

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
2	Rechnerische Grundlagen	17
2.1	Größen	17
2.2	Einheiten	19
2.3	System	20
2.3.1	Energie	21
2.3.1.1	Wärme	22
2.3.1.2	Mechanische Arbeit	22
2.3.1.3	Elektrische Arbeit	24
2.3.1.4	Strahlungsarbeit	25
2.3.2	Leistung	26
2.3.2.1	Wärmeleistung – Wärmestrom	26
2.3.2.2	Mechanische Leistung	28
2.3.2.3	Elektrische Leistung	28
2.3.2.4	Strahlungsleistung	29
2.3.3	Zusammenhang der Energien und Leistungen	29
2.3.4	Wirkungsgrad – Nutzungsgrad	30
2.4	Thermodynamik	30
2.4.1	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	31
2.4.2	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	33
2.5	Energiefluss-Ersatzschaltbilder	35
2.5.1	Energiewandler (Verbraucher – Erzeuger)	36
2.5.2	Energiequelle – Energiesenke	37
2.5.3	Zeitdifferenz	37
2.5.4	Anwendung der Ersatzschaltbilder	38
2.6	Rechenregeln	38
2.6.1	Knotengleichung	38
2.6.2	Zeit-, Maschen- oder Umlaufgleichungen	39
2.6.3	Verschaltung der Symbole	40
2.6.3.1	Reihenschaltung von Wandler und Zeitdifferenz	40
2.6.3.2	Reihenschaltung von Wandler und Energiequelle	42
2.6.3.3	Reihenschaltung von Energiequellen	42
2.6.3.4	Reihenschaltung von Wandlern	42
2.6.3.5	Reihenschaltung von Zeitdifferenzen	42
2.6.3.6	Parallelschaltung von Wandlern	42
2.6.3.7	Parallelschaltung von gemischten Zweigen	43
2.6.4	Leistungstransformation	45
2.6.5	Zeittransformation	47
2.6.6	Zusammenfassung zu Transformationen	48

2.7	Beispiele von Energiefluss-Ersatzschaltbildern	49
2.8	Berechnungsbeispiele für den Gesamtenergiefluss	50
2.9	Zusammenfassung	55
3	Energie	57
3.1	Einteilung der Energieformen	59
3.2	Primärenergie	60
3.2.1	Nicht erneuerbare Energien	61
3.2.1.1	Erdöl	64
3.2.1.2	Erdgas	65
3.2.1.3	Kohle	65
3.2.1.4	Uran und Thorium	66
3.2.2	Erneuerbare Energien	67
3.2.2.1	Sonnenenergie	67
3.2.2.2	Wasser	69
3.2.2.3	Wind	71
3.2.2.4	Geothermie	72
3.2.2.5	Biomasse	74
3.2.2.6	Weltweite Bedeutung der erneuerbaren Energien	74
3.3	Sekundärenergie (Endenergie; Nutzenergie)	75
3.4	Energiefluss	79
3.5	Nutzenergie	81
3.6	Energiedienstleistung	82
3.7	Energiebedarf – Energieverbrauch	83
3.8	Zusammenfassung	84
4	Energiesysteme	85
4.1	Allgemeine Darstellung eines Energiesystems	85
4.2	Energiesystem Gebäude	89
4.2.1	Anwendungsbereich der EnEV	90
4.2.1.1	Energetisches Volumen V_e	91
4.2.1.2	Hüllfläche A	93
4.2.1.3	Bezugsfläche A_N 95	
4.2.2	Maximaler flächenbezogener spezifischer Transmissionswärmeverlust	95
4.2.2.1	Berechnung nach EnEV 2007	95
4.2.2.2	Berechnung nach EnEV 2009	96
4.2.2.3	Vergleich der Grenzwerte von EnEV 2007 und EnEV 2009	99
4.2.3	Maximaler Primärenergiebedarf nach EnEV	100
4.2.3.1	Berechnung nach EnEV 2007	100
4.2.3.2	Berechnung nach EnEV 2009	101
4.2.4	EnEV 2009 und EEWärmeG	102

