

Wärmepumpen Band 6
Herausgegeben von Herbert Kirn

Loewer (Hrsg.), Bösnjakovic, Grabenhenrich,
Knoche, Korsmeier, Malewski, Mühlmann,
Seher, Stehmeier, Stephan, Weißing

Absorptions- wärmepumpen



Verlag C.F.Müller GmbH Karlsruhe

Inhalt

Vorwort	V
1. Thermodynamische Grundlagen der Absorptionswärmepumpen	1
1.1 Exergoökonomie des Heizens.	1
1.1.1 Heizzahl, exergetischer Gütegrad und Heizungsgesamtkosten.	1
1.1.2 Der Einfluß der Nichtumkehrbarkeiten.	3
1.1.3 Der Energieverlust als Beurteilungskriterium für die Güte einzelner Anlagenteile bei vorgegebenen Betriebsbedingungen.	5
1.2 Die Wirkungsweise einer einfachen einstufigen Absorptionsanlage.	7
1.2.1 Das Enthalpie-Zusammensetzungs-(h, [^])-Diagramm und das Entropie-Zusammensetzungs-(s,D)-Diagramm nach Merkel/Bosnjakovic.	9
1.3 Bilanzierung der Anlagenteile einer Absorptionswärmepumpe.	11
1.3.1 Kondensator und Verdampfer.	12
1.3.2 Generator.	16
1.3.3 Absorber.	25
1.3.4 Die Exergieverluste im Heizungskreislauf.	29
1.4 Vergleichende Beurteilung der Verluste und ihr Einfluß auf die Heizzahl	29
1.5 Zusammenfassung	31
2. Arbeitsstoffgemische für Absorptionswärmepumpen	32
2.1 Einführung	32
2.2 Anforderungen an Arbeitsstoffgemische.	33
2.2.1 Kenngrößen zur Beurteilung des Prozesses.	33
2.2.2 Grundsätzliche Anforderungen.	34
2.2.3 Stoffeigenschaften der reinen Komponenten.	35
2.2.4 Eigenschaften des Gemisches.	36
2.2.5 Anforderungen an die Moleküleigenschaften.	41
2.2.6 Anforderungen zur Sicherheit und sonstige Kriterien.	42
2.3 Übersicht über einige Arbeitsgemische.	43
2.3.1 Wasser als Arbeitsstoff.	43
2.3.2 Ammoniak als Arbeitsstoff.	44
2.3.3 Amine als Arbeitsstoffe.	46
2.3.4 Halogenierte Kohlenwasserstoffe als Arbeitsstoff.	47
2.3.5 Alkohole als Arbeitsstoff.	48
2.3.6 Halogenierte Alkohole als Arbeitsstoff.	49
2.4 Ausblick.	50
2.5 Liste der Formelzeichen.	50
3. Absorptionswärmepumpen mittlerer und großer Leistung	52
3.1 Übersicht	52
3.2 Sorptionsanlagen im Wärmepumpenbetrieb.	53
3.2.1 Grundshaltung.	53
3.2.2 Prozeßvarianten.	55
3.2.3 Einsatzgrenzen.	58
3.2.4 Verbrauchsverhalten.	58
3.3 Aufbau und Ausführung industrieller Anlagen.	61
3.3.1 Anlagenkomponenten.	62
3.3.1.1 Verdampfer (V).	62
3.3.1.2 Absorber (A).	63

3.3.1.3	Desorber(D)	65
3.3.1.4	Rektifikationseinrichtung (R)	68
3.3.1.5	Rücklaufkondensator (RK)	68
3.3.1.6	Temperaturwechsler (T)	68
3.3.1.7	Pumpen	69
3.3.2	Regelung	70
3.3.3	Anordnung, Aufstellung und betriebliche Belange	73
3.4	Ausgeführte Anlagen und Anwendungsfälle	75
3.4.1	Absorptionswärmepumpen-Heizwerk mit Wärmequellen aus einem Klärwerk	75
3.4.2	Fernwärmesekundärnetze mit Absorptionswärmepumpe	78
4.	Absorptionswärmepumpen kleiner Leistung	81
4.1	Allgemeiner Überblick	81
4.2	Absorptionswärmepumpe mit dem Stoffpaar R 123 a/ETFE	83
4.3	Absorptionswärmepumpe mit dem Stoffpaar R 22/E 181	87
4.4	Absorptionswärmepumpe mit dem Stoffpaar Methanol/LiBr	88
4.5	Absorptionswärmepumpe mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser	92
4.5.1	Allgemeine Entwicklung	92
4.5.2	Absorptionswärmepumpe Fabrikat GWT	93
4.5.3	Absorptionswärmepumpe ASK/Ruhrgas	95
4.5.4	Gasabsorptionswärmepumpe Fabrikat AWT	98
4.5.4.1	Anlagenschaltung und Bauteile	99
4.5.4.2	Technische Daten	100
4.5.4.3	Einsatzbereiche und Betriebserfahrungen	101
4.5.5	Verschiedene Absorptionswärmepumpen-Entwicklungen	104
4.5.6	Die Anwendung des Resorptionsprinzips in der Entwicklung von Hausheizungs-Sorptionswärmepumpen	108
4.5.7	Diffusions-Absorptionswärmepumpen mit druckausgleichendem Hilfsgas (DAWP)	116
4.5.7.1	Technischerstand	116
4.5.7.2	Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) 3 kW	116
4.5.7.3	Vergleich DAWP und konventionelle AWP	120
4.5.7.4	Herstellungskosten	122
4.6	Stand der Entwicklung und Ausblick	122
5.	Periodisch wirkende Absorptionswärmepumpen	123
5.1	Geschichte und Arbeitsprinzip der periodisch wirkenden Sorptionswärmepumpe	123
5.2	Kenngrößen des PAWP-Prozesses	124
5.3	Prozeßberechnung für einige ausgewählte Arbeitsstoffsysteme	125
5.4	Einsatz von Absorptionsstoffen in periodisch wirkenden Anlagen	129
5.5	Periodische Sorptionswärmepumpen mit flüssigem Sorptionsmittel	129
5.6	Vielstufige periodisch wirkende Sorptionswärmepumpen	131
6.	Wärmetransformatoren	133
6.1	Einführung	133
6.2	Theoretische Grundlagen der Wärmetransformation	133
6.3	Der einstufige Absorptionswärmetransformator	136
6.3.1	Schaltung	136
6.3.2	Kriterien zur Beurteilung des Prozesses	137
6.3.3	Der Prozeß im lg p, 1/T- und Enthalpie-Konzentrations-Diagramm	138

