

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation und Zielsetzung . . . . .	1
1.2	Stand der Technik . . . . .	2
1.3	Einordnung und Aufbau der Arbeit . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>13</b>
2.1	Strömungsakustische Grundlagen . . . . .	13
2.2	Akustische Grundlagen . . . . .	16
2.2.1	Schallausbreitung im Freifeld . . . . .	16
2.2.2	Schallausbreitung im Raum . . . . .	17
2.2.3	Nachhallzeit . . . . .	24
2.3	Signalverarbeitung in der Akustik . . . . .	26
2.3.1	Fourier Transformation . . . . .	26
2.3.2	Logarithmierte Darstellung . . . . .	30
2.3.3	Frequenzbewertung . . . . .	31
2.3.4	Schallquellenlokalisierung mittels Beamforming . . . . .	32
2.3.5	Psychoakustische Parameter . . . . .	35
2.4	Grundlagen Hörversuche . . . . .	40
2.4.1	Hörversuchdesign . . . . .	40
2.4.2	Versuchsmethodik . . . . .	41
2.5	Versuchsplanung und Auswertung . . . . .	43
<b>3</b>	<b>Fahrzeugklimatisierung und Schallquellen</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>Geräuschqualität von Klimatisierungssystemen</b>	<b>53</b>
4.1	Probandenstudie . . . . .	54
4.2	Konsistenz und Konkordanz . . . . .	56
4.3	Präferenzreihenfolge . . . . .	59
4.4	Korrelationsanalyse . . . . .	60
4.5	Quantifizierung Modulationen . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Versuchsaufbau und Messtechnik</b>	<b>75</b>
5.1	Versuchsanlagen . . . . .	75
5.1.1	Reflexionsarmer Halbraum . . . . .	75

5.1.2	Funktionsgeräuscheprüfstand . . . . .	75
5.1.3	Fahrzeugmodell . . . . .	76
5.2	Versuchsaufbau . . . . .	79
5.3	Messaufbau . . . . .	82
5.3.1	Umgebungsparameter und Betriebspunkt . . . . .	82
5.3.2	Mikrofonmessungen . . . . .	83
5.3.3	Nachhallzeitmessungen . . . . .	85
5.3.4	Mikrofonarraymessungen . . . . .	86
5.3.5	Messdatenerfassung . . . . .	87
<b>6</b>	<b>Raumakustik der Messumgebungen</b>	<b>89</b>
6.1	Nachhallzeiten . . . . .	89
6.2	Modalanalyse . . . . .	91
6.2.1	SAE Körper . . . . .	91
6.2.2	Serienfahrzeug 1 . . . . .	99
6.2.3	Serienfahrzeug 2 . . . . .	102
<b>7</b>	<b>Klimageräteakustik bei verschiedenen Betriebs- und Umgebungsrandbedingungen</b>	<b>105</b>
7.1	Betriebspunkte . . . . .	105
7.2	Referenztestfall - Serienfahrzeug 1 . . . . .	106
7.3	Akustikraum . . . . .	114
7.3.1	Auswertung akustischer Parameter . . . . .	114
7.3.2	Schallquellenlokalisierung . . . . .	117
7.4	Fahrzeugmodell . . . . .	123
7.5	Vergleich der Schallfelder in verschiedenen Messumgebungen . . . . .	126
7.6	Nachbildung von Serienbedingungen im Fahrzeugmodell . . . . .	130
<b>8</b>	<b>Schallanalyse in Abhängigkeit der Fahrzeuginnenraumparameter</b>	<b>137</b>
8.1	Raumlänge / Raumvolumen . . . . .	137
8.2	Scheibenneigungswinkel . . . . .	142
8.3	Heckform . . . . .	145
8.4	Sitze . . . . .	147
8.5	Zwischenfazit . . . . .	153
<b>9</b>	<b>Validierung der Ergebnisse</b>	<b>155</b>
9.1	Vergleich der Schallfelder in verschiedenen Umgebungen . . . . .	155
9.2	Identifikation der Einflussparameter mit Hilfe eines Versuchsplans . . . . .	160
<b>10</b>	<b>Designentwurf eines Prüfstandes für die akustische Bewertung von Fahrzeugklimatisierungssystemen</b>	<b>175</b>
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>179</b>

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>184</b>
<b>Anhang</b>	<b>196</b>
A    Klimageräteakustik bei verschiedenen Betriebs- und Umgebungsrandbedingungen . . . . .	198
A.1    Akustikraum . . . . .	198
A.2    Fahrzeugmodell . . . . .	201
B    Schallanalyse in Abhängigkeit von Fahrzeuginnenraumparametern . . .	204
B.1    Scheibenneigungswinkel . . . . .	204
B.2    Heckform . . . . .	206
C    Validierung der Ergebnisse . . . . .	210
C.1    Versuchsaufbauten . . . . .	210
C.2    Lautheit . . . . .	211