

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Zusammenfassung	iii
Summary	v
Inhaltsverzeichnis	vii
1. Einleitung	1
2. Grundlegende Zusammenhänge	3
2.1 Lithium-Ionen-Batterien	3
2.1.1 Prinzipieller Aufbau und Funktionsprinzip.	3
2.1.2 Elektroden-Aktivmaterialien	4
2.1.3 Elektrolyt.	7
2.1.4 Separator.	9
2.1.5 Kinetische Prozesse und Degradationsmechanismen.	10
2.2 Glastechnologie	14
2.2.1 Netzwerkbildner und Netzwerkwandler.	14
2.2.2 Poröse Gläser	15
2.2.3 Herstellung flächiger Mikrometer-Glaspartikel.	16
2.2.4 Einsatz von Gläsern in Batterien.	17
2.2.5 Korrosion von Glas	18
2.3 Elektrochemische Grundlagen	19
2.3.1 Kenngrößen	20
2.3.2 Konstantstromverfahren	21
2.3.3 Elektrochemische Impedanzspektroskopie	22
2.3.4 Methode der verteilten Relaxationszeiten	24
3. Separatoren für Lithium-Ionen-Batterien - Stand der Technik	27
4. Konzeption und Ziele der Arbeit	33
5. Experimentelle Durchführung	35
5.1 Herstellung von Glasflakes unterschiedlicher Dicken und Morphologien	35
5.1.1 Rotationszerstäubung von Glasschmelzen	36
5.1.2 Vycor-Prozess	37

5.2	Herstellung glasbasierter Separatoren	39
5.2.1	Ausgangsmaterialien.	40
5.2.2	Selbsttragende Glasvlies/Glasflakes-Komposit-Separatoren.	42
5.2.3	Glasflakes/Batterie-Elektroden-Komposite	42
5.3	Analyse der morphologischen und physikalischen Eigenschaften	43
5.3.1	Zusammenfassung der eingesetzten Methoden.	44
5.3.2	Spezielle Analytik zur Charakterisierung von Separatoren	45
5.4	Elektrochemische Charakterisierung	47
5.4.1	Messroutine	47
5.4.2	Elektroden-Referenzmaterialien	48
5.4.3	Separatoren- / Elektrodenpräparation und Zell-Systeme	50
5.4.4	Modellierung und Elektroanalytik.	53
5.4.5	Zyklrierprotokolle zur galvanostatischen Analyse	54
6.	Poröse und unporöse Glasflakes als Separatoren für Lithium-Ionen-Batterien	57
6.1	Mikrostrukturanalyse von Glasflakes unterschiedlicher Morphologie	58
6.2	Elektrochemisches Verhalten in Graphit Lithium-Eisenphosphat-Experimentalzellen	62
6.3	Einfluss der Glasflake-Morphologie auf elektrochemische Eigenschaften	67
6.4	Bewertung des Einflusses der Glasflake-Morphologie auf Eigenschaften als Separatoren in Lithium-Ionen-Batterien	69
7.	Einfluss der Materialzusammensetzung von Glas-Separatoren auf das elektrochemische Verhalten von Lithium-Ionen-Batterien	73
7.1	Galvanostatische Analyse verschiedener Glas-Separatoren in Graphit Lithium-Eisenphosphat-Experimentalzellen	73
7.2	<i>Post-mortem</i> -Analyse gealterter Batterie-Elektroden und Separatoren	76
7.3	Glas-Separatoren-induzierte und altersabhängige Entwicklung von Zell-Innen- und Phasenübergangswiderständen	82
7.4	Bewertung des Einflusses der Glasflake-Materialzusammensetzung auf Eigenschaften als Separatoren in Lithium-Ionen-Batterien	88
8.	Glasbasierte Separatorensysteme	91
8.1	Selbsttragende Glasvlies/Glasflakes-Komposit-Separatoren	92
8.2	Glasflakes/Batterie-Elektroden-Komposite.	97
8.3	Physikalische Eigenschaften	100
8.4	Elektrochemisches Verhalten in Graphit Lithium-Eisenphosphat-Experimentalzellen . . .	108
8.5	Zell-Eigenschaften mit alternativen Elektrodenmaterial-Paarungen	119
8.6	Eigenschaftsbewertung im Vergleich zu polymerbasierten Separatoren.	121
9.	Fazit und Ausblick	125

Abkürzungsverzeichnis	129
Symbolverzeichnis	133
A. Geräteliste	135
B. EDV-Liste	137
C. Ergänzende Angaben und Untersuchungen	139
D. Ergänzende Berechnungen	155
Literaturverzeichnis	157
Liste eigener Veröffentlichungen	177