

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Wellendigitalfilter: Grundlagen und Eigenschaften</b>	<b>9</b>
2.1 Wellengrößen und Streumatrix . . . . .	9
2.1.1 Wellengrößen . . . . .	10
2.1.2 Streumatrix . . . . .	11
2.2 Wellendigital-Elemente . . . . .	12
2.2.1 Nichtreaktive Elemente . . . . .	12
2.2.2 Reaktive Elemente . . . . .	15
2.2.3 Nichtlineare Elemente . . . . .	17
2.2.4 Realisierung der Netzwerktopologie . . . . .	17
2.3 Stabilität bei endlicher Rechengenauigkeit . . . . .	21
<b>3 Normalform, Zustandsstabilität und Kontraktions-Eigenschaft von Wellendigitalfiltern</b>	<b>23</b>
3.1 Modulare Konstruktion und Normalform . . . . .	23
3.2 Zustandsstabilität linearer Wellendigitalfilter . . . . .	26
3.2.1 Allgemeine lineare Wellendigitalfilter . . . . .	27
3.2.2 Erweiterung auf nichtlineare Netzwerke . . . . .	30
3.3 Kontraktions-Eigenschaft linearer Wellendigitalfilter . . . . .	30
3.4 Anwendung der Kontraktions-Eigenschaft zur Auflösung nicht realisierbarer Strukturen . . . . .	34
3.4.1 Darstellung als mehrdimensionales Wellendigitalfilter . . . . .	36
3.4.2 Erweiterung auf den nichtlinearen Fall . . . . .	37
3.4.3 Einfluss künstlicher Torwiderstände auf das Konvergenz-Verhalten . . . . .	38
<b>4 Neuartiger allgemeiner Ansatz: Automatisch Differenzierende Wellendigitalfilter</b>	<b>39</b>
4.1 Einführung in die Automatische Differenzierung . . . . .	41
4.1.1 Automatische Differenzierung mittels dualer Zahlen . . . . .	41
4.1.2 Vorwärts- und Rückwärtsmodus . . . . .	43
4.1.3 Implementierung mittels Operatorüberladung . . . . .	45
4.1.4 Automatisch Differenzierender Signalfluss . . . . .	48

4.2	Analyse zur Anwendung der Automatischen Differenziation auf Wellendigital-Strukturen . . . . .	49
4.2.1	Streuung an einem linearen Mehrtor . . . . .	50
4.2.2	Vektorwertige Notation . . . . .	52
4.2.3	Funktionale Verkettung . . . . .	54
4.2.4	Lineare Streuung . . . . .	56
4.2.5	Linearkombinationen . . . . .	58
4.2.6	Automatische Differenziation ohne Operatorüberladung als Folgerung struktureller Besonderheiten . . . . .	60
4.2.7	Nichtlineare Streuung . . . . .	61
4.2.8	Retaping . . . . .	62
4.3	Automatisch Differenzierende Geometrische Reihe - Ein einführendes Beispiel	63
4.4	Automatisch Differenzierendes Wellendigitalfilter . . . . .	66
4.4.1	Beispiel: <i>RC</i> -Tiefpass erster Ordnung . . . . .	70
4.5	Zusammenfassung . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Neuartige Anwendungen Automatisch Differenzierender Wellendigitalfilter zur Konvergenz-Beschleunigung bei der Auflösung nicht realisierbarer Strukturen</b>	<b>75</b>
5.1	Wellendigitalfilter mit verzögerungsfreien Schleifen: Stand der Forschung . .	78
5.2	Neuartige Anwendungen Automatisch Differenzierender Wellendigitalfilter zur Konvergenz-Beschleunigung bei der Auflösung topologischer Schleifen .	79
5.2.1	Darstellung als mehrdimensionales Wellendigitalfilter . . . . .	83
5.2.2	Beispiel: Einfach-gebrückte T-Schaltung . . . . .	87
5.3	Erweiterung auf den nichtlinearen Fall . . . . .	90
5.3.1	Iterationsverfahren höherer Ordnung und Newton-Verfahren für Systeme . . . . .	90
5.3.1.1	Lokale Newton-Verfahren für Systeme . . . . .	91
5.3.1.2	Globale Newton-Verfahren . . . . .	99
5.3.1.3	Vereinfachte Newton-Verfahren und reduzierte Konvergenz-Matrizen . . . . .	100
5.3.2	Anwendung des Newton-Verfahrens auf nichtlineare Wellendigitalfilter . . . . .	102
5.3.3	Analyse einer Offline-/Online-Initialisierung mittels Fallunterscheidung . . . . .	104
5.3.4	Neuartiges nichtlineares Automatisch Differenzierendes Bauelement	114
5.3.5	Automatische Offline-Initialisierung des nichtlinearen Automatisch Differenzierenden Bauelements . . . . .	119
5.3.6	Nichtlineares Automatisch Differenzierendes Wellendigitalfilter . . .	122
5.3.7	Online-Initialisierung, Newton-Iterationsphase und Update-Schritt .	124
5.3.7.1	Online-Initialisierung . . . . .	124
5.3.7.2	Newton-Iterationsphase und Update-Schritt . . . . .	126
5.3.8	Alternative Realisierung mittels Operatorüberladung . . . . .	128
5.3.9	Darstellung als mehrdimensionales Wellendigitalfilter . . . . .	131
5.3.10	Hybride Wellendigital-Strukturen mit mehreren und/oder mehrtorigen Nichtlinearitäten <i>und</i> topologischen Schleifen . . . . .	134

