

Dipl.-Ing. Bernhard Gebbeken M. Sc.,
Hamburg

**Thermohydraulische
Vorgänge in Behältern
während der Druckent-
lastung von CO₂ aus dem
überkritischen Zustand**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **472**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen.....	VII
1. Einleitung.....	1
2. Ziele und Vorgehensweise.....	4
3. Druckentlastung - Stand der Forschung.....	6
3.1 Siedeverzug, Keimbildung und Wachstum der Blasen.....	10
3.2 Temperaturverteilung im Behälter.....	13
3.3 Strömungsdynamische Vorgänge im Behälter.....	15
3.3.1 Berechnung der Gasgehaltverteilung.....	18
3.3.2 Experimentelle Untersuchung der Gasgehaltverteilung.....	26
3.4 Strömungsdynamische Vorgänge in der Abblasleitung.....	29
3.4.1 Berechnung des kritischen Massenstroms.....	30
3.4.2 Experimentelle Untersuchung des Massenstroms.....	32
4. Experimentelle Vorgehensweise.....	34
4.1 Versuchsfluid.....	34
4.2 Druckentlastungsapparatur.....	37
4.3 Druckfeste Endoskopeinheit.....	41
4.4 Meßtechnik.....	44
4.4.1 Druckmessung.....	44
4.4.2 Temperaturmessung.....	45
4.4.3 Dichte- und Gasgehaltmessung.....	47
4.4.4 Massenstrommessung.....	52
4.5 Versuchsdurchführung.....	55

5. Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	56
5.1 Anfangszustand zweiphasig gesättigt.....	57
5.2 Anfangszustand unterkühlt	66
5.3 Anfangszustand überkritisch.....	70
5.3.1 Einfluß des Anfangsdrucks	81
5.3.2 Einfluß des Entlastungsquerschnitts.....	91
6. Transiente Berechnung der Druckentlastung eines Behälters	97
6.1 Massen- und Energiebilanz für den Druckbehälter	97
6.2 Berechnung der axialen Gasgehaltverteilung im Behälter	100
6.3 Differenzgeschwindigkeit zwischen den Phasen im Behälter.....	104
6.3.1 Ansatz für die Drift-Geschwindigkeit nach Kataoka und Ishii	106
6.3.2 Ansatz für die Drift-Geschwindigkeit nach Labuntsov	107
6.3.3 Ansatz für die Drift-Geschwindigkeit nach Sonnenburg.....	108
6.4 Berechnung der Höhe des Gemischspiegels.....	109
6.5 Berechnung des Wandwärmetransports	110
6.6 Berechnung der kritischen Massenstromdichte	112
7. Berechneter Verlauf der Druckentlastung	116
7.1 Vergleich der berechneten und experimentellen Ergebnisse	116
7.2 Beurteilung des Einflusses des Wandwärmetransports	120
7.3 Berechnungen mit verschiedenen Drift-Geschwindigkeits-Ansätzen	123
7.4 Bewertung der Berechnungen.....	126
8. Zusammenfassung	128
Literaturverzeichnis	130