen an bestehende Gebäude	627
7.4 Anforderungen an denkmalgeschützte Gebäude	666
7.5 Ökologische Aspekte	672
7.6 Luftdichtheit der Außenhülle von Gebäuden	685
7.6.1 Konstruktive Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit von Fenstern, Bauteilfugen usw.	689
7.6.2 Luftdichtigkeitsprüfung von Gebäuden	699
7.6.3 Ermittlung der Luftdichtigkeit durch Indikatorgasmess-technik	714
7.6.4 Rechnerische Überprüfung des Luftwechsels	718
7.7 Möglichkeiten und Praxis der Bau-Thermographie	720
7.8 Energieberatung	724
7.9 Anforderungen an Wintergärten	726
7.9.1 Der unbeheizte Wintergarten, Neubau	727
7.9.2 Der beheizte Wintergarten, Neubau	727
7.9.3 Nachträglicher Anbau eines Wintergartens an ein bestehendes Gebäude	728
7.9.4 Allgemeine Hinweise	729
8 Konsequenzen der Energieeinsparverordnung auf die energiewirtschaftliche Beurteilung von Heizungsanlagen, Lüftung, Trinkwassererwärmung	731
8.1 Allgemeines	731
8.2 Wärmeerzeugung	742
8.2.1 Heizkessel	742
8.2.2 Blockheizkraftwerk (BHKW)	758

Inhalt	XV
8.2.3 Wärmepumpen	763
8.3 Raumheizflächen	773
8.4 Pumpenauslegung	789
8.5 Regelungstechnik	796
8.6 Warmwasserversorgung	801
8.7 Einzelfeuerstätten	812
8.8 Maschinelle Wohnungslüftung	813
8.9 Solaranlagen	842
9 Nachweis nach der EnEV am Beispiel eines Einfamilienhauses	855
9.1 Berechnungsverfahren	855
9.2 Baubeschreibung	855
9.3 Grundrisse und Ansichten	856
9.4 Eingangsdaten	858
9.4.1 Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	858
9.4.2 Beheiztes Gebäudevolumen V_e	860
9.4.3 Gebäudenutzfläche A_N	864
9.4.4 A/ V_e -Verhältnis und Anforderungsniveau der EnEV	864
9.4.5 Nettoflächenermittlung	865
9.4.6 Fensterflächenanteil	867
9.4.7 Aufbau raumabschließender Außenbauteile	869
9.4.7.1 Wände	869
9.4.7.2 Wintergarten	869
9.4.7.3 Dach	869
9.4.7.4 Erdreichberührte Bauteile	870
9.5 Monatsbilanzverfahren. Transmissionswärmeverluste	871
9.5.1 Berechnungshinweise	871
9.5.2 Eingangswerte	872
9.5.3 Wärmebrücken	874
9.5.4 Temperaturkorrekturfaktoren	876
9.5.5 Berechnung des Transmissionswärmeverlustes H_T	876
9.5.6 Berechnung des monatlichen Bruttowärmeverlustes durch Transmission	878
9.6 Monatsbilanzverfahren. Lüftungswärmeverluste	879
9.6.1 Rechenvorschriften	879
9.6.2 Eingangsdaten	880
9.6.3 Berechnung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes H_V	880
9.6.4 Berechnung des Bruttowärmeverlustes durch Lüftung	881
9.7 Monatsbilanzverfahren: Bruttowärmeverluste durch Transmission und Lüftung	882
9.8 Monatsbilanzverfahren. Interner Wärmegewinn	883
9.8.1 Allgemeines	883
9.8.2 Berechnung des mittleren internen Wärmegewinns	884
9.8.3 Berechnung des internen Bruttowärmegewinns	884
9.9 Monatsbilanzverfahren. Solarer Wärmegewinn	885
9.9.1 Solarer Wärmegewinn der Fenster.	885