4.2.4.1	EnEV 2009	102
4.2.4.2	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) ...	114
4.2.5	Verfahren der energetischen Bilanzierung	116
4.2.5.1	Bilanzierung nach DIN V 4108-6	117
4.2.5.2	Bilanzierung nach DIN 4701-10	118
4.2.6	Energiebedarfsberechnung	122
4.2.6.1	Kategorie Nutzung und Lage	127
4.2.6.2	Kategorie Bausubstanz	142
4.2.6.3	Kategorie Anlagentechnik	149
4.2.6.4	Abschlussbemerkung zur Energiebilanzierung bei Gebäuden	163
4.2.7	Grundkonzept der DIN 18599	168
4.3	Elektrische Energiesysteme	169
4.3.1	Erzeugung elektrischer Energie	170
4.3.2	Elektrische Netze	172
4.3.3	Betriebsmittel elektrischer Netze	176
4.3.4	Übergabestellen	178
4.3.5	Planung elektrischer Anlagen	180
4.3.6	Elektrischer Energiebedarf	183
4.3.7	Allgemeine Unwägbarkeiten bei elektrischen Anlagen	183
4.3.8	Einflussfaktoren auf den elektrischen Energie- verbrauch	184
4.4	Zusammenfassung	191
5	Baukonstruktion – Baustoffe – Bauphysik	193
5.1	Baukonstruktion	193
5.1.1	Dach	194
5.1.1.1	Dachform	194
5.1.1.2	Dachkonstruktion	195
5.1.2	Dachgauben	202
5.1.3	Fassaden	203
5.1.3.1	Außenwände	203
5.1.3.2	Fenster	214
5.1.4	Decken	215
5.2	Normung und Zulassung von Baustoffen	217
5.3	Baustoffe	217
5.3.1	Technische Daten der Baustoffe	218
5.3.2	Umweltverträglichkeit der Baustoffe	220
5.4	Bauphysik	226
5.4.1	Wärmeschutz	226
5.4.1.1	U-Wert-Berechnung	227

5.4.1.2	Fenster und Türen.....	243
5.4.1.3	An Erdreich angrenzende Bauteile	252
5.4.1.4	Wärmebrücken	261
5.4.2	Sommerlicher Wärmeschutz	265
5.5	Feuchteschutz	276
5.5.1	Aufsteigende Feuchtigkeit	277
5.5.2	Schlagregenschutz von Außenwänden	278
5.5.3	Tauwasserbildung an Oberflächen	279
5.5.4	Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen	283
5.6	Gebäudedichtheit	295
5.6.1	Materialien zur Herstellung der Gebäudedichtheit ..	295
5.6.2	Fugen, Anschlüsse und Durchdringungen	296
5.6.3	Planungsempfehlungen	296
5.6.4	Luftdichtheitsmessungen	297
5.7	Zusammenfassung	305
6	Anlagentechnik	307
6.1	Heizkonzepte	307
6.2	Verbrennungsprozess und Brennstoffe	310
6.2.1	Verbrennungsprozess	311
6.2.2	Brennstoffe	311
6.3	Wärmeerzeuger mit Feuerungstechnik	312
6.3.1	Öl- und Gasheizkessel	315
6.3.1.1	Niedertemperaturtechnik	315
6.3.1.2	Brennwerttechnik	317
6.3.2	Holzheizkessel	318
6.3.2.1	Manuell beschickte Stückgutfeuerung	318
6.3.2.2	Automatisch beschickte Feuerungsanlagen	321
6.4	Elektroheizungen	325
6.4.1	Elektrodirektheizung	325
6.4.2	Elektrospeicherheizungen	326
6.5	Wärmepumpe	328
6.5.1	Luft-Wasser-Wärmepumpe	329
6.5.2	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	332
6.5.3	Erde-Wasser-Wärmepumpe	333
6.5.4	Abschlussbemerkung zu den verschiedenen Systemen	335
6.6	Blockheizkraftwerk	338
6.7	Solarkollektoren	345
6.8	Lüftungsanlagen	351
6.9	Photovoltaikanlagen	359
6.10	Beleuchtungstechnik	362

