

VDI-Buch

Lars Schnieder

Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr

Ziele, Methoden, Konzepte

2. Auflage

VDI

 Springer Vieweg

VDI-Buch

Lars Schnieder

Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr

Ziele, Methoden, Konzepte

2. Auflage



Springer Vieweg

Lars Schnieder
ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH
Braunschweig, Deutschland

VDI-Buch

ISBN 978-3-662-57317-4

ISBN 978-3-662-57318-1 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57318-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2015, 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Das vorliegende Buch zur Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) stellt die planerischen Aufgaben von Verkehrsunternehmen systematisch in ihrem gesamten Zusammenhang dar.

Ziel des vorliegenden Buches ist eine ganzheitliche und strukturierte Darstellung der einzelnen Planungsschritte und ihrer Ergebnisse. Dies offenbart das komplexe und eng miteinander verwobene Gefüge der Planungsaufgaben mit ihren einander teilweise widerstrebenden Zielstellungen. Der Darstellung in diesem Buch liegt ein grundlegendes Verständnis der Betriebsplanung als kybernetischer Prozess zu Grunde. Demnach sind die Aktivitäten der Betriebsplanung, -durchführung und -kontrolle zu einem zielorientierten Gesamtgefüge verknüpft.

Unter dem Begriff des öffentlichen Personennahverkehrs werden verschiedene Verkehrsträger subsummiert. Ihr Betrieb unterliegt unterschiedlichen Randbedingungen und einer großen Bandbreite systemspezifischer Störeinflüsse. Ein Vergleich im Sinne einer Betrachtung differenzbildender Merkmale der Verkehrsträger und deren Einfluss auf die Betriebsplanung liefert nicht nur Erkenntnisgewinn, sondern trägt wesentlich zu einem besseren Verständnis der planerischen Aufgaben im öffentlichen Personennahverkehr bei.

Das vorliegende Buch schließt die bestehende Lücke in der Literatur indem es bestehende Ansätze zusammenfasst und sie einander vergleichend gegenüberstellt. Inhalt und Gestaltung des Buches basieren auf der seit dem Wintersemester 2010/2011 an der Karl-Scharfenberg-Fakultät der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften für den Studiengang Personenverkehrsmanagement (PVM) von mir durchgeführten Vorlesung *Betriebsplanung*. Des Weiteren flossen in die Ausarbeitung dieses Scripts die Erfahrungen aus meiner industriellen Tätigkeit bei Siemens Industry Mobility Rail Automation sowie meiner wissenschaftlichen Tätigkeit am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), insbesondere in der Leitung der Abteilung *Intermodalität und ÖPNV*, mit ein.

Der Braunschweiger Verkehrs-GmbH sei für die Erlaubnis gedankt, Grafiken für die Darstellung von Dispositionsstrategien in diesem Buch verwenden zu dürfen. Den Firmen Mentz Datenverarbeitung GmbH und der Init AG möchte ich für die von Ihnen zur Darstellung planerischer Prozesse im öffentlichen Personennahverkehr bereitgestellten Abbildungen danken.

Dem Interesse der Leser ist es zu danken, dass dieses Buch nun in der zweiten Auflage vorliegt. In der aktuellen Auflage wurden eben einigen Aktualisierungen zur Anpassung an den Stand der Technik auch eine Reihe von Ergänzungen vorgenommen. Hierbei fanden Anregungen aus dem Leserkreis Berücksichtigung. Vorschläge für weitere Verbesserungen und Hinweise auf Fehler sind jederzeit willkommen.

Meiner Frau Juliane und unseren Zwillingen Clara Catherine und Christian Frederik widme ich dieses Buch.

Braunschweig, Deutschland

15. Juni 2018

Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AFZS	Automatische Fahrgast Zählsysteme
ArbZG	Arbeitszeitgesetz
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BHLS	Bus with a high level of service
BHNS	bus à haut niveau de service
BOKraft	Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
BRT	Bus Rapid Transit
EBIT	Earnings before interests and taxes (Gewinn vor Zinsen und Steuern)
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EFPV	Eisenbahn-Fahrpersonalverordnung
EIBV	Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung
FPersG	Fahrpersonalgesetz
FPersV	Fahrpersonalverordnung
HVZ	Hauptverkehrszeit
ITCS	Intermodal Transport Control System (rechnergestütztes Betriebsleitsystem)
ITF	integraler Taktfahrplan
LLE	Linienleistungs- und -erfolgsrechnung
MIV	motorisierter Individualverkehr
NNVG	Niedersächsisches Nahverkehrsgesetz
NVZ	Normalverkehrszeit
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	öffentlicher Straßenpersonennahverkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
Pkw	Personenkraftwagen
QSV	Qualitätsstufen des Verkehrs
RegG	Regionalisierungsgesetz
ROCE	Return on capital employed
SPNV	Schienenpersonennahverkehr

StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
TVG	Tarifvertragsgesetz
SVZ	Schwachverkehrszeit

