

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	5
1 Bauphysik	17
Fragen und Aufgaben	17
Grundlagen	17
1.1 Zuordnung von Begriffen und Einheiten I	17
1.2 Zuordnung von Begriffen und Einheiten II	18
1.3 Wärmeleistung	18
Wärmeübertragung	19
1.4 Konvektion	19
1.5 Wärmeleitung	20
1.6 Wärmedurchgangskoeffizient – U-Wert	20
1.7 Wärmedurchgangswiderstände	21
1.8 Wärmedurchlasswiderstände von Dachräumen	22
1.9 Wärmestrahlung	22
1.10 Wärmestrahlung – Größenordnungen schätzen	22
Feuchteschutz	23
1.11 Diffusion	23
1.12 Feuchteschutz – atmende Wände	24
1.13 Feuchteschutz – Wärmedurchgangskoeffizient	24
1.14 Feuchteschutz – Wärmedurchgangswiderstand	24
1.15 Feuchteschutz – μ -Werte I	25
1.16 Feuchteschutz – μ -Werte II	25
1.17 Feuchteschutz – relative Luftfeuchtigkeit	26
1.18 Feuchteschutz – Lüftungsverhalten	26
Wärmebrücken	27
1.19 Wärmebrücke – Zuordnung von Begriffen und Einheiten	27
1.20 Wärmebrücke – Ursache	27
1.21 Wärmebrücken – f_{Rsi} -Wert	28
1.22 Wärmebrücke einordnen	28
Schallschutz	29
1.23 Schallschutz I	29
1.24 Schallschutz II	29
1.25 Schallschutz III	29
1.26 Schallschutz – Materialauswahl	29

Brandschutz	30
1.27 Brandschutz – Klassifizierung I	30
1.28 Brandschutz – Klassifizierung II	30
1.29 Brandschutz – Konstruktionen I	30
1.30 Brandschutz – Konstruktionen II	31
Rechenaufgaben	31
1.31 U-Wert – erforderliche Dämmschichtdicke/Temperatur zwischen Bauteilschichten	31
1.32 Wärmebrücke	32
1.33 Feuchteschutz I	33
1.34 Feuchteschutz II	34
Antworten und Lösungen (1.1–1.34):	35
 2 Energetische Bilanzierung	45
Fragen und Aufgaben	45
Energetische Bilanzierung nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)	45
2.1 GEG 2020 – Vergleich von Anforderungen und Nachweismethodik gegenüber EnEV 2016	45
2.2 GEG – Anforderungen I	46
2.3 GEG – Anforderungen II	46
2.4 GEG – Anforderungen III	47
2.5 GEG – Referenzwerte I	47
2.6 GEG – Referenzwerte II	48
2.7 GEG – Gebäudenutzfläche	48
2.8 GEG – Lüftungswärmeverlust	48
2.9 GEG – Standort	49
2.10 GEG – Bewohner	49
Bilanzierung Anlagentechnik	50
2.11 Bilanzierung Anlagentechnik nach DIN V 4701-10 (Formelzeichen)	50
2.12 Bilanzabschnitte Anlagentechnik	51
2.13 Bilanzgrenzen Energie	52
2.14 Primärenergiefaktor	53
2.15 Primärenergiefaktor – Ermittlung	53
2.16 Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger	54
Energiebedarf Neubau/Bestand	54
2.17 Gebäudestandard – Endenergiebedarf	54
2.18 Bilanzanteile Altbau – vor und nach Sanierung	55
Einflussgrößen auf den Heizenergieverbrauch	56
2.19 Gebäudeform	56

