

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>1 Ferroelektrika</b>	<b>6</b>
1.1 Perowskit-Struktur	6
1.2 Ferroelektrizität	6
1.3 Antiferroelektrizität	7
1.4 Relaxoren	9
1.5 Domänen	11
1.6 Oktaederverkippung	12
<b>2 Spezielle ferroelektrische Systeme</b>	<b>16</b>
2.1 Systeme basierend auf Blei-Zirkonat-Titanat (PZT)	16
2.1.1 Kristallstruktur	16
2.1.2 Interpretation der monoklinen Phase	18
2.1.3 Dotierung	21
2.2 Systeme basierend auf Bismut-Natrium-Titanat (BNT)	22
<b>3 Einfluss elektrischer Felder</b>	<b>26</b>
3.1 Elektromechanische Grundlagen	26
3.2 Alterung	28
3.3 Ermüdung	30
3.4 Schaltdynamik der Polarisation	32
3.4.1 Nicht ermüdete Blei-Zirkonat-Titanat-Keramiken	32
3.4.2 Ermüdete Blei-Zirkonat-Titanat-Keramiken	33
<b>4 Strukturelle Änderungen durch elektrische Polung</b>	<b>35</b>
4.1 Geometrische Konzepte	35
4.1.1 Hochenergetische Röntgenbeugung	35
4.1.2 Hochauflösende Röntgenbeugung	37
4.1.3 Neutronenbeugung	39
4.1.4 Geometrische Limitierungen	40
4.2 Texturanalyse	43

<b>II Experimentelle Methoden</b>	<b>46</b>
<b>5 Probensynthese</b>	<b>48</b>
5.1 Blei-Zirkonat-Titanat-basiert . . . . .	48
5.2 Bismut-Natrium-Titanat-basiert . . . . .	48
<b>6 Probenpräparation</b>	<b>50</b>
6.1 Temperaturabhängig . . . . .	50
6.2 Feldabhängig . . . . .	50
<b>7 Charakterisierung</b>	<b>51</b>
7.1 Röntgenpulverbeugung . . . . .	51
7.1.1 Temperaturabhängig . . . . .	51
7.1.2 Hochaufgelöst . . . . .	51
7.1.3 Feldabhängig . . . . .	51
7.1.4 Stroboskopisch . . . . .	52
7.2 Neutronenpulverbeugung . . . . .	55
7.2.1 Temperaturabhängig . . . . .	55
7.2.2 Feldabhängig . . . . .	55
<b>8 Datenanalyse mittels Rietveld-Verfeinerung</b>	<b>57</b>
8.1 Hochauflösung . . . . .	57
8.1.1 Blei-Zirkonat-Titanat-basierte Systeme . . . . .	57
8.1.2 Bismut-Natrium-Titanat-basierte Systeme . . . . .	58
8.2 Temperaturabhängig . . . . .	58
8.3 Feldabhängig . . . . .	58
8.4 Texturanalyse . . . . .	59
8.4.1 FullProf . . . . .	59
8.4.2 <i>Materials Analysis Using Diffraction</i> (MAUD) . . . . .	59
8.5 Raumgruppen . . . . .	60
<b>III Blei-Zirkonat-Titanat-basierte Systeme</b>	<b>63</b>
<b>9 Temperaturabhängige Strukturanalyse</b>	<b>64</b>
9.1 Lanthandotierung . . . . .	64
9.1.1 Zimmertemperatur . . . . .	64
9.1.1.1 Transmissionselektronenmikroskopie . . . . .	64
9.1.1.2 Pulverdiffraktometrie mit hoher Auflösung . . . . .	67
9.1.2 Temperaturabhängig . . . . .	69
9.1.2.1 Hohe Temperaturen . . . . .	69
9.1.2.2 Tiefe Temperaturen . . . . .	72

