

# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort .....	5
Vorwort.....	7
Vorwort zur 3. Auflage .....	8
Einleitung.....	17
<b>1 Grundlagen der Wärmepumpenheizungsanlagen.....</b>	<b>25</b>
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
<b>2 Elektrisch betriebene Wärmepumpen.....</b>	<b>51</b>
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

---

<b>3</b>	<b>Planung von Wärmepumpenheizungsanlagen.....</b>	<b>99</b>
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
<b>4</b>	<b>Installation .....</b>	<b>157</b>
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 Wärmepumpenanlagen – und ihr Einfluss auf Effizienz und Lebensdauer.....	168

<b>5</b>	<b>Der Einfluss des Betreibers einer Wärmepumpenanlage.....</b>	<b>173</b>
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
<b>6</b>	<b>Aus der Arbeit eines Wärmepumpengutachters.....</b>	<b>183</b>
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