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung, Begriffsbestimmungen	1
1.1	Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)	1
1.2	Betrieb	2
1.3	Planung	5
1.3.1	Planung im kybernetischen Grundmodell	6
1.3.2	Inhaltlicher Bezug der Planung	7
1.3.3	Räumlicher Bezug der Planung	11
1.3.4	Zeitlicher Bezug der Planung	12
1.3.5	Methoden der Planung	13
1.3.6	Werkzeuge der Planung	14
1.4	Gliederung	16
	Literatur	18
2	Netzplanung	21
2.1	Haltestellenplanung	21
2.1.1	Ziele der Haltestellenplanung	23
2.1.2	Vorgehensweise der Haltestellenplanung	24
2.2	Linienbildung	32
2.2.1	Ziele der Linienbildung	32
2.2.2	Linienformen nach verkehrlicher und betrieblicher Funktion	34
2.2.3	Linienformen nach räumlicher Ausdehnung	35
2.2.4	Linienformen nach räumlich-geometrischer Anordnung	36
2.3	Netzbildung	38
2.3.1	Ziele der Netzbildung	38
2.3.2	Netzgrundformen	39
2.3.3	Zusammengesetzte Netzformen	40
	Literatur	42
3	Kapazitätsplanung	45
3.1	Ziele der Kapazitätsplanung	45
3.2	Vorgehensweise der Kapazitätsplanung	47

3.2.1	Erhebung der realisierten Nachfrage	47
3.2.2	Beschreibung der Stärke und Struktur der Nachfrage	53
3.2.3	Kenngößen der Kapazitätsplanung	57
3.2.4	Vorgaben zur Beförderungsqualität	59
3.3	Gefäßgrößen in Verkehrssystemen	61
3.3.1	Gefäßgrößen in Busverkehrssystemen	61
3.3.2	Gefäßgrößen in Schienenverkehrssystemen	67
	Literatur	73
4	Fahrlagenplanung	77
4.1	Ziele der Fahrlagenplanung	78
4.2	Fahrlagenplanung vom Straßenverkehr unabhängiger Verkehrsmittel	80
4.2.1	Zeitanteile im Fahrplan vom Straßenverkehr unabhängiger Verkehrsmittel	80
4.2.2	Fahrzeitermittlung vom Straßenverkehr unabhängiger Verkehrsmittel	82
4.3	Fahrlagenplanung im Straßenverkehr verkehrender Verkehrsmittel	85
4.3.1	Zeitanteile im Fahrplan im Straßenverkehr verkehrender Verkehrsmittel	85
4.3.2	Fahrzeitermittlung im Straßenverkehr verkehrender Verkehrsmittel	89
4.4	Anschlüsse als zeitliche Verknüpfung von Fahrlagen im Liniennetz	92
4.4.1	Ziele der Anschlussplanung	93
4.4.2	Anschlussarten in öffentlichen Verkehrssystemen	94
4.4.3	Fahrplanmäßige Anschlusssicherung	97
4.4.4	Betriebliche Anschlusssicherung	98
4.5	Qualitätsstufen von Fahrplankonzepten	101
	Literatur	104
5	Fahrzeugeinsatzplanung	107
5.1	Ziele der Fahrzeugeinsatzplanung	107
5.2	Qualitative Planung des Fahrzeugeinsatzes	110
5.2.1	Technische Randbedingungen des Fahrzeugeinsatzes im Schienenverkehr	110
5.2.2	Technische Randbedingungen des Fahrzeugeinsatzes im Straßenverkehr	113
5.3	Quantitative Planung des Fahrzeugeinsatzes zur Personenbeförderung	116
5.4	Quantitative Planung von Fahrzeugreserven	119
5.4.1	Grundbegriffe der Instandhaltung	119
5.4.2	Definitionen zu Fahrzeugreserven	121
5.4.3	Berechnungsverfahren für Fahrzeugreserven	122
	Literatur	126

6	Personaleinsatzplanung	129
6.1	Ziele der Personaleinsatzplanung	129
6.2	Rechtliche Randbedingungen der Personaleinsatzplanung	134
6.3	Planung des Personaleinsatzes für die Personenbeförderung	136
6.3.1	Bildung einzelner Dienste	136
6.3.2	Bildung einer Dienstreihenfolge	140
6.3.3	Anpassung der Personalpräsenz an die Umlaufmasse	144
6.4	Planung des Personaleinsatzes für die Instandhaltung	148
	Literatur	152
7	Disposition in der Betriebsabwicklung	155
7.1	Ziele der Disposition	156
7.2	Dispositive Maßnahmen bei Unterbrechung des Laufweges	157
7.2.1	Einrichtung eines Gleiswechselbetriebs	158
7.2.2	Einrichtung eines Kehrbetriebs	160
7.2.3	Einrichtung eines Betriebs mit Stichfahrten	161
7.2.4	Einrichtung eines Pendelbetriebs	162
7.2.5	Einrichtung eines Schienenersatzverkehrs	164
7.2.6	Einrichtung von Umleitungsverkehren	169
7.3	Dispositive Maßnahmen bei Verspätungen	170
7.3.1	Disposition mit Ersatzfahrzeugen (Einsetzen von Reservezügen)	171
7.3.2	Disposition ohne Ersatzfahrzeuge (Abkehren von Folgezügen)	171
7.3.3	Disposition ohne Ersatzfahrzeuge (Intervallregelung)	172
7.3.4	Aufgabe von Anschlussbeziehungen	173
7.4	Dispositive Maßnahmen bei Kapazitätsengpässen	174
7.5	Dispositive Maßnahmen bei Personalausfall	175
7.6	Dispositive Maßnahmen bei Fahrzeugausfall	176
	Literatur	176
8	Betriebliches Controlling	179
8.1	Ziele des betrieblichen Controllings in Verkehrsunternehmen	179
8.2	Strategische Steuerung von Verkehrsunternehmen mit Kennzahlen	180
8.3	Rechnungswesenorientierte Controllingwerkzeuge	181
8.4	Qualitätsorientierte Controllingwerkzeuge	184
8.4.1	Perspektive des Fahrgastes	185
8.4.2	Perspektive des Verkehrsunternehmens	187
8.4.3	Perspektive des Aufgabenträgers	188
	Literatur	189
	Sachverzeichnis	191

