

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	iii
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Stand der Forschung	4
1.3 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	10
2 Boundary-Elemente-Methode für die Helmholtz-Gleichung	13
2.1 Akustisches Randwertproblem	13
2.2 Randintegralgleichung	17
2.2.1 Randintegraloperatoren	20
2.2.2 Irreguläre Frequenzen	22
2.2.3 Akustisches Halbraumproblem	24
2.3 Diskretisierung der Randintegralgleichungen	26
2.3.1 Randdiskretisierung	27
2.3.2 Interpolation der Lösungsfunktionen	29
2.3.3 Kollokationsmethode	31
2.3.4 Numerische Integration	32
2.3.5 Komplexität der Kollokations-BEM	35
3 Hierarchische Matrizen für die Helmholtz-BEM	37
3.1 Einführung	37
3.2 Hierarchische Matrixpartitionierung	38
3.2.1 Zulässigkeitsbedingung	39
3.2.2 Indexclusterbaum	43
3.2.3 Blockclusterbaum	45
3.3 ACA-Niedrigrangapproximation	48
3.4 Eigenschaften hierarchischer Matrizen	55
3.4.1 Fehlerabschätzung	55
3.4.2 Speicheranforderungen	56

3.4.3	\mathcal{H} -Arithmetik	57
3.5	Frequenzabhängigkeit der Speicheranforderungen	59
4	Gebietsrandsymmetrien im Kontext der \mathcal{H}-Matrix BEM	65
4.1	Effekt symmetrischer Gebietsränder	65
4.2	BEM-Systemmatrixstruktur	68
4.2.1	Spiegelsymmetrische Gebietsränder	68
4.2.2	M -fach rotationssymmetrische Gebietsränder	74
4.2.3	Gebietsränder mit symmetrischen Teilbereichen	83
4.3	Effiziente Realisierung der Halbraum-Formulierung	87
5	Schnelles Lösen von linearen BEM-Gleichungssystemen	93
5.1	Das GMRES-Verfahren	94
5.2	Präkonditionierung	98
5.2.1	Hierarchische LU-Faktorisierung	100
5.2.2	OSRC-Präkonditionierung	102
5.3	Nummerische Experimente	108
5.3.1	Modellprobleme	109
5.3.2	Dirichletfehler	110
5.3.3	Konvergenzeigenschaften des GMRES-Verfahrens	112
5.4	Zusammenfassung	118
6	Effiziente Behandlung großer BEM-Probleme	121
6.1	Blockstrukturierte BEM-Systemmatrizen	122
6.2	Beispiel 1 - Außenraumproblem einer Windenergieanlage	124
6.3	Beispiel 2 - Außenraumproblem eines unstrukturierten Windparks	131
6.4	Beispiel 3 - Außenraumproblem eines strukturierten Windparks	139
6.5	Schnelle Feldpunkttauswertung	148
6.6	Zusammenfassung	152
7	Zusammenfassung und Ausblick	155