

# Inhaltsverzeichnis

<b>Liste der verwendeten Formelzeichen</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung und Motivation . . . . .	1
1.2 Stand der Technik . . . . .	2
1.3 Ziel der Arbeit und Übersicht . . . . .	5
<b>2 Aktive Materialien und deren Übertragungsverhalten</b>	<b>7</b>
2.1 Piezoelektrische Materialien . . . . .	7
2.1.1 Direkter und inverser piezoelektrischer Effekt . . . . .	8
2.1.2 Domänenprozesse . . . . .	10
2.1.3 Kriechen . . . . .	12
2.2 Magnetostriktive Materialien . . . . .	13
2.2.1 Magnetisierung . . . . .	13
2.2.2 Magnetische Domänenprozesse . . . . .	14
2.2.3 Magnetostriktion und Kriechen . . . . .	15
2.3 Unkonventionelle Aktoren . . . . .	16
2.3.1 Piezoelektrischer Stapeltranslator . . . . .	16
2.3.2 Magnetostriktiver Aktor . . . . .	18
<b>3 Modellierung und Invertierung des hystere- und kriechbehafteten Übertragungsverhaltens</b>	<b>21</b>

<b>3.1 Prandtl-Ishlinskii-Methode</b>	22
3.1.1 Playoperator	22
3.1.2 Prandtl-Ishlinskii-Hystereseoperator	23
3.1.3 Prandtl-Ishlinskii-Superpositionsoperator	24
3.1.4 Modifizierter Prandtl-Ishlinskii-Hystereseoperator	25
<b>3.2 Preisach-Methode</b>	27
3.2.1 Relayoperator	27
3.2.2 Preisach-Hystereseoperator	27
<b>3.3 Kriechoperatoren</b>	31
3.3.1 $\log(t)$ -Kriechen	31
3.3.2 Prandtl-Ishlinskii-Kriechoperator	32
3.3.3 Preisach-Kriechoperator	34
<b>3.4 Kombination von Kriechoperatoren und Hystereseoperatoren</b>	36
3.4.1 Prandtl-Ishlinskii-Kriech-Hystereseoperator	36
3.4.2 Modifizierter PI-Kriech-Hystereseoperator	37
3.4.3 Preisach-Kriech-Hystereseoperator	37
<b>3.5 Modellinvertierung</b>	38
3.5.1 Prandtl-Ishlinskii-Methode	39
3.5.2 Modifizierte Prandtl-Ishlinskii-Methode	41
3.5.3 Preisach-Methode	43
<b>4 Identifikation der Modellparameter</b>	49
<b>4.1 Off-line-Identifikation</b>	49
4.1.1 Einführung	49

4.1.2	Identifikation der Modellparameter mit quadratischen Programmen	51
4.1.3	Definition geeigneter Fehlermodelle	53
4.1.4	Vorgehensweise bei der Off-line-Identifikation	56
4.2	On-line-Identifikation	57
4.2.1	Einführung	59
4.2.2	Konvexe Geometrie	62
4.2.3	Adaptive Identifikationsverfahren in konvexen Polyedern	65
4.2.4	Vorgehensweise bei der On-line-Identifikation	72
4.2.5	Ausgangsoffsetschätzung	78
4.2.6	Robustheit des adaptiven Identifikationsverfahrens gegenüber Störungen	80
<b>5</b>	<b>Kompensatorentwurf</b>	<b>85</b>
5.1	Off-line synthetisierter Hysteresekompensator	85
5.1.1	Ratenunabhängigkeit zeitdiskreter inverser Steuerung	86
5.1.2	Hardwarestruktur und Simulationsergebnisse	87
5.1.3	Konzept des FPGA-basierten Hysteresekompensators	92
5.1.4	FPGA-Programmierung	94
5.1.5	Entwurf des FPGA-basierten Hysteresekompensators	96
5.1.6	Anwendung: Magnetostriktiver Hilfsmassedämpfer	99
5.2	On-line-Kompensation	105
5.2.1	Piezoelektrisches Positioniersystem	106
5.2.2	Adaptive Kompensation mit PIKH-Operator	109
5.2.3	Adaptive Kompensation mit mod. PIKH-Operator	115
5.2.4	Adaptive Kompensation mit PrKH-Operator	121

<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>127</b>
<b>Literatur</b>	<b>129</b>
<b>A Anhang</b>	<b>135</b>
<b>B Anhang</b>	<b>141</b>