

# 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	Leistungs transformation .....	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
<b>3</b>	<b>Energie .....</b>	<b>57</b>
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
<b>4</b>	<b>Energiesysteme .....</b>	<b>85</b>
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
<b>5</b>	<b>Baukonstruktion – Baustoffe – Bauphysik .....</b>	<b>193</b>
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	Gebäudedichtigkeit .....	295
5.6.1	Materialien zur Herstellung der Gebäudedichtigkeit ..	295
5.6.2	Fugen, Anschlüsse und Durchdringungen .....	296
5.6.3	Planungsempfehlungen .....	296
5.6.4	Luftdichtigkeitsmessungen .....	297
5.7	Zusammenfassung .....	305
<b>6</b>	<b>Anlagentechnik .....</b>	<b>307</b>
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	Solkollektoren .....	345
6.8	Lüftungsanlagen .....	351
6.9	Photovoltaikanlagen .....	359
6.10	Beleuchtungstechnik .....	362

6.11	Abschlussbemerkung zur Anlagentechnik .....	367
6.12	Zusammenfassung .....	367
<b>7</b>	<b>Energieberatung .....</b>	<b>369</b>
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
<b>8</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>429</b>

<b>Anhang</b> .....	<b>435</b>
A  Behandlung der Trinkwarmwasserbereitstellung .....	436
A.1  Flächenbezogener Wärmeverlust der Trinkwarmwasserbereitstellung 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
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>507</b>
Fachbücher .....	507
Normen .....	507
Gesetze und Verordnungen .....	508
Publikationen .....	509
Fachartikel .....	510
Internetadressen .....	510
<b>Informationen zur CD-Beilage</b> .....	<b>512</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>514</b>