

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 | Numerische 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 Feldpunktauswertung | 148 |
| 6.6 | Zusammenfassung | 152 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick | 155 |