9.9.1.1	Allgemeines	885
9.9.1.2	Eingangsdaten	886
9.9.1.3	Vereinfachte Berechnungsformel	886
9.9.1.4	Orientierung der Fenster	888
9.9.1.5	Strahlungsintensitäten und Fensterflächen	889
9.9.1.6	Berechnung des solaren Bruttowärmegewinns der Fenster	890
9.9.2	Solarer Wärmegewinn des Wintergartens	890
9.9.2.1	Allgemeines	890
9.9.2.2	Direkter Wärmegewinn	892
9.9.2.3	Indirekter Wärmegewinn	894
9.9.2.4	Berechnung des solaren Bruttowärmegewinns des Wintergartens	896
9.10	Monatsbilanzverfahren. Bruttowärmegewinne	897
9.11	Monatsbilanzverfahren. Intermittierender Heizungsbetrieb	898
9.11.1	Berechnung der Reduzierung des Wärmeverlusts	899
9.11.2	Anmerkungen	909
9.12	Monatsbilanzverfahren. Nettowärmeverluste	909
9.13	Monatsbilanzverfahren. Nettowärmegewinne	911
9.13.1	Eingangswerte	912
9.13.1.1	Berechnung der Zeitkonstante	912
9.13.1.2	Berechnung des numerischen Parameters	912
9.13.1.3	Berechnung des Wärmegewinn- / Wärme- verlustverhältnisses	912
9.13.1.4	Berechnung des Ausnutzungsgrades	913
9.13.2	Berechnung des Nettowärmegewinns	914
9.13.3	Anmerkungen	916
9.14	Monatsbilanzverfahren. Berechnung des JahresHeizwärmebedarfs	916
9.15	Monatsbilanzverfahren. Nachweis nach der EnEV	918
9.16	Nachweis nach der EnEV am Beispiel des Einfamilienhauses – Berechnung des Primärenergiebedarfs	918
9.16.1	Allgemeines	918
9.16.2	Berechnungsablauf	919
9.16.3	Eingangswerte	920
9.16.3.1	Berechnungen nach DIN V 4108-6	920
9.16.3.1.1	Heizgrenztemperatur	920
9.16.3.1.2	Dauer der Heizperiode	921
9.16.3.2	Primärenergiefaktoren	923
9.16.3.3	Gradtagsfaktor	924
9.16.3.4	Anlagenluftwechsel	926
9.16.4	Trinkwarmwasserbereitung	926
9.16.4.1	Verteilungsverluste	926
9.16.4.2	Speicherverluste	927
9.16.4.3	Erzeugungsverluste	928
9.16.4.3.1	Allgemeines	928
9.16.4.3.2	Kessel (Erzeuger 1)	928

Inhalt	XVII
9.16.4.3.3 Solaranlage (Erzeuger 2)	928
9.16.4.4 Primärenergiefaktoren	929
9.16.4.5 Berechnungsblatt	929
9.16.5 Lüftung	930
9.16.5.1 Übergabeverluste	932
9.16.5.2 Verteilungsverluste	932
9.16.5.3 Erzeugungsverluste	932
9.16.5.4 Primärenergiefaktor f_p	933
9.16.5.5 Korrektur des Anlagenluftwechsels	933
9.16.5.6 Berechnungsblatt	933
9.16.6 Heizung	934
9.16.6.1 Übergabeverluste	935
9.16.6.2 Verteilungsverluste	936
9.16.6.3 Speicherverluste	936
9.16.6.4 Erzeugungsverluste	936
9.16.6.4.1 Deckungsanteile	936
9.16.6.4.2 Aufwandszahlen	937
9.16.6.4.3 Hilfsenergie	937
9.16.6.5 Primärenergiefaktoren	937
9.16.6.6 Berechnungsblatt	937
9.16.7 Nachweis nach der EnEV	939
9.17 Zusammenfassung und Auswertung der Berechnungsergebnisse	940
9.17.1 Jahres-Heizwärmeverbrauch	941
9.17.2 Primärenergiebedarf	945
9.17.3 Nachweise nach der EnEV	951
9.18 Berechnung nach der EnEV	952
9.18.1 EnEV (Vereinfachtes Verfahren)	952
9.18.1.1 Transmissionswärmeverbrauch	952
9.18.1.2 Lüftung	952
9.18.1.3 Solare Wärmegewinne	952
9.18.1.4 Tabellarische Berechnung	952
9.18.2 Bewertung	954
9.18.2.1 Transmission	954
9.18.2.2 Lüftung	955
9.18.2.3 Solare Wärmegewinne	955
9.18.2.4 Interne Wärmegewinne	955
9.18.2.5 Zusammenfassung	955
9.19 Allgemeine Anmerkungen	956
Literaturverzeichnis	963
Stichwortverzeichnis	1003