Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis v

Tabellenverzeichnis ix

Abkürzungsverzeichnis xi

Einleitung und Zielstellung xiii

1 Literaturübersicht 1

1.1 Die intermetallische Phase Mg_2Si . . . 1
1.1.1 Kristallstruktur und Bindung . . . 2
1.1.2 Die schmelzmetallurgische Erzeugung . . . 4
1.1.3 Die pulvermetallurgische Erzeugung . . . 6
1.1.4 Erzeugung dünner Schichten . . . 7
1.1.5 Elektrische und thermoelektrische Eigenschaften . . . 7
1.1.6 Mechanische Eigenschaften . . . 8
1.1.7 Die Anwendungen . . . 8
1.2 Die binären Phasen Mg_2X (X = Ge, Sn, Pb) . . . 9
1.3 Die ternären Phasen $Mg_2Si_{1-x}X_x$ und $Mg_{2-x/2}Si_{1-x}Sb_x$ . . . 10
1.4 Die ternären Phasen Li-Mg-X . . . 10
1.4.1 Das System Li-Mg-Si . . . 11
1.4.1.1 Untersuchungen zum Phasendiagramm . . . 11
1.4.1.2 Intercalationsuntersuchungen von Li in Mg_2Si . . . 13
1.4.1.3 Kristallstruktur der Phasen im System Li-Mg-Si . . . 15
1.4.2 Phasen in den Systemen Li-Mg-X (X = Ge, Sn, Pb, Sb) . . . 16
1.4.3 Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) . . . 18
1.4.4 Raman-Streuung an Mg_2X-Phasen . . . 19
1.5 Die thermische Stabilität von MgH_2 . . . 19
1.6 Das Verfahren der Spark-Plasma-Synthese . . . 21
1.6.1 Grundlegende Vorgänge beim Sintern . . . 21
1.6.2 Das Spark-Plasma-Sinter-Verfahren . . . 22
1.6.3 Temperaturmessung im SPS-Prozess . . . 24
1.7 Zusammenfassung und Zielsetzung . . . 25
1.7.1 Spark-Plasma-Synthese . . . 25
1.7.2 Mg_2Si-basierte Verbindungen . . . 25
1.7.3 Das System Li-Mg-Si . . . 26

2 Experimentelle Methoden **29**
2.1 Probenpräparation . . . 29
2.1.1 Hochenergiemahlen . . . 29
2.1.2 Pulvermetallurgische Probenpräparation . . . 30
2.1.3 Spark-Plasma-Synthese . . . 31
2.1.4 Schmelzmetallurgische Probenpräparation . . . 33
2.2 Untersuchungsmethoden . . . 34
2.2.1 Röntgendiffraktometrische Untersuchungen . . . 34
2.2.2 Mikroskopische Untersuchungen . . . 35
2.2.3 Dichtebestimmung . . . 35
2.2.4 Mechanische Untersuchungen . . . 36
2.2.4.1 Dreipunktbiegung . . . 36
2.2.4.2 Bestimmung des E-Moduls mit Ultraschall . . . 38
2.2.4.3 Härteprüfung nach Vickers . . . 40
2.2.5 Elektrische Transporteigenschaften . . . 41
2.2.6 NMR-Messungen . . . 41
2.2.7 Chemische Analyse . . . 41
2.2.8 Thermische Analyse . . . 42
2.3 Fehlerbetrachtung . . . 42

3 Ergebnisse und Diskussion **43**
3.1 Die Reaktionstemperatur bei der SPS-Umsetzung von MgH_2 . . . 43
3.2 Untersuchungen der SPS-Presswerkzeuge . . . 45
3.2.1 Einfluss des Pressdruckes auf die SPS-Parameter . . . 45
3.2.2 Die Temperaturverteilung . . . 46
3.2.2.1 Zusammenfassung des Wissensstands . . . 46
3.2.2.2 Experimenteller Aufbau . . . 46
3.2.2.3 Beschreibung des SPS-Prozesses und dessen Parameter . . . 48
3.2.3 Schlussfolgerung . . . 58
3.2.4 Matrizendesign für Dreipunktbiegeproben . . . 58
3.2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . 61
3.3 Synthese und Eigenschaften der intermetallischen Phase Mg_2Si . . . 62
3.3.1 Schmelzmetallurgische Herstellung . . . 62
3.3.2 Chemische Zusammensetzung . . . 62
3.3.3 Festkörpersynthese während des SPS-Prozesses . . . 65
3.3.4 Voruntersuchungen . . . 65
3.3.5 Festkörpersynthese durch das Heißpressen . . . 67
3.3.6 Optimierung der Herstellungsparameter . . . 67
3.3.7 Thermoelektrische Eigenschaften . . . 71
3.3.8 Zusammenfassung . . . 73
3.4 Synthese und Eigenschaften der ternären Li-Mg-X-Phasen . . . 74
3.4.1 Das System Li-Mg-Si . . . 74
3.4.1.1 SPS-Synthese . . . 75
3.4.1.2 Schmelzsynthese . . . 80
3.4.1.3 Schmelzpunkte . . . 90
3.4.1.4 Korrekturen im ternären Phasendiagramm Li-Mg-Si . . . 92
3.4.1.5 Kristallstruktur . . . 97
3.4.1.6 NMR-Messungen . . . 112

3.4.1.7 Chemische Aktivität der $Li_{2x}Mg_{2-x}Si$-Phasen . . . 114
3.4.1.8 Spezifischer elektrischer Widerstand . . . 116
3.4.1.9 Messung der Vickershärte . . . 116
3.4.1.10 Zusammenfassung . . . 120
3.4.2 Die Systeme Li-Mg-(Ge, Sn, Pb) . . . 121
3.5 Die intermetallischen Phasen $Mg_2X_{1-x}Y_x$ und $Mg_{2-x/2}Si_{1-x}Sb_x$ . . . 125
3.5.1 Die Systeme $Mg_2Si_{1-x}X_x$ . . . 125
3.5.2 Das System Mg-Si-Sb . . . 129
3.5.3 Zusammenfassung . . . 133
3.6 Mechanische Eigenschaften . . . 135
3.6.1 Mg_2Si . . . 136
3.6.2 Mg_2Si + Mg . . . 138
3.6.3 Mg_2Si + X . . . 141
3.6.4 Schlussfolgerung . . . 146
3.6.5 Zusammenfassung . . . 146

4 Zusammenfassung und Ausblick 149

5 Literaturverzeichnis 153

6 Anhang 167
6.1 Tabellen . . . 167
6.2 Phasendiagramme . . . 172
6.3 Radienverhältnis und Elektronendichtekarte . . . 174

Danksagung 175

Versicherung 177

Lebenslauf 179