

Dipl.-Ing. Peter Hincke, Essen

**Berechnungen und
Messungen an einer
thermisch betriebenen
Pumpe zum Fördern
von Flüssigkeiten
im Siedebereich**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **441**

IV

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Indizes.....	VI
1 Einleitung.....	1
2 Arbeitsweise der Absorptionskältemaschine.....	2
3 Klassifikation von Pumpen.....	7
4 Das Funktionsprinzip der thermisch betriebenen Pumpe.....	9
5 Energetische Bilanzierung der Vorgänge innerhalb der Pumpe.....	12
5.1 Berechnung des Energieaufwandes der Pumpe beim Fördern von Reinstoffen.....	15
5.2 Der minimale Energieaufwand beim Fördern von Reinstoffen.....	19
5.3 Berechnung der benötigten Eigenschaften von Reinstoffen und Gemischen.....	21
5.4 Überschlägige Berechnung der verwendeten thermophysikalischen Eigenschaften.....	23
6 Berechnung der Stoffzustände in der Pumpe beim Fördern von Gemischen.....	28
6.1 Bilanzierung der thermophysikalischen Größen innerhalb des Pumpengehäuses.....	28
6.2 Iterationsverfahren zur Bestimmung der notwendigen Stoffwerte.....	31
6.3 Ansätze zur vereinfachten Berechnung der Stoffzustände innerhalb der Pumpe.....	37
6.4 Der minimale Energiebedarf beim Fördern von Gemischen.....	38
7 Der energetische Wirkungsgrad der thermischen Pumpe.....	40
8 Der exergetische Wirkungsgrad der thermischen Pumpe.....	44
9 Dampfbetriebene Kondensatheber als Beispiel thermischer Pumpen.....	47
10 Zustandsgleichung für das Stoffsystem Ammoniak/Wasser.....	52
11 Energetische Berechnungen an einer ausgeführten thermischen Pumpe.....	63
12 Berechnungen zur Wärmeübertragung in der thermischen Pumpe.....	69
12.1 Die Berechnung des Wärmeaustausches an der thermischen Pumpe.....	69
12.2 Der Wärmedurchgang bei Betrieb mit Ammoniak/Wasser-Lösung.....	74
12.2.1 Der Wärmeübergangskoeffizient in der Heizwendel.....	75
12.2.2 Der Wärmeübergang auf die Ammoniak/Wasser-Lösung.....	75
12.3 Berechnete Taktzeiten beim Fördern von Ammoniak/Wasser-Lösung.....	80
12.4 Verhalten der thermischen Pumpe bei Integration in den Lösungskreislauf.....	81
13 Versuchsanordnung.....	86
13.1 Anlagenbeschreibung.....	86
13.2 Versuchsdurchführung.....	91
13.3 Beschreibung der Meßeinrichtungen.....	92

14 Messungen an der thermischen Pumpe.....	93
14.1 Messungen mit Spaltkühlung.....	93
14.1.1 Einzelmessungen an der thermischen Pumpe mit Spaltkühlung	93
14.1.2 Mehrfachmessungen an der thermischen Pumpe mit Spaltkühlung.....	96
14.2 Messungen an der thermisch betriebenen Pumpe mit Bodenkühlung	102
14.2.1 Einzelmessungen mit zusätzlicher Bodenkühlung.....	102
14.2.2 Mehrfachmessungen mit zusätzlicher Bodenkühlung	106
14.2.3 Anpassung der Drehzahl des Verdrängerantriebs.....	109
15 Auswertung und Diskussion der Meßergebnisse	111
15.1 Das Betriebsverhalten der thermischen Pumpe.....	111
15.2 Das energetische Verhalten der thermischen Pumpe.....	118
15.2.1 Vergleich der thermischen Wirkungsgrade.....	118
15.2.2 Der exergetische Wirkungsgrad.....	119
15.3 Schlußfolgerungen aus den Meßergebnissen	120
15.3.1 Die Betriebseigenschaften der untersuchten thermischen Pumpe	120
15.3.2 Der Einsatz der thermischen Pumpe in einer Absorptionswärmepumpe.....	121
15.4 Verbesserungsmöglichkeiten und Auslegungskriterien	122
16 Zusammenfassung und Ausblick	126
17 Literatur	129