

Optimierungsmethoden im Verkehr

8. August 2006

Inhaltsverzeichnis


1	Einführung	2
1.1	Allgemeines	2
1.1.1	Nebenpfad: Teilmatrizen	4
1.2	Abgrenzung und Aufruf	5
2	Optimierungsmethoden im Verkehr	6
2.1	Netze und Anlagen	6
2.2	Individualverkehr	11
2.3	Öffentlicher Verkehr	16
2.4	Güterverkehr	21
2.4.1	Nebenpfad: Teilmatrix: Netzgestaltung	24
2.4.2	Nebenpfad: Teilmatrix: Festlegung geeigneter Standorte	24
2.4.3	Nebenpfad: Teilmatrix: Linienkoordinierung und Netzkoordinierung	24
2.4.4	Nebenpfad: Teilmatrix: Umlaufplanung	24
2.4.5	Nebenpfad: Teilmatrix: Sicherung von Anschlüssen	24


1 Einführung

1.1 Allgemeines

Optimierungsmodelle im Verkehr Viele Aufgaben im Verkehr sind im Grunde Optimierungsprobleme. Als typische Beispiele seien hier die Gestaltung eines Verkehrsnetzes, die Standortplanung von Einrichtungen, die Linienkoordinierung von Lichtsignalanlagen, die Umlegung einer Verkehrsnachfrage auf ein Verkehrsnetz und die Umlaufplanung im ÖV genannt. Bei all diesen Aufgaben lassen sich das System und seine kausalen, zeitlichen oder räumlichen Zusammenhänge zunächst mit Erklärungsmodellen darstellen. Durch die Festlegung der Parameter und die Ergänzung einer mathematisch formulierten Zielsetzung (Zielfunktion) entstehen hieraus Optimierungsmodelle. Zur Lösung dieser Modelle stehen grundsätzlich eine Fülle von Optimierungsmethoden zur Verfügung.

Optimierungsmethoden im Verkehr In diesem Modul finden Sie eine Zusammenstellung von Matrizen, die den derzeitigen Einsatz von Optimierungsmethoden zur Lösung von durch Optimierungsmodellen abgebildeten Aufgaben im Verkehr verdeutlichen sollen. Auf der vertikalen Achse sind die Aufgaben des jeweiligen Anwendungsbereichs aufgetragen (vgl. Modul **Anwendungsbereiche im Verkehr**). Die horizontale Achse bilden die einzelnen Modellgruppen, die zur Lösung von Optimierungsmodellen zur Verfügung stehen (vgl. Modul **Entscheidungs- und Optimierungsprobleme, Modellklasse „Optimierungsmodelle“**).

Matrix (Beispiel) **Anwendungsgebiet**  Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unschärfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
...										
...										
 Details										
...										

Legende In den Zellen der Matrix wird der derzeitige Einsatz der jeweiligen Modellgruppe durch folgende Symbole kenntlich gemacht:

- = Modellgruppe ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.
- ◐ = Modellgruppe ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.
- = Modellgruppe ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.

Desweiteren sind auch die Aufgaben selbst noch einmal hinsichtlich ihres Entwicklungsstands der mathematischen Lösung klassifiziert:

- (1) = Zur Lösung dieser Aufgabe werden Optimierungsmethoden erfolgreich eingesetzt.
- (2) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind Optimierungsmodelle vorhanden, aber in der Praxis noch nicht verbreitet.
- (3) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind noch keine Optimierungsmodelle eingesetzt worden, obwohl eine Modellierung der Aufgabe generell möglich wäre.
- (4) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind nach unseren Erfahrungen noch keine Optimierungsmodelle im Einsatz.
- (5) = Für diese Aufgabe erscheint uns der Einsatz von Optimierungsmodellen derzeit nicht zweckmäßig.

Wenn Sie auf den Link [i](#) Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele klicken, erhalten Sie weitere Informationen zu Erläuterungen, Ziel- und Entscheidungsvariablen sowie Fallbeispielen zu dieser Aufgabe.

Hinter dem Link [i](#) Details verbergen sich detaillierte Teilmatrizen, bei denen zusätzlich zu den Modellgruppen die entsprechenden Methoden aufgeführt sind.

