

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen und Tabellen	ix
Notation	xv
Abkürzungen	xv
Formelzeichen	xvi
Indizes	xvi
1 Einleitung	1
1.1 Entwicklungsstand der Phased Array-Technologie	6
1.2 Offene Fragen und Thesen	8
1.3 Ziele und Gliederung der Arbeit	10
2 Charakterisierung des Schwingungsverhaltens	13
2.1 Aufbau von Ultraschall-Phased Array-Wandlern	14
2.1.1 Anpassung der Impedanz des PZT-Komposit	15
2.1.2 Anpassung der Impedanz der Anpassschicht	15
2.1.3 Konfiguration der Anpassschicht	16
2.1.4 Auslegung des Dämpfungskörpers	16
2.1.5 Messtechnische Untersuchung des Wandleraufbaus	17
2.2 Laservibrometrische Schwingungsanalyse	20
2.2.1 Analyse des zeitlichen Schwingungsverhaltens	22
2.2.2 Analyse des lokalen Schwingungsverhaltens	24
2.3 Validierung durch Messung am Referenzkörper	28
2.3.1 Unfokussierte Messung - Rückwandecho	28
2.3.2 Fokussierte Messung - Echo einer Querlochbohrung	31
2.4 Zusammenfassung der Charakterisierung	32
3 Schallfeldsimulation	35
3.1 Einführung und Übersicht	35
3.2 Schallfeldsimulation mit 4D-CEFIT-PSS	37
3.2.1 Zylindrische elastodynamische finite Integrationstechnik - CEFIT . .	38
3.2.2 Punktquellensynthese - PSS	43
3.3 Zusammenfassung der Schallfeldsimulation	46
4 Aperturmodellierung	49
4.1 Geometrische Betrachtung	49
4.2 Wellenphysikalische Betrachtung	50
4.3 Einfluss der Apertur im Zeitbereich	52
4.3.1 Aperturmodellierung mit zentrierter Punktquelle	52
4.3.2 Aperturmodellierung mit Linienquelle – aktive Apertur	55

4.3.3	Aperturmödellierung mit Linienquelle – passive Apertur	58
4.3.4	Aperturmödellierung mit Flächenquelle	62
4.4	Einfluss der Apertur im Frequenzbereich	64
4.4.1	Aperturmödellierung mit zentriertter Punktquelle	65
4.4.2	Aperturmödellierung mit Linienquelle – aktive Apertur	67
4.4.3	Aperturmödellierung mit Linienquelle – passive Apertur	68
4.4.4	Aperturmödellierung mit Flächenquelle	70
4.5	Zusammenfassung der Aperturmödellierungsarten	71
5	Focal Laws	75
5.1	Ansteuerungsarten	75
5.2	Focal Law-Berechnung mit geometrischer Akustik	78
5.3	Focal Laws mit wellenphysikalischer Simulation	78
5.4	Performancegewinn über dem gesamten Arbeitsbereich	83
5.5	Zusammenfassung	85
6	Zusammenfassung und Ausblick	87
6.1	Zusammenfassung	87
6.2	Ausblick	90
Literaturverzeichnis		92
A	CEFIT-PSS – Beispielkonfigurationen	97
A.1	Punktapertur	98
A.2	Kreisapertur	99
A.3	Rechteckapertur	100
B	Maximaler Punktquellenabstand	101
C	Simulationsparameter	105