Unterscheidung Wohngebäude/Nichtwohngebäude	56
2.20 Gebäudeart	56
2.21 Gemischt genutzte Gebäude I	57
2.22 Gemischt genutzte Gebäude II	57
Heizperiode	58
2.23 Gradtagszahl, Heizgradtage, Heiztage I	58
2.24 Gradtagszahl, Heizgradtage, Heiztage II	58
Nutzungsverhalten	59
2.25 Nutzungsverhalten – Behaglichkeit Einflussgrößen	59
2.26 Nutzungsverhalten – Empfundene Raumtemperatur	59
2.27 Nutzungsverhalten – Raumtemperaturabsenkung	59
2.28 Nutzungsverhalten – Feuchtigkeitshaushalt	60
Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen	60
2.29 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Gradtagszahlfaktoren	60
2.30 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Endenergieeinsparung	61
2.31 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Fenster	61
Rechenaufgaben	62
2.32 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Außenwanddämmung	62
2.33 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Heizungstausch	62
2.34 Vereinfachte Quantifizierung von Einsparpotentialen – Fenstertausch	63
Antworten und Lösungen (2.1–2.34):	64
 3 GEG und Vorschriften	 77
Fragen und Aufgaben	77
Berechnungsansätze	77
3.1 Bauteilaufnahme	77
3.2 Beheiztes Luftvolumen	77
3.3 Wärmebrückenzuschlag	78
3.4 Anwendung Berechnungsverfahren	78
3.5 Vergleich Berechnungsverfahren	79
3.6 Gegenüberstellung von Berechnungsverfahren	79
3.7 Berechnung im Fall gemeinsamer Heizungsanlagen für mehrere Gebäude	80
Ausbau oder Erweiterung	80
3.8 Ausbau oder Erweiterung I	80
3.9 Ausbau oder Erweiterung II	81
3.10 Ausbau oder Erweiterung III	82
Nachrüstverpflichtungen	83
3.11 Nachrüstverpflichtungen I	83
3.12 Nachrüstverpflichtungen II	84

Bestandserneuerung	84
3.13 Austausch von Verglasungen	84
3.14 Außenputzerneuerung	85
3.15 Dachziegelerneuerung	85
3.16 Fußbodenerneuerung	86
3.17 U-Werte von Fenstern	86
3.18 Offensichtliche Undichtheiten	86
Speicherheizungen	87
3.19 Primärenergiefaktor Strom	87
3.20 Speicherheizungen	87
Energieausweise	87
3.21 Energieausweise I	87
3.22 Energieausweise II	88
3.23 Energieausweise III	88
3.24 Energieausweise IV (Gebäudedaten)	89
3.25 Energieausweise V	89
3.26 Energieausweise VI	90
3.27 Energieausweise VII	90
3.28 Energieausweise VIII	91
3.29 Nutzung von erneuerbaren Energien	91
Weitere Normen und Vorschriften	92
3.30 1. BImSchV – Anforderungen	92
3.31 1. BImSchV – zulässige Abgasverluste	92
3.32 Mindestwärmeschutz	93
Rechenaufgaben	94
3.33 GEG-Nachweis eines neuen Wohngebäudes	97
3.34 Anteil der Wärmebrückenverluste (Bezug: Gebäude aus Aufgabe 3.33)	97
3.35 Anteil der Lüftungswärmeverluste (Bezug: Gebäude aus Aufgabe 3.33)	97
Antworten und Lösungen (3.1–3.35):	98
 4 Baustoffkunde, Dämmstoffe und -systeme, Bauteile, Baukonstruktion	109
Fragen und Aufgaben	109
Baustoffkunde	109
4.1 Baustoffkunde – Kerndämmung	109
4.2 Baustoffkunde – Wärmeleitfähigkeit verschiedener Baustoffe	110
4.3 Baustoffkunde – Wasserdampf-Diffusionswiderstand verschiedener Baustoffe	110
4.4 Baustoffkunde – Folien	111
4.5 Baustoffkunde – Wärmespeicherfähigkeit	111
4.6 Baustoffkunde – Vergleich von Dämmstoffen	111
4.7 Baustoffkunde – Vakuum-Isolationspaneel	112

