



Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV

Quality and capacity of public transport on streets

Qualité du trafic et capacité des transports publics routiers

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)**

Prof. Dr. Ulrich Weidmann, dipl. Ing. ETH
H. Orth, M.S.
R. Dorbritz, dipl. math. oec.
M. Schwertner, Dipl.-Ing.
N. Carrasco, Msc ETH

**Forschungsauftrag VSS 2007/305 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV

Quality and capacity of public transport on streets

Qualité du trafic et capacité des transports publics routiers

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)**

**Prof. Dr. Ulrich Weidmann, dipl. Ing. ETH
H. Orth, M.S.
R. Dorbritz, dipl. math. oec.
M. Schwertner, Dipl.-Ing.
N. Carrasco, Msc ETH**

**Forschungsauftrag VSS 2007/305 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. Dr. Ulrich Weidmann (IVT, ETH Zürich)

Mitglieder

Hermann Orth, M.S. (IVT, ETH Zürich)

Robert Dorbritz, dipl. math. oec. (IVT, ETH Zürich)

Michael Schwertner, Dipl.-Ing. (IVT, ETH Zürich)

Nelson Carrasco, Msc ETH (IVT, ETH Zürich)

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Verkehrstechnik

Begleitkommission

Präsident

Thorsten Koy (Rapp Trans AG)

Mitglieder

Hans-Konrad Bareiss (Verkehrsbetriebe Zürich)

Olivier Caspar (Touring Club Schweiz TCS)

Hermann Kaul (Rudolf Keller & Partner AG)

Dr. Arnd König (Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich)

Patrick Maillard (Robert-Grandpierre + Rapp S.A.)

Dr. Peter Pitzinger (Verkehrsingenieurbüro)

Andreas Roduner (Bundesamt für Strassen ASTRA)

Roger Siegrist (Bundesamt für Strassen ASTRA)

Hugo Staub (Schweizerischer Städteverband, Stadt Bern)

Stephanie von Samson (Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Verkehr)

Antragsteller

Schweizerischer Verband für Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> herunter geladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	9
Résumé	18
Summary	27
1 Einleitung	35
1.1 Ausgangslage	35
1.2 Einordnung der Forschungsarbeit	35
1.3 Ziel der Forschungsarbeit	36
1.4 Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität	37
1.5 Vorgehen und Aufbau	38
1.5.1 Vorgehen	38
1.5.2 Methoden	40
1.5.3 Grundannahmen und Arbeitshypothesen	40
1.6 Begriffe, Abgrenzungen und Festlegungen	40
1.6.1 Begriffe	40
1.6.2 Abgrenzung	42
1.6.3 Festlegung	43
2 Literaturswertung	48
2.1 Einleitung Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit	48
2.1.1 Grundanforderungen der Verkehrsteilnehmer	48
2.1.2 Sichtweise der Akteure	48
2.1.3 Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität	51
2.2 Verkehrsqualität	51
2.2.1 Qualitätskriterien nach (FGSV 2005)	51
2.2.2 Verkehrsqualitätsziele nach EN 13816	52
2.2.3 Highway Capacity Manual (TRB 2000, TRB 2010)	54
2.2.4 Transit Capacity and Quality of Service Manual (TRB 2003)	54
2.2.5 Reisezeitbasierte Qualitätsbetrachtungen (Fu 2007)	55
2.2.6 Analyse der Verteilung der Ankünfte an Haltestellen in Abhängigkeit von Fahrplankontakt und Zuverlässigkeit (Lüthi 2007)	56
2.2.7 Zusammenfassung der Einflussgrößen auf die Verkehrsqualität	58
2.3 Leistungsfähigkeit	59
2.3.1 Erkenntnisse aus der Vorstudie (Scherer 2010)	59
2.3.2 Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen nach (Bischofberger 1997)	60
2.3.3 Leistungsfähigkeit öffentlicher Verkehrssysteme (Anderhub 2008)	61
2.3.4 Fassungsvermögen eingesetzter Verkehrsmittel (Anderhub 2008)	65
2.3.5 Knotenleistungsfähigkeit nach (Bischofberger 1997)	67
2.3.6 Netzleistungsfähigkeit nach (Bischofberger 1997)	68
2.3.7 Beförderungsgeschwindigkeiten	68
2.3.8 Haltestellenkapazität	69
2.3.9 Fahrgastwechselzeiten (Weidmann 1995)	71
2.3.10 Massnahmen zur Steigerung der LF (Hessen 2007b)	71
2.3.11 Mischverkehr	74
2.4 Beförderungsqualität im Bedarfsverkehr	74
2.4.1 Einleitung und Einsatzbereiche	74
2.4.2 Angebotsformen	76
2.4.3 Zusammenhang zwischen Beförderungsqualität, Ressourceneinsatz und Leistungsfähigkeit	78
2.4.4 Verkehrsqualität des Bedarfsverkehrs	79
2.4.5 Leistungsfähigkeit des Bedarfsverkehrs	80
2.5 Richtwerte	81
2.5.1 Einleitung	81
2.5.2 Verkehrsqualität	82
2.5.3 Fassungsvermögen	85

2.5.4	Leistungsfähigkeit	86
2.5.5	Bedarfsverkehre	89
2.6	Fazit der Literaturlauswertung	91
2.6.1	Allgemein	91
2.6.2	Verkehrsqualität	91
2.6.3	Leistungsfähigkeit	93
2.6.4	Zusammenwirken von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit	94
3	Modell für die Bewertung von Linienverkehren	95
3.1	Grundmodell	95
3.2	Aufbau der Bemessung und Qualitätsbeurteilung	98
3.2.1	Bemessung in der Angebotsplanung	99
3.2.2	Bewertung eines bestehenden Angebots	99
3.2.3	Systemebenen und Anlagenelemente	100
3.3	Anforderungen und Kriterien für die Festlegung der VQS	100
3.3.1	Einflussgrössen zur Festlegung der VQS	101
3.3.2	Verknüpfung der Einflussfaktoren bei der Beurteilung der Verkehrsqualität	101
3.4	Messung und Bewertung des Aspektes «Raum»	103
3.4.1	Messung und Kennwerte	103
3.4.2	Bewertung	104
3.5	Messung und Bewertung der Aspekte «Zeit» und «Zuverlässigkeit»	105
3.5.1	Messung und Kennwerte	105
3.5.2	Bewertung	107
3.6	Zusammenfassung	109
3.6.1	Bewertungsmodell	109
3.6.2	Zusammenhänge und Bedeutung der VQS	110
4	Datenerhebung und Richtwerte Linienverkehr	112
4.1	Vorgehen und Datensätze	112
4.1.1	Datenquellen bzw. Erhebungen	112
4.1.2	Auswahl der zu untersuchenden Datensätze	113
4.1.3	Aufbereitung der Daten und Errechnung der Kenngrössen und VQS	115
4.2	Auswertung	116
4.2.1	Pünktlichkeit	116
4.2.2	Regelmässigkeit	117
4.2.3	Geschwindigkeit	118
4.2.4	Auslastung	119
4.3	Richtwerte	122
4.3.1	Pünktlichkeit	122
4.3.2	Regelmässigkeit	124
4.3.3	Geschwindigkeit	125
4.3.4	Auslastung	128
4.4	Zusammenfassung	129
4.4.1	Vorgehen	129
4.4.2	Anwendungsbeispiel	131
5	Grundmodell und Bewertung Bedarfsverkehre	135
5.1	Grundlagen und Zusammenhänge Bedarfsverkehre	135
5.1.1	Grundlagen	135
5.1.2	Praktizierte Angebotsformen	135
5.2	Grundmodell und Messgrössen	135
5.2.1	Ziele	135
5.2.2	Messgrössen	135
5.2.3	Grundmodell	137
5.3	Richtwerte	138
5.3.1	Räumliche Verfügbarkeit	138
5.3.2	Zeitliche Verfügbarkeit	140
5.3.3	Flexibilität	142
5.3.4	Erfüllungsgrad	142
5.3.5	Zuverlässigkeit	143
5.3.6	Geschwindigkeit (relative Reisezeit)	144

