

# Handbuch Wärmepumpen

Planung und Projektierung

Bearbeitet von  
Jürgen Bonin

3., überarbeitete und erweiterte Auflage. 2017. Buch. 308 S. Softcover

ISBN 978 3 410 26868 0

Format (B x L): 21 x 29,7 cm

[Weitere Fachgebiete > Technik > Baukonstruktion, Baufachmaterialien > Haustechnik, Gebäudeautomatisierung](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

**beck-shop.de**  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	1
<b>2</b>	<b>Betrachtungen zur Ökologie und Ökonomie</b>	3
2.1	Auswirkungen auf die Umwelt	3
2.2	Betrachtungen zur Ökonomie – Entwicklung der Energiekosten	5
2.3	Woher die Erdwärme kommt	7
<b>3</b>	<b>Was ist eine Wärmepumpe und wie funktioniert sie?</b>	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
3.3.1	Technischer Kältekreislauf einer Wärmepumpe mit Unterkühlung und Überhitzung	14
3.3.2	Technischer Kältekreislauf einer Wärmepumpe mit Heißgasnutzung	14
3.3.3	Beispiel zum prinzipiellen Aufbau einer Wärmepumpe	15
3.4	Der Regler	16
3.5	Der Kältekreislauf im p-h-Diagramm	18
3.6	Das Kältemittel	19
3.7	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	23
3.7.1	Wasser-Wasser-Wärmepumpe ohne Systemtrennung	24
3.7.2	Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Systemtrennung	25
3.8	Sole-Wasser-Wärmepumpe	25
3.8.1	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden	26
3.8.2	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren	27
3.9	Erweiterte Wärmepumpen	28
3.9.1	Wärmepumpe mit Direktverdampfer	28
3.9.2	Wärmepumpe mit Direktkondensation	29
3.10	Luft-Wasser-Wärmepumpe	30
3.10.1	Luft-Wasser-Kompaktanlagen	31
3.10.2	Splitanlagen	32
3.11	Boiler-Wärmepumpen	33
3.12	Boiler-Wärmepumpen mit Wärmerückgewinnung aus der Fortluft	33
3.13	Kühlen mit einer Wärmepumpe	33
3.13.1	Die „freie Kühlung“	34
3.13.2	Reversibel arbeitende Wärmepumpe zum aktiven Kühlen	35
3.13.3	Regelung beim Kühlbetrieb	36
3.14	Gasbetriebene Wärmepumpen	37
3.14.1	Gasmotor-Wärmepumpe	37
3.14.2	Absorptionswärmepumpen	38
3.14.3	Gegenüberstellung der beiden gasbetriebenen Wärmepumpen	39
3.14.4	Zeolith-Gas-Adsorptionswärmepumpe	40
3.14.5	Hybrid-Wärmepumpe	43
3.14.6	Eis-Wärmepumpe	43
3.15	Luft-Luft-Wärmepumpen	45
3.16	Weitere Einsatzmöglichkeiten für Wärmepumpen	46
<b>4</b>	<b>Leistung einer Wärmepumpe</b>	49
4.1	Leistungszahl	49

4.1.1	Leistungszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe.....	52
4.1.2	Leistungszahl einer Sole-Wasser-Wärmepumpe.....	52
4.1.3	Vergleich der Leistungszahl $\varepsilon$ einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe.....	53
4.1.4	Leistungszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	54
4.2	Das Jahres-Verhalten verschiedener Wärmepumpen.....	55
4.2.1	Das Jahres-Verhalten einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage.....	55
4.2.2	Das Jahres-Verhalten einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage.....	57
4.2.3	Das Jahres-Verhalten einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	59
4.2.4	Vergleichende Betrachtungen zum Jahres-Verhalten der verschiedenen Wärmepumpenanlagen .....	62
4.3	Jahresarbeitszahl .....	62
4.3.1	Die Jahresarbeitszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	63
4.3.2	Die Jahresarbeitszahl einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	65
4.3.3	Die Jahresarbeitszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	65
4.3.4	Berechnung der Jahresarbeitszahl gem. VDI 4650 .....	66
4.4	Primärenergiefaktor $f_p$ und Energieaufwandszahl $e_p$ .....	67
<b>5</b>	<b>Projektierung einer Wärmepumpenanlage .....</b>	<b>69</b>
5.1	Die Aufgaben eines Architekten und Beraters .....	70
5.1.1	Beratung und Planung durch den Architekten und Berater .....	70
5.1.2	Beratung und Planung durch den Architekten und Berater und Sonderwünsche .....	71
5.1.3	Betreuung und Bauüberwachung durch den Architekten und Berater .....	71
5.2	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe.....	72
5.2.1	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für einen Neubau .....	72
5.2.2	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für den Baubestand.....	76
5.2.3	Wärmepumpen im Baubestand .....	76
5.2.4	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für Industriehallen .....	80
5.2.5	Berechnungsbeispiel der Heizleistung eines Einfamilienhauses gem. Wärmegesetz .....	83
5.2.6	Ermittlung der Leistung einer Wärmepumpe für ein Schwimmbad.....	85
5.2.7	Wärmepumpen im gewerblichen Einsatz.....	85
5.2.8	Wärmepumpen in Wohnsiedlungen und Wärmepumpengroßanlagen .....	88
5.2.9	Wärmepumpen für stark gedämmte Häuser und Passivhäuser.....	92
5.3	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage.....	93
5.3.1	Hydrologische und geologische Bedingungen.....	94
5.3.2	Die Wasserqualität.....	95
5.3.3	Förder- und Schluckbrunnen.....	96
5.3.4	Eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe auch bei Eisen/Mangan im Wasser .....	97
5.3.5	Projektierungsbeispiel einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe.....	98
5.4	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	99
5.4.1	Berechnung der Kälteleistung .....	99
5.4.2	Erdsonden .....	100
5.4.3	Projektierungsbeispiel einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdsonden.....	106
5.4.4	Projektierung von Erdkollektoren .....	110
5.4.5	Projektierungsbeispiel einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdkollektoren .....	111
5.4.6	Energiematten – Eine Alternative zu Erdkollektoren? .....	113
5.4.7	Projektierung von Energiekörben.....	114

