

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	5
Vorwort.....	7
Vorwort zur 3. Auflage	8
Einleitung.....	17
1 Grundlagen der Wärmepumpenheizungsanlagen.....	25
1.1 Hauptkomponenten einer Wärmepumpenanlage	25
1.2 Arbeitsprinzip der Wärmepumpe	25
1.3 Das Wichtigste über den Kältekreislauf einer Wärmepumpe.....	28
1.3.1 Aufbau und Funktion der wichtigsten Bauteile im Kältekreis.....	28
1.3.2 Das Wichtigste über Kältemittel in Wärmepumpen	33
1.4 Warum wird von einem Wärmepumpensystem gesprochen?.....	35
1.5 Definition und Bedeutung von Leistungszahl und Arbeitszahl.....	36
1.6 Allgemeine Einflussfaktoren auf die Jahresarbeitszahl.....	47
1.7 Wie lassen sich Effizienz und Effektivität einer Wärmepumpenanlage in der Praxis ermitteln?	48
2 Elektrisch betriebene Wärmepumpen.....	51
2.1 Betriebsweisen von Wärmepumpenanlagen.....	51
2.1.1 Monovalente Betriebsweise	51
2.1.2 Monoenergetische Betriebsweise.....	51
2.1.3 Bivalente Betriebsweise.....	51
2.2 Arten elektrisch betriebener Wärmepumpen.....	52
2.2.1 Luftwärmepumpen	52
2.2.1.1 Luft/Wasser-Wärmepumpe in Kompaktbauweise.....	55
2.2.1.2 Luft-Split-Wärmepumpen.....	57
2.2.1.3 Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Split-Sole-Wärmeübertrager	57
2.2.1.4 Luft/Luft-Wärmepumpe.....	59
2.2.2 Sole/Wasser-Wärmepumpe.....	61
2.2.3 Wasser/Wasser-Wärmepumpen	62

2.2.4	Sonderbauformen von Wärmepumpen.....	62
2.2.4.1	Wärmepumpen mit Direktverdampfung und Direktkondensation.....	62
2.2.4.2	Hybridwärmepumpen	63
2.2.4.3	Wärmepumpen mit mehreren Wärmequellen.....	64
2.2.4.4	Wärmepumpen mit Eisspeicher	65
2.2.4.5	Hochtemperatur-Wärmepumpen.....	66
2.2.4.6	Schwimmbad-Wärmepumpen	69
2.3	Die Besonderheiten der Wärmequellen und ihr Einfluss auf die Effizienz.....	69
2.3.1	Wärmequelle Luft.....	70
2.3.2	Wärmequelle Wasser	70
2.3.3	Erdwärmesonden.....	71
2.3.4	Flächenkollektoren.....	76
2.3.5	Erdwärmekörbe.....	77
2.3.6	Bohrpfähle, kurze Erdwärmesonden	78
2.3.7	Grabenkollektoren.....	79
2.3.8	Energiezäune	80
2.3.9	Energiewände, Betonabsorber.....	81
2.3.10	Kombination verschiedener Wärmequellen	82
2.4	Kühlung mit Wärmepumpenanlagen.....	83
2.4.1	Allgemeine Grundlagen der Kühlung mit Wärmepumpenanlagen.....	83
2.4.2	Aktive Kühlung mit Wärmepumpen.....	83
2.4.3	Passive Kühlung mit Erdsonden.....	83
2.5	Warmwasserbereitung mit Wärmepumpen	84
2.5.1	Arten der Warmwasserbereitung mit Wärmepumpen	84
2.5.2	Indirekt beheizte Warmwasserspeicher.....	85
2.5.3	Kombispeicher	85
2.5.3.1	Kombispeicher mit innenliegenden Wärmeübertragern.....	85
2.5.3.2	Kombispeicher Tank-in-Tank	87
2.5.3.3	Pufferspeicher und Trinkwasserspeicher mit Trinkwasserladestation.....	87
2.5.3.4	Wärmepumpe mit Heißgaslanze	87
2.5.3.5	Warmwasser-Wärmepumpen (Brauchwasser-Wärmepumpe)	87
2.6	Besonderheiten bei der Warmwasserbereitung mit Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern.....	89
2.6.1	Varianten der Warmwasserbereitung	89
2.6.2	Exergie-Maschine als Booster für die Wärmepumpe zur Problemlösung der Warmwasserbereitung in Mehrfamilienhäusern	97

