

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Brennstoffzellen	3
2.2 Festoxidbrennstoffzellen	4
2.2.1 Wirkungsweise	4
2.2.2 Zellaufbau und –materialien	6
2.2.2.1 Kathode	7
2.2.2.2 Elektrolyt	7
2.2.2.3 Anode	9
2.2.3 Konzepte	11
2.2.3.1 Tubulare Brennstoffzellen	11
2.2.3.2 Planare Brennstoffzellen	12
2.2.4 Herstellungsverfahren	14
2.3 Foliengießen	15
2.3.1 Doctor Blade Verfahren	16
2.3.2 Gießschlicker	18
2.3.2.1 Keramisches Pulver	19
2.3.2.2 Lösungsmittel	19
2.3.2.3 Dispergierhilfsmittel	21
2.3.2.4 Binder	23
2.3.2.5 Plastifiziermittel	24
2.3.2.6 Sonstige Additive	25
2.3.3 Trocknung	26
2.3.4 Weiterverarbeitung	27
3 Zielsetzung	29
4 Experimentelle Methoden	31
4.1 Rohstoffe	31
4.1.1 Keramische Pulver	31
4.1.2 Lösungsmittel	31
4.1.3 Dispergierhilfsmittel	32
4.1.4 Binder	33
4.1.5 Plastifiziermittel	33
4.1.6 Porosierungsmittel	34
4.2 Schlickerentwicklung	34
4.2.1 Strategie	35
4.2.2 Auswahl Lösungsmittel	36
4.2.3 Festlegung Dispergierhilfsmittel	37
4.2.4 Auswahl Binder und Plastifiziermittel	37
4.2.5 Schlickeralternative mit Porosierungsmittel	38
4.3 Gießversuche	38
4.4 Lamination	40
4.5 Herstellung von Halbzellen	41
4.5.1 Vakuumschlickergießen	42
4.5.2 Siebdruck	43
4.5.3 Sequentielles Foliengießen	44
4.6 Elektrochemischer Leistungsnachweis	44
4.6.1 Bedrucken mit Kathodenschicht	45
4.6.2 Einzelzellmessungen	45

4.6.3	Stacktest.....	46
4.7	Untersuchungsmethoden	47
4.7.1	Korngrößenverteilung.....	47
4.7.2	Thermogravimetrie	48
4.7.3	Viskositätsmessung	48
4.7.4	Dilatometrie.....	49
4.7.5	Dichtebestimmung.....	50
4.7.6	Verbiegungsmessung.....	51
4.7.7	Rasterelektronenmikroskopie	51
4.7.8	Spezifische Gasdurchlässigkeit	52
4.7.9	Leckratenbestimmung	53
4.7.10	Elektrische Leitfähigkeit.....	55
4.7.11	Festigkeitsuntersuchung.....	56
5	Ergebnisse und Diskussion	59
5.1	Schlickerentwicklung.....	59
5.1.1	Lösungsmittel- und Dispergierhilfsmittelauswahl.....	59
5.1.2	Auswahl Plastifiziermittel und Binder.....	64
5.1.2.1	Versuche mit PVB B-98.....	64
5.1.2.2	Versuche mit PVB Pioloform	67
5.1.3	Verwendung von Porosierungsmittel.....	70
5.1.4	Fazit Schlickerentwicklung	71
5.2	Gießversuche auf großer Foliengießbank FGA500.....	73
5.2.1	Gießversuche mit Schlicker FG02.....	74
5.2.2	Gießversuche mit Schlicker FG31	80
5.2.3	Fazit Gießversuche	82
5.3	Substratcharakterisierung	82
5.3.1	Thermogravimetrie	82
5.3.2	Entbinderung und Sinterung.....	84
5.3.3	Schrumpfung	87
5.3.4	Mikrostruktur.....	88
5.3.4.1	Untersuchung von vorgesinterten Substraten.....	88
5.3.4.2	Untersuchung von endgesinterten Substraten	89
5.3.4.3	Untersuchung von reduzierten Substraten.....	91
5.3.5	Laminierversuche	92
5.3.6	Elektrische Leitfähigkeit.....	93
5.3.7	Spezifische Gasdurchlässigkeit und Porosität	93
5.3.8	Mechanische Eigenschaften.....	95
5.3.9	Standardisierung foliengegossener Substrate	97
5.3.10	Fazit Substratcharakterisierung.....	99
5.4	Herstellung von Halbzellen.....	100
5.4.1	Halbzellen mittels Vakuumschlickergießen	100
5.4.1.1	Hergestellte Probenserien.....	100
5.4.1.2	Ergebnisse Topographiemessungen	102
5.4.1.3	Schichtcharakterisierung	104
5.4.1.4	Ergebnisse Leckratenbestimmung.....	105
5.4.1.5	Fazit Halbzellen über VSG-Beschichtungen.....	106
5.4.2	Halbzellen mittels Siebdruck.....	107
5.4.2.1	Hergestellte Probenserien.....	107
5.4.2.2	Ergebnisse Topographiemessungen	107
5.4.2.3	Schichtcharakterisierung	110
5.4.2.4	Ergebnisse Leckratenbestimmung.....	111
5.4.2.5	Festigkeitsuntersuchungen	114
5.4.2.6	Siebdruck auf Grünfolie.....	115
5.4.2.7	Endkonturnahe Herstellung von Halbzellen.....	117
5.4.2.8	Fazit Halbzellen über Siebdruck	118
5.4.3	Rein foliengegossene Halbzellen.....	119
5.4.3.1	Schlickerentwicklung.....	120
5.4.3.2	Gießversuche.....	121
5.4.3.3	Sinterung und Durchbiegung	123

5.4.3.4	Mikrostrukturcharakterisierung	125
5.4.3.5	Leckratenbestimmung.....	128
5.4.3.6	Festigkeitsuntersuchungen.....	129
5.4.3.7	Fazit Versuche mit rein foliengegossenen Halbzellen	130
5.5	Ergebnisse der elektrochemischen Versuche	131
5.5.1	Kathodenbeschichtung	131
5.5.2	Einzelzellmessungen	132
5.5.2.1	Einzelzellen mit VSG-Beschichtung	132
5.5.2.2	Siebgedruckte Einzelzellen.....	135
5.5.2.3	Einzelzellen auf der Basis rein foliengegossener Halbzellen	139
5.5.2.4	Fazit Einzelzellmessungen.....	141
5.5.3	Stackversuche.....	142
6	Zusammenfassung	147
7	Ausblick.....	151
8	Literaturverzeichnis.....	153