

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	xi
1 Einleitung	17
2 Ausgangspunkt und Ziel der Arbeit	19
2.1 Eigenschaften von CO ₂ als Kältemittel	19
2.2 Kältemittelverdichter nach dem Verdrängerprinzip	20
2.2.1 Funktion und Bauform	20
2.2.2 Schmiermittel und deren Prüfung	24
2.2.3 Arten der Leistungsregelung	26
2.3 CO ₂ als Kältemittel und geeignete Verdichter	28
2.3.1 Historische Entwicklung	28
2.3.2 Aktueller Stand der CO ₂ -Verdichtertechnologie	33
2.3.2.1 Modifikation bestehender Verdichterkonstruktionen	35
2.3.2.2 Neuentwicklung von Verdichtern	38
2.3.2.3 Anpassung hydraulischer Maschinen	40
2.4 Ziel der Arbeit	41
3 Theorie und abgeleitete Untersuchungsmethoden	42
3.1 Indizierter Verdichtungsprozeß	42
3.1.1 Einflußfaktoren auf die indizierte Prozeßgröße	44
3.1.1.1 Ventildynamik und Gaswechsel	44
3.1.1.2 Drosselverluste in der Saug- und Druckkammer	46
3.1.1.3 Leckage an den Systemgrenzen des Arbeitsraums	46
3.1.1.4 Wärmeübertragungsvorgänge im Arbeitsraum	52
3.1.2 Simulation des indizierten Prozesses	57
3.1.2.1 Temperatur des Gases im Zylinder	58
3.1.2.2 Spezifisches Volumen des Gases im Zylinder	59
3.1.2.3 Reales Gasverhalten	60

3.2 Triebwerk und Lagerung	61
3.2.1 Simulation der Reibleistung.....	62
3.2.2 Simulation der Verlagerungsbahn von Gleitlagern	64
3.2.2.1 Verfahren der überlagerten Traganteile.....	65
3.2.2.2 Kinematik und Belastung des Triebwerks.. ..	66
4 Beschreibung der Versuchsanlage	68
4.1 Anlagenkomponenten	69
4.2 Meßtechnische Ausstattung der Verdichter.	71
5 Bewertung der Einflußfaktoren auf die innere Prozeßgüte	75
5.1 Drosselverluste an den Arbeitsventilen	75
5.1.1 Experimentelle Ermittlung der Drosselverluste	75
5.1.2 Anpassung der Simulation an experimentelle Ergebnisse	75
5.1.2.1 Saugventil	75
5.1.2.2 Druckventil	77
5.1.3 Einfluß der Drosselverluste auf die Prozeßgüte	79
5.2 Drosselverluste in der Saug- und Druckkammer	84
5.2.1 Experimentelle Ermittlung der Drosselverluste	84
5.2.2 Anpassung der Simulation an experimentelle Ergebnisse	84
5.2.3 Einfluß der Drosselverluste auf die Prozeßgüte	84
5.3 Leckage an den Systemgrenzen des Arbeitsraums	86
5.3.1 Leckage am Saug- und Druckventil.....	86
5.3.1.1 Experimentelle Ermittlung der Leckage.....	86
5.3.1.2 Anpassung der Simulation an experimentelle Ergebnisse....	90
5.3.2 Leckage am Kolbenspalt..	91
5.3.2.1 Experimentelle Ermittlung der Leckage.....	91
5.3.2.2 Anpassung der Simulation an experimentelle Ergebnisse....	92
5.3.3 Einfluß der Leckage auf die Prozeßgüte.....	93

5.4 Wärmeübertragungsvorgänge im Arbeitsraum	99
5.4.1 Experimentelle Ermittlung der Wärmestromdichte	99
5.4.2 Anpassung der Simulation an experimentelle Ergebnisse.....	99
5.4.3 Einfluß der Wärmeübertragungsvorgänge auf die Prozeßgüte.....	102
5.4.4 Diskussion des Wärmeübergangskoeffizienten	108
6 Bewertung der Einflußfaktoren auf die Tribologie	115
6.1 Experimentelle Ermittlung der Reibleistung.....	115
6.2 Analyse der Reibleistung	115
6.3 Dimensionierung der Lagerung	117
6.3.1 Stark belastete Lagerungen im Verdichter	117
6.3.2 Unkritische Lagerungen im Verdichter	121
6.4 Auswahl der Schmiermittel	123
6.4.1 Experimentelle Ermittlung der Schmiereigenschaften.....	123
6.4.2 Differenzierung untersuchter Schmiermittel	125
7 Konstruktive Ausführung von CO₂-Verdichtern	128
7.1 Bauform	128
7.2 Konstruktionsparameter.....	129
7.3 Saug- und Druckkammer	132
7.4 Leistungsregelung	133
7.4.1 Anforderungen an das Regelungskonzept	133
7.4.2 Analyse geeigneter Verfahren	134
8 Zusammenfassung	139
Literatur	142