

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Akustische Grundlagen	4
2.1	Grundlagen der Wellenausbreitung.....	4
2.2	Sphärische Wellenformen	7
2.3	Fourier Transformation.....	10
2.4	Frequenz-Wellenzahl-Bereich	12
2.5	Sphärische Fourier Transformation.....	13
2.6	Spherical Harmonics	14
2.7	Spherical-Harmonics-Transformation.....	16
2.8	Richtcharakteristik	16
3	Raumakustik.....	18
3.1	Reflexion und Absorption von ebenen Wellen	18
3.2	Schallfelder in geschlossenen Räumen	19
3.2.1	Greensche Funktion	19
3.2.2	Schröder-Frequenz.....	21
3.2.3	Nachhallzeit	22
3.2.4	Schätzung der Modenanzahl	23
4	Modellierung von Raumübertragungsfunktionen.....	25
4.1	Parametrisierte Übertragungsfunktionen.....	25
4.2	Modellansätze	26
4.3	Vektor-Fitting zur Polstellenbestimmung.....	28
5	Korrelationstheorie	30
5.1	Stochastische Signaltheorie	30
5.2	Prinzipien der mehrkanaligen Störunterdrückung	33
5.3	Unterdrückung inkohärenter Signale.....	37
5.4	Unterdrückung kohärenter Störsignale.....	39
5.5	Generalisierte Kreuzkorrelation.....	42
6	Mikrofonarrays.....	47

6.1	Linienarray und Steering-Vektor.....	47
6.2	Aperturfunktion	49
6.3	Aperture smoothing function	50
6.4	Aperturfunktion und Rayleigh Kriterium.....	50
6.5	Räumliche Abtastung und Grating Lobes.....	52
6.6	Aliasing.....	52
6.7	Sphärische Arrays	53
7	Beamforming	58
7.1	Einführung und Hintergrund	58
7.2	Konventionelle Beamformer	59
7.2.1	Delay-and-Sum Beamforming – im Zeitbereich.....	60
7.2.2	Delay-and-Sum Beamforming – im Frequenzbereich.....	61
7.2.3	Array-Pattern	63
7.3	Adaptive Beamformer.....	64
7.3.1	Frost-Beamformer.....	66
7.3.2	Capon's Method.....	68
7.3.3	Robust Capon.....	69
7.3.4	Diagonal Loading.....	71
7.3.5	Kondition und numerische Stabilität	72
7.3.6	Löschen der Autoleistung	73
7.3.7	MUSIC Algorithmus	73
7.3.8	Orthogonales Beamforming.....	76
7.3.9	Functional Beamforming.....	77
7.4	Array Gain und White Noise Gain	79
7.5	Dynamik	80
7.6	Auflösung	82
7.7	Entwicklungsumgebung zur softwaretechnischen Realisierung und Evaluierung	83
7.8	Vergleich der Lokalisierungsergebnisse verschiedener Beamforming- Algorithmen hinsichtlich zufällig verteilter Rauschquellen.....	85
7.9	Vergleich der Lokalisierungsergebnisse verschiedener Beamforming- Algorithmen in einem Fahrzeuginnenraum	89

8	Filteransätze zur Anwendung des Beamformings in modalen Schallfeldern	93
8.1	Anwendung der Generalized Cross Correlation auf die CSM	93
8.2	Berücksichtigung der Modenstruktur im Beamforming-Prozess	96
8.2.1	Idee des Modenfilters	96
8.2.2	Statistische Größen	97
8.2.3	Realisierung des Modenfilters	98
8.2.4	Überprüfung des Modenfilters	101
9	Beamforming in reaktiven Schallfeldern	105
9.1	Untersuchungen unter dem Einfluss reflektierender Flächen	105
9.2	Untersuchungen in einem Modellraum.....	107
9.3	Leistungsfähigkeit der Ansätze im Fahrzeuginnenraum	113
9.4	Detektion der Ausprägung des modalen Schallfelds im Fahrzeuginnenraum.....	118
10	Erweiterung des Beamformings durch Übertragungsfunktionen	121
10.1	Verbesserungspotential des Beamformings durch die Einbeziehung realer Übertragungsfunktionen am Beispiel eines Fahrzeuginnenraums.....	123
10.1.1	Impulserzeugung.....	123
10.1.2	Überlegungen zu Randbedingungen der Untersuchung	124
10.1.3	Raumakustische Untersuchungen im Fahrzeuginnenraum	126
10.1.4	Evaluierung des Potentials.....	127
10.1.5	Realisierung der Übertragungsfunktionen im Beamforming-Prozess	129
10.1.6	Diskussion und Zusammenfassung	131
10.2	Verbesserungspotential des Beamformings durch die Einbeziehung berechneter Übertragungsfunktionen am Beispiel einer Fahrzeugstruktur.....	132
10.2.1	Auswahl geeigneter Beamforming Algorithmen	132
10.2.2	Untersuchungsumgebung und Messaufbau	132
10.2.3	Simulierte Übertragungsfunktionen.....	134
10.2.4	Ergebnisse bei idealisierter Anregung am Beispiel einer Fahrzeugstruktur....	136
10.2.5	Ergebnisse bei reale Anregung am Beispiel einer Fahrzeugstruktur	140
10.2.6	Diskussion und Zusammenfassung	144
11	Zusammenfassung und Ausblick	146

12	Literaturverzeichnis	150
13	Abbildungsverzeichnis.....	159
14	Anhang.....	163