

Dipl.-Ing. Dominik Brück, Freising

**Einfluß mechanischer
Belastungen auf dispergierte,
empfindliche Inhaltsstoffe
von Flüssigkeiten in Leitungs-
systemen und Behälter-
strömungen**

Reihe **14**: Landtechnik/
Lebensmitteltechnik

Nr. **84**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Schonförderung als verfahrenstechnische Zielsetzung	2
2.1 Kenntnisstand	2
2.2 Aufgabenstellung	7
3 Grundlagen der Partikelzerstörung	9
3.1 Mikrofluidmechanik	9
3.1.1 Partikelbeanspruchungen in Strömungen	9
3.1.2 Partikelbelastung in laminarer Scherströmung	10
3.1.3 Partikelbelastung in turbulenten Strömungen	11
3.1.4 Aufbau von Partikelagglomeraten und Aufbruchverhalten	14
3.1.5 Strömungsinduzierte Veränderungen von Molekülen	16
3.1.6 Bestimmung der mechanischen Belastung in turbulenten Strömungen	17
3.2 Bildung der Trubpartikel beim Würzekochen	20
3.2.1 Physikalische Eigenschaften des Heiß- und Kühltrubes	20
3.2.2 Chemische Struktur des Heißtrubs	22
4 Material und Methoden	23
4.1 Versuchsaufbau und -durchführung der Laser-Doppler-Anemometer-Messungen	23
4.1.1 Signalerfassung und optische Einstellungen	25
4.1.2 Aufbau des Modellwhirlpools	26
4.1.3 Aufbau der Modell-Sudpfanne mit seitlichem Einlauf	28
4.1.4 Meßanordnung der Versuche im geraden Rohr und in Rohrbögen	29
4.1.4.1 Anfertigung der Rohrbögen	30
4.1.4.2 Rohrverzweigung (90°-T-Stück)	31
4.1.4.3 Messungen in runden Querschnitten	32
4.2 Versuche mit Bierwürzen	36
4.2.1 Bierwürzen und Zusätze	36
4.2.2 Viskositätsmessungen	37
4.2.3 Trockenmassebestimmung des Heißtrubes	37
4.2.4 Dichtemessungen	37

4.2.4.1 Versuchsaufbau	38
4.2.4.2 Partikelgrößenverteilung	42
5 Messungen in Behälterströmungen	45
5.1 Whirlpool-Einlaufströmung	45
5.1.1 Mittlere Strömungsgrößen in der Strahlmittenebene	46
5.1.2 Bestimmung der Wandschubspannung	49
5.1.3 Turbulente Größen des Strahls	52
5.1.4 Einfluß der Re-Zahl auf die Strömungsgrößen	54
5.1.5 Einfluß des Einlaufdüsendurchmessers	56
5.1.6 Räumliche Verteilung der Strömungsgrößen	59
5.1.7 Übertragung von Modell auf Großausführung	61
5.2 Sudpfanne mit Außenkocher	64
5.2.1 Sudpfanne mit seitlichem Einlauf	65
5.2.2 Sudpfanne mit zentralem Steigrohr	69
6 Messungen in Rohrleitungsarmaturen	72
6.1 Gerade Rohrleitung	72
6.2 Messungen in Rohrkrümmern	76
6.2.1 Charakterisierung der Strömung	76
6.2.2 Messungen in der Symmetrieebene	76
6.2.3 Messungen senkrecht zur Symmetrieebene	80
6.3 Numerische Simulation turbulenter Strömung in Rohrbögen	82
6.3.1 Numerische Ergebnisse	85
6.3.2 Vergleich zwischen Numerik und Experiment	85
6.4 Rohrverzweigung (90° T-Stück)	90
6.4.1 Strömungscharakterisierung	90
6.4.2 Messungen in der Symmetrieebene	90
6.4.3 Messungen senkrecht zur Symmetrieebene	95
7 Scherversuche im Couette-Spalt	97
7.1 Mikroskopische Trubbilder	97
7.2 Temperatureinfluß während der Scherung	99
7.3 Einfluß der Partikelkonzentration	100

VII

7.4 Einfluß der Turbulenz im Scherspalt	102
7.5 Einfluß der Höhe der Scherspannung und der Belastungsdauer	105
7.5.1 Variation der Scherzeit bei konstanter Scherspannung	105
7.5.2 Variation der Scherspannung bei konstanter Scherzeit	107
7.6 Modellierung der Flockenzerstörung	109
7.6.1 Modellierung des Scherspannungs-Zeit-Effektes	109
7.6.2 Flockendichte als Funktion der Flockengröße - eine Hypothese	114
8 Vergleich der Belastungen in verschiedenen Strömungen	116
8.1 Schubspannungsverteilung beim Whirlpool-Einlauf	118
8.2 Vergleich der Whirlpool-Einlaufströmung mit Rohrströmungen	121
8.3 Bestimmung der zulässigen Geschwindigkeit	123
9 Zusammenfassung	126
10 Anhang	129
10.1 Korrekturmethode zur Füllhöhe im Couette-Spalt	129
10.2 Dichtebestimmung der Trubpartikel	131
10.3 Modell für die Abnahme des mittleren Partikeldurchmessers	131
10.4 Schubspannungsbestimmung aus der Streuung zweier Geschwindigkeiten	132
10.5 Mittlere und maximale Schubspannung in den Strömungsquerschnitten	133
11 Literaturverzeichnis	135