Gliederung Die Gliederung der einzelnen Aufgaben gemäß dem Modul **Anwendungsbereiche im Verkehr** in Planungsgegenstände und Anwendungsbereiche betimmt auch die Gliederung der Matrizen:

- Netze und Anlagen
 - Netz- und Standortplanung
 - Anlagenplanung
- Individualverkehr
 - Strategische Planung des Verkehrsmanagements
 - Operative Betriebsplanung
 - Betriebsdurchführung
- Öffentlicher Verkehr
 - Linienplanung
 - Tourenplanung

- Einsatzplanung
- Betriebsdurchführung
- Güterverkehr
 - Tourenplanung
 - Fahrplanung
 - Einsatzplanung
 - Betriebsdurchführung

Infoseite Wenn Sie auf diesen Link klicken, erhalten Sie weitere Informationen zu

- Erläuterungen,
- Ziel- und Entscheidungsvariablen sowie
- Fallbeispielen

zu dieser Aufgabe.

1.1.1 Nebenpfad: Teilmatrizen

Hinter diesem Link verbergen sich detaillierte Teilmatrizen, bei denen zusätzlich zu den Modellgruppen die entsprechenden Methoden aufgeführt sind.

Modellgruppe A		Modellgruppe B		Modellgruppe C	
Methode a	Methode b	Methode a	Methode a	Methode b	
●	◐	●	◐	◐	

Die Legende zum derzeitige Einsatz der jeweiligen Methoden gilt analog zu den Modellgruppen:

- = Methode ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.
- ◐ = Methode ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.
- = Methode ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.

1.2 Abgrenzung und Aufruf

Abgrenzung Die Klassifizierungen der Aufgaben und die Bewertung des Einsatzes von Optimierungsmethoden zur Lösung der Aufgaben wurden von uns nach besten Wissen und Gewissen vorgenommen. Gleichwohl können und wollen wir **keinen Anspruch auf Vollständigkeit** erheben. Dies trifft insbesondere auf die Aufgaben zu, in denen uns keine in der Praxis eingesetzten Optimierungsmodelle zur Lösung bekannt sind bzw. wir keine publizierten Modelle recherchieren konnten (Klassen 3 und 4).

Aufruf Aus dieser Abgrenzung resultiert denn auch unser Aufruf:
Helfen Sie uns, die Matrizen zu vervollständigen!
Sie kennen weitere Optimierungsmodelle zur Lösung einer Aufgabe, Ihnen ist eine Publikation zur analytischen Lösung der Aufgabe bekannt oder Sie haben vielleicht sogar selber ein Optimierungsmodell entwickelt? Bitte wenden Sie Sich an das Projekt-Team unter info@optim.de. Wir freuen uns auf Ihre Anregungen.

2 Optimierungsmethoden im Verkehr

2.1 Netze und Anlagen

Netz- und Standortplanung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Netzgestaltung (2) ⓘ Details	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Netzkategorisierung (3)								○	●	○
Linienbestimmung (3)									○	
Systemauswahl im Öffentlichen Verkehr (3)									○	
Funktionsgerechte Gestaltung des Straßennetzes (2)								○	○	○
Festlegung geeigneter Standorte von Einrichtungen wie z.B. Schulen, Autobahnmeistereien, Krankenhäuser etc (1) ⓘ Details	●			●				●	●	
Festlegung geeigneter Standorte für Nebenanlagen und für Verknüpfungspunkte im Personenverkehr (1)	●			●				●	●	
Festlegung geeigneter Standorte für Güterverkehrsanlagen (1)	●			●				●	●	
Nachfrageschätzung										
Schätzung von Quelle-Ziel-Beziehungen aus Querschnittswerten (1)		●	●							

Anlagenplanung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unschärfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorith. Geometrie
Trassierung von Strecken im Lageplan, Höhenplan u. Querschnitt (3)		○		○					○	
Festlegung der Kontenpunktgrundform (3)										
Knotenpunktentwurf (3)										
Entwurf von Nebenanlagen und Verknüpfungspunkten (5)										
Entwurf von Nebenanlagen und Güterverkehrsanlagen (3)	○			○				○	○	

Legende



= Modellgruppe ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.



= Modellgruppe ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.



= Modellgruppe ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.

(1) =

Zur Lösung dieser Aufgabe werden Optimierungsmethoden erfolgreich eingesetzt.