6.3.4	Einstufige Resorptionswärmepumpentransformatoren.	139
6.4	Zweistufige Prozesse.	142
6.4.1	Verbundschaltungen.	143
6.4.2	Kaskadenschaltungen.	146
6.5	Stand der Entwicklung.	148
6.6	Liste der Formelzeichen.	149
7.	Komponenten der Absorptionswärmepumpe.	150
7.1	Einführung.	150
7.2	Verfahrenstechnische Prozesse.	150
7.3	Wärme-und Stoffströme.	151
7.3.1	Austreiber.	151
7.3.2	Absorber.	153
7.3.3	Kondensator, Verdampfer.	153
7.4	Wärmeaustauscher.	153
7.5	Füllkörper, Böden.	155
7.6	Baugruppen.	155
7.6.1	Austreiber.	156
7.6.2	Absorber.	158
7.6.3	Kondensator.	158
7.6.4	Verdampfer.	158
7.6.5	Drossel.	159
7.6.6	Pumpe.	159
7.6.7	Zubehör.	159
7.6.8	Füllung.	159
7.7	Prozeßdaten einer Anlage.	159
8.	Regelung von Absorptionswärmepumpen.	168
8.1	Einführung.	168
8.2	Regelkonzepte.	168
8.2.1	Lösungsumlauf.	168
8.2.2	Lösungsstand.	169
8.2.3	Flüssigkeitssäule.	169
8.2.4	Austreiberbeheizung.	170
8.2.5	Kältemittelumlauf.	171
8.2.5.1	Dephlegmator, Kondensator.	171
8.2.5.2	Verdampfer.	171
8.2.6	Füllmenge.	173
8.2.7	Abtauung.	173
8.2.8.	Direktheizbetrieb.	174
8.2.9.	Vorlauftemperaturregelung.	175
8.2.10	Brauchwassererwärmung.	175
8.2.11	Heizen und Kühlen.	176
8.3	Aufbau einer Absorptionswärmepumpe.	176
8.3.1	Antriebsteil.	176
8.3.1.1	Austreiber, Dephlegmator, Drossel »arme Lösung«.	176
8.3.1.2	Absorber.	179
8.3.1.3	Lösungspumpe.	179
8.3.2	Kälteteil.	180
8.3.2.1	Kondensator.	180
8.3.2.2	Verdampfer.	180

8.3.2.3	Drosselorgan	180
8.3.2.4	Leistungstauscher	181
8.3.3	Füllung	181
8.3.3.1	Antriebsenteil	181
8.3.3.2	Kälteteil	181
8.3.3.3	Inhibitor	181
8.3.3.4	Füllungsanpassung	181
8.3.3.4.1	Lösungsmittel Wasser	181
8.3.3.4.2	Kältemittel Ammoniak	182
8.3.3.5	Füllungsänderung	182
8.3.4	Abtauung	182
8.4	Steuerung einer ausgeführten Anlage	182
8.4.1	Absorptionswärmepumpe und konventioneller Wärmeerzeuger	182
8.4.2	Aufgabenstellung	184
8.4.2.1	Feuerungstechnik	184
8.4.2.2	Kältetechnik	184
8.4.2.3	Heizungstechnik	184
8.4.2.3.1	Wärmepumpe	184
8.4.2.3.2	Heizkessel	185
8.4.3	Steuerungsablauf	185
8.4.3.1	Witterungsgeführte Wärmeanforderung	185
8.4.3.2	Sicherheitstemperatur- und Druckbegrenzer	188
8.4.3.3	Temperatur- und Druckwächter	188
8.4.3.4	Hilfsantriebe	188
8.4.3.5	Gasbrennerüberwachung	188
8.4.3.6	Abtauung	188
8.4.3.7	Zeitliche Abläufe	189
8.4.3.7.1	Feuerungstechnik	189
8.4.3.7.2	Kältetechnik	189
8.4.3.7.3	Heizungstechnik	190
8.4.4	Aufbau der Steuerung	190
8.4.4.1	Steuerungsablauf Absorptionswärmepumpe und Heizkessel	190
8.5	Betriebsdaten	191
8.6	Zusammenfassung	193
9.	Die Gasabsorptionswärmepumpe	
	Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Richtlinien, Regeln, Normen	194
9.1	Einführung	194
9.2	Gesetzliche Vorschriften	194
9.3	Bauaufsichtliche Verordnungen und Richtlinien	195
9.4	Normentwurf DIN 33 830	197
9.5	Kältemittel Ammoniak	199
9.6	Institutionen und Gremien	204
9.7	Schlußbetrachtung	204
10.	Anhang	205
10.1	Literaturverzeichnis	205
10.2	Sachwortverzeichnis	219