Die Betriebsplanung des öffentlichen Personennahverkehrs ist ein komplexes und umfassendes Arbeitsgebiet. In diesem einführenden Kapitel werden die drei diesen Begriff konstituierenden Teilbegriffe präzisiert. Dies schafft grundlegendes Verständnis für die folgenden Kapitel dieses Buches. Dieses einführende Kapitel beginnt mit einer Abgrenzung des *öffentlichen Personennahverkehrs* (ÖPNV) gegenüber anderen Verkehrsarten (vgl. Abschn. 1.1). Im weiteren Verlauf wird in Abschn. 1.2 erläutert, welche unternehmerischen Teilprozesse unter dem *Betrieb* eines Verkehrssystems subsummiert werden. Diese Teilprozesse werden selbst zum Gegenstand dedizierter Planungsaktivitäten. Abschn. 1.3 spannt daher das komplexe Begriffssystem der *Planung* auf.

1.1 Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Als öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) wird in den grundlegenden gesetzlichen Regelungen die allgemein zugängliche Beförderung von Personen mit Verkehrsmitteln im Linienverkehr bezeichnet, die „überwiegend dazu bestimmt [ist], die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen“ [VDV06a]. Charakteristisch ist hierbei, dass die Mehrzahl der Beförderungsfälle die gesamte Reiseweite von 50 km oder die gesamte Reisezeit eine Stunde nicht übersteigt (vgl. § 2 RegG sowie § 8 Abs. 1 und 2 PBefG). Öffentlicher Personennahverkehr ist der Oberbegriff des öffentlichen Personennahverkehrs auf Straße und Schiene [Bau13]. Der ÖPNV wird in den öffentlichen Straßenpersonennahverkehr (ÖSPV) und den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) unterschieden.

Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr (ÖSPV) ist als Teil des ÖPNV die allgemein zugängliche Beförderung von Personen in Kraftfahrzeugen, Straßenbahnen (hierzu gehören auch Hoch-, Untergrund-, Schwebbahnen und ähnliche Bahnen besonderer Bauart) und Oberleitungsbussen [VDV06a]. Für diese Ausprägung des ÖPNV ist charakteristisch, dass die Fahrzeuge vollständig oder teilweise den Verkehrsraum öffentlicher Straßen mit

benutzen. Hieraus ergeben sich durch den allgemeinen Kraftfahrzeugverkehr hervorgerufene Behinderungen im Betriebsablauf. Die planerischen Prozesse unterscheiden sich daher bei diesen Verkehrsmitteln insbesondere hinsichtlich der Planung der Fahrlagen deutlich vom SPNV (vgl. Fahrlagenplanung in Kap. 4). Die Rechtsgrundlage für den Betrieb dieser Verkehrssysteme ergibt sich aus dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG) sowie die zu dessen inhaltlicher Konkretisierung erlassenen Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft) und die Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab).

Schienerpersonennahverkehr (SPNV) umfasst als Teil des ÖPNV die allgemein zugängliche Beförderung von Personen in Eisenbahnzügen [VDV06a]. Hierunter fallen beispielsweise Stadtschnellbahnen (S-Bahnen) und Züge des Regionalverkehrs. Für diese Ausprägung des ÖPNV ist charakteristisch, dass die Fahrzeuge unabhängig vom Verkehrsraum öffentlicher Straßen verkehren. Insofern ergeben sich hier keine Behinderungen durch den allgemeinen Kraftfahrzeugverkehr. Die Rechtsgrundlage für den Betrieb ergibt sich in diesem Fall aus dem allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG), welches durch die ergänzend erlassene Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung (EBO) konkretisiert wird. Eine Sonderstellung nehmen in dieser Systematik die U-Bahnen ein. Rechtlich gesehen sind sie dem öffentlichen Straßenpersonennahverkehr zuzuordnen, da ihr Bau und Betrieb nach der Verordnung über den Bau und den Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) erfolgt. Hinsichtlich ihrer betrieblichen Charakteristika weisen sie jedoch eine größere Nähe zu den Bahnen des SPNV auf, da bei ihnen in der Betriebsabwicklung Störeinflüsse durch den allgemeinen Kraftfahrzeugverkehr fehlen.

