

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Grundlagen zu KNN.....	5
2.1. Phasendiagramme.....	7
2.1.1. Phasendiagramm KNbO₃ – NaNbO₃.....	7
2.1.2. Phasendiagramme Nb₂O₅ – K₂CO₃ und Nb₂O₅ – Na₂CO₃.....	8
2.2. Herstellung von KNN Keramiken.....	11
2.3. Cu-Dotierung von KNN.....	12
3. Experimentelle Durchführung.....	17
3.1. Pulverherstellung.....	17
3.2. Probenherstellung.....	19
3.3. Dilatometermessungen.....	19
3.4. Sintern, Dichtemessung und Masseverluste	20
3.5. Berechnungen zum Einfluss der Masseverluste auf die Stöchiometrie.....	21
3.6. Röntgendiffraktometrie und Präparation.....	23
3.7. Rasterelektronenmikroskopie und Präparation.....	28
3.8. Elektrische Messungen.....	28
3.8.1. Messung der dielektrischen Eigenschaften.....	28
3.8.2. Messung der Polarisation und der Dehnung.....	29
4. Ergebnisse.....	31
4.1. Undotiertes KNN.....	31
4.1.1. Kalzinierte KNN Pulver.....	31
4.1.2. Sinterverhalten des KNN.....	37
4.1.2.1. Dilatometrische Untersuchungen.....	37
4.1.2.2. Drucklose Sinteruntersuchungen.....	39
4.1.3. Röntgenanalyse der gesinterten KNN Proben.....	41
4.1.4. Mikrostruktur von KNN Proben.....	43
4.2. KNN dotiert mit 0,25 mol% Cu.....	47
4.2.1. Kalzinierte KNN-0,25Cu Pulver.....	47
4.2.2. Sinterverhalten von KNN-0,25Cu.....	48

4.2.2.1. Dilatometrische Untersuchungen.....	48
4.2.2.2. Drucklose Sinteruntersuchungen.....	50
4.2.3. Röntgenanalyse der gesinterten KNN-0,25Cu Proben.....	52
4.2.4. Mikrostruktur von KNN-0,25Cu Proben.....	54
4.3. KNN mit B-Überschuss und steigendem Cu-Gehalt.....	56
4.3.1. Kalzinierte Pulver.....	57
4.3.2. Sinterverhalten.....	58
4.3.2.1. Dilatometrische Untersuchungen.....	58
4.3.2.2. Drucklose Sinteruntersuchungen.....	59
4.3.3. Röntgenanalyse von Cu-haltigem KNN mit B-Überschuss.....	63
4.3.4. Mikrostruktur von Cu-haltigem KNN mit B-Überschuss.....	66
4.3.5. Elektrische Eigenschaften von B-reichen KNN mit steigenden Cu-Gehalt.....	69
4.3.5.1. Dielektrische Eigenschaften.....	69
4.3.5.2. Polarisation und Dehnung bei hohen Feldstärken.....	71
4.4. Sekundärphasen.....	74
4.4.1. Röntgenanalyse der kalzinierten Pulver.....	74
4.4.2. Sinterverhältnis und Dichte der Sekundärphasen.....	77
4.4.2.1. Dilatometrische Untersuchungen.....	77
4.4.2.2. Drucklose Sinteruntersuchungen.....	78
4.4.3. Mikrostruktur der Sekundärphasen.....	80
4.4.4. Elektrische Eigenschaften von Zusammensetzungen der $K_4CuNb_8O_{23}$ Struktur.....	83
4.4.4.1. Dielektrische Messung.....	83
4.4.4.2. Messung der Polarisation.....	85
4.5. KNN-Cu mit 2 mol% Kupferdotierung und verschiedenen A/B Verhältnissen.....	87
5. Diskussion.....	91
5.1. Stöchiometrie.....	91
5.1.1. Pulver Charakteristik.....	91
5.1.2. Sintern und Mikrostruktur.....	93
5.1.2.1. Stöchiometrisches KNN.....	93
5.1.2.2. KNN mit A-Überschuss.....	97
5.1.2.3. Einfluss des Masseverlustes auf die Stöchiometrie.....	100

5.1.2.4. KNN mit B-Überschuss.....	103
5.2. KNN mit geringem Cu Gehalt.....	105
5.2.1. KNN-0,25Cu mit A- und B-Platz Überschuss.....	106
5.2.2. KNN-0,25Cu mit nominell stöchiometrischen Zusammensetzungen.	109
5.2.3. Einbauplatz von Cu ins Gitter.....	112
5.3. Bildung von Sekundärphasen in kupferdotiertem KNN.....	114
5.3.1. Identifikation der Sekundärphasen.....	114
5.3.2. Sekundärphasenbildung und deren Einfluss auf die Stöchiometrie von KNN-Cu.....	118
5.3.3. Entwicklung der Sekundärphasen in Abhängigkeit von Cu-Gehalt und Sintertemperatur.....	121
5.3.4. Einfluss der Sekundärphasen auf Sinterverhalten und Gefügeausbildung.....	126
5.3.5. Pulverbettversuche.....	128
5.3.6. Verschiebung der Stöchiometrie in den drei KNN Zusammensetzungen mit 2 mol% Cu und geringen Änderungen des A/B Verhältnisses.....	129
5.4. Anwendungsorientierte Eigenschaften von KNN-Cu.....	131
5.4.1. Zusammenstellung der Sekundärphasen in KNN-Cu.....	131
5.4.2. Sinterverhalten.....	133
5.4.3. Einfluss der Feuchtigkeit auf die chemische Stabilität.....	134
5.4.4. Vergleich Cu-Substitution gegenüber Cu-haltigen Sinteradditiven....	135
5.4.4.1. Vergleich der Mikrostrukturen zwischen den Herstellungsverfahren.....	137
5.4.4.2. Dehnungsverhalten.....	139
6. Zusammenfassung.....	153
7. Literatur.....	155