(2) =

Zur Lösung dieser Aufgabe sind Optimierungsmodelle vorhanden, aber in der Praxis noch nicht verbreitet.

(3) =

Zur Lösung dieser Aufgabe sind noch keine Optimierungsmodelle eingesetzt worden, obwohl eine Modellierung der Aufgabe generell möglich wäre.

(4) =

Zur Lösung dieser Aufgabe sind nach unseren Erfahrungen noch keine Optimierungsmodelle im Einsatz.

(5) =

Für diese Aufgabe erscheint uns der Einsatz von Optimierungsmodellen derzeit nicht zweckmäßig.

Infoseite Netz- und Standortplanung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Netzgestaltung	Festlegung von Verbindungen (zunächst als Luftlinie) zwischen den Verkehrszellen, Festlegung der Netzgrundformen bei neuen Netzen	Betreiberkosten, Nutzerkosten, Erreichbarkeit	Lage der Knoten und Kanten (multi-modal)	Netzentwurf und Netzoptimierung
Netzkategorisierung	Berücksichtigung der Funktionen Verbindung, Erschließung und Aufenthalt gem. RAS-N/RIN	Erreichbarkeit, Sicherheit, Umweltwirkungen	Kategorie des Verkehrsweges	
Linienbestimmung	Festlegung des Korridors, in dem die Trasse verlaufen soll (Zusammenhänge Umweltverträglichkeitsprüfung)	Kosten, Umweltwirkungen, Streckenlänge	großräumiger Verlauf des Verkehrsweges	
Systemauswahl im Öffentlichen Verkehr (Verkehrsmittel und Betriebsform)	Aufgabe bei der Erschließung von neuen Baugebiete und großen Verkehrserzeugern (Flughäfen, Messe etc.). Verkehrsmittel: Bus, Strab, Stadtbahn, Kabinenbahn, U-Bahn oder S-Bahn Betriebsform: Linien-, Richtungsband- oder Flächenbetrieb	Sicherheit, Kosten, Qualität, Umweltwirkungen einschl. Stad- und Landschaftsbild	ÖV-System	
Funktionsgerechte Gestaltung des Straßennetzes	gem. RAS- ⁸ N/RIN; siehe z. B. RAS-N, EAHV, EAE, ESG, EFA, ERA, (RAST)	Sicherheit, Kosten, Qualität, Stadtbild	Flächenanteile für unterschiedliche Verkehrsmittel, fließenden und ruhenden Verkehr	
Festlegung		Erreichbarkeit,	Lokalisierung	Standortplanung

Infoseite Anlagenplanung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Trassierung von Strecken im Lageplan, Höhenplan u. Querschnitt		Reisegeschwindigkeit, Flächeninanspruchnahme, Massenausgleich zwischen Aushub und Aufschüttungen	Radien, Klothodien, Geraden, Längs- und Querneigung, Anrampungsneigung, Querschnittsbreite	
Festlegung der Knotenpunktgrundform	Entscheidungen über die planfreie, teilplanfreie oder plangleiche Knotenpunktgestaltung sowie die weitere Ausgestaltung, z.B. als Kleeblatt, Trompete, Birne oder als Kreuzung, Einmündung, Kreisverkehr gem. RAS-K-1, RAL-K-2 etc.	Kapazität, Flächeninanspruchnahme	Knotenpunktgrundform und Art der Regelung	
Knotenpunktentwurf	Festlegung der einzelnen Konstruktionselemente in Lageplan und Höhenplan	Kapazität, Kosten, Umweltwirkungen	Anzahl Fahrstreifen in Zufahrten	
Entwurf von Nebenanlagen und Verknüpfungspunkten		Baukosten, Betriebskosten, Kapazität, Flächeninanspruchnahme, Lärm	Lage, Größe, Anbindung, Verkehrsführung, Ausstattung	
Entwurf von Nebenanlagen und Güterverkehrsanlagen		Baukosten, Betriebskosten, Kapazität, Flächeninanspruchnahme, Lärm	Lage, Größe, Anbindung, Verkehrsführung, Ausstattung	

