

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Kurzfassung	iii
Abstract	iv
Inhaltsverzeichnis	v
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Stand des Wissens	2
1.3. Zielsetzung und Vorgehensweise	11
2. Grundlagen	15
2.1. Netzausbau-Problem	17
2.2. Leistungsflussmodelle	19
2.2.1. Leistungsflussberechnung	19
2.2.2. AC-Approximation und Verlust-Berechnung	23
2.3. Einfluss des Leistungsflussmodells auf die Formulierung des Netzausbau-Problems	24
2.4. Optimierung	27
2.4.1. Lösungsverfahren	30
2.4.2. Dekompositionsverfahren	32
2.5. Benders Dekomposition für das Netzausbauprobem	36
2.5.1. Behandlung der Nichtkonvexität des Netzausbauproblems	41
2.6. Evolutionäre Algorithmen - Genetische Algorithmen	44
2.7. Multikriterielle Optimierung	46
2.7.1. Multikriterieller genetischer Algorithmus - NSGA-II	48
2.8. Wegfindungsalgorithmen	50
3. Modelle und Verfahren	53
3.1. Verfahren zur Leitungskandidaten-Identifikation und -Parametrierung	55
3.2. Ermittlung des optimalen Netzausbaus	62
3.2.1. Modellierung mehrerer Zeitpunkte im Sub-Problem der Benders-Dekomposition	62

3.2.2. Erweiterung des Betriebs-Sub-Problems um Speicher	65
3.2.3. Erweiterung der hierarchischen Benders-Dekomposition für das dynamische Netzausbauproblem	67
3.2.4. Erweiterung der Benders-Dekomposition für das Netzausbauproblem - Synthese (Typperioden + Multistage)	69
3.2.5. Ansätze zur Verfahrensbeschleunigung	69
3.2.6. Modellierung des Leitungsausbaus	71
3.3. Modifikation eines genetischen Algorithmus für das multikriterielle Netzausbauproblem	77
3.3.1. Genetischer Algorithmus für das Netzausbauproblem	77
3.3.2. NSGA-II	81
4. Modellanwendung und Diskussion	85
4.1. Untersuchungsrahmen	85
4.1.1. Technologische Abgrenzung	85
4.2. Bewertungskriterien	90
4.3. Modellsysteme	94
4.4. Untersuchungen - System A 46 Bus HBD	97
4.4.1. Lösung System A - HBD Verfahren (multistage und Betriebszeiträume)	98
4.4.2. Sensitivitätsanalyse - Modellsensitivität	102
4.4.3. Analyse der Parametersensitivität	104
4.4.4. Zwischenergebnisse	110
4.5. Untersuchungen - System B 15 Bus HBD	112
4.5.1. Vergleich der Netzausbaulösungen mit und ohne Berücksichtigung der Wirkleistungsverluste bei Variation der Speicherkosten	112
4.5.2. Charakteristika des Lösungsverlaufs	115
4.5.3. Einsatz von Speichern zur Leitungsausbausubstitution	118
4.6. Multikriterielle Problembetrachtung mittels genetischen Algorithmus	120
5. Zusammenfassung	127
Literaturverzeichnis	133
Variablen	147
Abkürzungsverzeichnis	149
Abbildungsverzeichnis	154
Tabellenverzeichnis	155

A. Ergänzungen zu den Grundlagen	157
A.1. Darstellung der Benders Dekomposition für die verschiedenen Leistungsflussmodelle	157
A.2. Verfahren zur Leistungsflussapproximation	160
A.3. Schnittgeneration - weitergehende Ansätze	163
A.4. Ergänzende Ansätze zur Ausfallsicherheit	164
A.5. Definition der Pareto-Dominanz / -Optimalität	166
A.5.1. Definition der Pareto-Dominanz	166
A.5.2. Definition der Pareto-Optimalität	166
B. Hinweise zu den verwendeten Simulationswerkzeugen	168
C. Lösungsdarstellung	169
D. Daten der Testsysteme	170
D.1. Daten des Testsystems A	170
D.2. Daten des Testsystems B	173
Anhang	157