

---

<b>I. INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>I</b>
<b>II. NOMENKLATUR</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 STAND DER WISSENSCHAFT</b> .....	<b>5</b>
2.1 GÜLTIGKEIT UND EINSCHRÄNKUNGEN DES KONTINUUMSMECHANISCHEN ANSATZES AUF MIKROFLUIDISCHEN SKALEN .....	5
2.1.1 <i>Kontinuumsansatz</i> .....	5
2.1.2 <i>Gase</i> .....	6
2.1.2.1 Geschwindigkeits- und Temperaturschlupf.....	10
2.1.2.2 Gaskinetische Zusammenhänge der Modelle.....	13
2.1.2.3 Probabilistische Modelle: Grenzen und Anwendbarkeit.....	17
2.1.3 <i>Flüssigkeiten</i> .....	24
2.1.3.1 Nicht-newtonsches Verhalten .....	25
2.1.3.2 Versagen der Haftbedingung.....	26
2.2 MODELLE ZUR BESCHREIBUNG DER TRANSPORTPROZESSE .....	30
2.2.1 <i>Erhaltungsgleichungen auf Grundlage der Kontinuumsannahme</i> .....	31
2.2.1.1 Numerische Lösung über die Finite Volumen Methode.....	32
2.2.2 <i>Statistische Modelle: Boltzmann-Gleichung</i> .....	35
2.2.2.1 DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) .....	38
2.2.2.2 Lattice-Boltzmann.....	39
2.2.3 <i>Deterministische Modelle</i> .....	40
2.2.3.1 Moleküldynamische Simulationen .....	40
2.3 EINFLUSS DER SKALIERUNG AUF STRÖMUNG, MISCHUNG, REAKTION UND WÄRMETRANSPORT.....	42
<b>3 BEURTEILUNG DER MISCHUNGSGÜTE IN MIKROREAKTOREN</b> .....	<b>51</b>
3.1 SEGREGATIONSINTENSITÄT NACH DANCKWERTS.....	52
3.2 „POTENZIAL FÜR DIFFUSIVES MISCHEN“ NACH BOTHE.....	54
3.3 PARALLEL KONKURRIERENDE REAKTIONEN MIT SCHNELLER UND ULTRASCHNELLER CHEMIE: VILLERMAUX-DUSHMAN-REAKTIONSSYSTEM .....	56
3.3.1 <i>Beschreibung des Reaktionen</i> .....	56
3.3.2 <i>Stöchiometrische Quantifizierung</i> .....	59
3.3.3 <i>Numerische Darstellung der Villermaux-Dushman-Reaktionen</i> .....	61

<b>4</b>	<b>BEURTEILUNG DES WÄRMEÜBERGANGS IN MIKROFLUIDISCHEN WÄRMEÜBERTRAGERN.....</b>	<b>65</b>
4.1	FUNKTIONSPRINZIPIEN .....	65
4.2	BEURTEILUNGSKRITERIEN .....	67
4.2.1	<i>Wärmedurchgangskoeffizient und Übertragungsfähigkeit.....</i>	<i>67</i>
4.2.2	<i>Dimensionslose Temperaturdifferenz .....</i>	<i>72</i>
<b>5</b>	<b>UNTERSUCHTE SYSTEME .....</b>	<b>73</b>
5.1	MIKROREAKTOR TM1 .....	73
5.2	MIKROWÄRMEÜBERTRAGER HEF .....	76
<b>6</b>	<b>BERECHNUNGSFÄLLE.....</b>	<b>79</b>
6.1	MIKROREAKTOR .....	79
6.1.1	<i>Strömungsfeld und Druckverluste.....</i>	<i>79</i>
6.1.1.1	<i>Stromlinienverlauf, Verweilzeiten.....</i>	<i>80</i>
6.1.1.2	<i>Geschwindigkeiten .....</i>	<i>81</i>
6.1.1.3	<i>Drücke .....</i>	<i>83</i>
6.1.1.4	<i>Vergleich der Druckverluste mit experimentellen Daten .....</i>	<i>85</i>
6.1.2	<i>Mischung des binären Flüssigkeitssystems <math>C_2H_5OH - H_2O</math> .....</i>	<i>89</i>
6.1.2.1	<i>Abhängigkeit des Diffusionskoeffizienten vom Ethanolmassenbruch .....</i>	<i>89</i>
6.1.2.2	<i>Simulationsparameter und Berechnungsgitter.....</i>	<i>91</i>
6.1.2.3	<i>Quantitative Beurteilung der Mischungscharakteristik.....</i>	<i>93</i>
6.1.2.4	<i>Mischungsphänomenologie .....</i>	<i>96</i>
6.1.3	<i>Mischung des binären Gassystems <math>C_3H_8 - n-C_4H_{10}</math>.....</i>	<i>105</i>
6.1.3.1	<i>Quantitative Beurteilung der Mischungscharakteristik.....</i>	<i>106</i>
6.1.3.2	<i>Mischungsphänomenologie .....</i>	<i>109</i>
6.1.4	<i>Analyse der Mischung über das numerische Modell des Villermaux-Dushman-Reaktionssystems .....</i>	<i>112</i>
6.1.4.1	<i>Konzentrationsverläufe .....</i>	<i>114</i>
6.1.4.2	<i>Vergleich mit experimentellen Ergebnissen.....</i>	<i>121</i>
6.2	WÄRMEÜBERTRAGER.....	126
6.2.1	<i>Validierung der numerischen Modellierung des Wärmeübergangs auf mikrofluidischen Skalen .....</i>	<i>126</i>
6.2.1.1	<i>Rahmenparameter.....</i>	<i>127</i>
6.2.1.2	<i>Temperaturabhängigkeit der Stoffwerte.....</i>	<i>128</i>

---

6.2.1.3 Berechnungsgitter .....	130
6.2.1.4 Druckverluste und Temperaturdifferenzen: Vergleich mit experimentellen Ergebnissen für $Re=135$ – $Re=1643$ .....	132
6.2.1.5 Vergleich mit experimentellen und numerischen Resultaten bei $Re=890$ .....	133
6.2.2 <i>Numerische Untersuchung des HEF-Wärmeübertragers</i> .....	139
6.2.2.1 Untersuchung des Kreuzgegenstrom-Wärmeübertragers, Vergleich mit experimentellen Ergebnissen .....	139
6.2.2.2 Vergleich des HEF-Wärmeübertragers im Kreuzgegenstrom- und Kreuzstrombetrieb .....	145
<b>7 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>151</b>
<b>8 ANHANG.....</b>	<b>157</b>
8.1 HÖHENSCHNITTE HEF-WÄRMEÜBERTRAGER.....	157
<b>9 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>165</b>