

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>Verwendete Größen und Indizes</b>	<b>XI</b>
<b>Verzeichnis verwendeter Abkürzungen</b>	<b>XV</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>XVII</b>
<b>Abstract</b>	<b>XIX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Akustik und porösen Absorption</b>	<b>3</b>
2.1 Bewertung und Berechnung von Absorptionskennwerten . . . . .	4
2.1.1 Mess- und Kenngrößen . . . . .	5
2.1.2 Anpassung an das menschliche Gehör . . . . .	9
2.1.3 Schallreduzierung durch passive Absorber . . . . .	10
2.2 Materialien für die Nutzung als Schallabsorber . . . . .	14
2.2.1 Konventionelle Schallabsorbermaterialien . . . . .	14
2.2.2 Naturnahe und nachwachsende Absorbermaterialien . . . . .	16
2.3 Einflussgrößen bei der Materialherstellung von Abocorn . . . . .	19
2.3.1 Rohdichte . . . . .	20
2.3.2 Rohmaterial und Korngröße . . . . .	20
2.3.3 Länge des Absorbers . . . . .	21
2.4 Stand der Materialentwicklung - Popcorn . . . . .	21
<b>3 Grundlagen für die Simulation des Absorptionsverhaltens</b>	<b>23</b>
3.1 Modelle zur Vorhersage des akustischen Absorptionsverhaltens . . .	24

3.1.1	Empirische Modelle . . . . .	25
3.1.2	Semiempirische Modelle . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Experimentelle Erfassung und empirisches Akustikmodell</b>	<b>35</b>
4.1	Experimentelle Vorgehensweise . . . . .	35
4.1.1	Versuchsplan und untersuchte Parameter . . . . .	35
4.1.2	Messung des Absorptionsgrads $\alpha$ im Impedanzrohr . . . . .	37
4.1.3	Messung des Absorptionsgrades im Hallraum . . . . .	43
4.1.4	Bewertung des ermittelten Absorptionsgrads . . . . .	44
4.2	Abgleich der verwendeten Messverfahren . . . . .	45
4.3	Ergebnisse der Versuche im Impedanzrohr . . . . .	45
4.3.1	Dicke des Absorbers . . . . .	46
4.3.2	Dichte des Absorbers . . . . .	50
<b>5</b>	<b>Parameterbestimmung und Simulationsmodell</b>	<b>55</b>
5.1	Einführung der Parameter . . . . .	56
5.1.1	Absorberdicke $L$ . . . . .	56
5.1.2	Offene Porosität $\phi$ . . . . .	57
5.1.3	Strömungswiderstand $\sigma$ . . . . .	58
5.1.4	Grad der Turbosität $\tau_\infty$ . . . . .	60
5.1.5	Viskos- und thermisch-charakteristische Länge $\lambda$ und $\lambda'$ . . . . .	62
5.1.6	Statisch-thermische Permeabilität $k_0$ . . . . .	64
5.2	Akustische Ableitung der Parameter . . . . .	65
5.3	Geometrische Ableitung der Parameter . . . . .	69
5.3.1	Messaufbau und Durchführung . . . . .	72
5.3.2	Datenaufbereitung . . . . .	73
5.4	Geometrische Bestimmung der Parameter . . . . .	74
5.4.1	Porosität . . . . .	74
5.4.2	Druckverlust und Strömungswiderstand . . . . .	75
5.4.3	Bestimmung des Turbositätsgrades . . . . .	77
5.5	Aufbau des Simulationsmodells . . . . .	78
<b>6</b>	<b>Abgleich zwischen Experiment und Simulation</b>	<b>83</b>
6.1	Ermittelte Parameter . . . . .	83
6.1.1	Parameter nach Methode von Jaouen . . . . .	84
6.1.2	Geometrisch ermittelte Parameter . . . . .	88
6.2	Vergleich der Absorptionskurven . . . . .	95

<b>7 Fehlerbetrachtung, Fazit und abschließende Bemerkungen</b>	<b>105</b>
7.1 Fehlerbetrachtung . . . . .	105
7.1.1 Materialbezogene Fehlereinflüsse . . . . .	105
7.1.2 Messung des Absorptionskoeffizienten im Impedanzrohr . . .	107
7.1.3 Messung der Oberflächengeometrie . . . . .	108
7.1.4 Mathematische und simulative Auswertung . . . . .	108
7.2 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	110
7.3 Weitere Forschungsfelder . . . . .	111
7.3.1 Weiterentwicklung des Absorbermaterials Abocorn . . . . .	111
7.3.2 Weiterentwicklung der geometrischen Parameterbestimmung	112
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>113</b>
<b>A Kennzahlen - Vergleichsplots der Messreihen</b>	<b>123</b>
<b>B Konsistenzplots</b>	<b>131</b>
<b>C Matlab Quellcode</b>	<b>139</b>
C.1 Auswertung der Impedanzrohrmessungen . . . . .	139
C.1.1 Bestimmung der akustischen Absorption . . . . .	139
C.1.2 Akustische Auswertung der Messdaten und Bestimmung der Jaouenparameter . . . . .	157
C.2 Bestimmung der Geometrie, Simulation mit Comsol-Modell . . . . .	166
C.2.1 Zerlegung in Isolines, Erzeugung STL-Datengrundlage . . .	166
C.2.2 Simulation des Strömungswiderstands auf Basis von Poly- gonen . . . . .	179
C.2.3 Simulation des akustischen Verhaltens, Aufruf des Simulati- onsprogramms . . . . .	202
<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>215</b>