

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Trassensuche in Netzen	5
2.1	Problemstellung	5
2.1.1	Definition Fahrplantrasse	5
2.1.2	Definition Trassensuche	5
2.1.3	Bewertungsfunktion	6
2.2	Modellbildung	7
2.2.1	Grundlagen der Modellbildung	7
2.2.2	Detaillierungsgrad	8
2.2.3	Datenhaltung	10
2.3	Anwendungsgebiete	13
2.3.1	Fahrplankonstruktion	13
2.3.2	Trassenmanagement	16
2.3.3	Bemessung der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur	17
2.3.4	Störungsmanagement und Betriebszentralen	18
2.4	Stand der Forschung	19
2.4.1	Makroskopische Modelle	19
2.4.2	Mikroskopische Modelle	20
3	Modellbildung	23
3.1	Modellansatz	23
3.1.1	Zielsetzung	23
3.1.2	Definition Graph	23
3.1.3	Attributierungsformen von Graphen	24
3.1.4	Objektorientierter Aufbau und Implementation	25
3.2	Elemente des Datenmodells	26
3.2.1	Basis-Netz Graph	29
3.2.2	Signal-Netz Graph	30
3.2.3	Modularisierung und Fahrwege	30
3.2.4	Datenmodell einer Zugfahrt	31
3.2.5	Gleis-Netz Graph	33
3.2.6	Bahnhof-Netz Graph	36
3.3	Algorithmen	37
3.3.1	Tiefensuche zur Bestimmung aller Wege zwischen zwei Knoten	37
3.3.2	Heuristische Suche	37
4	Das Verfahren zur Trassensuche	41
4.1	Problemstellung	41

4.2	Randbedingungen und Eingabedaten	41
4.2.1	Unbedingt zu spezifizierende Vorgaben	42
4.2.2	Optional zu spezifizierenden Vorgaben	42
4.3	Lösungsraum	43
4.3.1	Definition	43
4.3.2	Der vierdimensionale Lösungsraum	44
4.3.3	Reduzierung der Lösungsmenge	45
4.3.4	Beispiel	47
4.4	Bewertungsfunktion	48
4.5	Schätzfunktion	48
4.6	Beschreibung des Verfahrens	49
4.7	Stufe 1: Vorbereitung des Gleis-Netzes	50
4.7.1	Bestimmung des Gleis-Netzes	50
4.7.2	Berechnung der Belegungszeiten auf den Gleis-Kanten	51
4.7.3	Berechnung der Parameter des einzulegenden Zuges	51
4.8	Stufe 2: Bestimmung der gültigen Bahnhofsfolgen	51
4.9	Stufe 3: Bestimmung der Fahrplantrassen	52
5	Mikroskopische Bestimmung der Fahrplantrasse	53
5.1	Der Lösungsgraph (T-Graph)	53
5.1.1	T-Knoten	54
5.1.2	Aufbau des T-Graphen	54
5.1.3	Konsistenz der entwickelten T-Knoten	55
5.1.4	Entwickeln eines T-Knotens	55
5.1.5	Maßnahmen zur Verringerung der Parametervariationen	56
5.1.6	Strategien zur Konfliktlösung bei der adaptiven Entwicklung	57
5.2	Anpassung der heuristischen Suche A^*	60
5.2.1	Start und Ende des Algorithmus	61
5.2.2	Entwicklung eines Knotens	61
5.3	Beispiel	65
6	Das Programmsystem Simu++	69
6.1	Motivation für die Neuentwicklung von Simu++	69
6.2	Die Elemente von Simu++	70
6.3	Datenhaltung	70
6.4	Fahrplankonstruktion	71
6.4.1	Funktionalität	71
6.4.2	Konflikterkennung	71
6.4.3	Signalisierungsarten	72
6.5	Synchrone Simulation	74
6.5.1	Heuristische Disposition	74
6.6	Betriebliche Planung mit Simu++	80
6.6.1	Mehrfachsimulation	80
6.6.2	Statistische Auswertung mit PE	83
6.7	Kopplung mit der Fahrzeugdisposition	84
6.8	Iterativer Planungsprozeß	85
6.9	Interaktive, automatische Ermittlung von Fahrplantrassen	85
6.9.1	Bestimmung der Bahnhofsfolgen	86

6.9.2	Bestimmung der Fahrplantrasse	87
6.9.3	Importschnittstelle	87
6.10	Referenzen	88
7	Beispielanwendung zur interaktiven Trassensuche	89
7.1	Vorbemerkungen	89
7.2	Bestimmung der Bahnhofsfolgen	90
7.3	Bestimmung der Fahrplantrassen	90
7.3.1	1. Ansatz	90
7.3.2	2. Ansatz	92
8	Beispielanwendung zur Importschnittstelle	97
8.1	Importierte Daten	97
8.2	Streckennetz Mecklenburg-Vorpommern	97
8.3	Fahrplandaten	98
8.4	Automatische Trassensuche	99
8.4.1	Kostenfunktion	100
8.4.2	Auswertungen	100
8.5	Beispielrechnungen	100
8.5.1	Einfluß der Fahrzeitvariationen und außerplanmäßigen Halte	101
8.5.2	Einfluß der Pufferzeiten	103
9	Zusammenfassung und Ausblick	109
	Literaturverzeichnis	111