

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2 Grundlagen und Literaturübersicht .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>  2.1 Polymerabgeleitete Keramiken .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1.1 Einführung .....  | 4         |
| 2.1.2 Umwandlungs- und Pyrolyseverhalten .....  | 5         |
| 2.1.3 Anwendungspotential polymerabgeleiteter Keramiken .....                                       | 9         |
| <b>  2.2 Niob und Niobverbindungen .....</b>  | <b>11</b> |
| 2.2.1 Binäre und ternäre Phasen im System Nb-(C,N) .....  | 12        |
| 2.2.2 Binäre und ternäre Phasen im System Nb-Si-(C,N) .....   | 18        |
| <b>  2.3 Eigenschaften und Anwendungsbereiche Niob-basierter Werkstoffsysteme... </b>               | <b>23</b> |
| 2.3.1 Verbundwerkstoffe auf Basis gefüllter Precursoren .....                                       | 24        |
| 2.3.2 Nb-partikelverstärkte Metall-Keramik Verbundwerkstoffe .....                                  | 26        |
| <b>  2.4 Spark plasma sintering (SPS) .....</b>   | <b>27</b> |
| 2.4.1 Einführung .....  | 27        |
| 2.4.2 Anlagenaufbau .....   | 28        |
| 2.4.3 Sintermechanismen .....   | 29        |
| 2.4.4 Pulverpräparation .....   | 33        |
| <b>  2.5 Resümee .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3 Experimentelle Durchführung .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>  3.1 Synthese der verwendeten Precursoren.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>  3.2 Herstellung der Nb(Si,C,N) Multiphasen-Verbundwerkstoffe über reaktiver Pyrolyse .....</b> | <b>40</b> |
| 3.2.1 Aufbereitung und Herstellung der Nb/Precursor-Pulvermischungen .....                          | 40        |
| 3.2.2 Grünkörperherstellung .....   | 41        |
| 3.2.3 Reaktive Pyrolyse .....   | 42        |
| <b>  3.3 Verdichtung der Nb(Si,C,N) Multiphasen-Verbundwerkstoffe über SPS .....</b>                | <b>44</b> |
| 3.3.1 Synthese der Multiphasen-Pulversysteme .....  | 45        |
| 3.3.2 Sinterprozess .....   | 45        |
| <b>  3.4 Charakterisierungsmethoden .....</b>   | <b>50</b> |
| 3.4.1 Methoden zur Charakterisierung des Pyrolyseverhaltens .....                                   | 50        |
| 3.4.2 Methoden zur Charakterisierung der Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur .....              | 52        |
| 3.4.3 Methoden zur Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften .....                           | 54        |
| 3.4.4 Oxidationsuntersuchungen .....  | 57        |
| <b>4 Charakterisierung der Ausgangsmaterialien und Auswahl der Herstellungsparameter .....</b>      | <b>59</b> |
| <b>  4.1 Charakterisierung der verwendeten Precursorsysteme.....</b>                                | <b>59</b> |
| <b>  4.2 Charakterisierung der verwendeten Niob-Pulver .....</b>                                    | <b>63</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>4.3 Auswahl der Nb/Precursor-Kombination .....</b>   | <b>64</b>  |
| <b>5 Ergebnisse und Diskussion.....</b>   | <b>67</b>  |
| <b>  5.1 Herstellung der Nb(Si,C,N) Multiphasen-Verbundwerkstoffe über reaktiver Pyrolyse .....</b> | <b>67</b>  |
| 5.1.1 Charakterisierung der Nb/HTTS-Grünkörper  | 67         |
| 5.1.2 Pyrolyseverhalten der Nb/HTTS-Probekörper   | 69         |
| 5.1.3 Schwindungsverhalten und Porositätsentwicklung  | 81         |
| 5.1.4 Charakterisierung des Werkstoffgefüges  | 87         |
| <b>  5.2 Verdichtung der Nb(Si,C,N) Multiphasen-Verbundwerkstoffe über SPS .....</b>                | <b>93</b>  |
| 5.2.1 Vorbemerkung  | 93         |
| 5.2.2 Charakterisierung der synthetisierten Multiphasen-Pulver                                      | 94         |
| 5.2.3 Sinterparameter   | 95         |
| 5.2.4 Verdichtungsverhalten der Nb(Si,C,N) Multiphasen-Pulver                                       | 96         |
| <b>  5.3 Eigenschaften der gesinterten Nb(Si,C,N) Multiphasen-Verbundwerkstoffe ..</b>              | <b>104</b> |
| 5.3.1 Phasenzusammensetzung und mikrostruktureller Aufbau   | 104        |
| 5.3.2 Mechanische Eigenschaften   | 108        |
| 5.3.3 Oxidationsverhalten   | 117        |
| <b>6 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>  | <b>123</b> |
| <b>7 Anhang .....</b>   | <b>130</b> |
| <b>  7.1 Verwendete Abkürzungen .....</b>   | <b>130</b> |
| <b>  7.2 Verwendete Formelzeichen.....</b>  | <b>132</b> |
| <b>  7.3 Eigene wissenschaftliche Veröffentlichungen .....</b>                                      | <b>134</b> |
| <b>  7.4 Literaturverzeichnis .....</b>   | <b>134</b> |
| <b>8 Danksagung .....</b>   | <b>148</b> |
| <b>9 Lebenslauf.....</b>  | <b>150</b> |