5.4	Zusammenfassung	144
5.4.1	Vorgehen	144
5.4.2	Anwendungsbeispiel	145
6	Empfehlungen und Normierungsvorschlag	148
6.1	Einleitung	148
6.2	Bemessungsverfahren	148
6.2.1	Ansatz	148
6.2.2	Zielsystem	148
6.2.3	Gesamtverkehrsqualität	149
6.2.4	Grundlagen zur Bemessung der Indikatoren im Linienverkehr	156
6.2.5	Empfehlungen zur Beeinflussung der Indikatoren	158
6.3	Normierungsvorschlag	160
6.3.1	Struktur	160
6.3.2	Kompatibilität zur EN 13816	160
7	Abschluss	162
7.1	Zusammenfassung	162
7.2	Weiterer Forschungsbedarf	162
	Anhänge	165
I	Fahrzeugkapazitäten	167
II	Übersichtswerte der Auslastungen aus Messwerten	169
III	Normierungsvorschlag Grundlagen öffentlicher Verkehr	171
IV	Normierungsvorschlag Linienverkehre	182
V	Normierungsvorschlag Bedarfsverkehre	204
	Glossar	219
	Abkürzungen	225
	Literaturverzeichnis	227
	Projektabschluss	231
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	234

Zusammenfassung

Anlass, Zielsetzung und Einordnung der Arbeit

Mit der Normengruppe SN 640 017a-SN 640 024 bestehen Richtlinien für die Beurteilung und Bemessung der Verkehrsqualität im Strassenverkehr, insbesondere für die Leistungsfähigkeit des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Anhand dieser Normen kann einer gegebenen Verkehrsqualität eine Verkehrsqualitätsstufe (VQS) zugeordnet und damit eine einheitliche Bewertung von Verkehrsanlagen durchgeführt werden. Für die Verkehrsqualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs (ÖV) und des nichtmotorisierten Individualverkehrs (auch Langsamverkehr, LV) hingegen fehlen derartige Normen bislang.

Die Forschungsvorhaben VSS 2007/305 und VSS 2007/306 hatten daher das Ziel, die fehlenden Grundlagen aufzuarbeiten und Normierungsvorschläge für die Beurteilung der Qualität und Bemessung zu erstellen. Ausgangsbasis beider Projekte war die Vorstudie SVI 2007/005 „Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr – Vorstudie“.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem strassengebundenen öffentlichen Verkehr. Für die Erarbeitung der Grundlagen zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit und zur Erstellung eines Normierungsvorschlag waren die bestehenden Kenntnisse zusammenzustellen und die relevanten Indikatoren zu identifizieren. Darauf aufbauend waren ein Konzept für die Qualitätsmessung und schliesslich eine Norm für die Beurteilung und Bemessung der Verkehrsqualität zu entwerfen. Der Ablauf dieses gesamten Forschungspaketes ist in Abb. 0.1 illustriert.

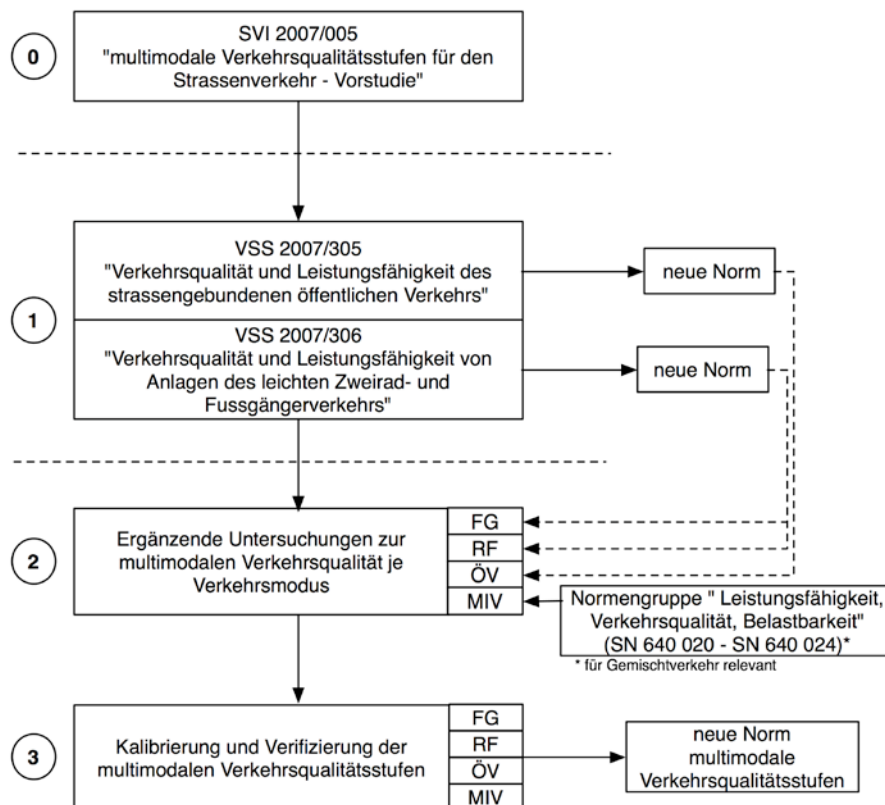


Abb. 0.1 Einordnung der Forschungsarbeit (Scherer 2010)

Vorgehen

Am Anfang stand eine Sichtung der relevanten Literatur. Neben den Grundlagen im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit, das Verhalten der Fahrgäste und betriebliche Kriterien wurden hierbei vor allem vorhandene Normenwerke einbezogen, nämlich das deutsche *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* HBS (FGSV 2005) sowie das *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB 2000, TRB 2010) und das *Transit Capacity and Quality of Service Manual* (TCQSM) (TRB 2003) aus den USA.

Daraus wurden die wichtigsten Indikatoren für die Messung der Verkehrsqualität sowie eine Übersicht der gebräuchlichen Richtwerte ermittelt. Gleichzeitig wurden die wichtigen Einflussgrössen auf die Qualität des öffentlichen Verkehrs identifiziert und deren Zusammenhänge untereinander beschrieben. Aufgrund dieser Überlegungen wurden Indikatoren ausgewählt, die schliesslich die resultierende Verkehrsqualität bei einer gegebenen Leistungsfähigkeit messen. Dabei wurde zwischen Linien- und Bedarfsverkehrsangeboten unterschieden. Weiter wurde ein Beurteilungskonzept erstellt, mittels dessen die Indikatoren zu einer gesamthaften Beurteilung zusammengeführt werden können.

