

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Motivation . . . . .	1
1.2 Stand der Forschung . . . . .	2
1.2.1 Schalldruck und hydrodynamischer Druck . . . . .	3
1.2.2 Anregung und Schallabstrahlung flächiger Strukturen . . . . .	10
1.2.3 Umströmung wandmontierter Geometrien und diskreter Regionen an Fahrzeugen . . . . .	14
1.3 Beitrag der Arbeit . . . . .	14
1.4 Aufbau der Arbeit . . . . .	17
<b>2 Analyse von Strömungs- und Schallfeld</b>	<b>19</b>
2.1 Mathematische Grundlagen . . . . .	19
2.2 Wellenzahl-Spektren . . . . .	24
<b>3 Grundgleichungen der Fluid-Struktur-Akustik-Kopplung</b>	<b>27</b>
3.1 Strömungsakustik . . . . .	27
3.1.1 Theoretische Grundlagen der Strömungsakustik . . . . .	27
3.1.2 Modellierung der Wanddruckschwankungen . . . . .	31
3.2 Vibrationsakustik . . . . .	34
3.2.1 Bewegungsgleichung einer dünnen Platte . . . . .	34
3.2.2 Abgestrahlte Schallleistung . . . . .	38
3.3 Theorie der Maschinenakustik . . . . .	40
3.3.1 Maschinenakustische Grundgleichung . . . . .	41
3.3.2 Anregung einer unendlich ausgedehnten Platte . . . . .	43
3.3.3 Rechteckplatte . . . . .	44
3.4 Schallfeld in Kavitäten . . . . .	48

<b>4</b>	<b>Versuchsaufbauten und Messtechnik</b>	<b>51</b>
4.1	Generisches Modell einer strömungsangeregten Plattenstruktur . . . . .	51
4.1.1	Mechanischer Aufbau . . . . .	51
4.1.2	Applikation der Messtechnik am generischen Modell . . . . .	54
4.2	Vereinfachtes Fahrzeugmodell . . . . .	58
4.2.1	Mechanischer Aufbau . . . . .	58
4.2.2	Applikation der Messtechnik am Fahrzeugmodell . . . . .	62
4.2.3	Akustische Eigenschaften . . . . .	67
4.2.4	Aerodynamische Eigenschaften . . . . .	73
4.3	Räumliche und zeitliche Auflösung der Wanddruckschwankungen . . . . .	78
4.3.1	Frequenzgang und Phasenwiedergabe ausgewählter Sensoren . . . . .	79
4.3.2	Einfluss des Durchmessers der Sensormembran auf die Frequenzspektren der Wanddruckschwankungen . . . . .	81
4.3.3	Alternative Sensoren und Einbaukonzepte . . . . .	83
4.3.4	Wellenzahltransformation der mit einem Sensor-Array erfassten Wanddruckschwankungen . . . . .	84
<b>5</b>	<b>Strömungsinduzierte Schallabstrahlung am generischen Modell</b>	<b>87</b>
5.1	Fluid-Struktur-Kopplung und Schallabstrahlung . . . . .	87
5.1.1	Strömungsfeld . . . . .	87
5.1.2	Strukturschwingung . . . . .	88
5.1.3	Instationärer Wanddruck . . . . .	92
5.1.4	Schallabstrahlung . . . . .	93
5.2	Einfluss des Strömungsfelds auf die Schallausbreitung . . . . .	97
<b>6</b>	<b>Schalleintrag bei einem vereinfachten Fahrzeugmodell</b>	<b>101</b>
6.1	Strömungsinduzierte Anregung . . . . .	101
6.1.1	Hydrodynamische Wanddruckschwankungen . . . . .	101
6.1.2	Akustische Druckschwankungen . . . . .	113
6.2	Kopplung zwischen Druckfeld und Seitenscheibe . . . . .	119
6.3	Schallabstrahlung in den Innenraum des Fahrzeugmodells . . . . .	125
6.3.1	Schallfeld im Innenraum des Fahrzeugmodells . . . . .	125
6.3.2	Einfluss von Parametervariationen auf die Schallabstrahlung . . . . .	127
6.3.3	Zusammenhang zwischen der Anregung der Seitenscheibe und der Schallausbreitung im Modellinnenraum . . . . .	133
<b>7</b>	<b>Simulation der Umströmung des Fahrzeugmodells</b>	<b>145</b>
7.1	URANS-Berechnungen . . . . .	146
7.2	LES-Berechnungen . . . . .	147
7.3	Allgemeine Erhaltungsgleichung und deren Diskretisierung . . . . .	148
7.4	Parameter der URANS- und LES-Berechnungen . . . . .	151
7.5	Druck- und Geschwindigkeitsverteilung der Strömungssimulationen . . . . .	153

---

<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>161</b>
8.1 Zusammenfassung . . . . .	161
8.2 Ausblick . . . . .	166
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>169</b>