2.2 Individualverkehr

Strategische Planung des Verkehrsmanagements Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Konzeption der Verkehrsführung (3)										
Ermittlung und Bewertung von Netz- und Nachfragezuständen (1)		●	●					●	●	
Strategieentwicklung für das dynamische Verkehrsmanagement (3)			○	○					○	
Planung von ordnungspolitischen Maßnahmen (3)										
Planung von finanzpolitischen Maßnahmen (2)	●									
Planung von technisch-betrieblichen Maßnahmen (3)										
Planung von organisatorischen Maßnahmen (2)			●						●	
Planung von informativischen Maßnahmen (3)										

Operative Betriebsplanung Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Signalprogrammerstellung für einzelne Knotenpunkte (1)	●	●	●			●	●		●	
Linienkoordinierung und Netzkoordinierung (1)  Details	●	●	●			●	●		●	
Erstellung der Steuerungslogik für Streckenbeeinflussungsanlagen (1)						●	●		○	
Erstellung der Steuerungslogik für Netzbeeinflussungsanlagen (3)			○						○	
Erstellung der Steuerungslogik für Knotenpunktbeeinflussungsanlagen (1)									●	

Betriebsdurchführung Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Betrieb von Systemen zur Verkehrsbeeinflussung und Personaleinsatz (2)	●							●		

- Legende
- = Modellgruppe ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.
 - ◐ = Modellgruppe ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.
 - = Modellgruppe ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.
 - (1) = Zur Lösung dieser Aufgabe werden Optimierungsmethoden erfolgreich eingesetzt.
 - (2) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind Optimierungsmodelle vorhanden, aber in der Praxis noch nicht verbreitet.
 - (3) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind noch keine Optimierungsmodelle eingesetzt worden, obwohl eine Modellierung der Aufgabe generell möglich wäre.
 - (4) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind nach unseren Erfahrungen noch keine Optimierungsmodelle im Einsatz.
 - (5) = Für diese Aufgabe erscheint uns der Einsatz von Optimierungsmodellen derzeit nicht zweckmäßig.

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Konzeption der Verkehrsführung	Festlegung der strategischen Netze, Vorrangstraßennetze, Sperrung von Netzelementen für bestimmte Fahrzeugarten (Schwerverkehr, Gefahrguttransporte, Durchgangsverkehr), Abbiegeverbote	Maximales Nutzen-Kosten-Verhältnis	Verkehrsverteilung, Verkehrsaufkommen	
Ermittlung und Bewertung von Netz- und Nachfragezuständen	Ermittlung und Bewertung von Situationen (Netzzustände und Nachfragezustände) mit verkehrsbezogenen Problemen; Unterscheidung von vorhersehbaren (planbaren) und nicht vorhersehbaren Situationen	minimale Gesamtreisezeit im Netz, maximale Effizienz des Gesamtsystems	Verkehrsverteilung, Verkehrsaufkommen, Routenwahl	Schätzung von Herkunfts-/Zielbeziehungen von Gleichgewichtszuständen in Verkehrsnetzen in Verkehrsnetzenetzung von Nachfrageparametern Parameterschätzung für Verkehrslage und Stauprognose
Strategieentwicklung für das dynamische Verkehrsmanagement	Planung von Handlungskonzepten zur Beeinflussung des Verkehrsgeschehens in bestimmten Situationen	minimale Gesamtreisezeit im Netz, maximale Effizienz des Gesamtsystems	Organisation des Verkehrs, Information über das Verkehrsangebot, Steuerung des Verkehrsablaufs, Information über den Verkehrsablauf	
Planung von ordnungspolitischen Maßnahmen	Planung von Zufahrtbeschränkungen (Zeit, Nutzer, Fahrzeuge), Beschränkungen der Parkdauer, ¹³ Bewohnerparken	minimale Verkehrsbelastungen insensiblen Gebieten	Geltungsbereich, Stellplatzanzahl	
Planung von finanzpolitischen Maßnahmen	Festlegung von Zeitraum, Höhe und Staffelung der Parkgebühren, Stell-	gleichmäßige Auslastung der Parkierungsanlagen	Geltungsbereich, Höhe und Staffelung der Gebühren und Tarife	