Für Linienverkehre wurden basierend darauf Auswertungen von Messdaten aus dem Betrieb eines der grössten Schweizer ÖV-Betreiber zur Kalibrierung einzelnen Verkehrsqualitätsstufen (VQS) verwendet. Da die Datenlage bei Bedarfsverkehrsangeboten weniger umfangreich ist, wurde dazu vor allem auf Kennzahlen der angebotenen Leistungen zurückgegriffen.

Abschliessend wurde aufgrund dieser Beurteilungsstruktur und der Richtwerte ein Normierungsvorschlag erarbeitet. Dieser beschreibt die Beurteilung der Verkehrsqualität im strassengebundenen ÖV und erläutert die Anwendung der entwickelten Verfahren anhand einiger Beispiele.

Beurteilungskonzept

Zunächst ist festzuhalten, dass die Verkehrsqualität im öffentlichen Verkehr, anders als im Individualverkehr, nicht eindimensional in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit entsteht. Im MIV lässt sich die Verkehrsqualität direkt als Ausnutzungsgrad dieser Leistungsfähigkeit ableiten. Weitere Kriterien werden weitgehend durch das Verhalten der Nutzer bestimmt, etwa die Wahl des Fahrzeugs oder die Planung von Pufferzeiten. Im öffentlichen Verkehr hingegen hat der Nutzer keinen Einfluss auf Qualitätskriterien wie Komfort und Zuverlässigkeit. Dafür sind Planer und Betreiber des Angebotes als Leistungserbringer verantwortlich. Dementsprechend sind weitere Kriterien, auch solche, die nicht unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit einwirken, einzubeziehen.

Die Untersuchung der Literaturquellen ergab bereits eine Reihe von Bewertungsansätzen und deren Anwendungen. Es werden je nach Arbeit teilweise unterschiedliche Grössen gemessen und die zu Grunde liegende Konzepte unterscheiden sich teilweise stark von jenen der Vorstudie. Zwar wurden einige Indikatoren übernommen, in allen Fällen waren aber die Richtwerte im Hinblick auf die Anwendung in der Schweiz zu überprüfen und insbesondere zu verschärfen, da vor allem die Qualitätsstandards im TCQSM (TRB 2003) nicht dem hiesigen Niveau genügen.

Aufgrund der Vielzahl der Einflüsse auf den Betrieb des öffentlichen Verkehrs wurden Indikatoren gewählt, die die letztlich erbrachte Qualität, also den „Output“, messen. Dieser „Output“ entspricht der durch die Fahrgäste wahrgenom-

menen Qualität. Damit ist dieses Verfahren weniger für eine Detailplanung von Angeboten geeignet, gerade so aber bleibt Planern die Freiheit, Ortskenntnisse und Erfahrung zur Erreichung eines Angebotes mit einer hohen Qualität einzusetzen.

Da in der Literatur bisher kein systematisches Verfahren für das Zusammenführen von VQS der verschiedenen Indikatoren beschrieben ist, wurde ein solches entwickelt. Dieses weist die einzelnen Indikatoren jeweils sogenannten Aspekten zu und bestimmt zunächst die VQS dieses Aspektes. Aus diesen werden sogenannte Verkehrsqualitätspunktzahlen (VQP) bestimmt. Schliesslich kann mittels der VQP rechnerisch die Qualität eines gesamten Angebotes unter Einbezug aller Aspekte ermittelt werden. Dies ist in Abbildung 0.2 schematisch dargestellt.

Die Einteilung in die verschiedenen VQS erfolgt dabei entsprechend der Beschreibungen in Abb. 0.3. Diese wurden so definiert, dass bei VQS D etwa die Äquivalenz zur VQS D im MIV besteht, also ein Zustand, der an der Grenze der Leistungsfähigkeit liegt und bei dem die Qualität noch akzeptabel ist.

