

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Technik	2
1.3 Zielstellung und Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen der Boundary-Elemente-Methode zur Akustiksimulation	9
2.1 Helmholtz-Gleichung für akustische Probleme	9
2.2 Randintegralgleichung	11
2.3 Diskretisierung	15
2.4 Kollokationsmethode	17
2.5 Numerische Integration	19
2.5.1 Reguläre Integrale	19
2.5.2 Schwach singuläre Integrale	20
2.5.3 Spezielle Integrale	21
2.6 Schnelle Methoden	23
2.6.1 Fast-Multipole-Methode	23
2.6.2 Hierarchische Matrizen	28
3 Isogeometrische Analysen	33
3.1 Isogeometrisches Konzept	33
3.2 Nicht-Uniforme Rationale B-Splines	34
3.2.1 Knotenvektor	34
3.2.2 Basisfunktionen	35
3.2.3 Kurven	37
3.2.4 Flächen	37
3.2.5 Berechnung des Normalenvektors und der Ableitungen der Ansatz- funktionen	38
3.3 Isogeometrische Boundary-Elemente-Methode	40
3.3.1 CAD-Geometriebeschreibung	40

3.3.2	Elementtypen	40
3.3.3	Platzierung der Kollokationspunkte	41
3.3.4	Vorgabe von Randwerten	42
3.4	Programmtechnische Umsetzung	43
3.4.1	Bézier-Elemente und Patch-Ansatz	43
3.4.2	Bézier-Extraktion	45
3.4.3	Numerische Integration	45
3.5	Verfeinerung	47
3.5.1	h-Verfeinerung	48
3.5.2	p-Verfeinerung	50
3.5.3	k-Verfeinerung	51
3.6	Getrimmte Flächen	53
3.6.1	Extended B-Splines	54
3.6.2	Integration getrimmter Knot-Spans	60
4	Verifizierung der umgesetzten Methoden	63
4.1	Exakte Geometriebeschreibung	64
4.1.1	Vorgehen	65
4.1.2	Auswertung	67
4.1.3	Fazit	69
4.2	Feldgrößenbeschreibung	71
4.2.1	Unterschiedliche Ansatzfunktionen auf Basis exakter Geometrien . .	71
4.2.2	Verfeinerung	72
4.2.3	Frequenzabhängigkeit	73
4.2.4	Patch-Ansatz und Bézier-Elemente	74
4.2.5	Fazit	76
4.3	Getrimmte Flächen	77
4.3.1	Vorgehen	77
4.3.2	Getrimmter Würfel	78
4.3.3	Einfluss der Trimmposition	80
4.3.4	Getrimmte Kugel	81
4.3.5	Cat's Eye	84
4.3.6	Fazit	85
4.4	Kombination mit schnellen Methoden	86
4.4.1	Vorgehen	86
4.4.2	Auswertung	88
4.4.3	Fazit	92

5	Anwendungsbeispiel	93
5.1	Motivation	93
5.2	Modellanforderungen	94
5.3	Problematische Flächen	96
5.4	Simulationen	97
5.4.1	Einfluss der Modellauflösung	97
5.4.2	Frequenzabhängigkeit	102
5.4.3	Vergleich zur Lagrange-BEM	103
5.5	Fazit	107
6	Zusammenfassung und Ausblick	109
6.1	Zusammenfassung	109
6.2	Ausblick	111
	Literaturverzeichnis	113