
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Raumklima	5
2.1	Zusammenhang von Raumklima und Energieeffizienz	5
2.2	Raumklima und Behaglichkeit	6
2.3	Thermische Raumklimakomponenten	11
2.4	Lufthygienische Raumklimakomponenten	15
2.5	Zusammenfassung	18
2.6	Fragen zur Vertiefung	18
	Literatur	19
3	Gebäudebetrieb	21
3.1	Begrifflichkeiten	21
3.2	Bewertung der Energie	34
3.3	Spezifische energetische Bewertungsgrößen	39
3.4	Herstellen des Raumklimas	54
3.4.1	Anforderungen	54
3.4.2	Ohne Energieeinsatz – Freie Lüftungssysteme	55
3.4.3	Mit Energieeinsatz	59
3.5	Zusammenfassung	62
3.6	Fragen zur Vertiefung	63
	Literatur	64
4	Heizwärme-Bereitstellung	65
4.1	Heizsysteme	65
4.1.1	Anforderungen	65
4.1.2	Flüssigkeits-Heizsysteme	67
4.1.3	Wasserdampf-Heizsysteme	77
4.1.4	Luft-Heizsysteme	78
4.1.5	Kältemittel-Heizsysteme	85
4.1.6	Elektrische Heizsysteme	87
4.1.7	Gas-Heizsysteme	89

4.2	Heizkessel	92
4.2.1	Charakterisierung der Heizkessel	92
4.2.2	Beurteilungsgrößen	92
4.2.3	Gasgefeuerter Heizkessel	96
4.2.4	Ölgefeuerter Heizkessel	96
4.2.5	Festbrennstoff-Heizkessel	99
4.2.6	Pellet-Heizkessel	99
4.3	Luftheizgeräte	102
4.4	Heiz-Wärmepumpe	106
4.4.1	Heiz-Wärmepumpenprozess	106
4.4.2	Kompressions-Heiz-Wärmepumpe	108
4.4.3	Sorptions- Heiz-Wärmepumpe	124
4.5	Hausanschlussstation	126
4.5.1	Aufbau	126
4.5.2	Versorgung aus Nah- und Fernwärmesystemen	127
4.5.3	Beispiel Biomasse-Nahwärme	131
4.6	Geothermische Heizzentrale	132
4.6.1	Wirkungsweise einer Geothermischen Heizzentrale	132
4.6.2	Geothermische Tiefenenergie	134
4.6.3	Beispiele	136
4.7	Solarthermische Wandler	137
4.7.1	Bauarten solarthermischer Wandler	137
4.7.2	Physikalische Eigenschaften solarthermischer Wandler	149
4.7.3	Bewertungsgrößen solarthermischer Wandler	152
4.7.4	Speicherung solarthermischer Energie	161
4.7.5	Beispiel solarthermische Trinkwassererwärmung	169
4.7.6	Beispiel solarthermische Gebäudeheizungsunterstützung	180
4.7.7	Solare Nahwärmeversorgung	192
4.8	Zusammenfassung	196
4.9	Fragen zur Vertiefung	198
	Literatur	199
5	Kühlwärme-Bereitstellung	201
5.1	Kühlsysteme	201
5.1.1	Anforderungen	201
5.1.2	Flüssigkeits-Kühlsysteme	202
5.1.3	Luft-Kühlsysteme	202
5.1.4	Kältemittel-Kühlsysteme	209
5.1.5	Luft-Wasser-Kühlsysteme	210
5.2	Verfahren zur Kühlwärme-Bereitstellung	211
5.3	Luftkühlgeräte	212
5.4	Kühl-Wärmepumpe	212

5.5	Solarthermische Kühlwärme-Bereitstellung	215
5.5.1	Verfahren	215
5.5.2	Solare Kompressions-Kühl-Wärmepumpe	217
5.5.3	Solarthermische Dampfstrahl-Kühl-Wärmepumpe	220
5.5.4	Solarthermische Sorptions-Kühl-Wärmepumpe	221
5.6	Zusammenfassung	238
5.7	Fragen zur Vertiefung	238
	Literatur	239
6	Bereitstellen von Heiz- und Kühlwärme	241
6.1	Verfahren	241
6.2	Kopplungsbedingungen	242
6.3	Gleichzeitige Kühl-Heizwärme-Kopplung	243
6.4	Wechselseitige Kühl-Heizwärme-Kopplung	244
6.5	Zusammenfassung	244
6.6	Fragen zur Vertiefung	245
	Literatur	245
7	Bereitstellen von elektrischer Energie	247
7.1	Elektrisches Netz	247
7.2	Windenergie	249
7.2.1	Dargebot des Windes	249
7.2.2	Anlagenaufbau	253
7.2.3	Beurteilungsgrößen	259
7.2.4	Elektrische Systeme von Windenergieanlagen	264
7.2.5	Stand der Technik 2012	269
7.3	Geothermische Energie	270
7.3.1	Technologien	270
7.3.2	Geothermische Anomalien	272
7.3.3	Heißes trockenes Gestein (HDR-Technologie)	275
7.4	Photovoltaik	276
7.4.1	Solarelektrische Energieumwandlung	276
7.4.2	Einsatzgebiete und Anlagenaufbau	278
7.4.3	Komponenten solarelektrischer Anlagen	279
7.4.4	Photovoltaikanlagen	291
7.5	Zusammenfassung	301
7.6	Fragen zur Vertiefung	303
	Literatur	304
8	Bereitstellen von elektrischer Energie und Heizwärme	305
8.1	Wirkungsweise	305
8.2	Blockheizkraftwerk (BHKW)	306
8.3	Brennstoffzelle	308

