

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 MEMS und deren Modellierung	1
1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit	3
1.2.1 Zielsetzung	3
1.2.2 Gliederung der Arbeit	4
2. Mikrostrukturierte Mikrophone	7
2.1 Wichtige Kenngrößen	7
2.2 Konventionelle Mikrophone	12
2.3 MEMS-Mikrophone	15
2.3.1 Aufbau von MEMS-Mikrophenen	16
2.3.2 Wandlerprinzipien	16
2.3.3 Kommerzielle Mikrophone	18
3. Piezoelektrische MEMS-Mikrophone	21
3.1 Der piezoelektrische Effekt	21
3.1.1 Physikalische Modellierung	23
3.1.2 Piezoelektrische Materialien	36
3.2 Aufbau von piezoelektrischen MEMS-Mikrophenen	42
3.3 Designkonzept zur Reduktion von intrinsischen Spannungen	44
4. Experimentelle Charakterisierung	49
4.1 Innere Spannungen eines Schichtstapels	49
4.1.1 Entstehung und Messung von intrinsischen Spannungen	50
4.1.2 Auswertung	53

4.2	Materialeigenschaften von Parylene-Membranen	55
4.2.1	Bestimmung der Materialparameter	56
4.2.2	Interpretation der Ergebnisse	59
5.	Numerische Analyse von MEMS-Mikrophonmembranen	63
5.1	Verwendete Simulationsumgebungen	63
5.2	FEM-Modelle der Membranen	64
5.3	Modellierung von inneren Spannungen	67
5.3.1	Theoretischer Hintergrund	67
5.3.2	Implementation in speziellen Simulatoren	71
5.4	Berücksichtigung von nichtlinearen Effekten	75
5.4.1	Knicken durch intrinsische Druckspannungen	75
5.4.2	Geometrische Nichtlinearitäten durch intrinsische Zugspannungen	77
6.	Optimierung von MEMS-Mikrophonmembranen	79
6.1	Bewertung der verschiedenen Mikrophondesigns	79
6.2	Identifikation der signifikanten Parameter	85
6.2.1	Varianzanalyse (ANOVA)	85
6.2.2	Auswertung	92
6.3	Optimierung des Frequenzgangs	98
6.4	Robustes Design	103
7.	Kritische Bewertung des Anwendungspotentials piezoelektrischer MEMS-Mikrophone	109
8.	Zusammenfassung	117
	Symbolverzeichnis	121
	Literaturverzeichnis	125
	Danksagung	133