5.4.8	Grabenkollektor .....	115
5.4.9	Dachabsorber, Energiezäune, Massivabsorber etc. ....	115
5.4.10	Seeabsorber/Flussabsorber .....	116
5.4.11	Tiefengeothermie .....	118
5.5	Projektierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage.....	118
5.5.1	Auslegung einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage auf Tiefsttemperatur .....	119
5.5.2	Ermittlung des Bivalenzpunktes einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	119
5.5.3	Projektierungsbeispiel einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage.....	119
5.6	Gegenüberstellung von Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Sole-Wasser-Wärmepumpen und Luft-Wasser-Wärmepumpen .....	130
5.7	Qualitätsmerkmale einer Wärmepumpe .....	130
5.8	Projektierung der Elektroinstallation einer Wärmepumpe .....	131
5.9	Beantragungen und Genehmigungen von Wärmepumpenanlagen .....	131
5.10	Förderungen von Wärmepumpenanlagen .....	133
5.11	Bedeutung einer Flächenheizung für Wärmepumpen .....	133
<b>6</b>	<b>Grundwasserschutz .....</b>	<b>135</b>
6.1	Gesetzliche Bestimmungen .....	135
6.2	Geo-Protector .....	136
6.2.1	Sole-Wasser-Wärmepumpen und deren Gefährdungspotenziale.....	137
6.2.2	Die Funktion des Geo-Protectors .....	138
6.2.3	Umweltrelevante und wirtschaftliche Betrachtungen .....	139
6.2.4	Die Notwendigkeit, den Grundwasserschutz zu verbessern.....	140
6.2.5	Kosten-Nutzen-Betrachtungen .....	140
6.2.6	Empfehlungen zur Realisierung der neuen Grundwasserschutzeinrichtung (Geo-Protector).....	141
6.3	CO <sub>2</sub> -Sonden .....	142
6.4	Wärmepumpen und Stromversorgung.....	143
6.4.1	Wärmepumpen und Ökostrom .....	143
6.4.2	Wärmepumpen und Fotovoltaikanlagen.....	143
<b>7</b>	<b>Hydraulik .....</b>	<b>145</b>
7.1	Die Primärpumpe .....	146
7.1.1	Die Unterwasserpumpe und deren Überwachung .....	146
7.1.2	Projektierungsbeispiel einer Wasserversorgung mit Unterwasserpumpe und Rohrleitungen .....	151
7.1.3	Die Sole-Umwälzpumpe .....	153
7.1.4	Projektierungsbeispiel des Sole-Kreislaufnetzes mit einer Sole-Umwälzpumpe und Rohrleitungen.....	155
7.2	Die Sekundärpumpe oder Ladepumpe .....	157
7.2.1	Beispiel: Ermittlung der Sekundärpumpe oder Ladepumpe .....	159
7.3	Der Pufferspeicher .....	164
7.4	Die Warmwasserbereitung .....	167
7.4.1	Warmwasserbereitung über Durchlauferhitzer .....	167
7.4.2	Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab in einem separaten Warmwasserspeicher.....	167
7.4.3	Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe über einen Warmwasserspeicher.....	168
7.4.4	Warmwasserbereitung mit einer Wärmepumpe und einer zusätzlichen Solaranlage .....	170
7.4.5	Hygienische Warmwasserbereitung im Durchlaufprinzip .....	172