1.2 Betrieb

Der Ausdruck *Betrieb* bezeichnet die „Gesamtheit aller Maßnahmen eines Verkehrsunternehmens, die der Personen- und Güterbeförderung dienen“ [VDV06a]. An den Betrieb eines Verkehrssystems werden die folgenden übergeordneten Anforderungen gestellt [Lin02]:

- *Sicherheit*: Nach den Regelungen des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) hat das Verkehrsunternehmen die Sicherheit des Betriebs (*Betriebssicherheit*) aufrecht zu erhalten (gleichlautend hierzu das Allgemeine Eisenbahngesetz, AEG). Nähere Details hierzu werden in den diese Rechtsakte konkretisierenden Verordnungen (BOStrab, BOKraft, EBO) sowie den betrieblichen Regelwerken der Verkehrsunternehmen geregelt. Betriebsanlagen und Fahrzeuge müssen so beschaffen sein, dass sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn Betriebsanlagen und Fahrzeuge nach den Vorschriften der jeweils gültigen Verordnungen, möglichen von der Technischen Aufsichtsbehörde und der Genehmigungsbehörde getroffenen Anordnungen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gebaut sind und betrieben werden. Wird die Sicherheit des Betriebs nicht gewährleis-

tet, kann die Aufsichtsbehörde Genehmigungen für die Personenbeförderung versagen. Insbesondere in Ballungsräumen gilt der ÖPNV als eine Dienstleistung, deren Ausfall oder Beeinträchtigung zu erheblichen Versorgungsengpässen führen kann (sie sind Kritische Infrastrukturen). Daher ist über die zuvor dargestellte *Betriebsicherheit* hinaus auch eine *Angriffssicherheit* erforderlich. Dies bedeutet, dass die Verkehrsunternehmen angemessene organisatorische und technische Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen der Verfügbarkeit, Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit derjenigen informationstechnischen Systeme treffen müssen die für die Funktionsfähigkeit der von den Verkehrsunternehmen betriebenen Kritischen Infrastruktur maßgeblich sind.

- *Verlässlichkeit*: Den Fahrgast interessiert die Verlässlichkeit der Verkehrssysteme. Er interpretiert die Verlässlichkeit dahingehend, alle ihm vorher zugänglichen Angaben über Weg, Zeit und Kosten bei der Umsetzung seiner Reiseabsicht tatsächlich bestätigt zu finden. Im öffentlichen Personennahverkehr erwartet der Fahrgast im Wesentlichen die Pünktlichkeit der Verkehrsmittel und die Sicherstellung der Einhaltung von Anschlüssen. Bei Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf ist eine frühzeitige, umfassende und korrekte Information erforderlich und dem Kunden auf diese Art die Gewissheit zu vermitteln, dass dieser sein Reiseziel trotz bestehender Störungen auch tatsächlich erreichen kann. Des Weiteren müssen auch Tarifangaben korrekt und in verständlicher Form dargeboten werden [FGSV04].
- *Wirtschaftlichkeit*: In Zeiten zunehmend wirksam werdender Schuldenbremsen der öffentlichen Hand wird das Interesse an einer wirtschaftlichen Verkehrsgestaltung zunehmend größer. Zentrales Ziel ist es hierbei, die Kosten der Verkehre möglichst durch ihre Erträge zu decken und die öffentlichen Haushalte möglichst wenig für Ausgleichszahlungen zu belasten. Verkehrsunternehmen müssen deshalb bei jeder kostenauslösenden Maßnahme das Kosten-Nutzen-Verhältnis betrachten. Ein Beispiel hierfür ist das Verfahren zur standardisierten Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs als Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Untersuchung von ÖPNV-Projekten in Deutschland. Darüber hinaus sind die Verkehrsunternehmen verpflichtet, ihre Beschaffungsvorgänge nach vergaberechtlichen Kriterien zu gestalten und durchzuführen [VBM13].

Verkehrsunternehmen sind sowohl durch Gesetze (beispielsweise im Rahmen der Betriebspflicht nach § 21 PBefG) als auch durch einen mit dem Aufgabenträger (von den Bundesländern benannter Planungsträger, der für die ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen erforderlich ist) bestehenden Verkehrsvertrag verpflichtet, den Betrieb des Verkehrssystems während der Dauer der Genehmigung auch tatsächlich aufzunehmen. Wird der geplante Betrieb auf der Grundlage der an die Fahrgäste publizierten Informationen tatsächlich realisiert, wird dies als *Regelbetrieb* bezeichnet [SW12]. Abweichungen vom Regelbetrieb werden als *Betriebsstörung* bezeichnet. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn technische Einrichtungen gestört sind, gefährliche Ereignisse eingetreten sind oder sonstige Unregelmäßigkeiten auf den Fahrzeugen oder an den Fahrwegen bemerkt wurden. Zum anderen sind Verkehrsunternehmen gesetzlich oder durch einen

Verkehrsvertrag verpflichtet, den genehmigten Betrieb während der Zeitdauer der Genehmigung aufrecht zu erhalten. Die Betreiber müssen daher einen Satz dispositiver, organisatorischer und technischer Maßnahmen zur Gewährleistung einer zumindest reduzierten Betriebsleistung während der Zeitdauer einer betrieblichen Störung vorsehen. Darüber hinaus sind Maßnahmen zu planen, durch die eine schnellstmögliche Rückkehr des Verkehrssystems in den störungsfreien Betriebszustand (Regelbetrieb) erreicht werden kann.

