

INHALT

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	7
2.1	Prozessanalysetechnik (PAT)	7
2.1.1	Gasanalytik	7
2.1.2	Wasseranalytik	9
2.2	Kapillarelektrophorese (CE)	12
2.2.1	Aufbau der CE	13
2.2.2	CE im Chipformat	14
2.2.3	Elektrophoretische Wanderung	16
2.2.4	Elektroosmotischer Fluss (EOF)	17
2.2.5	Hydrodynamische Strömungen in Mikrokanälen	21
2.2.6	Beeinflussung der Selektivität	22
2.2.7	Detektionsverfahren in der CE	24
2.2.7.1	Optische Verfahren	24
2.2.7.2	Elektrochemische Verfahren	25
2.2.7.3	Kontaktlose Leitfähigkeitsmessung (C^4D)	29
2.2.8	Simultaner Nachweis von Kationen und Anionen	32
2.2.9	Kapillarelektrophoresesysteme für die Online-Analytik	36
2.3	Mikrofluidische Polymerstrukturen für die CE	39
2.3.1	Charakteristische Materialeigenschaften der Polymere	40
2.3.2	Verfahren der Polymermikrostrukturierung	44
2.3.2.1	Mikrozerspanung	44
2.3.2.2	Lasermikrostrukturierung	45
2.3.2.3	Replikationsverfahren	47
2.3.2.4	LIGA-Verfahren	49
2.3.3	Verbindungsverfahren	50
2.3.3.1	Thermisches Bonden	51
2.3.3.2	Lasertransmissionsschweißen	52
2.3.4	Elektrodendeposition	52
3	Simultane Analyse von Kationen und Anionen	55
3.1	Bidirektionale Kapillarelektrophorese	55
3.2	Chipgeometrie	57
3.3	Materialauswahl	58

3.4	Chipherstellung.....	59
3.4.1	Mikrostrukturierung	60
3.4.1.1	Mikrozerspanung.....	60
3.4.1.2	Laserstrukturierung	61
3.4.1.3	Heißprägen	64
3.4.2	Verbindungstechnik.....	67
3.4.2.1	Thermisches Bonden.....	67
3.4.2.2	Lasertransmissionsschweißen	68
3.4.2.3	Zugversuche	69
3.4.3	Aufbringung der Messelektroden.....	72
3.5	CE-Messplatz.....	74
3.5.1	Hochspannungselektronik	74
3.5.2	C ⁴ D-Messelektronik	75
3.6	Injektionsverfahren.....	77
3.7	Optimierung der bidirektionalen CE	78
3.7.1	Auswahl der Elektrolytlösung.....	78
3.7.2	Einfluss der Herstellungsverfahren auf die Trennung.....	79
3.7.3	Einfluss der Kanalgeometrie	80
3.7.4	Auswahl geeigneter Injektionsverfahren.....	84
3.7.4.1	Elektrokinetische Injektion	84
3.7.4.2	Hydrodynamische Injektion.....	86
3.7.4.3	Bewertung	91
4	Entwicklung eines Chip-CE-Analysesystems.....	93
4.1	Konzept.....	93
4.1.1	Quasikontinuierliche Analyse	94
4.1.2	Gasanalyse.....	95
4.2	Systemaufbau.....	97
4.2.1	Messzelle	98
4.2.1.1	Flüssigkeitsförderung.....	98
4.2.1.2	Modularer Aufbau	99
4.2.1.3	Chipträger.....	100
4.2.1.4	Mikrofluidikträger	101
4.2.2	Elektronik	102
4.2.3	Steuerungssoftware.....	104

4.3	MinCE <i>On-line</i>	105
5	Charakterisierung der MinCE <i>On-line</i>	107
5.1	Fluoreszenzmikroskopische Strömungsuntersuchungen.....	107
5.2	CE im geschlossenen System	110
5.3	Anpassung des Pufferelektrolyts	113
5.3.1	Steigerung der Selektivität	113
5.3.2	Anpassung der Ionenkonzentration des Puffers	117
5.4	Ermittlung der analytischen Leistungsfähigkeit.....	120
5.4.1	Selektivität.....	120
5.4.2	Linearität.....	120
5.4.2.1	Auswertung der Peakhöhe.....	121
5.4.2.2	Auswertung der Peakfläche.....	124
5.4.3	Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze.....	126
5.4.4	Wiederholpräzision.....	127
5.5	Analyse realer Proben.....	130
5.5.1	Quasikontinuierliche Gasanalyse	130
5.5.2	Flüssigkeitsanalyse.....	133
6	Zusammenfassung.....	139
7	Ausblick.....	143
8	Literatur	145
Anhang A	Struktur der Polymere	167
Anhang B	Verwendete Chemikalien.....	169
Anhang C	Curriculum Vitae.....	171