

1. Einleitung und Zielsetzung 1
2. Literaturübersicht 3
 - 2.1. Keramische Werkstoffe 3
 - 2.1.1. Oxidkeramik 3
 - 2.1.2. Grundlagen und Herstellung der verschiedenen biokeramischen Phasen 4
 - 2.1.3. Einstoffsysteme 8
 - 2.1.3.1. Al₂O₃ System 8
 - 2.1.3.2. TiO₂ System 10
 - 2.1.3.3. SiO₂ System 14
 - 2.1.4. Zweistoffsysteme 18
 - 2.1.4.1. Al₂O₃-TiO₂ System 18
 - 2.1.4.2. TiO₂-SiO₂ System 20
 - 2.1.4.3. Al₂O₃-SiO₂ System 22
 - 2.1.5. Das Dreistoffsystem Al₂O₃-SiO₂- TiO₂ 27
 - 2.1.5.1. Zum Phasendiagramm Al₂O₃-SiO₂-TiO₂ 31
 - 2.1.5.2. Die Intermediäre Verbindung Al₂O₃.TiO₂ (Tialit) 31
 - 2.1.5.3. Die keramische Legierung 3Al₂O₃.2SiO₂ (Mullit) 41
 - 2.2. Pulvertechnologie 46
 - 2.2.1. Herstellungsmethoden 46
 - 2.2.1.1. Sol-Gel-Verfahren 46
 - 2.2.1.2. Hydrolyse-Prozeß 48
 - 2.2.2. Pulveraufbereitung 51
 - 2.2.2.1. Trocknungsverfahren 51
 - 2.2.2.2. Mahlverfahren 51
 - 2.2.2.3. Formgebungsverfahren 52
 - 2.2.3. Thermische Behandlung 53
 - 2.2.3.1. Kalzination 53
 - 2.2.3.2. Sinterung 53
 - 2.3. Analytische Verfahren 54
 - 2.3.1. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) 54
 - 2.3.2. Pulvermorphologie mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) 54
 - 2.3.3. Messung der Spezifischen Oberfläche (BET) 54
 - 2.3.4. Bestimmung der geometrischen Dichte 55

- 2.3.5. Teilchengrößenbestimmung mit Hilfe der Lasergranulometrie 55
- 2.3.6. Differentialthermoanalyse (DT A) und Thermogravimetrie (TG) 56
- 2.3.7. Sinterredjngungen 57
- 2.3.8. Phasenanalyse mittels Pulverdiffraktometrie (RBA) 57
- 2.3.9. Dichtebestimmung mittels Auftriebmethode 58
- 2.3.10. REM-Untersuchungen bzw. Energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) und entsprechende Probenpräparation 59

- 3. Ergebnisse und Diskussion des ternären Systems Al₂O₃-SiO₂-TiO₂ 60
 - 3.1. Die Komponente Al₂O₃ 64
 - 3.1.1. Herstellung der Ausgangspulver 64
 - 3.1.2. Pulvercharakterisierung 66
 - 3.1.2.1. Pulvermorphologie, spezifische Oberfläche (BET -Messungen), geometrische Dichte, Teilchengrößen-, DT A- und TG-Messungen 66
 - 3.1.2.2. Phasenanalyse (RBA) 72
 - 3.1.3. Sinterung, Dichtebestimmung und REM-Untersuchungen der gesinterten Proben 75

 - 3.2. Die Komponente SiO₂ 78
 - 3.2.1. Herstellung der Ausgangspulver 78
 - 3.2.2. Pulvercharakterisierung 79
 - 3.2.2.1. Pulvermorphologie, spezifische Oberfläche (BET -Messungen), geometrische Dichte, Teilchengrößen-, DT A- und TG-Messungen 79
 - 3.2.2.2. Phasenanalyse (RBA) 85
 - 3.2.3. Sinterung Dichtebestimmung und REM-Untersuchungen der gesinterten Proben 88

