

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIII
Symbolverzeichnis	XIV
Abkürzungs- und Kurzzeichenverzeichnis.....	XXI
Definitionen	XXII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	3
1.2 Zielsetzung und Herangehensweise.....	6
2 Stand der Technik	7
2.1 Grundlagen der Flow-Batterie	7
2.2 Komponenten der Flow-Batteriezele.....	10
2.2.1 Bipolarplatten.....	10
2.2.2 Ionenaustauschmembranen	11
2.2.3 Graphitvlieselektroden	12
2.3 Zellchemie.....	13
3 Stand der Forschung	16
3.1 Differenzdruckinduzierte Verformungen.....	16
3.2 Elektrolytführung.....	17
3.2.1 Rahmenseitige Elektrolytführung.....	18
3.2.2 Externe Flow-Fields	19
3.2.3 Interne Flow-Fields.....	22
4 Berechnungsgrundlagen zur Beschreibung von Vanadium-Flow-Batterien	25
4.1 Elektrische und elektrochemische Eigenschaften	25
4.1.1 State-of-Charge und Kapazität.....	25
4.1.2 Elektrolytkonzentration.....	26
4.1.3 Kreuzkontamination	27

4.1.4	Leerlauf- und Gesamtzellspannung	29
4.1.5	Ohmscher Spannungsabfall.....	30
4.1.6	Aktivierungsüberspannung	31
4.1.7	Konzentrationsüberspannung	32
4.1.8	Massentransfer	34
4.2	Hydraulische Eigenschaften	35
4.2.1	Druckverluste und Pumpleistungsbedarf	35
4.2.2	Volumenstrombestimmung.....	37
4.3	Batteriewirkungsgrade.....	39
5	Bestimmung der Materialparameter	40
5.1	Mechanisches Verformungsverhalten von Graphitvlieselektroden	40
5.2	Graphitvliesparameter.....	46
5.3	Vanadiumelektrolytparameter	53
5.4	Membran- und Bipolarplattenparameter.....	54
6	Untersuchung differenzdruckinduzierter Verformungen.....	55
6.1	Modellierung und Simulation der Membran- und Bipolarplattenverformungen	55
6.2	Mechanische Auswirkungen auf Graphitvlieselektroden	68
6.3	Fazit der Verformungsuntersuchungen	69
7	Optimierung kompensierender interner Flow-Fields.....	72
7.1	Kompensation von Membranverformungen in Flow-Batterien	72
7.2	Vergleich interner Flow-Fields.....	75
7.3	Geometrieoptimierung interner interdigitaler Flow-Fields	89
7.4	Vergleich konventioneller und interner interdigitaler Flow-Fields.....	94
7.5	Fazit der Optimierung kompensierender interner Flow-Fields.....	96
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	98
9	Literaturverzeichnis	100
	Lebenslauf.....	109