

Inhalt

Abstract	vii
Kurzfassung	ix
1. Einleitung	3
1.1. Organisation dieser Arbeit	4
1.2. Beiträge zum Stand der Wissenschaft	5
2. Grundlagen	7
2.1. Nomenklatur	8
2.2. Elektromagnetische Feldtheorie	8
2.2.1. Wechselwirkung elektromagnetischer Felder mit Materie	10
2.2.2. Randbedingungen elektromagnetischer Felder	11
2.3. Die elektromagnetische Welle	12
2.3.1. Wellenfunktionen	13
2.3.2. Ebene Wellen	15
2.3.3. Elektromagnetische Wellen in einem Medium	16
2.3.4. Reflexion und Transmission elektromagnetischer Wellen an Materialgrenzen bei senkrechtem Einfall	17
2.3.5. Wellenleiter mit rechteckigem Querschnitt	18
2.3.6. Reduktion auf zweidimensionale Probleme	22
2.4. Streuparameter	23
2.4.1. Streuparameter für Wellenamplituden	25
2.4.2. Streuparameter für Leistungswellen/normierte Wellengrößen	26
2.4.3. Die Unitarität der Streumatrix	27
2.5. Signalflussgraphen	27
2.5.1. Aufbau	28
2.5.2. Mason's Regel	29
2.5.3. Matrix-Methode	33
2.5.4. Interpretation der Ergebnisse und Vergleich zu Mason's Methode	35
2.5.5. Geschlossene Graphen	37
2.5.6. Implementierung	40
2.6. Numerisches Lösen linearer Gleichungssysteme	41
2.6.1. Die LU-Zerlegung und ihre Varianten	42
2.6.2. Iteratives Verfeinern der Lösung	43
3. Die Scattering Element Method (SEM)	47
3.1. Historisches (zur klassischen TLM-Methode)	48
3.1.1. Stand der Forschung	51
3.2. Die Elemente der FDSEM	51
3.2.1. Die Wave Sampling Matrix (WSM)	52
3.2.2. Verallgemeinerung des Lösungsansatzes	57
3.2.3. Materialübergänge	60

3.2.4. Die Simulationsgrenze/Boundary	61
3.3. Der (klassische) FDSEM-Algorithmus	63
3.4. Beschreibung der globalen Lösung	63
3.5. Darstellung von Feldverläufen	65
3.6. Beispiel: Ebene Welle vertikaler Einfall	67
3.6.1. Das Simulationsmodell	67
3.6.2. Der Feldverlauf	67
3.6.3. Erläuterung mittels Signalflussgraph	69
3.7. Dispersionsbeziehung im zweidimensionalen FDSEM-Gitter	72
3.7.1. Dispersion im (FD-) SEM-Gitter mit der TLM- und FD-TLM	73
3.7.2. Dispersion im FDSEM-Gitter mit der WSM	76
3.8. Beispiel: Lösen rechteckiger Wellenleiter mit der FDSEM	78
3.8.1. Die Randbedingungen und Polarisation	79
3.8.2. Die Berechnung	80
3.8.3. Der Feldverlauf	81
3.8.4. Eigenfrequenzen	85
3.8.5. Ausbreitungskonstante	89
4. Folgerungen aus dem Portformalismus	91
5. FDSEM zum Lösen großskaliger unstrukturierter Simulationsbereiche	93
5.1. Unterteilung des Modells in Teilbereiche (Schritt 1)	95
5.1.1. Vergleich des Speicherbedarfs	96
5.1.2. Strategien zur Aufteilung	99
5.2. Lösen der einzelnen Interface-Matrizen (Schritt 2)	101
5.2.1. Beschreibung des Problems	102
5.2.2. Effizientes Berechnen von $\tilde{\mathbf{F}}$	103
5.2.3. Quellentransformation	106
5.3. Lösen verkoppelter Interface-Matrizen (Schritt 3)	107
5.4. Berechnung der inneren Ports der einzelnen Teilbereiche (Schritt 4)	107
5.5. Das Preprocessing	108
5.6. Beispiel: Unstrukturiertes FDSEM-Problem	111
5.6.1. Hintergrund	111
5.6.2. Die FDSEM-Simulation	112
5.6.3. FDSEM-Simulation vs. FDTD	116
6. FDSEM zum Lösen großskaliger strukturierter Simulationsbereiche	121
6.1. Modellierung der Antennen	122
6.2. Das strukturierte Simulationsmodell	124
6.3. Ergebnisse	125
6.3.1. Speichernutzung	126
6.3.2. Messung vs. FDSEM-Simulation	127
7. Zusammenfassung und Ausblick	129
8. Appendices	131
Anhang A. Herleitungen	133
A.1. Herleitung k' und k''	133
A.2. Ebene Welle kleines Modell	134
A.3. Herleitung der FD-TLM	135

A.4. Speicher	139
Anhang B. Ergebnisse	141
B.1. Rechteckhohlleiter U_y	141
B.2. Vivaldi-Antenne	144
Literaturverzeichnis	145
Veröffentlichungen	151