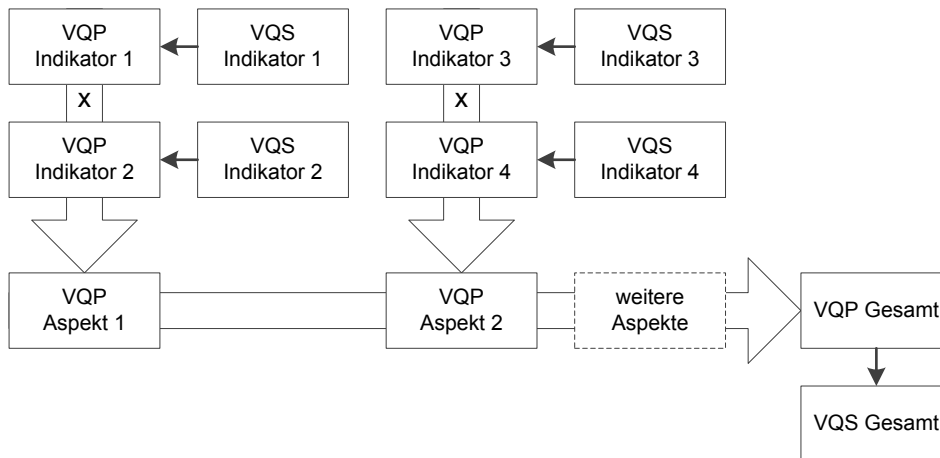


Abb. 0.2 Schema des Beurteilungskonzeptes

Abb. 0.3 Bedeutung der VQS

VQS	Erläuterung
A	Es besteht im strassengebundenen städtischen ÖV ein qualitativ äusserst hochwertiges Angebot, das eine zuverlässige, schnelle und bequeme Reise ermöglicht. Darüber hinaus erlaubt das hohe Niveau der Betriebsqualität eine zuverlässige Integration mit dem Fernverkehr und Pufferzeiten seitens der Fahrgäste sind minimal. Der ÖV ist in diesem Fall für die Nutzer das primär genutzte und bevorzugte Verkehrsmittel. Dabei ist die Qualität insbesondere auch im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr so hoch, dass deutliche Gewinne des Modal Splits zu Gunsten des ÖV verzeichnet werden können.
B	Die Qualität im strassengebundenen ÖV ist hoch, jedoch können in einzelnen Bereichen leichte Einbussen vorkommen. Insgesamt besteht ein Angebot, das aber für alle Nutzungszwecke geeignet ist und eine im Vergleich zum MIV vergleichbare Attraktivität bietet. Für gut planbare und wiederkehrende Fahrten bleibt der ÖV das bevorzugte Verkehrsmittel, jedoch müssen kleinere Abstriche in Komfort, Reisezeit oder Zuverlässigkeit in Kauf genommen werden. Für die Versorgung insbesondere von städtischen Regionen ist dieses Qualitätsniveau geeignet.
C	Die Angebotsqualität im ÖV ist insgesamt gut, es liegen aber in einigen Bereichen deutliche Mängel vor. Dennoch ist das Angebot für alle Fahrtzwecke geeignet und daher noch attraktiv und konkurrenzfähig zum motorisierten Individualverkehr. In diesem Fall kann auch eine leichte Veränderung des Modal Splits zu Gunsten des öffentlichen Verkehrs erwartet werden. Für städtische Gebiete stellt dieses Niveau eine akzeptable Qualität dar, es sind jedoch laufende Anstrengungen zu erbringen, um die Qualität zu halten und langfristig zu verbessern.
D	Das ÖV-Angebot ist akzeptabel und wird vorwiegend Fahrgästen genutzt, die keine Alternativen haben und darüber hinaus regelmässige, gut planbare Wege zurücklegen, auf denen sie Komforteinbussen in Kauf nehmen und grosse Puffer für Unzuverlässigkeiten einplanen können. Dies gilt insbesondere für die Spitzenzeiten, in denen aus wirtschaftlichen Gründen keine höheren VQS erreicht werden können. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität im ÖV zu Spitzenzeiten ähnlich, ausserhalb dieser Zeiten aber unterlegen, deshalb sind bei guten Bedingungen im MIV Nachfrageverluste im ÖV zu erwarten. Für die Versorgung mit Mobilität in Spitzenstunden in Städten ist ein derartiges Angebot noch geeignet, da es in der Lage ist, die dichten Verkehrsströme angemessen zu bewältigen. Die Qualität sollte in Spitzenstunden gehalten werden, wird dieses Niveau ausserhalb der Spitzenstunden erreicht, ist jedoch eine Verbesserung anzustreben.
E	Die Angebotsqualität im öffentlichen Verkehr erfüllt in einigen Bereichen Minimalanforderungen. Dies ist für die höchstbelasteten Kurse in den Spitzenstunden akzeptabel. Auf Linien- und Netzebene ist es inakzeptabel und es können nur Nutzer gewonnen werden, die keine Alternative zum ÖV haben. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität im ÖV nicht konkurrenzfähig, weshalb keine Veränderungen des Modal Splits zu Gunsten des ÖV zu erwarten sind. Das Angebot übernimmt in diesem Fall die Funktion einer Grundversorgung und ist zügig zu verbessern.
F	Das Angebot im strassengebundenen öffentlichen Verkehr erreicht in keiner Kategorie annehmbare Qualitätsniveaus. Damit ist die Nutzung äusserst unattraktiv und wird von potentiellen Fahrgästen nach Möglichkeit vermieden. Es werden nur Wege mit dem ÖV zurückgelegt, bei denen den Fahrgästen keine Alternativen zur Verfügung stehen. Situationen, in denen der ÖV die einzige Alternative ist, werden darüber hinaus aktiv vermieden. Das Angebot ist damit ungeeignet, selbst eine Grundversorgung mit Mobilität sicherzustellen, ausserdem sind negative Verlagerungseffekte vom ÖV weg zu erwarten. Eine Überarbeitung und starke Verbesserung sind dringend nötig.

In diesem Zusammenhang wurde darauf geachtet, dass das entwickelte Konzept mit der Qualitätsbeurteilung gemäss EN 13816 kompatibel ist. Auch wenn in den Normierungsvorschlägen nur eine Auswahl der dort genannten Indikatoren verwendet wird, ist die Grundstruktur ohne weiteres auf alle Indikatoren der EN 13816 erweiterbar.

Beurteilung von Linienverkehren

Bei Linienverkehren werden als Indikatoren die Pünktlichkeit sowie die Regelmässigkeit, die Geschwindigkeit relativ zum motorisierten Individualverkehr und die Auslastung der Fahrzeuge gemessen. Dabei werden die Bewertungen der Pünktlichkeit und der Regelmässigkeit in Funktion der Kursfolgezeit gewichtet,

um dem unterschiedlichen Fahrgastverhalten hinsichtlich der Fahrplanbeachtung Rechnung zu tragen. Die Pünktlichkeit und Regelmässigkeit sind dabei Kriterien für die Zuverlässigkeit eines Angebotes, die Geschwindigkeit relativ zum MIV beschreibt neben der Beförderungsgeschwindigkeit auch die Konkurrenzfähigkeit zum MIV. Die Auslastung ist ein wichtiges Komfortkriterium und erlaubt zudem bei hohen Auslastungen auch Aussagen zur Effizienz des Fahrgastwechsels. Die Indikatoren Pünktlichkeit, Regelmässigkeit und Geschwindigkeit werden dabei dem Aspekt „Zeit“ zugewiesen, die Auslastung dem Aspekt „Raum“.

Für die Bestimmung der Richtwerte wurden automatisch erhobene Betriebsdaten der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) analysiert. Diese Daten waren über einen Zeitraum von zwei Jahren verfügbar, womit eine sehr umfangreiche Datenbasis von rund über 6 Millionen einzelnen Observationen zur Verfügung stand. Dieser Grundlage der im Betrieb erreichbaren Qualität wurde gegenübergestellt, welche Bedeutung die gemessenen Werte für die Fahrgäste und die Betriebsqualität haben und daraus schliesslich die Grenzwerte der VQS abgeleitet.

Die Klassengrenzen der VQS des Anteils der pünktlichen Fahrten wurden so definiert, dass zum einen VQS A regelmässig erreichbar sein sollte und andererseits VQS E auch in den Spitzenstunden auf einem hochbelasteten Netz nicht systematisch unterschritten wird. Als pünktlich gilt dabei eine Abfahrt, wenn sie in dem Zeitraum von -30/+180 Sekunden um den planmässigen Zeitpunkt erfolgt.

Für die Beurteilung der Regelmässigkeit wird der Variationskoeffizient der tatsächlichen Kursfolgezeit verwendet. Dies ist die über die planmässige Kursfolgezeit normierte Standardabweichung der Kursfolgezeit, welche damit eine von der absoluten Kursfolgezeit unabhängige Beschreibung der Regelmässigkeit erlaubt. Unter der Annahme einer Normalverteilung der Kursfolgezeiten lässt sich weiter errechnen, mit welchen mittleren Wartezeiten bei einem gegebenen Niveau des Variationskoeffizienten zu rechnen ist. Die VQS wurden schliesslich aufgrund der Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Wartezeitverlängerungen bestimmt.

Weiter wurde aus den Messwerten bestimmt, welche Geschwindigkeitsverhältnisse zwischen ÖV und MIV erreichbar sind. Dem gegenübergestellt wurden die Marktanteile, die der öffentliche Verkehr bei gegebenen Geschwindigkeitsverhältnissen erreichen kann. Als VQS A wurde dabei der Fall definiert, dass eine Fahrt mit dem öffentlichen Verkehr mindestens so schnell ist wie im MIV. In diesem Fall wäre ein (hoher) Marktanteil von 60% erreichbar.

