

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| Nomenklatur | xi |
| Zusammenfassung | xvii |
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Stand des Wissens | 3 |
| 2.1. Mehrphasenströmungen | 3 |
| 2.1.1. Strömungsmechanische Grundlagen | 3 |
| 2.1.2. Horizontale zweiphasige Rohrströmungen | 4 |
| 2.2. Kondensation | 11 |
| 2.2.1. Direkte Kontaktkondensation | 12 |
| 2.2.2. Modellierung des Wärmeübergangskoeffizienten | 13 |
| 2.2.3. Kavitation | 16 |
| 2.3. Deterministische Druckschläge | 19 |
| 2.3.1. Einphasige Druckschläge | 19 |
| 2.3.2. Zweiphasige Druckschläge | 24 |
| 2.4. Nicht-deterministische Kondensationsschläge | 26 |
| 2.4.1. Entstehung von Kondensationsschlägen | 28 |
| 2.4.2. Kriterien für Kondensationsschläge | 31 |
| 2.4.3. Übersicht zu Berechnungsansätzen | 33 |
| 2.4.4. Übersicht zu experimentellen Untersuchungen | 34 |
| 2.5. Zusammenfassung bisheriger Erkenntnisse | 40 |
| 3. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung | 43 |
| 3.1. Versuchsaufbau zur Analyse von Kondensationsschlägen | 43 |
| 3.1.1. Messstrecke mit integraler Messtechnik | 45 |
| 3.1.2. Sichtzelle mit lokaler Messtechnik | 47 |
| 3.1.3. Kalibrierung der Messtechnik | 49 |
| 3.2. Experimentelles Vorgehen zur Analyse von Kondensationsschlägen | 51 |
| 3.2.1. Versuchsvorbereitung | 52 |
| 3.2.2. Versuchsdurchführung | 55 |
| 3.2.3. Versuchsmatrizen | 59 |
| 3.3. Sicherheitskonzept | 62 |
| 4. Experimentelle Untersuchung von Kondensationsschlägen | 65 |
| 4.1. Methodik zur Untersuchung von Kondensationsschlägen | 65 |
| 4.1.1. Erscheinungsform | 65 |
| 4.1.2. Druckverlauf | 66 |
| 4.1.3. Ausbreitung | 70 |
| 4.1.4. Lokalisierung | 73 |

| | |
|--|------------|
| 4.2. Integrale Auswertung der Versuchsergebnisse | 77 |
| 4.2.1. Wahrscheinlichkeit von Kondensationsschlägen | 77 |
| 4.2.2. Ausprägung von Kondensationsschlägen | 78 |
| 4.2.3. Risiko-Betrachtung von Kondensationsschlägen | 81 |
| 4.2.4. Ursprungsort von Kondensationsschlägen | 82 |
| 4.3. Lokale Auswertung der Versuchsergebnisse | 84 |
| 4.3.1. Luft/Wasser- und Dampf/Wasser-Strömungen | 87 |
| 4.3.2. Einspeisung bei geringer Unterkühlung | 88 |
| 4.3.3. Einspeisung bei hoher Unterkühlung | 90 |
| 4.3.4. Zusammenfassung der beobachteten Einspeisevorgänge | 92 |
| 4.3.5. Dampfblasenimplosion | 93 |
| 5. Phänomenologie von Kondensationsschlägen | 101 |
| 5.1. Bisherige Modellvorstellung | 101 |
| 5.1.1. Einlaufprozess | 102 |
| 5.1.2. Dampfblasenimplosion | 103 |
| 5.2. Neue phänomenologische Beschreibung des Einlaufprozesses | 106 |
| 5.2.1. Hydraulische und thermische Bedingung für einen Kondensationsschlag | 106 |
| 5.2.2. Zungenrückbildung | 108 |
| 5.2.3. Risiko für Kondensationsschläge unter idealen Bedingungen | 112 |
| 5.2.4. Risiko für Kondensationsschläge unter realen Bedingungen | 114 |
| 5.3. Neue phänomenologische Beschreibung von Kondensationsschlägen | 117 |
| 5.3.1. Modellentwicklung | 117 |
| 5.3.2. Modellüberprüfung | 119 |
| 5.4. Zusammenfassung der neuen Erkenntnisse | 120 |
| Literaturverzeichnis | 128 |
| A. Anhang | 129 |