Infoseite	Operative Betriebsplanung		Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
	Aufgabe	Erläuterung			
	Signalprogrammerstellung für einzelne Knotenpunkte		minimale Verlustzeit, minimale Anzahl Halte	Umlaufzeit, Versatzzeit, Grünzeitananteil, Phaseneinteilung, Phasenfolge	
	Linienkoordinierung und Netzkoordinierung	detaillierte Signalprogrammplanung für eine Knotenpunktfolge (Grüne Welle) oder ein Netz	minimale Verlustzeit, minimale Anzahl Halte	Umlaufzeit, Freigabezeit, Freigabezeitanteil, Freigabezeitversatz, Progressionsgeschwindigkeit, Phaseneinteilung, Phasenfolge	Koordinierte Lichtsignalsteuerung
	Erstellung der Steuerungslogik für Streckenbeeinflussungsanlagen		minimale Gesamtreisezeit im Netz	Fahrverbot, Höchstgeschwindigkeit, Überholverbot, Fahrstreifenfreigabe	
	Erstellung der Steuerungslogik für Netzbeeinflussungsanlagen		minimale Gesamtreisezeit im Netz	angezeigte Routenempfehlung	Steuerung von Wechselwegweisern
	Erstellung der Steuerungslogik für Knotenpunktbeeinflussungsanlagen	Erstellung der Steuerungslogik für Anlagen zur Rampenzufusssteuerung	minimale Gesamtreisezeit im Netz	Umlaufzeit der LSA an der Zufahrtsrampe	Zufussregelungsanlagen

Infoseite Betriebsdurchführung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Betrieb von Systemen zur Verkehrsbeeinflussung und Personaleinsatz	Erfassung, Aufbereitung, Analyse, Prognose, Bewertung, Verbreitung und Speicherung von Daten der Verkehrslage und der Umfelfeinflüsse; Steuerung der Systeme	minimale Abweichung der detektierten von den tatsächlichen Verkehrsstärken		

2.3 Öffentlicher Verkehr

Linienplanung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Festlegung des Liniennetzes und Linienweges (2)			●			●			●	
Festlegung der Betriebsform (3)									○	

Fahrplanung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Festlegung des Bedienungszeitraums										
Festlegung der Fahrzeitvorgaben (1)					●					
Festlegung der Fahrzeugfolgezeit bzw. des Taktes (2)	●		●			●			●	
Festlegung der Abfahrtszeiten (1)	●							●	●	

Einsatzplanung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Umlaufplanung (1) ⓘ Details	●		●						●	
Dienstplanung (1)	●		●						●	
Turnusplanung (1)	●								●	

Betriebsdurchführung ⓘ Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unscharfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorithm. Geometrie
Steuerung von Bedarfsbussen (1)									●	
Sicherung von Anschlüssen (2) f Details		◐	◐	◐		◐			◐	
Prognose der Fahrzeiten / Ankunftszeiten (3)										
Linienweg- und Fahrplanänderungen bei Störungen (2)									◐	
Umlaufanpassung bei Störungen (2)									◐	

- Legende
- = Modellgruppe ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.
 - ◐ = Modellgruppe ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.
 - = Modellgruppe ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.
 - (1) = Zur Lösung dieser Aufgabe werden Optimierungsmethoden erfolgreich eingesetzt.
 - (2) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind Optimierungsmodelle vorhanden, aber in der Praxis noch nicht verbreitet.
 - (3) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind noch keine Optimierungsmodelle eingesetzt worden, obwohl eine Modellierung der Aufgabe generell möglich wäre.
 - (4) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind nach unseren Erfahrungen noch keine Optimierungsmodelle im Einsatz.
 - (5) = Für diese Aufgabe erscheint uns der Einsatz von Optimierungsmodellen derzeit nicht zweckmäßig.

Infoseite Linienplanung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Festlegung des Liniennetzes und Linienweges	Festlegung des Liniennetzes und der Haltestellen sowie Festlegung des Linienweges (Haltestellenfolge)	minimale Umsteigehäufigkeit, minimaler Fahrzeugbedarf	Anzahl Linien, Linienlänge, Linienfahrzeit	Integrierte Linien- und Taktfahrplanung
Festlegung der Betriebsform	Auswahl eines festen Linienbetriebs, Tourenbetriebs oder flexibler Betriebsweisen (Rufbus, Anrufsammeltaxi)	maximales Einzugsgebiet, minimaler Fahrzeugbedarf	Starre oder flexible Bedienweise	

