

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurze Zusammenfassung der vorliegenden Dissertation</b>	<b>I</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ziel der Arbeit	2
<b>2. Theoretische Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1 Piezo-, Pyro- und Ferroelektrizität	4
2.2 Perowskitstruktur und verwandte $ABX_3$ -Strukturen	5
2.3 Polarisierung und Domänenkonfiguration	6
2.4 Dielektrische und elektromechanische Klein- und Großsignaleigenschaften	8
2.5 Das System Bleizirkonat-Bleititanat PZT	10
2.6 Einfluß des Gefüges auf die piezo- und ferroelektrischen Eigenschaften	11
2.7 Einfluß von Additiven auf die piezo- und ferroelektrischen Eigenschaften	12
2.8 Einfluß von Additiven auf das Gefüge	14
2.9 Ermüdung und Alterung von PZT-Keramiken	15
<b>3. Stand der Forschung</b>	<b>17</b>
3.1 Mixed-Oxide-Keramiken im System PZT	17
3.1.1. Kalzinierung	17
3.1.2. Besonderheiten bei der Sinterung von PZT-Keramiken	18
3.1.3. Sinterung von PZT-Keramiken: Kontrolle des PbO-Partialdruckes	20
3.1.4. Sinterung von PZT-Keramiken: Einfluß des PbO-Haushaltes auf das Sinterverhalten	22
3.2 Mixed-Oxide-Keramiken im System PZT/SKN	25
3.3 Herstellungsmethoden von PZT-Fasern	26
3.4 Piezoelektrische Faserkomposite	27
3.4.1. Theorie	27
3.4.2. Herstellungsverfahren	28
3.4.3. Anwendungen von Faserkompositen	29
<b>4. Experimentelle Methoden</b>	<b>31</b>
4.1 Faserherstellung	31
4.1.1. Sol-Gel-Synthese	31
4.1.2. Grünfaserherstellung	31
4.1.3. Pyrolyse und Sinterung	32
4.2 Probenpräparation	32
4.2.1. Keramographische Anschliffe	33
4.2.2. Präparation von 1-3 Faserkompositen	33

4.2.3.	Chemische Analytik	34
4.2.4.	Mikrosondenanalytik	35
4.2.5.	Röntgenpulverdiffraktometrie	35
4.2.6.	Thermogravimetrie und Differentialthermoanalyse	36
4.2.7.	Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen und quantitative Bildanalyse	36
4.2.8.	Transmissionselektronenmikroskopie	37
4.2.9.	Mechanischen Eigenschaften	37
4.2.10.	Ferroelektrische Messungen und elektrische Zyklisierung	37
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>40</b>
5.1	<i>PbO-Variationen an undotierten PZT-Fasern: pyrolysierte PZT-Fasern</i>	40
5.1.1.	Röntgenographische Untersuchungen	40
5.1.2.	Chemische Zusammensetzung	41
5.1.3.	Untersuchungen des Gefüges von pyrolysierten PZT-Fasern	42
5.2	<i>Untersuchungen zu den verwendeten Puffersystemen</i>	44
5.2.1.	Thermogravimetrische Untersuchungen	45
5.2.2.	Röntgenographische Untersuchungen	46
5.3	<i>PbO-Variationen an undotierten PZT-Fasern: Variationen des Puffersystems</i>	47
5.3.1.	Röntgenographische Untersuchungen	48
5.3.1.1.	<i>Phasenbestand</i>	48
5.3.1.2.	<i>Röntgenbeugungsuntersuchungen zur Bestimmung der Gitterparameter</i>	49
5.3.2.	Chemische Zusammensetzung	50
5.3.3.	Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen	50
5.3.4.	Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen	55
5.3.4.1.	<i>PbO-Defizit-Fasern</i>	55
5.3.4.2.	<i>PbO-Überschuß-Fasern</i>	56
5.3.5.	PbO-Variationen an undotierten PZT-Fasern: Variationen der Sinterzeit	58
5.3.6.	Mechanische und makroskopische Eigenschaften	61
5.3.6.1.	<i>Makroskopische Beschreibung</i>	61
5.3.6.2.	<i>Messung der Zugfestigkeiten</i>	61
5.3.7.	Ferroelektrische und elektromechanische Eigenschaften	63
5.4	<i>PbO-Variationen an substituierten PZT/SKN-Fasern</i>	70
5.4.1.	Pyrolysierte PZT/SKN-Fasern	70
5.4.2.	Sinterexperimente an substituierten PZT/SKN-Fasern	71
5.4.2.1.	<i>Röntgenographische Untersuchungen</i>	71
5.4.2.2.	<i>Chemische Zusammensetzung</i>	72
5.4.2.3.	<i>Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen</i>	72
5.4.2.4.	<i>Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen</i>	74

5.4.2.5. <i>Makroskopische Beschreibung</i>	75
5.4.2.6. <i>Ferroelektrische und elektromechanische Eigenschaften</i>	75
<b>6. Diskussion und Zusammenfassung</b>	<b>78</b>
6.1 <i>Grünfasern und Pyrolyse</i>	78
6.1.1. Faserdurchmesser	78
6.1.2. Phasenbestand nach der Pyrolyse	78
6.1.3. Gefügeausbildung	78
6.2 <i>Gefügeuntersuchungen an gesinterten undotierten und SKN-substituierten PZT-Fasern</i>	79
6.2.1. Undotierte PZT-Fasern	79
6.2.1.1. <i>PbO-Variationen im Spinnsol</i>	79
6.2.1.2. <i>Puffervariationen</i>	80
6.2.2. Substituierte PZT/SKN-Fasern	80
6.2.3. Vorstellung eines Sintermodells	81
6.3 <i>Betrachtung der funktionalen Eigenschaften</i>	84
6.3.1. Mechanische Eigenschaften	84
6.3.1.1. <i>Kleinsignaleigenschaften</i>	84
6.3.1.2. <i>Großsignaleigenschaften</i>	85
6.4 <i>Ausblick</i>	86
<b>Anhang</b>	<b>87</b>
<i>Literaturverzeichnis</i>	87
<i>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen</i>	99
<i>Identifizierung von Röntgenpulverdiffraktogrammen</i>	100