Mischbetrieb bezeichnet einen Betrieb mit unterschiedlichen Fahrzeugen. Beispiele hierfür sind der parallele Einsatz von Schienenfahrzeugen mit verschiedenen Traktionsarten (beispielsweise Diesel- oder Elektrofahrzeuge), abweichenden fahrdynamischen Möglichkeiten (beispielsweise Beschleunigungswerte) sowie differierenden Einstieghöhen (zum Beispiel Hochflur- oder Niederflurfahrzeuge, vgl. Abschn. 5.1), verschiedenen Betriebsweisen (zum Beispiel im Sinne unterschiedlicher Geschwindigkeiten und Haltestellenabstände) oder voneinander abweichenden Regelwerken auf demselben Verkehrsweg. Aus dieser gemeinsamen Beanspruchung eines Verkehrsweges durch unterschiedliche Verkehrsmittel resultieren Nutzungskonflikte. Diese bedürfen im Rahmen der Betriebsplanung besonderer Aufmerksamkeit [Val03]. Der Gegensatz zum Mischbetrieb ist der *artreine Betrieb*, der sich durch einen hinsichtlich der betrieblichen Randbedingungen (siehe oben) einheitlichen Fahrzeugeinsatz auszeichnet. Die Unterscheidung zwischen artreinem Betrieb und Mischbetrieb verdeutlicht, dass insbesondere bei einem Mischbetrieb ein erhöhter Abstimmungsbedarf in der Planung betrieblicher Abläufe zwischen den beteiligten Partnern erforderlich ist, um die Sicherheit, Verlässlichkeit und Wirtschaftlichkeit des Betriebs zu gewährleisten [Val03].

Für den Betrieb eines Verkehrssystems werden *Betriebsmittel (Ressourcen)* benötigt, worunter die Verkehrsmittel (Fahrzeuge), die Verkehrsweginfrastruktur (Fahrwege) und das Personal subsummiert werden [Sch07]. Um einen Betrieb zu ermöglichen, müssen geeignete und ausreichende Ressourcen zur Verfügung stehen. Demnach wird mit dem Ausdruck *Betrieb* ein weitreichender Begriffsumfang assoziiert, welcher die folgenden Aspekte umfasst:

- *Verkehrsmittel (Fahrzeuge)* müssen in ausreichender Zahl und in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Dies schließt sämtliche Aktivitäten zur Aufrechterhaltung ihres betriebsfähigen Zustands mit ein (Instandhaltungsorganisation). In der Durchführung des Betriebs sind die Fahrzeuge abzufertigen und zu führen.
- *Verkehrsweginfrastruktur (Fahrwege)* müssen in betriebs sicherem Zustand vorgehalten werden. Insbesondere im Schienenverkehr sind die Fahrwege einzustellen und zu sichern.
- *Personal* muss in ausreichender Zahl und mit geeigneter Qualifikation vorhanden sein. Hierfür sind Maßnahmen zur Personalgewinnung sowie zur Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter zu planen.

Je nachdem, welches Verkehrsmittel betrachtet wird, liegen für die ersten beiden Punkte der zuvor genannten Aufzählung spezifische Benennungen vor [VDV06a]. Beim Be-

trieb von Straßenbahnen werden diese Tätigkeiten unter der Benennung *Fahrbetrieb* subsumiert (vgl. § 1 Abs. 5 BOStrab). *Fahrdienst* ist die äquivalente Benennung für den Fall der Fahrgastbeförderungen mit Bussen, Taxen und anderen Kraftfahrzeugen (vgl. §§ 7 ff. BOKraft). Der gleiche Gegenstandsbereich wird beim Betrieb von Eisenbahnen als *Bahnbetrieb* bezeichnet (vgl. §§ 34 ff. EBO).

1.3 Planung

Die *Planung* ist die gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns. Im Rahmen der Planung werden Maßnahmen entwickelt, die einen mit Mängeln behafteten vorhandenen Zustand (Ist-Zustand) in einen verbesserten Zustand überführen, der dem angestrebten Zustand (Soll-Zustand) möglichst nahe kommt [Kir02]. Da die Planung die technischen, personellen sowie betrieblichen Auswirkungen von Entscheidungen im Vorfeld aufzeigt, bietet sie die Möglichkeit, aus mehreren möglichen Entscheidungen diejenige auszuwählen, die dem angestrebten Zustand möglichst nahe kommt. Dem Planungsbegriff liegt ein kybernetisches Verständnis unternehmerischer Prozesse zu Grunde. Demnach gelingt eine zielorientierte Unternehmenslenkung durch die Aufnahme und Verarbeitung von Informationen und der Anwendung der Prinzipien von Steuerung und Regelung. Diesem Verständnis folgend werden Planung und Kontrolle zu einem geschlossenen Wirkungskreis verknüpft (Controlling als kybernetischer Prozess, vgl. [HBO97]).

