

# Inhaltsverzeichnis

<b>Legende</b>	<b>IX</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>XVII</b>
<b>Abstract</b>	<b>XXI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Elektromagnetische Verträglichkeit in der Medizintechnik . . . . .	1
1.2 Numerische Berechnungsverfahren . . . . .	3
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Maxwell'sche Gleichungen . . . . .	5
2.2 Kontinuitätsgleichungen . . . . .	6
2.3 Die inhomogenen Wellengleichungen . . . . .	7
2.3.1 Die inhomogenen vektoriellen Wellengleichungen . . . . .	7
2.3.2 Einführung von Potenzialen . . . . .	8
2.3.3 Inhomogene Wellengleichungen für Potenziale . . . . .	8
2.3.4 Lösung der inhomogenen Wellengleichungen . . . . .	9
2.4 Berechnung der elektromagnetischen Felder aus den höheren Potenzialen . . . . .	11
<b>3 Verwendete numerische Berechnungsverfahren</b>	<b>13</b>
3.1 Überblick . . . . .	13
3.1.1 Klassifikation und Auswahl der Berechnungsverfahren . . . . .	13
3.1.2 Elektromagnetisches Streuproblem . . . . .	14
3.1.3 Äquivalentes Problem und zugehörige Randbedingungen . . . . .	14
3.2 Momentenmethode (MoM) . . . . .	16
3.2.1 Anwendung der MoM . . . . .	16
3.2.2 Anwendung von Gewichtsfunktionen . . . . .	17
3.3 Methode der Finiten Elemente (FEM) . . . . .	18
3.3.1 Einführung . . . . .	18
3.3.2 Schwache Formulierung der Wellengleichung . . . . .	18
3.3.3 Diskretisierung . . . . .	20

<b>4 Hybride MoM-FEM-Methode</b>	<b>21</b>
4.1 Vorbemerkungen	21
4.2 Hybrider Verfahrensansatz	21
4.3 Kopplung von MoM und FEM	23
4.4 Berechnungsbeispiele zur Validierung	24
<b>5 Beschleunigung von Berechnungen über große Frequenzbereiche</b>	<b>29</b>
5.1 Vorbemerkungen und Grundidee	29
5.2 Grundlagen der Interpolation mit MBPE	31
5.2.1 Allgemeiner Ansatz	31
5.2.2 MBPE im Frequenzbereich	33
5.2.3 Berechnungsbeispiel zur MBPE im Frequenzbereich	36
5.3 Adaptive Bestimmung der Abtastwerte mit überlappenden Modellfunktionen	38
5.3.1 Grundlagen des Verfahrens	38
5.3.2 Ablauf des Verfahrens	39
5.3.3 Berechnungsbeispiel für die adaptive MBPE mit überlappenden Fenstern	42
5.4 Erweiterung von MBPE durch die Romberg-Quadratur	44
5.4.1 Vorbemerkungen	44
5.4.2 Quadraturmethoden	45
5.4.3 Theoretische Grundlagen der Romberg-Quadratur	46
5.4.4 Adaptive Romberg-Quadratur	48
5.4.5 Ablauf des adaptiven Interpolationsverfahrens	48
5.4.6 Fehlerabschätzung	50
5.4.7 Numerische Beispiele	51
5.5 Kopplung von MBPE mit einem auf dem Genetischen Algorithmus basierenden Ansatz	53
5.5.1 Vorbemerkungen	53
5.5.2 Anwendung des Genetischen Algorithmus auf MBPE	55
5.5.3 Singulärwertzerlegung	56
5.5.4 Erweiterungen des Verfahrens	60
5.5.5 Numerische Beispiele	66
5.6 Bewertung der verschiedenen Verfahren	74

<b>6 Störbeeinflussung medizinischer Geräte bei Verkopplung über den menschlichen Körper</b>	<b>75</b>
6.1 Vorbemerkungen . . . . .	75
6.2 Untersuchtes Störszenarium . . . . .	75
6.3 Verwendete Rechenmodelle . . . . .	77
6.3.1 Entwickelte Modelle des menschlichen Körpers . . . . .	77
6.3.2 Charakterisierung der Störquelle . . . . .	80
6.3.3 Charakterisierung der Störsenke . . . . .	83
6.4 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse . . . . .	86
6.4.1 Angewandtes Beeinflussungsmodell . . . . .	86
6.4.2 Definition der Berechnungsparameter und Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen . . . . .	87
6.4.3 Verschiedene Implantationspositionen des Herzschrittmachers . . . . .	89
6.4.4 Unterschiedliche Koagulationspunkte am menschlichen Körper . . . . .	90
6.4.5 Variation der Länge des Koagulatorkabels . . . . .	92
6.4.6 Variation der elektrischen Eigenschaften des menschlichen Körpers . . . . .	93
6.4.7 Verschiedene Körpermodelle . . . . .	94
6.4.8 Beeinflussung des Neurostimulators als Störsenke . . . . .	95
6.4.9 Störeinkopplung bei Betrachtung eines inhomogenen Körpermodells . . . . .	98
6.5 Zusammenfassung . . . . .	102
<b>7 Schlussbetrachtung und Ausblick</b>	<b>103</b>
7.1 Schlussbetrachtung . . . . .	103
7.2 Ausblick. . . . .	103
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>105</b>