8.4	Geothermisches Heizkraftwerk	312
8.5	Zusammenfassung	315
8.6	Fragen zur Vertiefung	315
	Literatur	316
9	Energiespeicher	317
9.1	Speichertechnologien	317
9.2	Wärme	320
9.2.1	Sensible Wärmespeicher	320
9.2.2	Latentwärmespeicher	321
9.2.3	Hochtemperaturspeicher	321
9.2.4	Thermochemischer Wärmespeicher	322
9.3	Elektrische Energie	323
9.3.1	Wasserspeicher	324
9.3.2	Druckluftspeicher	325
9.3.3	Akkumulatoren	326
9.3.4	Schwungräder	326
9.3.5	Supraleitende magnetische Energiespeicher (SMES)	327
9.4	Chemische Energie	327
9.4.1	Wasserstoff	327
9.4.2	Synthetisches Erdgas	328
9.5	Zusammenfassung	330
9.6	Fragen zur Vertiefung	330
	Literatur	331
10	Energiebereitstellung für Gebäude	333
10.1	Einführung	333
10.2	Varianten der Gebäude-Energiebereitstellung	334
10.2.1	Nullemissionsgebäude	334
10.2.2	Monovalente Gebäude-Energiebereitstellung	335
10.2.3	Bivalente Gebäude-Energiebereitstellung	335
10.2.4	Multivalente Gebäude-Energiebereitstellung	336
10.3	Konventionelle und eine (1) EREQ-Anlage	337
10.3.1	Solarthermische Anlage	338
10.3.2	Photovoltaik-Anlage	338
10.3.3	Erdreich-Wärmeübertrager mit Lufterwärmung und Luftkühlung	339
10.3.4	Heiz- und Kühl-Wärmepumpe	340
10.4	Konventionelle und zwei EREQ-Anlagen	341
10.4.1	Solarthermie- und Photovoltaik-Anlage	342
10.4.2	Solarthermie-Anlage und Erdreich-Wärmeübertrager	342
10.4.3	Solarthermie-Anlage und Heiz-Wärmepumpe	344
10.4.4	Solarthermie- und Biomasseenergie-Anlage	346

10.4.5	Photovoltaik-Anlage und Erdreich-Wärmeübertrager	347
10.4.6	Photovoltaik-Anlage und Heiz-Kühl-Wärmepumpe.....	352
10.4.7	Heiz-Wärmepumpe und Erdreich-Wärmeübertrager.....	352
10.4.8	Heiz-Wärmepumpe und Biomasseenergie-Anlage	353
10.4.9	Photovoltaik- und Windenergie-Anlage	353
10.5	Konventionelle und drei EREQ-Anlagen	355
10.5.1	Solarthermie- und Photovoltaik-Anlage sowie Erdreich-Wärmeübertrager	356
10.5.2	Solarthermie-, Photovoltaik- und Biomasseenergie-Anlage	356
10.5.3	Solarthermie- und Biomasseenergie-Anlage sowie Erdreich-Wärmeübertrager	358
10.5.4	Photovoltaik- und Biomasseenergie-Anlage sowie Heiz-Wärmepumpe	360
10.5.5	Photovoltaikanlage, solare Kühl-Wärmepumpe und Erdreich-Wärmeübertrager	361
10.5.6	Photovoltaik- und Windenergie-Anlage sowie Heiz-Wärmepumpe	361
10.5.7	Photovoltaik-, Windenergie- und Biomasseenergie-Anlage	362
10.6	Konventionelle und vier EREQ-Anlagen	362
10.6.1	Solarthermie- und Photovoltaik-Anlage, Heiz-Wärmepumpe und Erdreich-Wärmeübertrager.....	363
10.6.2	Solarthermie-, Photovoltaik- und Biomasseenergie-Anlage sowie Heiz-Wärmepumpe	363
10.6.3	Solarthermie-, Photovoltaik-, Windenergie- und Biomasseenergie-Anlage (Laufwasserenergieanlage)	364
10.7	Nullemissionsgebäude	365
10.7.1	Eine (1) EREQ-Anlage	365
10.7.2	Zwei EREQ-Anlagen	365
10.7.3	Drei EREQ-Anlagen	369
10.7.4	Vier EREQ-Anlagen	370
10.7.5	Fünf EREQ-Anlagen	374
10.8	Schlussfolgerungen	376
10.9	Zusammenfassung	376
10.10	Fragen zur Vertiefung	377
	Literatur	378
	Glossar	381