

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage	IX
Vorwort	XI
1 Schäden durch Schwingungen und Pulsationen	1
1.1 Schwingungen und Pulsationen durch Kältemittelverdichter	2
1.1.1 Typische Schadensfälle und ihre Behebung	3
1.1.2 Schadensursachen erkennen und beheben	5
1.2 Entstehung und Verhinderung von Pulsationen, Schwingungen und Körperschall in Rohrsystemen	10
1.2.1 Ursachen und Vermeidung von Schäden durch Schwingungen an Rohrleitungen	15
1.3 Pulsieren und Takten von Regelventilen	17
1.3.1 Pulsieren von Rückschlagventilen an stehenden, parallelgeschalteten Kältemittelverdichtern	18
1.3.2 Pulsieren von servogesteuerten Ventilen	21
1.3.3 Pendeln von thermostatischen Expansionsventilen	26
2 Schäden durch beschleunigte Kältemittelflüssigkeiten	35
2.1 Hydraulische Stöße oder Druckstöße	35
2.1.1 Ursachen für hydraulische Stöße oder Druckstöße	36
2.1.2 Messtechnische Erfassung von hydraulischen Stößen	37
2.1.3 Überschlägige Berechnung von hydraulischen Stößen	38
2.1.4 Schadensfall: Defekte an Flüssigkeitsleitungen von gewerblichen Anlagen mit fluorierten Kältemitteln	39
2.1.5 Schadensfall: Defekte an Pumpenrücklaufleitungen von NH ₃ -Pumpenanlagen mit Heißdampf-Abtauung (Heißgas-Abtauung)	41
2.1.6 Schadensfall: Defekte an Heißdampf-Abtauleitungen (Heißgas-Abtauleitungen)	44
2.1.7 Schadensfall: Schäden durch Druckstöße bei großen Entfernungen zwischen Ventilstationen und Verdampfern an NH ₃ -Pumpenanlagen	46

2.1.8	Grundregeln zur Verhinderung von hydraulischen Stößen	57
2.2	Impulsdruck infolge periodischer Flüssigkeitsförderung	58
2.2.1	Schadensfall: Defekte an Kondensatleitungen	58
2.2.2	Defekte an Steigleitungen im Teillastbetrieb	64
3	Brüche durch eingeschlossenes Kältemittel	71
3.1	Druckanstieg von eingeschlossener Kältemittelflüssigkeit bei Erwärmung.	72
3.1.1	Zahlenbeispiele für den Druckanstieg	74
3.1.2	Schäden durch eingeschlossene Kältemittelflüssigkeit: Ursachen und Vermeidung	76
4	Verschleiß durch Korrosion und Erosion	79
4.1	Korrosion an Rohrleitungssystemen von NH ₃ -Anlagen	80
4.2	Grundsätzliches zur Korrosion in Rohrleitungssystemen von Wasserkreisläufen – Ursachen und Gegenmaßnahmen	90
4.2.1	Einige richtungweisende Merkmale und Messwerte für die Bewertung einer Wasseranalyse.	92
4.2.2	Der offene Wasserkreislauf	97
4.3	Erosion und Erosionskorrosion in Rohrleitungssystemen – Ursachen und Vermeidung	102
5	Kavitation an Regel- und Absperrventilen	105
5.1	Entstehung und Wirkung von Kavitation	106
5.1.1	Kavitationserosion, Kavitationskorrosion	108
5.2	Kavitationsschäden an Stellventilen	109
5.2.1	Maßnahmen an den Regel- und Absperrventilen zur Verhinderung und Begrenzung von Schäden	110
5.3	Verhinderung und Begrenzung von Kavitationsschäden durch anlagenseitige Maßnahmen	111
5.3.1	Kavitationsschäden in Flüssigkeitsleitungen von Anlagen mit trockener Verdampfung	112
5.3.2	Kavitationsschäden an modulierenden Niveauregelungen von Abscheidern und überfluteten Verdampfern.	113
5.3.3	Kavitationsschäden in Flüssigkeitsvorlaufleitungen von Pumpenanlagen	115
5.3.4	Kavitationsschäden in Heißdampfabauleitungen	122
6	Teillastverhalten von Regelventilen	125
6.1	Teillastverhalten von Magnetventilen.	126
6.2	Teillastverhalten von Expansionsventilen	129
6.2.1	Verbesserung des Teillastverhaltens	132

6.3	Teillastverhalten von modulierenden Regelventilen.	133
6.3.1	Einflüsse auf das Teillastverhalten	134
6.3.2	Vermeidung von Schäden durch mangelhaftes Teillastverfahren von modulierenden Regelventilen	143
6.4	Teillastverhalten von Motorventilen	144
6.5	Teillastverhalten von Rückschlagventilen.	145
7	Rohrleitungssysteme funktionell und energetisch vorteilhaft gestalten	149
7.1	Rohrleitungen wirtschaftlich bemessen und verlegen	153
7.1.1	Welche Druckabfälle im Rohrleitungssystem sind wirtschaftlich vertretbar?	155
7.1.2	Richtwerte für Geschwindigkeiten zur Auslegung von horizontalen Saug- und Druckleitungen.	158
7.1.3	Abhängigkeit der Druckabfälle vom Einbauort in der Leitung	159
7.2	Rohrführungen zur Verflüssigungsdruckregelung durch Anstauen von Kältemittel funktionell und vorteilhaft ausgeführt	159
7.3	Einfluss der Regel- und Absperrarmaturen auf den wirtschaftlichen Betrieb.	162
7.3.1	Magnetventile und stetige Regelventile energieeffizient einsetzen	163
7.3.2	Handabsperrentile energetisch vorteilhaft auswählen und einbauen.	166
7.4	Nicht kondensierbare Fremdgase im Kältemittelkreislauf.	168
7.4.1	Methoden zur Feststellung von nicht kondensierbaren Fremdgasen im Kältemittelkreislauf	170
7.4.2	Entfernen von Fremdgasen.	171
8	Rohrsysteme von CO₂-Anlagen – Vermeidung von Störungen durch fachgerechte Auslegung und Montage	173
8.1	Funktionsstörungen durch Unterschreitung des Tripelpunktes bei fehlerhafter Auslegung und Montage des Rohrsystems.	176
8.2	Auswirkungen von Wasser und Feuchtigkeit in CO ₂ - Kreisläufen – Schäden und Schutzmaßnahmen	178
8.3	Einsatz und Verhalten von Kältemaschinenöl in CO ₂ -Kreisläufen.	180
8.3.1	Maßnahmen zu Sicherstellung einer kontinuierlichen Ölrückführung	181

8.4	Auswirkungen und Einflüsse auf die Druckabfälle im Rohrsystem	183
8.5	Strömungsgeschwindigkeiten, Leitungsquerschnitte und Festlegung der Rohrnennweiten	188
8.6	Materialverträglichkeit und Werkstoffe für Rohrsysteme in CO ₂ -Kälteanlagen	192
8.6.1	Rohrsysteme aus Kupfer und Stahl	192
A	Literaturverzeichnis	195
B	Glossar	199
B.1	Deutsch/Englisch	199
B.2	Englisch/Deutsch	214
C	Abbildungsverzeichnis	229
	Stichwortverzeichnis	235