Schliesslich wurde bei der Beurteilung der Auslastung als Untergrenze einer akzeptablen Qualität (VQS D) aus den Messergebnissen jener Auslastungsgrad bestimmt, bei dem der Fahrgastfluss derart gehemmt ist, dass Fahrgastwechselzeiten oft inakzeptabel lang und pünktlichkeitsgefährdend werden. VQS E entspricht einem Überschreiten dieses Wertes und VQS F beschreibt Dichten, bei denen ein zuverlässiger Betrieb praktisch unmöglich ist. Dem gegenüber kann bei VQS A jeder Fahrgast nicht nur sitzen, sondern hat auch in den meisten Fällen einen freien Nebensitz.

Eine Zusammenfassung der definierten Verkehrsqualitätsstufen kann Abb 0.4. entnommen werden.

Abb. 0.4 Richtwerte für die entwickelten Verkehrsqualitätsstufen

VQS	% pünktlich ⁽¹⁾	Variationskoeffizient c_{v,t_k}	Beförderungsgeschwindigkeit ÖV relativ zur MIV	Auslastung a ⁽²⁾
A	≥ 95%	$c_{v,t_k} \leq 0.18$	$r_{\text{ÖV},MIV} \geq 1.00$	$a \leq 0.311$
B	< 95%, ≥ 90%	$0.18 < c_{v,t_k} \leq 0.25$	$0.78 \leq r_{\text{ÖV},MIV} < 1.00$	$0.311 < a \leq 0.409$
C	< 90%, ≥ 85%	$0.25 < c_{v,t_k} \leq 0.30$	$0.55 \leq r_{\text{ÖV},MIV} < 0.78$	$0.409 < a \leq 0.557$
D	< 85%, ≥ 80%	$0.30 < c_{v,t_k} \leq 0.39$	$0.38 \leq r_{\text{ÖV},MIV} < 0.55$	$0.557 < a \leq 0.719$
E	< 80%, ≥ 75%	$0.39 < c_{v,t_k} \leq 0.48$	$0.25 \leq r_{\text{ÖV},MIV} < 0.38$	$0.719 < a \leq 0.844$
F	< 75%	$c_{v,t_k} < 0.48$	$r_{\text{ÖV},MIV} < 0.25$	$a > 0.844$

⁽¹⁾ Eine Abfahrt ist pünktlich, wenn sie -30/+180 Sekunden um die planmässige Abfahrt erfolgt

⁽²⁾ Auslastung bezogen auf Kapazität bei Vollbelegung Sitzplätze und Stehen mit 4 P/m²

Da Pünktlichkeit und Regelmässigkeit beides Masse für die Zuverlässigkeit sind, ist zwischen diesen weiter zu differenzieren. Die Pünktlichkeit ist vor allem relevant für Angebote mit einer hohen Kursfolgezeit, da hier ein Grossteil der Fahrgäste auf eine bestimmte Abfahrt am ÖV-Halt erscheint. Bei sehr kurzen Kursfolgezeiten hingegen erscheinen Fahrgäste nahezu zufällig an einer Haltestelle. Zwischen diesen beiden Fällen ist eine Gewichtung durchzuführen. Diese basiert auf den in Abhängigkeit der Kursfolgezeit gemessenen Anteilen zufällig respektive gezielt an einer Haltestelle erscheinender Fahrgäste, wie sie von Lüthi (2007) ermittelt wurden. In Abb. 0.5 ist diese Gewichtung dargestellt.

Gewichtung zwischen Kursfolgezeit und Pünktlichkeit

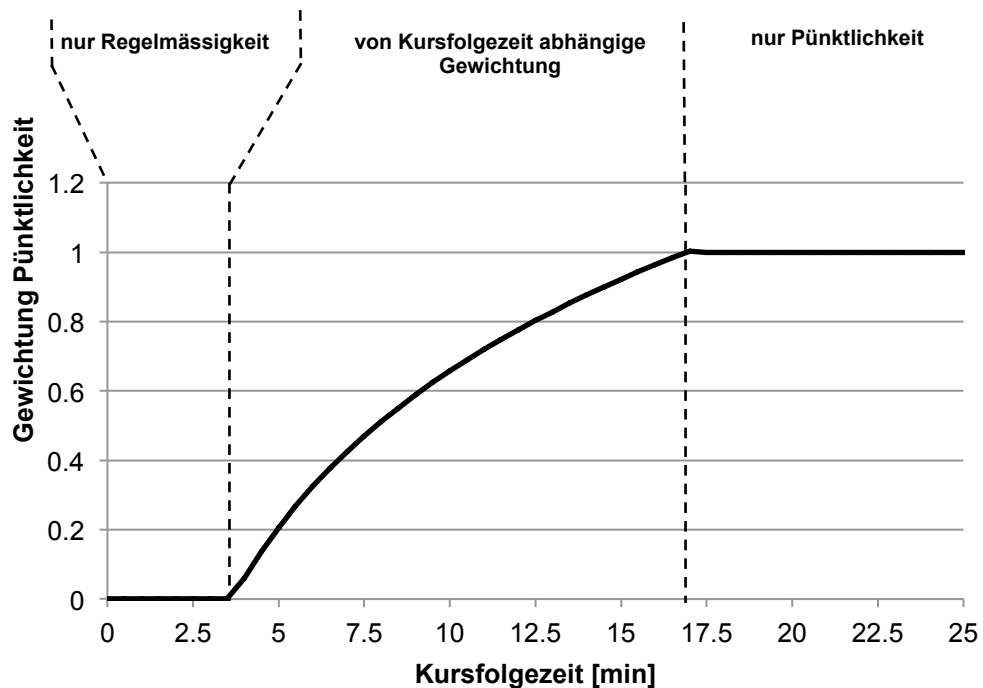


Abb. 0.5 Gewichtung der Kursfolgezeit gegenüber der Pünktlichkeit in Abhängigkeit von der Kursfolgezeit.

Beurteilung von Bedarfsverkehren

Für Bedarfsverkehre wurden sechs, teilweise andere, Indikatoren erarbeitet. Dabei wurden neben aus dem Betrieb erhobenen Werten auch Indikatoren untersucht, die sich aus der Angebotsplanung ergeben, und diese drei Aspekten zugeordnet.

Der Aspekt der Verfügbarkeit ist bei Bedarfsverkehrsangeboten von besonderer Bedeutung, da deren Zweck oft die Erschliessung mit Linienangeboten kaum sinnvoll bedienbarer Regionen oder die Bedienung in Randzeiten ist. Es wird hierbei zwischen der zeitlichen und der räumlichen Verfügbarkeit unterschieden.

Die räumliche Verfügbarkeit beschreibt, inwieweit die Bedienpunkte des Verkehrsangebotes den Aktivitätspunkten entsprechen und inwieweit die möglichen Fahrtrelationen den Wunschlinien entsprechen. Da eine Vollerhebung von Zugangsdistanzen einen unvertretbar grossen Aufwand bedeuten würde, wurden vier Typen eines räumlichen Bedienkonzeptes definiert und die Beurteilung anhand der Flexibilität dieser Konzepte bezüglich individueller Wünsche vorgenommen.

