

Inhalt

Seite

1	Einleitung	1
2	Betrachtungen zur Ökologie und Ökonomie	3
2.1	Auswirkungen auf die Umwelt	3
2.2	Betrachtungen zur Ökonomie – Entwicklung der Energiekosten	5
2.3	Woher die Erdwärme kommt	7
3	Was ist eine Wärmepumpe und wie funktioniert sie?	9
3.1	Warum heißt die Wärmepumpe „Wärmepumpe“?	9
3.2	Aufbau einer Wärmepumpe und deren Komponenten	10
3.3	Der technische Kältekreislauf und die Funktion der Wärmepumpe	11
3.4	Der Regler	15
3.5	Der Kältekreislauf im p-h-Diagramm	16
3.6	Das Kältemittel	17
3.7	Eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe	21
3.8	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe	22
3.8.1	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden	23
3.8.2	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren	24
3.9	Wärmepumpen mit Direktverdampfer	25
3.10	Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe	26
3.10.1	Kompaktanlagen	27
3.10.2	Splitanlagen	27
3.11	Boiler-Wärmepumpen	28
3.12	Boiler-Wärmepumpen mit Wärmerückgewinnung aus der Fortluft	28
3.13	Kühlen mit einer Wärmepumpe	28
3.13.1	Die „freie Kühlung“	29
3.13.2	Reversibel arbeitende Wärmepumpe zum aktiven Kühlen	30
3.14	Gasmotor-Wärmepumpe	31
3.15	Absorptionswärmepumpen	32
4	Leistung einer Wärmepumpe	35
4.1	Leistungszahl	35
4.1.1	Leistungszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe	38
4.1.2	Leistungszahl einer Sole-Wasser-Wärmepumpe	38
4.1.3	Vergleich der Leistungszahl ϵ einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe	38
4.1.4	Leistungszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpe	39
4.2	Jahresarbeitszahl	39
4.2.1	Die Jahresarbeitszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage	40
4.2.2	Die Jahresarbeitszahl einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage	41
4.2.3	Die Jahresarbeitszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage	43
4.2.4	Berechnung der Jahresarbeitszahl gem. VDI 4650	43
4.2.5	Beispielberechnung der Jahresarbeitszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage	44
4.3	Energieaufwandszahl e_p	45

5	Projektierung einer Wärmepumpenanlage	47
5.1	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe	48
5.1.1	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für einen Neubau	48
5.1.2	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für den Baubestand	51
5.1.3	Wärmepumpen im Baubestand mit Fußbodenheizung und Heizkörpern	51
5.1.4	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für Industriehallen	52
5.1.5	Berechnungsbeispiel der Heizleistung eines Einfamilienhauses gem. Wärmegesetz	55
5.1.6	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für ein Schwimmbad	57
5.1.7	Wärmepumpen im gewerblichen Einsatz	57
5.1.8	Wärmepumpen in Wohnsiedlungen und Wärmepumpengroßanlagen	59
5.1.8.1	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage(n)	59
5.1.8.2	Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage(n)	60
5.1.8.3	Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage(n)	62
5.1.9	Wärmepumpen für hoch isolierte Häuser und Passivhäuser	63
5.2	Projektierung von Wärmepumpenanlagen	64
5.2.1	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage	64
5.2.1.1	Geologische Bedingungen	65
5.2.1.2	Die Wasserqualität	66
5.2.1.3	Förder- und Schluckbrunnen	67
5.2.1.4	Eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe auch bei Eisen/Mangan im Wasser	68
5.2.2	Projektierungsbeispiel einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe	69
5.3	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe	70
5.3.1	Berechnung der Kälteleistung	70
5.3.2	Erdsonden	71
5.3.2.1	Projektierung von Erdsonden	72
5.3.2.2	Erstellen von Erdsonden	75
5.3.3	Projektierungsbeispiel einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdsonden	76
5.3.4	Projektierung von Erdkollektoren	79
5.3.5	Projektierung von Energiekörben	81
5.3.6	Projektierungsbeispiel einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdkollektoren	81
5.4	Projektierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage	84
5.4.1	Projektierungsbeispiel einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage	84
5.5	Gegenüberstellung von Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Sole-Wasser-Wärmepumpen und Luft-Wasser-Wärmepumpen	85
5.6	Qualitätsmerkmale einer Wärmepumpe	85
5.7	Projektierung der Elektroinstallation einer Wärmepumpe	86
5.8	Beantragungen und Genehmigungen von Wärmepumpenanlagen	86
5.9	Förderungen von Wärmepumpenanlagen	88

