

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	VII
Abstract	VIII
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	5
2.1 Grundlagen der Miniaturisierung	5
2.1.1 Theorien zur Strömung im Mikromaßstab	6
2.1.2 Gesetzmäßigkeiten der Größenskalierung	8
2.2 Mikrostrukturierte Wärmeübertrager	9
2.2.1 Fluidodynamik in Mikrokanälen	12
2.2.2 Wärmeübertragung in Mikrokanälen	17
2.2.3 Konzept der Übertragungseinheiten (NTU-Ansatz)	24
2.3 Grundlagen des Foulings	26
2.3.1 Mechanismen, Indikatoren und Detektionsverfahren	27
2.3.2 Fouling in Mikrostrukturen	31
2.4 Protein fouling	36
2.4.1 Aufbau und Struktur von Proteinen	36
2.4.2 Milch und Molkenproteine	38
2.4.3 Temperaturinduzierte Denaturierung der Molkenproteine	39
2.4.4 Modellvorstellung des Ablagerungsmechanismus	43
3 Konzeptentwicklung	47
3.1 Ausgangssituation	47
3.2 Forschungshypothesen	48
3.3 Lösungsansatz	49
4 Experimentelle Umsetzung	51
4.1 Modularer Mikrowärmeübertrager	51
4.2 Versuchsanordnung und Instrumentierung	54
4.3 Anlagen- und Apparatecharakterisierung	59
4.3.1 Kanalgeometrie	59
4.3.2 Fluidodynamik	65
4.3.3 Wärmebilanzierung	70
4.3.4 Wärmeübertragung	74

4.3.5 Wärmestromverteilung	81
5 Iterative Berechnung lokaler Temperaturen	87
5.1 Modellierung	87
5.2 Implementierung	89
5.3 Verifikation und Parametrierung.....	92
5.3.1 Variation der Startparameter.....	92
5.3.2 Variation der Segmentanzahl	93
5.3.3 Variation des Relaxationsfaktors	95
5.4 Validierung.....	96
6 Foulinguntersuchungen.....	103
6.1 Stoffsystem	103
6.1.1 Herstellung wässriger Proteinlösungen.....	105
6.1.2 Färben proteinhaltiger Ablagerungen	106
6.2 Versuchsdurchführung	107
6.3 Versuchsauswertung.....	108
6.3.1 Integrale Foulingindikatoren.....	109
6.3.2 Automatisierte Bestimmung des Ablagerungsortes.....	110
6.4 Bestimmung der Ablagerungstemperatur.....	113
6.5 Vorhersage lokaler Foulingphänomene.....	116
6.5.1 Variation der Heizmitteltemperatur	116
6.5.2 Variation des Produktmassenstromes	119
6.5.3 Bewertung der Ergebnisse	120
7 Zusammenfassung und Ausblick.....	123
Literaturverzeichnis.....	127
Anhang A - Stoffdaten	137
Anhang B - Unsicherheitsbetrachtung	139
Anhang C - Ergänzende Abbildungen	146
Lebenslauf.....	151
Veröffentlichungen.....	152
Studentische Arbeiten	154