Bei der zeitlichen Verfügbarkeit wurde zunächst unterschieden zwischen Angeboten, die das primäre, tägliche Verkehrsangebot darstellen und solchen, die eine Lücke füllen, also etwa Wochenend- oder Nachtangebote. Bei den Primärangeboten wird die Zeitspanne je Tag gemessen, während der ein Angebot verfügbar ist. Die Einteilung in VQS wird von der Spanne an Aktivitäten abgeleitet, deren Ausübung der Bedienungszeitraum ermöglicht. Bei Wochenend- und Nachtverkehren wird der relative Anteil der Lücke im Primärangebot gemessen, der durch das Bedarfsverkehrsangebot abgedeckt wird. Die Einteilung in VQS erfolgt wiederum Anhand der Spanne an Aktivitäten, die durch das Bedarfsverkehrsangebot ermöglicht werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Bedienqualität, zu der die Indikatoren Flexibilität und Erfüllungsgrad gehören.

Die Flexibilität wird über die Vorausbuchungsfrist einer Fahrt gemessen. Je kürzer diese ist, desto eher können auch spontane Fahrtwünsche befriedigt werden. Die Einteilung der VQS reicht dabei von einem Niveau, bei dem mit einer 30-minütigen Anmeldefrist nahezu alle spontanen Fahrten möglich sind bis zu jenem, das mit einer Vorausbuchungsfrist von mehr als zwei Tagen die Flexibilität der Nutzer stark einschränkt.

Mit dem Erfüllungsgrad wird gemessen, welcher Anteil der Fahrtwünsche angenommen werden kann. Werden Fahrtwünsche regelmässig abgelehnt, erfüllt ein Angebot seinen Zweck nicht. Die VQS wurden in diesem Fall bestimmt über die Häufigkeit, mit der ein regelmässiger Nutzer mit der Ablehnung seines Fahrtwunsches rechnen muss.

Schliesslich werden innerhalb des Aspektes Zeit die Geschwindigkeit relativ zum MIV und die Zuverlässigkeit des Angebotes gemessen. Die Zuordnung der Messwerte zu den VQS erfolgt nach der gleichen Logik wie bei Linienverkehren, allerdings sind die Grenzwerte bezüglich des Reisezeitverhältnisses etwas grosszügiger, um zu berücksichtigen, dass die Grundversorgung und nicht die Konkurrenz zum MIV im Vordergrund steht.

Normierung

Aufgrund der hergeleiteten Verkehrsqualitätsstufen wurden abschliessend Vorschläge für Normen entwickelt. Diese bestehen aus drei Dokumenten: Eines, in dem die dem Linien- als auch Bedarfsverkehr gemeinsamen Grundlagen sowie das Beurteilungskonzept vorgestellt werden und zwei weiteren, die sich mit der verkehrssystemspezifischen Beurteilung befassen. Das zu Grunde liegende Konzept dieser Normierungsvorschläge ist, dass die Qualität bei einer gegebenen Leistungsfähigkeit beurteilt wird und diese als Ergebnis des Planungsprozesses verstanden wird. Zwar werden generisch Massnahmen empfohlen, mittels derer sich die Qualität des öffentlichen Verkehrs verbessern lässt, allerdings weist die Norm deren Anwendung der Angebotsplanung zu. Damit soll diese zwar zielorientiert wirken, ohne aber dass dabei der Entscheidungsspielraum durch die Norm eingeengt und der Berücksichtigung ortsspezifischer Kenntnisse vorgegriffen wird.

Das entwickelte Verfahren und der Normierungsvorschlag sind ein Schritt hin zu einem übergreifenden Normenwerk, das eine multimodale Bewertung der Verkehrsverhältnisse ermöglicht.

Fazit

Mit dieser Arbeit steht ein Ansatz für eine einheitliche Beurteilung der erbrachten Qualität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr zur Verfügung. Dieser ist sowohl mit der EN 13816 kompatibel als auch so angelegt, dass er als Baustein für eine multimodale Qualitäts- und Leistungsfähigkeitsbeurteilung des strassengebundenen Verkehrs in der Schweiz verwendet werden kann.

Weiterer Forschungsbedarf

Im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit zeigten sich eine Reihe von Wissenslücken, deren zukünftige Schliessung wertvolle Erkenntnisse für die Planung und Optimierung von ÖV-Angeboten liefern kann.

- In folgenden Arbeiten sind die Beurteilungsverfahren der abgeschlossenen Arbeiten schliesslich zusammenzuführen. Dazu sind vergleichende Untersuchungen zu den Verkehrsqualitätsstufen der verschiedenen Verkehrssysteme nötig, aufgrund derer diese so zu kalibrieren sind, dass gleiche Verkehrsqualitätsstufen in verschiedenen Verkehrssystemen die gleiche Bedeutung haben. Somit wird als Ergebnis dieses Forschungspaketes ein multimodales Beurteilungsverfahren für den gesamten strassengebundenen Verkehr der Schweiz verfügbar sein.
- Eine detailliertere Untersuchung der Wirkung von Priorisierungsmassnahmen und Einflüssen darauf würde weitere Erkenntnisse für einen zielgerichteten Einsatz dieser Massnahmen liefern.
- Die Zuverlässigkeit von ÖV-Angeboten ist in der Schweiz zunehmend ein Hauptkriterium für deren Nutzung. Daher sind die Einflüsse darauf weiter vertieft zu untersuchen.
- Eine Neuerhebung der Wahrnehmung der ÖV-Qualität in der Schweiz würde es erlauben, die VQS noch spezifischer zu kalibrieren.
- Das Fahrgastwechselverhalten an Haltestellen hat einen massgeblichen Einfluss auf die Abläufe im öffentlichen Verkehr. Mit aktuellen Erhe-

bungsmethoden ist eine Präzisierung gängiger Modelle möglich.

- Über Bedarfsverkehre in dünn besiedelten Regionen sowie in Randzeiten ist der wissenschaftliche Kenntnisstand derzeit eher gering.
- Für eine sinnvolle Planung von ÖV-Angeboten, die in der Lage sind, Marktanteile vom MIV zu gewinnen, wären neue Kenntnisse über Elastizitäten in Bezug auf die Qualitätsmerkmale in ÖV und MIV, besonders für den städtischen und den Agglomerationsverkehr wertvoll.

Résumé

Motif, objectif et hiérarchisation du travail

Le groupe de normes SN 640 017a-SN 640 024 produit des directives destinées à l'évaluation et à la mesure de la qualité du transport routier, particulièrement la capacité du trafic individuel motorisé (TIM). Ces normes permettent d'attribuer à un niveau de service donné un degré du niveau de service (DNS) et de réaliser ainsi une évaluation homogène des infrastructures. Par contre, on ne dispose pas, pour le moment, de normes semblables pour le niveau de service des transports publics (TP) routiers et du trafic non motorisé individuel (également dénommé mobilité douce, MD).

Les projets de recherche VSS 2007/305 et VSS 2007/306 avaient donc pour but de traiter de ces bases manquantes et de créer des projets de norme d'évaluation de la qualité et de mesure. Les deux projets se sont fondés sur l'étude préliminaire SVI 2007/005 « Degrés intermodaux du niveau de service pour la circulation routière – étude préliminaire ».

