

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xii
Tabellenverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problemstellung	1
1.2 Ziel der Arbeit	4
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Planung von Transportnetzen	7
2.1 Transportnetze	7
2.2 Planungsebenen bei der Transportnetzplanung	9
2.2.1 Strategische Planung	10
2.2.2 Taktische Planung	10
2.2.3 Operative Planung	11
2.3 Struktur flächendeckender Transportnetze	11
2.3.1 Direktverkehrsnetze	12
2.3.2 Hub-and-Spoke-Netze	13
2.3.3 Mischformen	14
2.4 Klassifikation von Planungsproblemen für Hub-and-Spoke-Netze	14
2.4.1 Hubstandortwahl	15
2.4.2 Netztopologie im Vor- und Nachlauf	15
2.4.3 Hubcharakteristika	15
2.5 Stand der Wissenschaft zur Optimierung von Hub-and-Spoke-Netzen	16
2.5.1 Transportkosten	17

2.5.2	Unsicherheiten	19
3	Grundlagen der mathematischen Optimierung	23
3.1	Mathematische Optimierungsmodelle	23
3.2	Grundlagen der linearen Optimierung	24
3.3	Grundlagen der ganzzahligen linearen Optimierung	26
3.4	Grundlagen der stochastischen Optimierung	28
3.5	Grundlagen der Dekomposition von Optimierungsproblemen	29
3.5.1	Vorgehen zur Lösung des Masterproblems	31
3.5.2	Schnittebenen zur Beschreibung des Subproblems	32
4	Modellierung von Hub-and-Spoke-Netzen mit einfacher Zuordnung	35
4.1	Notation	36
4.2	Entwicklung eines mathematischen Optimierungsmodells bei klassischer Zielfunktion	36
4.2.1	Mathematische Modellierung	37
4.2.2	Linearisierungsstrategien	39
4.3	Berücksichtigung von fahrzeugabhängigen Kosten	42
4.3.1	Mathematische Modellierung	43
4.3.2	Linearisierungsstrategien	45
5	Nachfrageschwankungen in Hub-and-Spoke-Netzen mit einfacher Zuordnung	47
5.1	Notation	47
5.2	Zuordnungskonzepte bei der Modellierung von Nachfrageschwankungen	48
5.3	Entwicklung eines mathematischen Optimierungsmodells bei klassischer Zielfunktion	50
5.3.1	Fixierte Zuordnung	50
5.3.2	Variable Zuordnung	52
5.3.3	Deterministisch-äquivalente Formulierung	55
5.4	Berücksichtigung von fahrzeugabhängigen Kosten	56
5.4.1	Fixierte Zuordnung	56
5.4.2	Variable Zuordnung	57
5.4.3	Deterministisch-äquivalente Formulierung	60

6	Dekompositionsverfahren für Hub-Location-Probleme mit einfacher Zuordnung	63
6.1	Entwicklung eines Dekompositionsansatzes bei klassischer Zielfunktion	64
6.1.1	Reformulierung und Dekomposition des Problems	64
6.1.2	Entwicklung eines Schnittebenenverfahrens zur exakten Lösung	66
6.1.3	Algorithmische Umsetzung	69
6.2	Entwicklung eines Dekompositionsansatzes bei fahrzeugabhängigen Kosten	69
6.2.1	Dekomposition des Problems	69
6.2.2	Entwicklung eines Schnittebenenverfahrens zur exakten Lösung	70
6.2.3	Algorithmische Umsetzung	73
7	Analyse der Optimierungsergebnisse	75
7.1	Implementierung	75
7.2	Herkunft der betrachteten Instanzen	76
7.3	Kennzahlen	77
7.4	Rechnergestützte Auswertung bei klassischer Zielfunktion	78
7.4.1	Instanzen ohne Nachfrageschwankungen	78
7.4.2	Instanzen mit Nachfrageschwankungen	83
7.5	Rechnergestützte Auswertung bei fahrzeugabhängigen Transportkosten	89
7.5.1	Instanzen ohne Nachfrageschwankungen	90
7.5.2	Instanzen mit Nachfrageschwankungen	97
8	Zusammenfassung und Ausblick	107
	Literaturverzeichnis	111