5.4	Parallelisier- und Skalierbarkeit des Verfahrens . . . . .	135
5.5	Neuartige Anwendungen Automatisch Differenzierender Wellendigitalfilter zur Konvergenz-Beschleunigung . . . . .	138
5.5.1	Ringartige Strukturen . . . . .	138
5.5.2	Netzwerke mit mehreren oder mehrtorigen Nichtlinearitäten . . . . .	144
5.5.2.1	Modellierung von auf Exponential-Funktionen basierender Nichtlinearitäten . . . . .	145
5.5.2.2	Shockley-Diode . . . . .	148
5.5.2.3	Dioden-Clipper-Schaltung . . . . .	150
5.5.2.4	Vereinfachtes Newton-Verfahren . . . . .	153
5.5.2.5	Reduzierte Konvergenz-Matrizen . . . . .	154
5.5.2.6	Vereinfachtes Newton-Verfahren mit reduzierten Konvergenz-Matrizen . . . . .	155
5.6	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	164
<b>6</b>	<b>Neue Methode zur Optimierung künstlicher Torwiderstände bei ringartigen Strukturen und mehreren und/oder mehrtorigen Nichtlinearitäten</b>	<b>169</b>
6.1	Ringartige Strukturen . . . . .	172
6.1.1	Analyse bidirektionaler topologischer Schleifen unter Betrachtung optimal verlustbehafteter linearer Zweitore . . . . .	172
6.1.2	Analyse bidirektionaler topologischer Schleifen unter Betrachtung minimaler Reflexionsfaktoren linearer Zweitore . . . . .	177
6.1.3	Optimierung mittels sukzessiver Intervall-Eingrenzung . . . . .	180
6.2	Netzwerke mit mehreren und/oder mehrtorigen Nichtlinearitäten . . . . .	186
6.2.1	Linearisierung der nichtlinearen globalen Streumatrix mittels total- reflektierenden Nichtlinearitäten . . . . .	187
6.2.2	Analyse weiterer bauteilspezifischer Eigenschaften am Beispiel der Shockley-Diode . . . . .	192
6.3	Zusammenfassung . . . . .	193
<b>7</b>	<b>Neuartiger Ansatz zur Realisierung mehrtoriger Nichtlinearitäten mittels geteilt-modularen Bauelementen</b>	<b>197</b>
7.1	Generisches Wellendigital-Modell für nichtlineare Bauelemente mit sechs Anschlüssen . . . . .	198
7.2	Neuartiger geteilt-modularer Ansatz . . . . .	201
7.2.1	Bipolar-Transistor-Modell . . . . .	201
7.2.2	Geteilt-Modulares Ebers-Moll-Modell . . . . .	201
7.2.3	Beispiel: Emitter-Schaltung . . . . .	207
7.3	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	212
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>213</b>
8.1	Zusammenfassung . . . . .	213
8.2	Ausblick . . . . .	218
	<b>Publikationen mit eigener Beteiligung</b>	<b>221</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>223</b>