

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	III
Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Fachbegriffsverzeichnis	XIX
Symbolverzeichnis	XXI
I Einführung	1
1 Einführung in die Problematik	3
1.1 Motivation	3
1.2 Umsetzung	6
2 Thematische Grundlagen	9
2.1 Verkehrsplanung im öffentlichen Personenverkehr	9
2.2 Eingliederung von Taktfahrplänen in den Gesamtkontext	11
2.2.1 Definition Fahrplan	11
2.2.2 Taktfahrplan	13
2.2.3 Ermittlung von Fahrplänen	15
2.2.4 Erzeugung von Taktfahrplänen	18
2.2.5 Optimierung von Taktfahrplänen	22
2.2.6 Verkehrsplanerische Hinweise	29
2.3 Trassenkonstruktion	30
2.4 Schienengebundener Güterverkehr	32
2.4.1 Einführung	32
2.4.2 Mischverkehr	33
2.4.3 Trassengestaltung im Güterverkehr	33
3 Untersuchungsgebiete – reale Verkehrsbeispiele	35
3.1 Südwestdeutschland	35
3.1.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	35
3.1.2 Betriebsprogramm	36
3.2 Nordrhein-Westfalen	42

3.3	Mitteldeutscher Raum	43
II	Automatisches Erzeugen von Taktfahrplänen	45
4	Theoretische Grundlagen	47
4.1	Einführung	47
4.2	Charakteristika nicht-periodischer Ereignisse	48
4.2.1	Definitionen	48
4.2.2	Mathematische Problemformulierung	51
4.2.3	Zulässigkeit	52
4.3	Periodische Ereignisse	52
4.3.1	Definitionen	52
4.3.2	Mathematische Problemformulierung	57
4.3.3	Zulässigkeit	58
4.4	Periodisches Ereignisnetzwerk	59
4.4.1	Vereinbarungen im Modell	59
4.4.2	Techniken zur Problemreduktion	68
5	Praktische Umsetzung	71
5.1	Überblick	71
5.2	Erstellung des PESP	71
5.3	PESP-Solver	76
5.4	Lokale Konfliktauflösung	78
5.4.1	Einführung	78
5.4.2	Betriebliche Lösungsmöglichkeiten	80
5.4.3	Lösung durch Relaxation der oberen Schranke	83
5.5	Verkehrsbeispiel	88
5.6	Zusammenfassung	91
III	Maximierung von getakteten Systemtrassen	93
6	Maximalstrom mit dynamischer Kapazitätsallokation	95
6.1	Theorie	95
6.1.1	Einführung	95
6.1.2	Güterflussnetzwerk	96
6.1.3	Modellbeschreibung	97
6.1.4	Min-Cut Max-Flow Theorem	98
6.1.5	Algorithmus	99
6.2	Praktische Umsetzung	102
6.2.1	Grundlagen	102
6.2.2	Musterzugatome	103
6.2.3	Verwendete Netzwerke	108
6.2.4	Flowmaster	112
6.3	Trade off: PV vs. GV	113
6.3.1	Maximale Streckenkapazität	114
6.3.2	Bündelungseffekte	117
6.3.3	Angebotsqualität	118
6.3.4	Symmetrischer Fahrplan	120
6.4	Zusammenfassung und Auswertung	121

