

Wärmepumpen- Technik

Wärmequellen – Wärmepumpen – Verbraucher
Grundlagen und Berechnungen

von Professor Dr.-Ing. **Fritz Bukau**

Mit 113 Bildern und 11 Tabellen

R. Oldenbourg Verlag München Wien 1983

Inhalt

Vorwort	9
1. Einleitung	11
2. Allgemeine Grundlagen zum Wärmepumpenprinzip	13
2.1 Vergleich Kältemaschine - Wärmepumpe	16
3. Wärmepumpenanlagen - Übersicht	20
4. Wärmepumpenprozesse	24
4.1 Die Kompressionsmaschine	24
4.1.1 Kältemittel	25
4.1.1.1 Kältemittelbedingte Sicherheitsmaßnahmen	34
4.1.2 Kompressionsmaschine mit Kolbenverdichter	40
4.1.2.1 Wirkungsgrade	46
4.1.2.2 Die effektive Leistungszahl	51
4.1.2.3 Wärme- und Kälteleistung.	64
4.1.2.4 Antriebsleistung	71
4.1.3 Grundsaltungen von mehrstufigen Kompressionsmaschinen	75
4.1.4 Kompressionsmaschine mit Turboverdichter	81
4.1.5 Kompressionsmaschine mit Antrieb durch Verbrennungsmotor	92
4.2 Die Absorptionsmaschine	101
4.2.1 Arbeitsstoffpaare für Absorptionsmaschinen	103
4.2.2 Die einstufige Ammoniak-Wasser-Anlage	105
4.2.2.1 Der effektive Absorptionsprozeß	110
5. Verbraucheranlagen.	116
5.1 Raumheizung	116
5.1.1 Der Wärmebedarf	116
5.1.2 Die Heizkurve und das Leistungsverhalten der Raumheizkörper	121
5.1.3 Fußbodenheizung	131
5.1.4 Der Heizwärmeverbrauch	134
5.1.5 Beispielrechnungen bivalenter Anlagen	141
5.2 Brauchwassererwärmung	144

6.	Wärmequellen	150
6.1	Außenluft als Wärmequelle	154
6.1.1	Der Wärmeentzug aus der Luft	154
6.2	Wasser als Wärmequelle	160
6.2.1	Wasserrecht und Nutzungserlaubnis	161
6.2.2	Grundwasser als natürliche Wärmequelle	164
6.2.2.1	Die Grundwasserentnahme	166
6.2.2.2	Alterung von Brunnen	176
6.2.2.3	Beispielrechnung	179
6.2.2.4	Die direkte Grundwasserkühlung	182
6.2.3	Oberflächengewässer als natürliche Wärmequelle	183
6.3	Erdreich als Wärmequelle	186
6.3.1	Die Bodeneigenschaften	189
6.3.2	Temperaturgang im Boden ohne Wärmeentzug	198
6.3.3	Wärmeentzug mit erdverlegten horizontalen Rohrschlangen	202
6.3.4	Beispielrechnung	213
7.	Anlagentechnik	217
7.1	Bauelemente	217
7.1.1	Verdichter	218
7.1.1.1	Hubkolbenverdichter	220
7.1.1.2	Schraubenverdichter	224
7.1.1.3	Kreiskolbenverdichter	230
7.1.1.4	Rollkolbenverdichter	231
7.1.1.5	Zellenverdichter	232
7.1.2	Expansionsventile	233
7.1.3	Wärmeübertrager	240
7.1.3.1	Kondensator	242
7.1.3.2	Verdampfer	249
7.1.3.3	Betriebsabhängigkeit der Wärmedurchgangszahlen im Verdampfer und Kondensator	255
7.2	Wärmeträger, Solen	259
7.3	Aufbau und Betrieb von Wärmepumpenanlagen	265
7.3.1	Funktion und Aufbau des Kältekreislaufes	266
7.3.2	Grundsätze der Leistungsregelung	270
7.3.3	Kenngrößen und das Betriebsverhalten von Wärmepumpen	281
7.3.4	Anlagenkonzepte und Betriebsergebnisse	284

7.3.4.1 Die bivalente Anlage	288
7.3.4.2 Die monovalente Anlage	293
7.3.5 Schall- und schwingungstechnische Probleme an Wärmepumpen	297
8. Betriebskosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen	305
8.1 Primärenergieverbrauch	306
8.2 Energiekosten	311
8.3 Betriebskosten und Wirtschaftlichkeit	315
Schrifttum	325
Formelzeichen und Abkürzungen	329
Sachregister	333