3	Planung von Wärmepumpenheizungsanlagen.....	99
3.1	Grundsätze für die Planung einer Wärmepumpenanlage.....	99
3.1.1	Genehmigungen, Aufstellbedingungen, Platzbedarf.....	100
3.1.2	EnEV-Nachweise, GEG und Heizlastberechnung.....	101
3.1.2.1	Energieausweis und Energieeinsparnachweis.....	102
3.1.2.2	Heizlastberechnung.....	107
3.2	Planung der Wärmequelle.....	109
3.3	Auswahl und Dimensionierung der Heizflächen.....	121
3.4	Planung der Warmwasserbereitung – Möglichkeiten und Grenzen.....	130
3.5	Einbindung von Solarthermie- und PV-Anlagen und weiteren Wärmeerzeugern.....	135
3.6	Die Wahl der richtigen Hydraulik und ihre Bedeutung.....	138
3.7	Planung der Wärmepumpenregelung.....	141
3.8	Auswahl und Dimensionierung der Wärmepumpe.....	144
3.8.1	Allgemeine Hinweise zur Auswahl der Wärmepumpe.....	144
3.8.2	Dimensionierung einer Wärmepumpe.....	146
3.9	Wichtige Hinweise für den Einsatz von Luft/Luft-Wärmepumpen bzw. Single- oder Multi-Split-Klimageräten.....	152
3.10	Angebot und Auftragsvergabe.....	154
4	Installation.....	157
4.1	Der Einfluss des Installateurs auf die Effizienz einer Wärmepumpenanlage.....	157
4.2	Dimensionierung und Montage von Pumpen, Rohrleitungen, Armaturen und Sicherheitseinrichtungen.....	158
4.3	Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen.....	161
4.4	Spülen, Füllen und Entlüften, Druckprobe.....	163
4.5	Die Inbetriebnahme der Wärmepumpenanlage.....	164
4.6	Der hydraulische Abgleich.....	165
4.7	Funktionsheizen/Belegreifheizen von Fußbodenheizungen.....	166
4.8	Übergabe und Unterweisung des Betreibers.....	168
4.9	Die Bedeutung von Inspektion, Wartung und Service für Wärme- pumpenanlagen – und ihr Einfluss auf Effizienz und Lebensdauer.....	168

5	Der Einfluss des Betreibers einer Wärmepumpenanlage.....	173
5.1	Den Wärmepumpenregler richtig programmieren	174
5.1.1	Die Heizkurve an das Gebäude anpassen und optimieren	176
5.1.2	Die Bedeutung des Monitorings – wichtige Kenngrößen messen, erfassen und vergleichen.....	179
5.1.3	Wichtige Hinweise für Betreiber von Wärmepumpenanlagen	180
6	Aus der Arbeit eines Wärmepumpengutachters.....	183
6.1	Allgemeines.....	183
6.1.1	Aufgaben	183
6.1.2	Anforderungen und Risiken.....	183
6.2	Arbeitsgeräte	184
6.3	Arbeitsschritte bei der Überprüfung und Begutachtung einer Wärmepumpenanlage.....	186
6.4	Ausgewählte Praxisbeispiele aus der Tätigkeit eines Wärmepumpengutachters.....	187
6.4.1	Allgemein zutreffende Mängel einer Wärmepumpenanlage	187
6.4.2	Typische Mängel bei der Planung einer Wärmepumpenanlage	187
6.4.3	Häufige Mängel bei der Installation von Wärmepumpenanlagen	188
6.4.4	Fehler und Mängel beim Betreiben von Wärmepumpenanlagen	189
6.5	Häufige Mängel an Erdwärmepumpen	190
6.5.1	Mängel an Sole/Wasser-Wärmepumpen.....	190
6.5.1.1	Der Sole-Volumenstrom ist zu hoch oder zu niedrig.....	190
6.5.1.2	Der Soledruck fällt ab.....	194
6.5.2	Schäden an Horizontalkollektoren	195
6.6	Fehler bei Luftwärmepumpen	197
6.6.1	Die Schall-Problematik.....	198
6.6.2	Auslegungs- und Hydraulikprobleme bei Luftwärmepumpen.....	199
6.6.3	Installationsfehler bei Luftwärmepumpen.....	200
6.7	Fehler bei Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen	201
6.8	Probleme mit Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern	202
6.9	Fehler bei bivalenten Wärmepumpenanlagen	207
6.10	Typische Schwachstellen bei der Planung und Installation im Neubau	210
6.11	Worauf sollte bei der Umrüstung auf eine Wärmepumpe im Bestandsgebäude unbedingt geachtet werden?	210

6.12	Was ist beim Austausch von älteren Sole/Wasser-Wärmepumpen im Bestand zu beachten?.....	213
6.13	Optimierungspotenziale bei Wärmepumpen im Bestand.....	215
6.14	Zusammenfassung	217
7	Qualitätssicherung: Wie lässt sich die Fehlerquote beim Einsatz von Wärmepumpen zukünftig verringern?.....	219
8	Marktentwicklung, Tendenzen, Prognosen	223
A	Literaturverzeichnis	225
B	Anhang	227
B.1	Mögliche Einflussfaktoren auf die Effizienz und Effektivität einer Wärmepumpenanlage in Stichworten.....	227
B.2	Merkblatt – Was ist bei der Errichtung einer Erdsondenanlage zu beachten?.....	231
B.3	Überblick zu den wichtigsten Gesetzen, Normen, Verordnungen und Richtlinien für die Planung, Installation und den Betrieb von Wärmepumpenheizungsanlagen und deren Bedeutung	232
B.4	Entscheidungshilfe für die Auswahl des Wärmeerzeugers	235
B.5	Hinweise für Planung, Montage und Betrieb von PV-Anlagen mit Wärmepumpenanlagen	236
B.6	Wichtige Hinweise für die Wartung einer Wärmepumpenheizungsanlage	238
B.7	Wartungsarbeiten, Fehlersuche am Kältekreis.....	239
B.8	Checkliste Fehlersuche für den Betreiber.....	242
B.9	Beurteilung Kältekreislauf.....	244
B.10	Ausgewählte spezielle Anwendungsbeispiele für Wärmepumpen	245
B.11	Auszug aus Merkblatt „Füllen von Erdwärmesondenanlagen“	251
	Stichwortverzeichnis.....	253