Infoseite Fahrplanung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Festlegung des Bedienungszeitraums				
Festlegung der Fahrzeitvorgaben	Festlegung der Regelfahrzeiten	maximale Fahrgeschwindigkeit, minimaler Energieverbrauch, geringe Verspätungswahrscheinlichkeit	Regelfahrzeit zwischen Haltestellen, Haltestellenaufenthaltszeiten, Wendezeiten	
Festlegung der Fahrzeugfolgezeit bzw. des Taktes		optimale Fahrzeugauslastung, angemessene Angebotsqualität	Fahrzeugfolgezeit für verschiedene Tageszeiten	Integrierte Linien- und Taktfahrplanung
Festlegung der Abfahrtszeiten		minimale Übergangszeiten, maximale Anschlussicherheit	Abfahrtszeitpunkt an der Starthaltestelle	

Infoseite	Einsatzplanung				
	Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
	Umlaufplanung	Zuordnung der Fahrpläne zu Fahrzeugen	minimaler Fahrzeugbedarf, minimale Umsetzfahrten, minimale Fahrzeugkosten	Zuordnung Fahrt zu Umlauf	Umlaufplanung für den ÖV
	Dienstplanung	Zuordnung der Fahrzeugfahrten zu Fahrern	minimale bezahlte Dienstzeiten, zusammenhängende Dienste, minimale Personalkosten	Zuordnung Fahrzeugfahrt zu Dienst	
	Turnusplanung	Festlegung der Dienstreihenfolge	Gleichmäßige Verteilung der mittleren Dienstzeit, Einhaltung rechtlicher Vorgaben	Folge von Tagesdiensten	

Infoseite Betriebsdurchführung

Aufgabe	Erläuterung	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Steuerung von Bedarfsbussen Sicherung von Anschlüssen Prognose der Fahrzeiten / Ankunftszeiten		minimale Fahrzeugkilometer minimale Umsteigewartezeit	Linienweg (Haltestellenfolge) Abfahrtszeitpunkt	Anschlussicherung von Folgelinien
Linienweg- und Fahrplanänderungen bei Störungen	Festlegung von zweckmäßigen Umleitungen, Durchfahrten ohne Halt, Fahrtstornierungen	minimale Reisezeiten für Fahrgäste, minimale Dienstzeitverlängerung, minimale Anzahl Ersatzfahrzeuge	Linienweg (Haltestellenfolge), Abfahrtszeiten	
Umlaufanpassung bei Störungen	Festlegung von Kurzwenden	minimale Reisezeiten für Fahrgäste, minimale Dienstzeitverlängerung	Wendehaltestellen	

2.4 Güterverkehr

i Erläuterungen, Ziel- u. Entscheidungsvariablen, Fallbeispiele

Anwendungsbereich	Aufgabe	Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Ganzz. Opt.	Opt. bei mehrf. Zielsetz.	Stoch. Opt.	Dynm. Opt.	Unschärfe Opt.	Graphen-opt.	Heurist.	Algorith. Geometrie
Linienplanung											
	Festlegung des Liniennetzes und Linienweges (4)										
	Festlegung der Verkehrsmittel, der Art von Transporteinheiten sowie der Betriebsform										
Tourenplanung											
	Planung der Touren und Routen im Güterverkehr (1)			●						●	
Einsatzplanung											
	Planung des Fahrzeugeinsatzes und des Personaleinsatzes (4)										
	Disposition von Straßengüterfahrzeugen sowie Lokomotiven und Waggons im Schienengüterverkehr (4)										
	Planung des Leerwagenausgleichs im schienengebundenen Güterverkehr und des Umlaufs von Behältern (4)										
Betriebsdurchführung											
	Steuerung des Fahrzeugeinsatzes und des Personaleinsatzes im Regelbetrieb sowie bei Störfällen (4)										

- Legende
- = Modellgruppe ist Stand der Technik. Sie wird in der Praxis erfolgreich zur Lösung angewendet.
 - ◐ = Modellgruppe ist Stand der Wissenschaft. Eine Umsetzung in die Praxis ist aber noch nicht erfolgt.
 - = Modellgruppe ist zur Lösung noch nicht Stand der Wissenschaft. Sie könnte nach unserer Erfahrung jedoch zur Lösung der Optimierungsaufgabe geeignet sein.