4.8	Baustoffkunde – Feuchteadaptive Dampfbremse	112
4.9	Baustoffkunde – Perimeterdämmung I	112
4.10	Baustoffkunde – Perimeterdämmung II	113
Baukonstruktionen		113
4.11	Baukonstruktion – Temperaturprofil	113
4.12	Baukonstruktion – Dampfsperre	114
4.13	Baukonstruktion – Ausbildung von Wärmebrücken	114
4.14	Baukonstruktion – Sanierung	115
4.15	Bauteil Fenster – Einbauebene	116
4.16	Bauteil Fenster – Gesamtenergiedurchlassgrad	116
U-Werte nach Baualtersklassen		117
4.17	Bauteil Geschossdecke	117
4.18	Bauteil Außenwand	118
4.19	Bauteil Dach	118
4.20	Bauteil Fenster	119
Antworten und Lösungen (4.1–4.20):		120
5 Anlagentechnik		127
Fragen und Aufgaben		127
Heizungstechnik		127
5.1	Heizungstechnik – Heizwert/Brennwert – Definition	127
5.2	Heizungstechnik – Heizwert/Brennwert – Größenordnung	127
5.3	Heizungstechnik – Kesseltypen und Verluste	128
5.4	Heizungstechnik – Kesseltypen unterscheiden; Regelung	129
5.5	Heizungstechnik – Brennwertkessel	130
5.6	Heizungstechnik – Brenner	130
5.7	Heizungstechnik – Verlustarten	131
5.8	Heizungstechnik – 30 % Teillastwirkungsgrad	132
5.9	Heizungstechnik – Kesselwirkungsgrad nach Gebäudesanierung	132
5.10	Heizungstechnik – Jahresnutzungsgrad nach Gebäudesanierung	133
Lüftungstechnik		133
5.11	Lüftungsanlagen – Prinzip	133
5.12	Lüftungstechnik – Arbeiten mit einem Mollierdiagramm – relative Feuchte	134
5.13	Lüftungstechnik – Arbeiten mit einem Mollierdiagramm – Enthalpie	135
5.14	Lüftungstechnik – Heizleistung	136
5.15	Lüftungstechnik – Beurteilung der Effizienz I	136
5.16	Lüftungstechnik – Beurteilung der Effizienz II	136
5.17	Lüftungstechnik – Prinzip der Wärmeübertragung	137
5.18	Lüftungstechnik – Beurteilung der Güte von Wärmetauschersystemen	137
5.19	Lüftungstechnik – Qualität des Ventilators	138

Heizungssanierung	139
5.20 Heizungssanierung – Brennwertkessel	139
5.21 Anlagenaufwandszahl I	139
5.22 Anlagenaufwandszahl II	140
5.23 Anlagenaufwandszahl III	140
5.24 Heizungssanierung – Kesseltausch	140
5.25 Heizungssanierung – Kesselbeurteilung I	141
5.26 Heizungssanierung – Kesselbeurteilung II	142
5.27 Typenschild alter Kessel	143
5.28 Heizungssanierung – Verteilungsleitungen GEG	143
Hydraulik	144
5.29 Hydraulik – hydraulischer Abgleich	144
5.30 Hydraulik – Ventilautorität	144
5.31 Hydraulik – Zusammenhang zwischen Systemdruck und Volumenstrom	145
5.32 Hydraulik – Proportionalbereich	145
5.33 Hydraulik – Ventilkenngröße	145
5.34 Hydraulik – Thermostatventil	146
Pumpen	147
5.35 Pumpenauswahl	147
5.36 Hydraulische Pumpenleistung	147
Heizlastberechnung	148
5.37 Heizlastberechnung	148
Rechenaufgaben	148
5.38 Heizungssanierung – Kesseldimensionierung	148
5.39 Warmwasserbereitung	149
5.40 Bemessung des Außenluftvolumenstroms einer Lüftungsanlage	149
5.41 Wirkungsgrad einer Pumpe	150
5.42 Heizlastberechnung	150
Antworten und Lösungen (5.1–5.42):	151
 6 Regenerative Energien	 165
Fragen und Aufgaben	165
Solarstrahlung	165
6.1 Solarstrahlung I	165
6.2 Solarstrahlung II	166
Solarthermie	167
6.3 Solarkollektoren – Kennlinien	167
6.4 Solarkollektoren – Anwendungsbereich	168
6.5 Solarkollektoren – Dimensionierung Trinkwarmwasser-Bereitung	169
6.6 Solarkollektoren – Dimensionierung Heizungsunterstützung	170

