

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Arbeitsstoffe	3
2.1 Verwendete natürliche Ersatzstoffe	5
2.1.1 Kohlendioxid	6
2.1.2 Ethan	6
2.1.3 Propan	7
3 Zustandsgleichungen	8
3.1 Grundlegende Klassifizierung von Zustandsgleichungen	8
3.1.1 Berechnung der kalorischen Größen Enthalpie und Entropie	10
3.1.2 Berechnung der Zustände an der Phasengrenze und im Flüssigkeitsgebiet	12
3.2 Berechnungsgrundlagen für die Kohlenwasserstoffe R290 und R170	13
3.3 Fundamentalgleichung für das fluide Zustandsgebiet von CO ₂	14
3.4 Empirische Zustandsgleichung für R12, R13, R13B1, R22 und R502	17
4 Energetische Bewertungsgrößen von Kompressionskälteanlagen	19
4.1 Theoretischer Vergleichs- und Ideal -Prozeß	19
4.2 Der reale Kreisprozeß	21
4.2.1 Inneres und äußeres Verhalten	22
4.3 Berechnungsgrundlagen der Verdichtung	23
4.3.1 Das Hubvolumen	24
4.3.2 Der Liefergrad	24
4.3.3 Der indizierte Wirkungsgrad	26
5 Mehrstufige Prozesse	28
5.1 Kaskadenkälteanlage	28
5.2 Energetische Bewertungsgrößen einer Kaskadenkälteanlage	29

6 Computergestützte Berechnung der Kreisprozesse.....	31
6.1 Darstellung der Programmstruktur	31
6.1.1 Berechnung der Zustandspunkte der Kreisprozesse	34
6.1.2 Berechnung der Stoffwerte	35
6.2 Diskussion der Ergebnisse der Kältekreisläufe in Kaskadenschaltung	39
6.3 Theoretischer Vergleich verschiedener Kälteprozesse	41
6.4 Umweltbelastung / Umweltverträglichkeit	43
6.4.1 TEWI (Total Equivalent Warming Impact).....	43
7 Experimenteller Teil	47
7.1 Versuchsaufbau	47
7.1.1 Verdichter	48
7.1.1.1 Kältemaschinenöle / Schmierstoffe	49
7.1.2 Wärmeübertrager.....	52
7.1.3 Drosselorgane.....	53
7.1.4 Beheizung	54
7.2 Sicherheitstechnische Anforderungen an Kaskadenkälteanlage mit brennbaren Kältemitteln.....	54
7.3 Meßtechnik	57
7.3.1 Bestimmung der mechanischen Leistung	59
7.3.2 Bestimmung der Kälteleistung.....	60
7.4 Versuchsparameter	61
8 Auswertung.....	62
8.1 Vergleich der berechneten Daten mit den Meßergebnissen	63
8.1.1 Kaskade R290/R744.....	63
8.1.2 Kaskade R290/R170.....	65
8.1.3 Gegenüberstellung der Verdichter-Liefergrade	69
8.2 Vergleich der Meßergebnisse zu einstufigen Kälteanlagen	73
8.3 Validierung der Ergebnisse	74
8.4 Energetischer Einfluß der inneren Wärmeübertrager auf die Kaskade	75
8.5 Besonderheiten	82

8.6 Quantitative Bewertung des Treibhausbeitrages verschiedener Kältemittel in zwei unterschiedlichen Anlagensystemen.....	86
9 Fazit und Ausblick	89
10 Literaturverzeichnis	91
11 Anhang.....	96