- (1) = Zur Lösung dieser Aufgabe werden Optimierungsmethoden erfolgreich eingesetzt.
- (2) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind Optimierungsmodelle vorhanden, aber in der Praxis noch nicht verbreitet.
- (3) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind noch keine Optimierungsmodelle eingesetzt worden, obwohl eine Modellierung der Aufgabe generell möglich wäre.
- (4) = Zur Lösung dieser Aufgabe sind nach unseren Erfahrungen noch keine Optimierungsmodelle im Einsatz.
- (5) = Für diese Aufgabe erscheint uns der Einsatz von Optimierungsmodellen derzeit nicht zweckmäßig.

Infoseite Güterverkehr

Anwendungsbereich	Aufgabe	Typische Zielvariablen	Typische Entscheidungsvariablen	Zugehöriges Fallbeispiel
Linienplanung	Festlegung des Liniennetzes und Linienweges	Minimale Kosten, minimale Reisezeit, minimale Fahrzeuganzahl	Netzform (Ringnetz, Rasternetz, Direktverkehrsnetz, Nabe-Speiche-System), Liniennlänge, Linienführung, Linienbündelung, Linienaufteilung	
	Festlegung der Betriebsform	Minimale Kosten	Straße, Schiene, Kombiniertes Verkehr; Container, Stückgut, Massengut	
Tourenplanung	Planung der Touren und Routen im Güterverkehr	Minimale Gesamtkosten, Minimale Tourenanzahl, Minimale Gesamttourenlänge, Minimale Fahrzeit, Minimale Fahrzeugzahl	knotenorientierte Modellierung: Folge der angefahrenen Knoten kantenorientierte Modellierung: Zuordnung von Kanten	
Einsatzplanung	Planung des Fahrzeugeinsatzes und des Personaleinsatzes	Minimale Kosten	Zuordnung von Fahrern bzw. Fahrzeugen zu Touren	
	Disposition von Straßengüterfahrzeugen sowie Lokomotiven und Waggons im Schienengüterverkehr	Minimale Kosten	Standort, Anzahl, Art	
	Planung des Leerwagenausgleichs im schienengebundenen Güterverkehr und des ²³ Umlaufs von Behältern	Minimale Kosten	Standort, Anzahl, Art und Zuladung der verfügbaren Güterwagen	
Betriebsdurchführung	Planung des Fahrzeugeinsatzes und des Personaleinsatzes	Minimale Reisezeit	Routenwahl, Fahrtantrittszeitpunkt, Auslastung	

2.4.1 Nebenpfad: Teilmatrix: Netzgestaltung

Lineare Opt.	Nichtlin. Opt.	Graphenopt.				Heuristiken			Algorithm. Geometrie	
Simplexverfahren	Verfahren der Konvexen Kombination	Maximalflussalgorithmen	Minimalkosten-Flussalgorithmen	Kürzeste-Wege-Algorithmen	Minimalgerüst-Algorithmen	Genetische Algorithmen	Simulated Annealing	Reduktionsverfahren	Voronoi-Diagramm	Delaunay-Triangulation
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Siehe auch Fallbeispiel: Netzentwurf und Netzoptimierung

2.4.2 Nebenpfad: Teilmatrix: Festlegung geeigneter Standorte

Siehe auch Fallbeispiel: Standortplanung

2.4.3 Nebenpfad: Teilmatrix: Linienkoordinierung und Netzkoordinierung

Lineare Opt.	Ganzz. Opt.	Heuristiken	
Simplexverfahren	Branch and Bound	Nachbarschaftssuche: Hillclimbing	
●	●	●	
			●

Siehe auch Fallbeispiel: Koordinierte Lichtsignalsteuerung

2.4.4 Nebenpfad: Teilmatrix: Umlaufplanung

Lineare Opt.	Ganzz. Opt.		Graphenopt.	Heuristiken	
Simplexverfahren	Branch and Bound	Branch and Price: Column Generation	Minimalkosten-Flussalgorithmen: Out-of-Kilter Algorithmus	Nachbarschaftssuche: Hillclimbing	Genetische Algorithmen
●	●	●	●	●	●

Siehe auch Fallbeispiel: Umlaufplanung für den ÖV

2.4.5 Nebenpfad: Teilmatrix: Sicherung von Anschlüssen

Ganzz. Opt.		Heuristiken	
Branch and Bound	Branch and Cut	Simulated Annealing	
●	●	●	
			●

Siehe auch Fallbeispiel: Anschlusssicherung