Le présent travail traite des transports publics routiers. Pour élaborer les bases de l'évaluation du niveau de service en fonction de la capacité et mettre sur pied un projet de normalisation, il convenait de regrouper les connaissances existantes et d'identifier les indicateurs pertinents. A partir de cela, il fallait créer un concept de mesure de la qualité puis créer une norme pour évaluer et mesurer le niveau de service. Le déroulement de l'ensemble de ce projet de recherche est illustré par la figure 0.1.

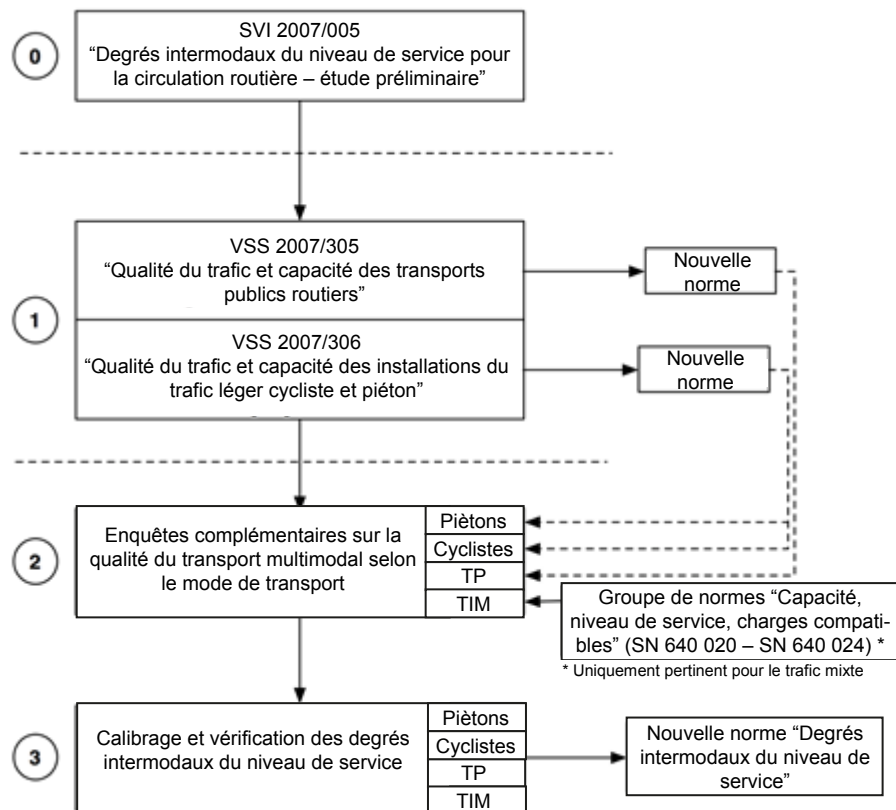


Fig. 0.1 Hiérarchisation du travail de recherche (Scherer 2010)

Procédure

On a commencé par compiler la bibliographie pertinente. Outre les fondements relatifs à la capacité, au comportement des usagers et aux critères d'exploitation, on a surtout intégré les recueils de normes existants, notamment le *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* HBS (FGSV 2005) allemand, et le *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB 2000, TRB 2010) ainsi que le *Transit Capacity and Quality of Service Manual* (TCQSM) (TRB 2003) des États-Unis.

Ceci a permis d'obtenir les indicateurs les plus importants pour mesurer le niveau de service et fournir un aperçu des valeurs de référence usitées. Parallèlement, on a identifié les variables d'influence majeures sur le niveau des transports publics et l'on a décrit leurs interactions. Ces réflexions ont permis de sélectionner des indicateurs mesurant le niveau de service produit pour une capacité donnée. Une distinction a été faite entre les offres de service de ligne et de service conditionnel. De plus, un concept d'évaluation a été créé. Il permet de regrouper les indicateurs pour en faire une évaluation globale.

Sur cette base, on a utilisé, pour les transports de ligne, des évaluations de données de mesure de l'exploitation de l'un des plus gros exploitants suisses de TP pour calibrer les différents degrés de niveau de service (DNS). Comme les données concernant les offres de service conditionnel sont moins volumineuses, on a surtout eu recours à des chiffres-clés des prestations proposées pour ce calibrage.

Pour finir, un projet de norme a été élaboré à partir de cette structure d'évaluation et des valeurs indicatives. Il décrit l'évaluation du niveau de service dans les TP routiers et explique l'application des processus développés au moyen de quelques exemples.

Concept d'évaluation

Tout d'abord, force est de constater que le niveau de service dans les transports publics, contrairement au transport individuel, n'est pas unidimensionnel en fonction de la capacité. Dans les TIM, le niveau de service découle directement du degré d'exploitation de cette capacité. D'autres critères sont définis dans une large mesure par le comportement des usagers, par exemple le choix du véhicule ou la planification des imprévus. Par contre, dans les transports publics, l'utilisateur n'a aucune influence sur les critères qualitatifs tels que le confort et la fiabilité. Les planificateurs et les exploitants de l'offre en sont responsables en qualité de prestataires de service. Il faut donc intégrer d'autres critères, dont ceux qui n'impactent pas directement la capacité.

L'étude des sources bibliographiques a déjà donné lieu à une série de bases d'évaluation et d'applications. En fonction du travail, on mesure des quantités en partie différentes et les concepts sous-jacents se distinguent assez sensiblement de ceux de l'étude préliminaire. Certes, quelques indicateurs ont été repris, mais dans tous les cas, il a fallu vérifier les indicateurs par rapport à leur utilisation en Suisse et notamment les préciser, car les standards de qualité dans le TCQSM (TRB 2003) ne sont pas satisfaisants au niveau local.

Les influences étant multiples sur l'exploitation des transports publics, on a donc sélectionné des indicateurs mesurant la qualité fournie au final, à savoir *l'output*. Cet *output* correspond à la qualité perçue par les usagers. Ainsi, ce processus est moins adapté à une planification détaillée des offres, mais c'est ainsi que les planificateurs gardent la liberté d'employer leurs connaissances locales et leur

expérience pour fournir une offre de grande qualité.

Étant donné, que jusqu'à présent, la littérature n'avait pas décrit de processus systématique pour le regroupement par le DNS de différents indicateurs, celui-ci a été mis au point. A chaque fois, il attribue aux différents indicateurs des aspects précis et définit ensuite le DNS de cet aspect. Après cela, on détermine des Points de Niveau Service (PNS) à base des DNS. Enfin, on peut calculer avec les PNS la qualité d'une offre globale en tenant compte de tous les aspects. C'est ce qu'illustre la Fig. 0.2 sous forme de schéma.

La répartition dans les différents DNS est effectuée conformément aux descriptions de la Fig. 0.3. Celles-ci ont été définies afin d'obtenir un DNS D à peu près équivalent au DNS D dans les TIM, à savoir un état se situant à la limite de la capacité et pour lequel la qualité est encore acceptable.

