

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	xi
Symbolverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
2 Wellendigitalfilter: Grundlagen und Eigenschaften	9
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 Rechengenaugkeit	21
3 Normalform, Zustandsstabilität und Kontraktions-Eigenschaft von Wellendigitalfiltern	23
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
4 Neuartiger allgemeiner Ansatz: Automatisch Differenzierende Wellendigitalfilter	39
4.1 Einführung in die Automatische Differenziation	41
4.1.1 Automatische Differenziation 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 Folge- rung 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
5	Neuartige Anwendungen Automatisch Differenzierender Wellendigitalfilter zur Konvergenz-Beschleunigung bei der Auflösung nicht realisierbarer Struk- turen	75
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 Sys- teme	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 Wellendigital- filter	102
5.3.3	Analyse einer Offline-/Online-Initialisierung mittels Fallunterschei- dung	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 mehrtori- gen Nichtlinearitäten und 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
6 Neue Methode zur Optimierung künstlicher Torwiderstände bei ringartigen Strukturen und mehreren und/oder mehrtorigen Nichtlinearitäten	169
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
7 Neuartiger Ansatz zur Realisierung mehrtoriger Nichtlinearitäten mittels geteilt-modularen Bauelementen	197
7.1 Generisches Wellendigital-Modell für nichtlineare Bauelemente mit sechs Anschläüssen	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
8 Zusammenfassung und Ausblick	213
8.1 Zusammenfassung	213
8.2 Ausblick	218
Publikationen mit eigener Beteiligung	221
Literaturverzeichnis	223