9.2 Eisendotierung . . . . .	74
<b>10 Experimente unter dem Einfluss elektrischer Felder</b>	<b>77</b>
10.1 Einfluss verschiedener Dotierungen auf das Polungsverhalten . . . . .	77
10.1.1 Phasenanalyse . . . . .	79
10.1.2 Hochaufgelöste Röntgenbeugung . . . . .	81
10.1.2.1 Eisendotierung . . . . .	81
10.1.2.2 Lanthandotierung . . . . .	82
10.1.2.3 Vergleich PFZT mit PLZT . . . . .	85
10.1.3 Hochaufgelöste Neutronenbeugung . . . . .	87
10.1.3.1 PLZT 52,5/47,5 . . . . .	87
10.1.3.2 PLZT 54/46 . . . . .	90
10.1.3.3 PLZT 56/44 . . . . .	91
10.1.3.4 Anisotrope Temperaturfaktoren . . . . .	92
10.2 Kommerzielles Blei-Zirkonat-Titanat (PIC 151) . . . . .	96
10.2.1 Statische Messungen . . . . .	96
10.2.2 Quantitative Analyse mittels Rietveld-Verfeinerung . . . . .	98
10.2.3 Texturanalyse . . . . .	104
10.2.4 Ermüdung . . . . .	110
10.2.4.1 Texturanalyse . . . . .	112
10.2.5 Kinetik . . . . .	118
10.2.5.1 Stroboskopische Experimente . . . . .	118
10.2.5.2 Pump-Probe-Experimente . . . . .	120
<b>11 Diskussion</b>	<b>122</b>
11.1 Lanthandotierung . . . . .	122
11.2 Eisendotierung . . . . .	126
11.3 Einfluss elektrischer Felder . . . . .	127
11.3.1 Eisen- und Lanthandotierung . . . . .	127
11.3.2 Kommerzielles Blei-Zirkonat-Titanat (PIC 151) . . . . .	129
11.3.2.1 Statische Messungen . . . . .	130
11.3.2.2 Texturanalyse . . . . .	133
11.3.2.3 Ermüdung . . . . .	134
11.3.2.4 Kinetik . . . . .	135
<b>IV Bismut-Natrium-Titanat-basierte Systeme</b>	<b>136</b>
<b>12 Strukturanalyse bei Zimmertemperatur</b>	<b>137</b>
12.1 Vergleich mit Hilfe von Pulverbeugung und TEM . . . . .	137
12.1.1 Pulverbeugung . . . . .	138
12.1.2 TEM . . . . .	141

12.2 Weitere Zusammensetzungen . . . . .	144
12.2.1 Röntgenbeugung mit Synchrotronstrahlung . . . . .	144
12.2.2 Neutronenbeugung . . . . .	148
<b>13 Experimente unter dem Einfluss elektrischer Felder</b>	<b>151</b>
13.1 Zusammensetzung mit 92% BNT, 6% BT und 2% KNN . . . . .	151
13.2 Zusammensetzung mit 94% BNT, 5% BT und 1% KNN . . . . .	156
13.3 Zusammensetzung mit 91% BNT, 7% BT und 2% KNN . . . . .	158
<b>14 Texturanalyse mit hochauflösender Synchrotronstrahlung</b>	<b>161</b>
14.1 Zusammensetzung mit 91% BNT, 7% BT und 2% KNN . . . . .	161
14.2 Zusammensetzung mit 92% BNT, 7% BT und 1% KNN . . . . .	165
14.3 Zusammensetzung mit 93% BNT, 6% BT und 1% KNN . . . . .	172
<b>15 Diskussion</b>	<b>180</b>
15.1 Strukturanalyse bei Zimmertemperatur . . . . .	180
15.2 Einfluss elektrischer Felder . . . . .	182
<b>V Zusammenfassende Diskussion</b>	<b>189</b>
<b>VI Ausblick</b>	<b>195</b>
<b>A Anhang</b>	<b>197</b>
A.1 Aufstellung verwendeter Raumgruppen . . . . .	197
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>202</b>
<b>VII Persönliche Daten</b>	<b>217</b>