Strukturell kann die gesamte Leistungserbringung im ÖPNV in eine Vielzahl von Regelkreisen zerlegt werden, die eng miteinander verzahnt sind. Der ÖPNV ist gekennzeichnet durch das aufeinander abgestimmte Zusammenwirken verschiedener Verkehrsunternehmen nach den Vorgaben übergeordneter Zielgrößen aus dem Nahverkehrsplan. Der Nahverkehrsplan ist das zentrale Planungsinstrument für den Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs in Deutschland. Er soll für jeden Aufgabenträger eine tragfähige und finanziell realistische Grundlage für die Ausgestaltung des ÖPNV schaffen und ein abgestimmtes Vorgehen sichern, das den bestehenden oder noch zu entwickelnden verkehrlichen Verflechtungen entspricht. Aus den Stellgrößen eines übergeordneten Regelkreises (Nahverkehrsplan auf der Ebene des Aufgabenträgers, verkehrliches Controlling) werden Führungsgrößen eines untergeordneten Regelkreises (Ebene des Verkehrsunternehmens, betriebliches Controlling) gebildet. Hieraus resultieren kaskadierte Regelkreise. Das Schließen des Regelkreises durch geeignete Maßnahmen des Controllings (verkehrliches und betriebliches Controlling) ist in Kap. 8 näher dargestellt.

Die Planung ist ein zentraler Begriff, der durch ein komplexes Begriffsfeld näher beschrieben werden kann. Aus diesem Grund wird nachfolgend mit der Definition grundlegender mit der Planung im Zusammenhang stehender Begriffe eine Basis für die folgenden Kapitel geschaffen. Mit der Planung assoziierte Begriffe werden zunächst in einem kybernetischen Grundmodell dargestellt, welches den weiteren Ausführungen in diesem Buch als zentrales Modellkonzept zugrunde liegt (vgl. Abschn. 1.3.1). Des Weiteren wird Planungsbegriff weiter hinsichtlich inhaltlicher (vgl. Abschn. 1.3.2), räumlicher (vgl. Abschn. 1.3.3)

und zeitlicher Bezüge (vgl. Abschn. 1.3.4) diskutiert. Eine Reflektion des Methoden- und Werkzeugeinsatzes in der Planung beschließt diesen Abschnitt (vgl. Abschn. 1.3.5).

1.3.1 Planung im kybernetischen Grundmodell

Planung ist ein zentrales Element der Unternehmensführung. Dieser Teilprozess des Managements komplexer Organisationen gliedert sich ein kybernetisches Grundmodell ein. Die *Kybernetik* ist die Wissenschaft von der Steuerung und Regelung komplexer Systeme. Ein Verkehrsunternehmen kann als ein solches komplexes System aufgefasst werden. Viele Abläufe und Prozesse der Planung können daher mit dem Modellkonzept des Regelkreises in geeigneter Weise beschrieben werden (vgl. Darstellung in Abb. 1.1). Dieses aus den Ingenieurwissenschaften entnommene Modellkonzept des Regelkreises ist in besonderem Maße geeignet, kausale Zusammenhänge inklusive ihres zeitlichen Verhaltens (Dynamik) darzustellen. Aus diesem Grunde werden in diesem Buch die planerischen Teilprozesse immer wieder auf die Struktur von Regelkreisen zurückgeführt. Die Struktur und die Funktion der Teilelemente des Regelkreises bestimmen hierbei das in einem System (der Organisation) beobachtbare Verhalten [Sch07]. Ein Regelkreis setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- Die *Regelstrecke* liefert die resultierenden *Regelgrößen*. Übertragen auf Verkehrsunternehmen stellen die betrieblichen Prozesse (beispielsweise das Erbringen der Betriebsleistung) die Regelstrecke dar. Störgrößen wirken von außen auf die Regelstrecke ein. Beispiele für *Störgrößen* sind beispielsweise unterschiedliche Verkehrsstärken des allgemeinen Kraftfahrzeugverkehrs, welche auf die Pünktlichkeit eines Busbetriebs Einfluss haben.
- Dass *Messglied* erfasst die Reaktion der Regelstrecke und liefert eine beobachtbare *Messgröße*. Übertragen auf Verkehrsunternehmen sind beispielsweise die von den Fahrzeugen an das rechnergestützte Betriebsleitsystem (Intermodal Transport Control System, ITCS) übertragenen Ortungsinformationen Beispiele von Messgrößen.

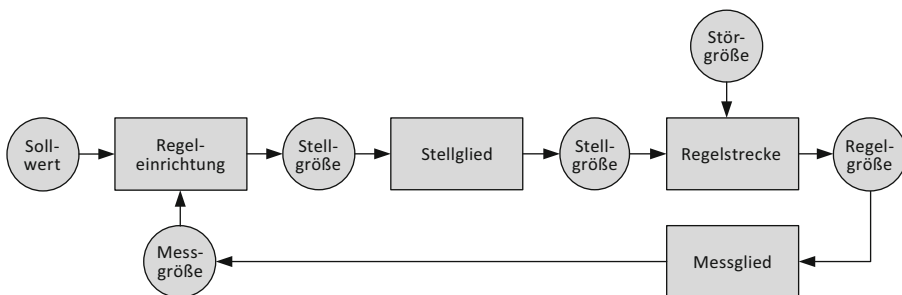


Abb. 1.1 kybernetisches Grundmodell (Regelkreis)

