

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	4
1	Ferroelektrika	6
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
2	Spezielle ferroelektrische Systeme	16
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
3	Einfluss elektrischer Felder	26
3.1	Elektromechanische Grundlagen	26
3.2	Alterung	28
3.3	Ermüdung	30
3.4	Schaltodynamik der Polarisierung	32
3.4.1	Nicht ermüdete Blei-Zirkonat-Titanat-Keramiken	32
3.4.2	Ermüdete Blei-Zirkonat-Titanat-Keramiken	33
4	Strukturelle Änderungen durch elektrische Polung	35
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

II Experimentelle Methoden	46
5 Probensynthese	48
5.1 Blei-Zirkonat-Titanat-basiert	48
5.2 Bismut-Natrium-Titanat-basiert	48
6 Probenpräparation	50
6.1 Temperaturabhängig	50
6.2 Feldabhängig	50
7 Charakterisierung	51
7.1 Röntgenpulverbeugung	51
7.1.1 Temperaturabhängig	51
7.1.2 Hochauflöst	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
8 Datenanalyse mittels Rietveld-Verfeinerung	57
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 (MAUD)</i>	59
8.5 Raumgruppen	60
III Blei-Zirkonat-Titanat-basierte Systeme	63
9 Temperaturabhängige Strukturanalyse	64
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
10 Experimente unter dem Einfluss elektrischer Felder	77
10.1 Einfluss verschiedener Dotierungen auf das Polungsverhalten	77
10.1.1 Phasenanalyse	79
10.1.2 Hochauflöste 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 Hochauflöste 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
11 Diskussion	122
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
IV Bismut-Natrium-Titanat-basierte Systeme	136
12 Strukturanalyse bei Zimmertemperatur	137
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
13 Experimente unter dem Einfluss elektrischer Felder	151
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
14 Texturanalyse mit hochauflösender Synchrotronstrahlung	161
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
15 Diskussion	180
15.1 Strukturanalyse bei Zimmertemperatur	180
15.2 Einfluss elektrischer Felder	182
V Zusammenfassende Diskussion	189
VI Ausblick	195
A Anhang	197
A.1 Aufstellung verwendeter Raumgruppen	197
Literaturverzeichnis	202
VII Persönliche Daten	217