	Seite
6	Hydraulik.....89
6.1	Die Primärpumpe.....90
6.1.1	Die Unterwasserpumpe und deren Überwachung.....90
6.1.2	Projektierungsbeispiel einer Wasserversorgung mit Unterwasserpumpe und Rohrleitungen.....95
6.1.2.1	Die Solepumpe97
6.1.2.2	Projektierungsbeispiel des Sole-Kreislaufnetzes mit einer Sole-Umwälzpumpe und Rohrleitungen98
6.2	Die Sekundärpumpe oder Ladepumpe..... 100
6.2.1	Beispiel: Ermittlung der Sekundärpumpe oder Ladepumpe(n)..... 102
6.3	Der Pufferspeicher 106
6.4	Die Warmwasserbereitung..... 108
6.4.1	Warmwasserbereitung über Durchlauferhitzer..... 108
6.4.2	Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab in einem separaten Warmwasserspeicher 108
6.4.3	Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe über einen Warmwasserspeicher 109
6.4.4	Warmwasserbereitung mit einer Wärmepumpe und einer zusätzlichen Solaranlage 111
6.4.5	Hygienische Warmwasserbereitung im Durchlaufprinzip..... 112
6.5	Dimensionierung der Warmwasserleitung 112
7	Leitfaden zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage..... 113
8	Darstellung verschiedener Wärmepumpenanlagen..... 115
8.1	Eine einfache Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage..... 116
8.2	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit freier Kühlung..... 117
8.3	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit freier Kühlung, Solaranbindung und Kachelofen 118
8.4	Wärmepumpengerätetypen 118
8.4.1	Einzelwärmepumpengeräte..... 118
8.4.2	Kompaktanlagen 119
9	Wirtschaftliche Betrachtungen 121
9.1	Lohnt sich eine Wärmepumpe? 121
9.2	Ermittlung der Energiekosten 124
9.3	Billig oder gut? – Ich bin zu arm, um billig zu kaufen!..... 127
10	Gesetze, Richtlinien und Normen 129
11	Inbetriebnahme von Wärmepumpenanlagen..... 131
11.1	Inbetriebnahme einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage..... 132
11.2	Inbetriebnahme einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage 133
11.3	Inbetriebnahme einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage..... 133

12	Häufige Fehler bei Wärmepumpen	135
12.1	Fehler beim Brunnenbau	135
12.2	Fehler bei Erdsonden/Erdkollektoren	135
12.3	Fehler bei der Hydraulik	136
12.4	Fehlermeldungen und deren mögliche Ursachen	136
13	Schlussbetrachtungen und Aussichten	139
14	Übungsaufgaben	141
14.1	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe	150
14.2	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden	152
14.3	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren	153
14.4	Projektierung einer größeren Wärmepumpenanlage	154
14.5	Berechnung verschiedener Energieaufwandszahlen	156
14.5.1	Berechnung der Energieaufwandszahl eines EFH mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes, einschließlich Warmwasserbereitung	156
14.5.2	Berechnung der Energieaufwandszahl eines EFH mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes mit elektrischer Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab	156
15	Fragen	157
16	Beispiele Wärmepumpenanlagen	159
17	Lösungen zu den Übungsaufgaben aus Kapitel 14	161
17.1	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe (Aufgabe 14.1)	161
17.2	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden (Aufgabe 14.2)	169
17.3	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren (Aufgabe 14.3)	175
17.4	Projektierung einer größeren Wärmepumpenanlage (Aufgabe 14.4)	181
17.5	Berechnung verschiedener Energieaufwandszahlen (Aufgabe 14.5)	194
17.5.1	Berechnung der Energieaufwandszahl e_p eines EFH mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes, einschließlich Warmwasserbereitung	194
17.5.2	Berechnung der Energieaufwandszahl e_p eines EFH mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes mit elektrischer Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab	194
18	... und Antworten	197
19	Bildquellenverzeichnis	201
20	Tabellenquellenverzeichnis	206
21	Adressen	207
	Inserentenverzeichnis	208