Feste Biobrennstoffe	171
6.7 Holzheizung – Kamin- und Kachelöfen	171
6.8 Heizung mit Biomassebrennstoffen	171
Wärmepumpen	172
6.9 Wärmepumpen – Leistungszahl	172
6.10 Wärmepumpen – Komponenten	173
6.11 Wärmepumpen – Temperaturdifferenz	173
BHKW	174
6.12 Energiebilanz BHKW	174
6.13 Aufbau BHKW	175
6.14 Auslegung BHKW	176
Brennstoffzellen	176
6.15 Brennstoffzellen – Funktionsprinzip	176
Heizung mit erneuerbaren Energien	176
6.16 Heizung mit erneuerbaren Energien – Primärenergiebedarf	176
6.17 Heizung mit erneuerbaren Energien – Betriebsweise	177
6.18 Heizung mit erneuerbaren Energien – Endenergiebedarf	177
Photovoltaik	177
6.19 Photovoltaik I	177
6.20 Photovoltaik II	178
6.21 Photovoltaik III	178
6.22 Photovoltaik IV	178
Rechenaufgabe	179
6.23 BHKW – Laufzeit und Anteil Jahresarbeit	179
Antworten und Lösungen (6.1–6.23):	180
 7 Messtechnische Erfassung von Energiekennwerten	191
Fragen und Aufgaben	191
7.1 Messung der Abgasverluste von Heizungsanlagen	191
7.2 Messung des Betriebsbereitschaftsverlusts von Heizungsanlagen	191
7.3 Physikalische Grundlagen der Thermografie	192
7.4 Thermografie – Messungen	193
7.5 Luftdichtheitsmessungen	194
7.6 Luftdichtheitsmessungen – Anforderungen	194
7.7 Luftwechselrate – Dichtheitsprüfung bei der GEG-Bilanzierung von Neubauten I	195
7.8 Luftwechselrate – Dichtheitsprüfung bei der GEG-Bilanzierung von Neubauten II	195
7.9 Diagnose von fehlerhaften Bauteilen	196
7.10 Messtechnische Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit einer Wand im Bestand	197
Antworten (7.1–7.10):	198

8	Wirtschaftlichkeit	203
	Fragen und Aufgaben	203
8.1	Wirtschaftlichkeitsbeurteilung – Bezugswert	203
8.2	Begriffe	203
8.3	Einflussgrößen I	204
8.4	Einflussgrößen II	204
8.5	Einflussgrößen III	204
8.6	Informationsziel der Methoden	205
8.7	Anforderungen an Vor-Ort-Beratungsberichte – Wirtschaftlichkeit I	206
8.8	Vor-Ort-Beratungsberichte – Wirtschaftlichkeit II	207
	Antworten und Lösungen (8.1–8.8):	208
9	Vor-Ort-Energieberatung	211
	Fragen und Aufgaben	211
9.1	Anforderungen an Vor-Ort-Beratungsberichte – Zusammenfassung	211
9.2	Anforderungen an Vor-Ort-Beratungsberichte – Energetisches Sanierungskonzept	212
9.3	Anforderungen an Vor-Ort-Beratungsberichte – Bestandsaufnahme	213
9.4	Anforderungen an den individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP)	214
9.5	Anforderungen an das Gebäude	214
9.6	Anforderungen an den Beratungsempfänger	215
9.7	Anforderungen an den Beratungsumfang I	215
9.8	Anforderungen an den Berater	215
9.9	Verbrauchsdatenbereinigung bei der Vor-Ort-Energieberatung	216
	Rechenaufgabe	216
9.10	Bereinigung von Verbrauchsdaten	216
	Antworten und Lösungen (9.1–9.10):	217
10	Ökologische Bewertung	223
	Fragen und Aufgaben	223
10.1	Verbrennungsprozesse – CO ₂	223
10.2	Verbrennungsprozesse – Stickoxide	223
10.3	Verbrennungsprozesse – Brennstoffe	223
10.4	Anforderungen an Emissionsgrenzwerte	224
10.5	Verbrennungsprozesse – Abgasverlust	224
10.6	Kleinf Feuerungsanlagenverordnung	224
10.7	Luftschadstoffe – Brennstoffe	225
10.8	Luftschadstoffe – Problembereiche	225
10.9	Emissionsfaktoren	225
10.10	Feinstaubemissionen	226
10.11	Schimmel – Wachstumsbedingungen	226
10.12	Schimmel – Erkennen	226

10.13	Schimmel – Gesundheit	227
10.14	Schimmel – Beseitigung	227
10.15	Schimmelvermeidung	227
10.16	Allgemeine Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	228
Antworten (10.1–10.16):		229
Die Autoren		235