7.4.6	Warmwasserbereitung mit einem Kombispeicher .....	172
7.5	Dimensionierung der Warmwasserbereitung .....	172
7.5.1	Dimensionierung des Warmwasserspeichers .....	172
7.5.2	Dimensionierung der Warmwasserleitung .....	174
7.6	Elektrotechnik und Wärmepumpen .....	174
7.6.1	Elektrische Einspeisung .....	174
7.6.2	Steuerspannungen .....	174
7.6.3	Wächter und Sensoren .....	175
<b>8</b>	<b>Leitfaden zur Projektierung einer Wärmepumpenanlage</b> .....	177
<b>9</b>	<b>Darstellung verschiedener Wärmepumpenanlagen</b> .....	179
9.1	Eine einfache Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	180
9.2	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit freier Kühlung .....	181
9.3	Eine Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit freier Kühlung, Solaranbindung und Kachelofen .....	182
9.4	Wärmepumpengerätetypen .....	182
9.4.1	Einzelwärmepumpengeräte .....	182
9.4.2	Kompaktwärmepumpenanlagen .....	183
<b>10</b>	<b>Wirtschaftliche Betrachtungen</b> .....	185
10.1	Lohnt sich eine Wärmepumpe? .....	185
10.2	Einsparmöglichkeiten für Kommunen und Länder .....	188
10.3	Betrachtungen zu Amortisationen verschiedener Heizungsanlagen .....	188
10.4	Billig oder gut? – Ich bin zu arm, um billig zu kaufen! .....	190
<b>11</b>	<b>Gesetze und Einrichtungen zum Schutz der Umwelt und Personen</b> .....	193
11.1	Normen und Richtlinien .....	193
11.2	Schutz des Erdreiches sowie des Grund- und Oberflächenwassers .....	197
11.3	Energielabel .....	197
<b>12</b>	<b>Inbetriebnahme von Wärmepumpenanlagen</b> .....	199
12.1	Inbetriebnahme einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	199
12.2	Inbetriebnahme einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	200
12.3	Inbetriebnahme einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage .....	201
12.4	Trockenheizen und Aufheizen .....	201
<b>13</b>	<b>Häufige Fehler bei Wärmepumpen</b> .....	203
13.1	Fehler beim Brunnenbau .....	203
13.2	Fehler bei Erdsonden/Erdkollektoren .....	203
13.3	Fehler bei der Warmwasserbereitung .....	204
13.4	Fehler bei der Hydraulik .....	204
13.5	Fehler in der Installation .....	204
13.6	Fehlermeldungen und deren mögliche Ursachen .....	205
13.7	Fehler beim Betrieb .....	206
<b>14</b>	<b>Schlussbetrachtungen und Aussichten</b> .....	209
<b>15</b>	<b>Übungsaufgaben</b> .....	211
15.1	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe .....	221
15.2	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden .....	223
15.3	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren .....	224

15.4	Projektierung einer größeren Wärmepumpenanlage .....	225
15.5	Berechnung des Bivalenzpunktes einer Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	227
15.6	Berechnung verschiedener Energieaufwandszahlen .....	227
15.6.1	Berechnung der Energieaufwandszahl eines EFH mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes, einschließlich Warmwasserbereitung .....	227
15.6.2	Berechnung der Energieaufwandszahl eines EFH mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes mit elektrischer Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab .....	227
16	<b>Fragen ...</b> .....	229
17	<b>Beispiele Wärmepumpenanlagen</b> .....	231
17.1	Ein besonderes Beispiel kommunaler Weitsicht in Dorsten-Wulfen .....	233
18	<b>Lösungen zu den Übungsaufgaben aus Kapitel 15</b> .....	235
18.1	Projektierung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe (Aufgabe 15.1) .....	235
18.2	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden (Aufgabe 15.2) ..	243
18.3	Projektierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren (Aufgabe 15.3) .....	249
18.4	Projektierung einer größeren Wärmepumpenanlage (Aufgabe 15.4) .....	256
18.5	Berechnung des Bivalenzpunktes einer Luft-Wasser-Wärmepumpe (Aufgabe 15.5) .....	271
18.6	Berechnung verschiedener Energieaufwandszahlen (Aufgabe 15.6) .....	273
18.6.1	Berechnung der Energieaufwandszahl $e_p$ eines EFH mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes, einschließlich Warmwasserbereitung .....	273
18.6.2	Berechnung der Energieaufwandszahl $e_p$ eines EFH mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe für die Beheizung des Gebäudes mit elektrischer Warmwasserbereitung mittels Elektroheizstab .....	273
19	<b>... und Antworten</b> .....	275
20	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	279
21	<b>Bildquellenverzeichnis</b> .....	283
22	<b>Tabellenquellenverzeichnis</b> .....	290
23	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> .....	292