- Die *Regeleinrichtung* vergleicht die tatsächlich vorliegenden Werte der Messgrößen mit den *Sollwerten* und generiert eine *Führungsgröße*. Die Aufgabe der Regeleinrichtung besteht darin, die Werte der Regelgröße den Zielgrößen möglichst gut anzunähern und den Einfluss von Störungen zu minimieren. Beispielsweise erfolgt im ITCS ausgehend von den Fahrplandaten ein Vergleich der nach Fahrplan zu erwartenden Position mit den von den Fahrzeugen übertragenen tatsächlichen Standortdaten. Hieraus resultiert die aktuelle Fahrplanabweichung eines jeden Fahrzeugs. Auf dieser Grundlage können Entscheidungen getroffen und unmittelbare Weisungen an ausführende Stellen im Verkehrsunternehmen erteilt werden.
- Das *Stellglied* dient der leistungsmäßigen Beeinflussung des Verhaltens der Regelstrecke. Die Eingangsgröße des Stellglieds ist die Führungsgröße. Die *Stellgröße* ist die Ausgangsgröße des Stellglieds. Mit ihrer Hilfe erfolgt der gezielte Eingriff in die Regelstrecke. Übertragen auf das vorherige Beispiel kann durch geeignete Dispositionsentscheidungen (vgl. Kap. 7) Einfluss auf das Betriebsgeschehen genommen werden.

Kennzeichnend für einen Regelkreis ist die geschlossene Wirkungsstruktur mit der Rückführung eines aktuellen Messwertes an die Regeleinrichtung. Auf diese Weise wird einer Abweichung vom Sollwert kontinuierlich entgegenwirkt [Sch07]. Ein geschlossener Regelkreis entfaltet sein volles Potenzial als führungsunterstützendes Steuerungssystem zur zielorientierten Steuerung des Unternehmens [VDV06a]. Das Controlling (vgl. Kap. 8) liefert der Unternehmensleitung notwendige Informationen, überprüft die Zielerreichung, analysiert Schwachstellen und veranlasst gegebenenfalls Maßnahmen zur Gegensteuerung. Kern hierfür ist ein aktuelles und umfassendes Berichtswesen, da für die zielorientierte Unternehmenssteuerung benötigte Informationen mit einem hinreichenden Genauigkeits- und Verdichtungsgrad zur Verfügung stehen müssen.

1.3.2 Inhaltlicher Bezug der Planung

Der Differenzierung von *Planungsebenen* liegt ein hierarchisches Verständnis von Zielvorgaben zu Grunde. Die Planung des öffentlichen Personennahverkehrs bettet sich somit in einen Kontext verschiedener verkehrsbezogener Fachplanungen ein. Innerhalb der Hierarchie verschiedener Planungen kann in über- und untergeordnete Planungen und gleichgeordnete Planungen unterschieden werden.

- *Übergeordnete Planungen* (höherrangige Planungen) liefern Zielvorgaben für untergeordnete Planungen. Ein Beispiel hierfür ist die Gesamtverkehrsplanung.
- *Untergeordnete Planungen* konkretisieren höherrangige Planungen durch Maßnahmen, welche dazu dienen, die durch die höherrangige Planung gesetzten Ziele zu erfüllen. Beispiele hierfür sind die Straßenverkehrsplanung und die Nahverkehrsplanung, welche die abstrakten Ziele der Gesamtverkehrsplanung für ihren betrachteten Ausschnitt des Verkehrssystems näher bestimmen.

- *Gleichrangige Planungen (nebenrangige Planungen)* sind Planungen auf derselben hierarchischen Ebene. Diese erfordern eine Abstimmung während der Planerstellung. Beispiele hierfür sind die bereits zuvor genannte Straßenverkehrsplanung und die Nahverkehrsplanung.

Der angestrebte Systemzustand wird durch die *Planungsziele* näher beschrieben. Beispiele für Ziele der Planung des öffentlichen Personennahverkehrs auf der Planungsebene des Nahverkehrsplans sind die ausreichende Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Verkehrsgestaltung (vgl. § 8 Abs. 3 PBefG). Da der jeweilige Nahverkehrsplan des Aufgabenträgers für die Betriebsplanung einzelner Verkehrsunternehmen eine Sollwertvorgabe darstellt, werden diese übergeordneten Ziele wiederum in unterlagerten Planungsschritten (der Betriebsplanung der einzelnen Verkehrsunternehmen) weiter konkretisiert. Beispielsweise wird die übergeordnete Zielstellung der Wirtschaftlichkeit der Verkehrsgestaltung aus Sicht des einzelnen Unternehmens im Zuge der Fahrzeugumlaufplanung (vgl. Kap. 5) in das Ziel der Minimierung des Fahrzeugeinsatzes heruntergebrochen. Analog gilt dies für die Planung der Personalressourcen (vgl. Kap. 6). *Planungsgegenstände* sind die einzelnen Konstituenten eines Verkehrssystems (Verkehrsweginfrastruktur, Verkehrsmittel, Verkehrsorganisation und Verkehrsobjekte; vgl. [Sch07]).