IV Optimierung von Taktfahrplänen	123
7 Optimierungsverfahren	125
7.1 Einführung	125
7.2 Klassifizierung von Lösungsverfahren	126
7.3 Optimierung von gewichteten Wartezeiten	130
7.4 Heuristische Methoden der Optimierung	131
7.4.1 Ignorieren von Umsteige- oder Haltevorgängen	131
7.4.2 Eine lokale Verbesserungsmethode	131
7.4.3 Teilweise fixierte Moduloparameter von \mathcal{Z}	131
7.5 Minimierung der Gesamtreisezeit	132
8 Verkehrsumlegung	135
8.1 Zweck der Verkehrsumlegung	135
8.2 Überblick	136
8.3 Erzeugung des Verkehrsaufkommens	138
8.4 Verkehrsverteilung	139
8.5 Widerstandsfunktion eines Verkehrsweges	141
8.6 Umlegung - Ergebnisse als Belastungszahlen	142
8.6.1 Gewichtung der Betriebsstellen	142
8.6.2 Einlesen zellbezogener Verkehrsströme	143
8.6.3 Anbindung externer Verkehrsbezirke	143
8.6.4 Berechnung der knotenbezogenen Verkehrsströme	146
8.6.5 Umlegung der errechneten Ströme	147
9 Modulo-Netzwerk-Simplex-Verfahren	149
9.1 Optimierung im nicht-periodischen Modell	149
9.2 Optimierung im periodischen Modell	156
9.3 Erweiterung des Verfahrens	166
9.3.1 Erzeugung von Facetten für \mathcal{Y}_I	166
9.3.2 Gestalt des Simplex-Tableaus	171
9.3.3 Erweiterung des Modulo-Netzwerk-Simplex-Algorithmus	173
9.4 Weitere Überlegungen	178
9.4.1 Lineare Unabhängigkeit der Kreisungleichungen	178
9.4.2 Erzeugung unterer Schranken	179
9.5 Rechenergebnisse	184
9.6 Zusammenfassung	185
V Zusammenfassung und Ausblick	187
Anhang	195
A Programmsystem TAKT	197
A.1 Einführung	197
A.1.1 Systemvoraussetzungen	198
A.1.2 Benötigte Daten	198
A.2 Funktionalitäten in TAKT	199
A.2.1 Anzeige des Netzmodells	202
A.2.2 Anzeige von Fahrplänen	203

A.2.3	Erzeugung von Fahrplänen	204
B	Tabellarische Fahrpläne	207
C	Zuggattungsbezogene Wichtungsfaktoren	217
C.1	Einführung	217
C.2	Allgemeine Regelungen zur Konfliktlösung	217
C.2.1	Regelungen aus der EIBV zur Trassenvergabe	218
C.2.2	Dispositionsregeln der DB Netz AG	218
C.3	Zahlenmäßige Gewichtung von Zuggattungen	218
C.3.1	Wartezeitregelungen im PV	218
C.3.2	Monetäre Bewertung von Verspätungsminuten	219
C.3.3	Weitere Wichtungsansätze	221
C.4	Wichtungsstrategien	225
C.4.1	Globale Wichtung	225
C.4.2	Teillokale und lokale Wichtung	225
C.4.3	Kombinierter Wichtungsansatz	225
C.5	Parameterstudie	226
C.5.1	Zielstellung und Inhalt	226
C.5.2	Infrastruktur und Betriebsprogramm	226
C.5.3	Wichtungsvarianten	231
C.5.4	Bewertung der erzeugten Wichtungsvarianten	233
C.6	Zusammenfassung und Ausblick	239
D	Lineare Optimierung	241
D.1	Einführung	241
D.2	Theorie der linearen Programmierung	242
D.3	Mathematische Grundlagen	243
D.4	Standardproblem	245
D.5	Basen eines linearen Programms	248
D.6	Primales Simplexverfahren	249
D.6.1	Aufstellen des Anfangstableaus	250
D.6.2	Wahl des Pivotelementes	251
D.6.3	Durchführung eines Basisaustausches	251
D.6.4	Abbruchkriterium	251
D.7	Duales Simplexverfahren	252
D.7.1	Aufstellen des Anfangstableaus	252
D.7.2	Wahl des Pivotelementes	253
D.7.3	Durchführung eines Basisaustausches	253
D.7.4	Abbruchkriterium	253
D.8	Dualität linearer Programme	253
D.8.1	Duale lineare Optimierungsprobleme	253
D.8.2	Duales Modell	253
D.8.3	Interpretation der Dualvariablen	255
D.9	Ganzzahlige und kombinatorische Optimierung	255
D.9.1	Ganzzahlige lineare Programme	256
D.9.2	Lösung	257
D.9.3	Verfahren der Spaltengenerierung	259