 - 3.3. Die Komponente TiO₂ 90
 - 3.3.1. Herstellung der Ausgangspulver 90
 - 3.3.2. Pulvercharakterisierung 92
 - 3.3.2.1. Pulvermorphologie, spezifische Oberfläche (BET-Messungen), geometrische Dichte, Teilchengrößen-, DT A- und TG-Messungen..92

- 3.3.2.2. Phasenanalyse (RBA) 99
- 3.3.3. Sinterung, Dichtebestimmung und REM-Untersuchungen der gesinterten Proben 99
- 3.4. Die keramische Legierung $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (Mullit) 103
 - 3.4.1. Herstellung der Ausgangspulver 103
 - 3.4.2. Pulvercharakterisierung 104
 - 3.4.2.1. Chemische Zusammensetzung der Pulver, Pulvermorphologie, spezifische Oberfläche BET -, DT A- und TG-Messungen 104
 - 3.4.2.2. Phasenanalyse (RBA) 108
 - 3.4.3. Sinterung, Dichtebestimmung und REM-Untersuchungen der gesinterten Proben 111
- 3.5. Die intermediäre Verbindung $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ (Tialit) 114
 - 3.5.1. Herstellung der Ausgangspulver 114
 - 3.5.2. Pulvercharakterisierung 115
 - 3.5.2.1. Chemische Zusammensetzung der Pulver, Pulvermorphologie, spezifische Oberfläche BET -, DT A- und TG-Messungen 115
 - 3.5.2.2. Phasenanalyse mit der RBA 119
 - 3.5.3. Sinterung, Dichtebestimmung und REM-Untersuchungen der gesinterten Proben 122
- 3.6. Bestimmung der Konoden im ternären System $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ 126
- 3.7. Untersuchung der $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2)\text{-SiO}_2$ Legierungen 130
 - 3.7.1. Herstellung der Ausgangspulver 130
 - 3.7.2. Pulvercharakterisierung 133
 - 3.7.3. Sinterung und Dichtebestimmung 141
 - 3.7.4. Gleichgewichtsbeziehungen im Subsolidusbereich und Gefügeuntersuchungen 146
 - 3.7.5. Gleichgewichtsbeziehungen im Liquidusbereich 159
- 3.8. Die Mischkristallzusammensetzung des Tialits 163
- 3.9. Untersuchungen der $(3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)\text{-TiO}_2$ Legierungen 167
 - 3.9.1. Herstellung der Ausgangspulver 167
 - 3.9.2. Pulvercharakterisierung 167

- 3.9.3. Sinterung und Dichtebestimmung 173
- 3.9.4. Gleichgewichtsbeziehungen im Subsolidusbereich und Gefügeuntersuchungen 178
- 3.9.5. Gleichgewichtsbeziehungen im Liquidusbereich 183

- 3.10. Untersuchungen der $(3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$ - $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2)$ - TiO_2 - Legierungen 187
 - 3.10.1. Herstellung der Ausgangspulver 187
 - 3.10.2. Pulvercharakterisierung 185
 - 3.10.3. Sinterung und Dichtebestimmung 190
 - 3.10.4. Gleichgewichtsbeziehungen im Subsolidusbereich und Gefügeuntersuchungen 200
 - 3.10.5. Gleichgewichtsbeziehungen im Liquidusbereich 209
- 3.11. Untersuchungen der $(3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$ - SiO_2 - TiO_2 -Legierungen 211
 - 3.11.1. Herstellung der Ausgangspulver 211
 - 3.11.2. Pulvercharakterisierung 211
 - 3.11.3. Sinterung und Dichtebestimmung 220
 - 3.11.4. Gleichgewichtsbeziehungen im Subsolidusbereich und Gefügeuntersuchungen. 225
 - 3.11.5. Gleichgewichtsbeziehungen im Liquidusbereich 237

- 4. Darstellung der Phasendiagramme des Systems Al_2O_3 - SiO_2 - TiO_2 und Diskussion 239

- 5. Zusammenfassung 248

- 6. Literatur 250