- Als *Verkehrsweginfrastruktur* werden die Wege und ortsfeste Anlagen, die zur Durchführung von Transporten verwendet werden, bezeichnet (auch Betriebsanlagen genannt, vgl. [VDV06a]). Mit Schienen, Straßen, Wasserstraßen und Luftstraßen werden modalspezifisch verschiedene Verkehrsweginfrastrukturen unterschieden. Die zeitliche und räumliche Inanspruchnahme der Verkehrsweginfrastruktur muss insbesondere im Schienenverkehr durch ein aufeinander abgestimmtes Zusammenwirken von Eisenbahnverkehrsunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen geplant werden.
- *Verkehrsmittel* bezeichnen die Gesamtheit der materiellen Mittel (Fahrzeuge), die zur Ortsveränderung verwendet werden. Es kann zwischen nicht-motorisierter Fortbewegung zu Fuß oder mit dem Fahrrad und motorisierter Fortbewegung per Motorrad, Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Taxi, Bus, Straßenbahn, U-Bahn, S-Bahn, Regionalbahn, Fernbahn, Schiff oder Flugzeug unterschieden werden.
- *Verkehrsorganisation* die Maßnahmen der Steuerung, Regelung und Begrenzung, die beispielsweise von menschlichen Verkehrsmittelführern (Fahrer) oder von technischen Einrichtungen (Stellwerke, Lichtsignalanlagen) wahrgenommen und ausgeführt wird.
- *Verkehrsobjekte* können entweder Güter (= Güterverkehr) oder Personen (= Personenverkehr) sein. Jedes Verkehrsobjekt zeichnet sich durch ein spezifisches Mobilitätsbedürfnis in Raum und Zeit aus. Um ein angemessenes Bedienungsangebot konzipieren zu können, müssen diese beiden Komponenten (beispielsweise in Form tageszeitspezifischer Nachfragematrizen) bekannt sein.

Die Planung kann sich zum einen auf die isolierte Betrachtung von Verkehrsweeinfrastuktur, Verkehrsmittel, Verkehrsorganisation und Verkehrsobjekten beziehen. Im Zuge der Betriebsplanung ist jedoch auch die integrierte Betrachtung der vier zuvor genannten Planungsgegenstände hochgradig relevant (Beispielsweise die Zuordnung von Verkehrsobjekten zu Verkehrsmitteln im Sinne eines maximalen Besetzungsgrades oder die Zuordnung von Verkehrsmitteln zur Verkehrsweeinfrastuktur im Zuge der Trassenplanung im Schienenverkehr).

Die *Planungsaufgabe* ist die Aufgabe, vorausschauend Plandaten über die qualitative, quantitative und zeitliche Gestaltung und Zuordnung der Elemente eines Verkehrssystems für eine definierte und zielgerichtete Leistungserbringung festzulegen. Die Planungsaufgabe steht in engem Zusammenhang mit dem zuvor dargestellten Planungsgegenstand. Beispielhafte Planungsaufgabe der Aufgabenträger ist die Gewährleistung der Daseinsvorsorge im Sinne einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im ÖPNV (vgl. § 1 RegG). Für das einzelne Verkehrsunternehmen stellen die Netzplanung (vgl. Kap. 2), Kapazitätsplanung (vgl. Kap. 3), Fahrlagenplanung (vgl. Kap. 4), Fahrzeugeinsatzplanung (vgl. Kap. 5) und Personaleinsatzplanung (vgl. Kap. 6) notwendige Planungsaufgaben dar.

Ein weiterer wesentlicher Teilbegriff ist der des *Planungsträgers*. Als Planungsträger wird diejenige Institution bezeichnet welcher für die Planung einer bestimmten Planungsebene die Entscheidungskompetenz eingeräumt wird. Nach dem Regionalisierungsgesetz (RegG) sind die Bundesländer für die Gewährleistung einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr verantwortlich. Die jeweiligen Nahverkehrsgesetze der Länder bestimmen den Planungsträger mit dem Ziel, die Zuständigkeiten für Planung, Finanzierung und Organisation des ÖPNV möglichst an einer Stelle zusammenzuführen. Die *Aufgabenträger* sind die durch die Nahverkehrsgesetze der Bundesländer bestimmten Planungsträger. Sie nehmen die Aufgabe der Sicherstellung einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im ÖPNV auf Straße und Schiene wahr [VDV06a]. Die Aufgabenträger übernehmen die folgenden Planungsaufgaben:

- Definition des Verkehrsangebotes hinsichtlich seiner *räumlichen Komponente* (Netzplanung, vgl. Kap. 2)
- Definition der *mengenmäßigen Komponente* des Verkehrsangebots (Kapazitätsplanung, vgl. Kap. 3)
- Definition der *gewünschten Qualität* des Verkehrsangebotes
- Definition von Vorgaben zur *verkehrsmittelübergreifenden Integration von Verkehrsleistungen*. Dies umfasst unter anderem Vorgaben zur baulichen Ausgestaltung von Verknüpfungspunkten, Abstimmungen zwischen den Betreibern im Rahmen der Fahrplanerstellung sowie verkehrsträger- und unternehmensübergreifende Fahrgastinformation über vorhandene Verknüpfungen.
- *Konzeption der unternehmerischen Vergabe von Verkehrsleistungen*. Dies umfasst beispielsweise die zeitliche Planung der Vergabe, die Wahl des Vergabeverfahrens sowie Festlegungen zur Vertragsart (Netto-, Brutto- oder Anreizvertrag).