

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1 Einleitung	3
2 Stand der Technik	5
2.1 Konzept Festkörperbatterien	5
2.2 Festelektrolyte	8
2.2.1 Oxidische Elektrolyte	8
2.2.2 Thiophosphate	21
2.3 Grenzflächen in Festkörperbatterien	26
2.3.1 Anodengrenzfläche	29
2.3.2 Kathodengrenzfläche	36
2.4 Hybride Festkörperbatterien	39
3 Fragestellungen	43
4 Experimentelles	47
4.1 Materialien	47
4.2 LLZO-Stabilität in verschiedenen Atmosphären	48
4.2.1 Kontakt mit Luft	48
4.2.2 Ausheizen der LLZO-Proben	48
4.2.3 Auslagerung in definierten Gasatmosphären	48
4.3 Zellbau und elektrochemische Messungen	49
4.3.1 Ionische Leitfähigkeitsmessungen mittels Impedanzspektroskopie	49
4.3.2 Grenzflächenuntersuchung zwischen LLZO und LPS/LSPS	52
4.3.3 Gleichstrom-Leitfähigkeitsmessung über die Thiophosphat LLZO-Grenzfläche hinweg	53
4.3.4 Kritische Stromdichte-Messung (CCD) und Gleichstrom-Messung an der LLZO Li-Grenzfläche	54
4.3.5 Zyklovoltammetrie (CV)	54

4.3.6	Elektronische Leitfähigkeit (Hebb-Wagner-Methode)	55
4.3.7	Vollzellbau	56
4.4	Begleitende Analyse	58
4.4.1	Thermogravimetrie und Infrarotspektroskopie (TG/FTIR)	58
4.4.2	Erhitzungsmikroskopie (EHM)	59
4.4.3	Rasterelektronenmikroskopie (FESEM)	59
4.4.4	Röntgendiffraktometrie (XRD)	60
4.4.5	Ramanspektroskopie	60
5	Ergebnisse	61
5.1	Sinterung von LLZO-Pellets	62
5.1.1	Pulver- und Sinteroptimierung	62
5.1.2	Elektrochemische Ausgangscharakterisierung	63
5.2	Anodengrenzfläche	66
5.2.1	Reproduzierbare Messung mit nicht-blockenden Li-Elektroden	66
5.2.2	Einfluss Carbonat-Schicht auf anodischen Grenzflächenwiderstand	69
5.2.3	Carbonat-Schicht-Bildung in verschiedenen Atmosphären	89
5.3	Kathodengrenzfläche	94
5.3.1	Grundcharakterisierung des Thiophosphats LPS	94
5.3.2	Grenzflächenuntersuchung LLZO Thiophosphat	96
5.3.3	Einfluss der Oberflächenrauheit des LLZO auf den Grenzflächenwiderstand	102
5.3.4	Ionentransport über die LLZO LPS-Grenzfläche hinweg in DC-Zyklerversuchen	103
5.3.5	Übertragung der Ergebnisse auf das Thiophosphat-Material LSPS	105
5.4	Vollzelle	109
5.4.1	Initiale Vollzelltests	109
5.4.2	Untersuchung möglicher Fehlerquellen in der hybriden Vollzelle	112
5.4.3	LLZO-LSPS Hybridzelle	120
6	Fazit und Ausblick	125
7	Eigene Veröffentlichungen	129
8	Danksagung	131
	Abbildungsverzeichnis	133

Tabellenverzeichnis 137

Literatur 139

A Anhang 169

 A.1 LLZO Grundcharakterisierung 169

 A.2 LLZO|Li-Grenzfläche 170

 A.3 LLZO|LPS-Grenzfläche 174

 A.4 Hybride Vollzelle 176