6.11	Abschlussbemerkung zur Anlagentechnik	367
6.12	Zusammenfassung	367
7	Energieberatung	369
7.1	Aufgabe – Anforderung – Vorgehensweise	369
7.1.1	Aufgabe der Energieberatung	369
7.1.2	Anforderungen an den Energieberater	370
7.1.3	Vorgehensweise in der Energieberatung	372
7.2	Werkzeuge und Methoden der Energieberatung	376
7.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung	379
7.3.1	Amortisationsrechnung	379
7.3.2	Kapitalwert, interner Zinsfuß und Rendite	387
7.3.3	Abschlussbetrachtung zur Wirtschaftlichkeits- berechnung	390
7.4	Notwendige Informationen für die Energieberatung	391
7.4.1	Energetische Analyse des Ist-Zustandes	391
7.4.1.1	Thermische Bauphysik	391
7.4.2	Anlagentechnik	395
7.4.2.1	Anlagentechnik zur Trinkwarmwasser- bereitstellung	396
7.4.2.2	Lüftungsanlagen	400
7.4.2.3	Heizungsanlagen	401
7.4.2.4	Zusammenfassung der Bewertung der Anlagen- technik	404
7.4.3	Sanierungsvorschläge	413
7.4.4	Dokumentation der Ergebnisse	420
7.4.5	Gesamtaufwand bei der Energieberatung	421
7.5	Rechtliche Grundlagen	421
7.5.1	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen	422
7.5.2	Kyoto-Protokoll	423
7.5.3	EU-Gebäuderichtlinie	424
7.5.4	Energieeinspargesetz	425
7.5.5	Energieeinsparverordnung (EnEV)	425
7.5.6	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	426
7.5.7	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	427
7.5.8	KWK-Gesetz	427
7.5.9	Abschließende Bemerkungen zu den gesetzlichen Vorschriften	427
7.6	Förderungen	427
7.7	Zusammenfassung	428
8	Ausblick	429

Anhang	435
A Behandlung der Trinkwarmwasserbereitstellung	436
A.1 Flächenbezogener Wärmeverlust der Trink- wärmwasserbereitstellung bei der Übergabe, Verteilung und Speicherung.....	436
A.2 Berechnung der Deckungsanteile mit solarer Trinkwarmwassererwärmung	439
A.3 Flächenbezogene Heizwärmegutschriften.....	441
A.4 Hilfsenergie bei der Warmwassererzeugung	443
B Behandlung von Lüftungsanlagen	446
B.1 Wärmeverluste der Lüftungsanlage in den Bereichen Übergabe und Verteilung	446
B.2 Luftwechselkorrekturwert, flächenbezogene Heizarbeit	449
B.3 Wärmeverlustanteile bei einer Nachheizung	450
B.4 Hilfsenergie bei Lüftungsanlagen	455
C Behandlung von Heizungsanlagen	456
C.1 Wärmeverluste bei Heizungsanlagen bei der Wärmeübergabe, -verteilung, -speicherung und -erzeugung	456
C.2 Hilfsenergie bei Heizungsanlagen.....	462
D Tabellen zur Bilanzierung gemäß DIN V 4108-6	464
D.1 Temperatur-Korrekturfaktoren	464
E Bau- und Anlagentypologien	471
E.1 Bauteiltypologie.....	471
F Richtwerte für die Kostenkalkulation	495
G Energieausweis für Wohngebäude.....	497
H Energieausweis für Nichtwohngebäude.....	502
 Literaturverzeichnis	 507
Fachbücher	507
Normen	507
Gesetze und Verordnungen	508
Publikationen	509
Fachartikel	510
Internetadressen	510
 Informationen zur CD-Beilage	 512
 Stichwortverzeichnis	 514