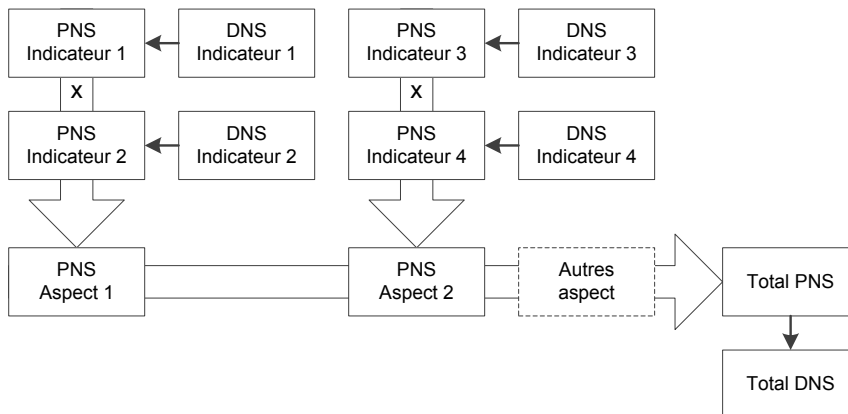


Fig. 0.2 Schéma du concept d'évaluation

Fig. 0.3 Signification des DNS

DNS	Explication
A	Dans les TP routiers urbains, l'offre est extrêmement satisfaisante au niveau qualitatif et permet de voyager en toute fiabilité, rapidement et confortablement. De plus, le niveau élevé de la qualité du service permet une intégration fiable dans le trafic de longue distance, et les imprévus pour les usagers sont minimes. Les TP sont, dans ce cas, le premier moyen de transport des usagers et également le plus privilégié. La qualité est tellement élevée comparée au transport individuel motorisé que l'on peut enregistrer des bénéfices sensibles de la répartition modale en faveur des TP.
B	La qualité des TP routiers est élevée, toutefois de légères lacunes peuvent survenir dans quelques domaines. Globalement, l'offre existe, mais est adaptée à toutes les utilisations et elle offre, comparée au TIM, une attractivité comparable. Pour des trajets facilement prévisibles et répétitifs, les TP restent le moyen de transport privilégié. Toutefois, il faut tenir compte de petites concessions en termes de confort, de durée du voyage ou de fiabilité. Ce niveau de qualité convient en particulier pour desservir des régions urbaines.
C	Globalement, la qualité de l'offre des TP est satisfaisante, mais il existe des lacunes significatives dans quelques domaines. Toutefois, l'offre convient à toutes les destinations et reste donc encore attrayante et concurrentielle par rapport au transport individuel motorisé. Dans ce cas, on peut aussi attendre une légère modification de la répartition modale en faveur des transports publics. Pour les secteurs urbains, ce niveau représente une qualité acceptable, toutefois il faut fournir des efforts continus pour maintenir la qualité et l'améliorer sur le long terme.
D	L'offre des TP est acceptable et majoritairement utilisée par des usagers qui n'ont pas d'autre alternative, et en outre, accomplissent des trajets réguliers facilement planifiables dans lesquels ils tiennent compte des concessions faites au confort et peuvent prévoir d'importants retards dus à des impondérables. Ceci vaut en particulier pour les périodes de pointe durant lesquelles il est impossible d'atteindre des DNS élevés pour des raisons économiques. Comparés au TIM, la qualité des TP est similaire en période de pointe, mais en-dehors de ces périodes, est inférieure, c'est pourquoi, dans de bonnes conditions dans le TIM, des augmentations de la demande dans les TP sont à prévoir. Ce type d'offre permet encore d'assurer la mobilité aux heures de pointe dans les villes, car il peut résoudre de manière appropriée les flux de trafic denses. La qualité doit être conservée aux heures de pointe, et si ce niveau est atteint en-dehors de celles-ci, il faut toutefois chercher à l'améliorer.
E	L'offre de qualité dans les transports publics remplit dans quelques domaines les exigences minimales. Ceci est acceptable pour des itinéraires fortement chargés aux heures de pointe. Au niveau des lignes et du réseau, elle est inacceptable et seuls peuvent être gagnés des usagers qui ne disposent d'aucune alternative à la MD. En comparaison avec le TIM, la qualité des TP n'est pas concurrentielle, c'est pourquoi on ne peut pas prévoir de changements dans la répartition modale en faveur des TP. L'offre, dans ce cas, assume la fonction d'un service de base et doit être rapidement améliorée.
F	L'offre dans les transports publics routiers n'atteint dans aucune catégorie un niveau de qualité acceptable. Ainsi, son utilisation est extrêmement peu attractive et les usagers potentiels l'évitent dans la mesure du possible. Seuls sont empruntés des trajets avec les TP sur lesquels les usagers ne disposent d'aucune autre alternative. Les situations dans lesquelles les TP sont la seule alternative sont en outre activement évitées. Ainsi, l'offre est inadaptée même lorsqu'il s'agit d'assurer un service de base et de la mobilité. Qui plus est, on prévoit des effets négatifs de substitution des TP. Un remaniement et une sérieuse amélioration sont absolument nécessaires.

A cet égard, on a veillé à ce que le concept développé soit compatible avec l'évaluation de la qualité conformément à la norme EN 13816. Même lorsque, dans les projets de norme, on n'utilise qu'une sélection des indicateurs mentionnés, la structure de base peut être facilement élargie à tous les indicateurs de l'EN 13816.

Évaluation des transports de ligne

Dans les transports de ligne, les indicateurs mesurés sont la ponctualité et la régularité, la vitesse par rapport au transport individuel motorisé et la capacité de

charge des véhicules. On y pondère les évaluations de la ponctualité et de la régularité en fonction des espacements, afin de tenir compte des différents comportements des usagers quant au respect de l'horaire. La ponctualité et la régularité sont ici des critères de la fiabilité d'une offre, et la vitesse par rapport au TIM décrit, outre la vitesse d'acheminement, également la compétitivité par rapport au TIM. L'utilisation de la capacité est un critère de confort important et permet en outre, en cas de forte utilisation de celle-ci, de prédire l'efficacité de la montée et de la descente des usagers. On attribue aux indicateurs que sont la ponctualité, la régularité et la vitesse, l'aspect « temps », la capacité de charge, l'aspect « espace ».

Pour définir les indicateurs, on a analysé des données d'exploitation des Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) collectées automatiquement. Elles étaient disponibles pendant deux ans, ce qui a mis à disposition une base de données très importante de plus de 6 millions d'observations. On a opposé à cette base de la qualité réalisable durant le service, l'importance qu'ont les valeurs mesurées pour les usagers et la qualité du service pour enfin déduire les valeurs-limites du DNS.

Les limites de classe du DNS de la part des trajets ponctuels ont été définies afin que d'une part, l'on doive atteindre régulièrement un DNS A et que d'autre part l'on ne passe pas systématiquement sous la barre du DNS E même en heures de pointe sur un réseau fortement chargé. On considère comme ponctuel un départ qui a lieu dans un laps de temps de $-30/+180$ secondes autour de l'horaire prévu.

Pour évaluer la régularité, on utilise le coefficient de variation de l'espacement effectif. Il s'agit de l'écart standard normé de celui-ci dépassant l'espacement prévu dans l'horaire qui permet ainsi une description de la régularité indépendante de l'espacement absolu. En supposant une répartition normale des espacements, on peut également calculer les temps d'attente moyens prévisibles pour un niveau donné du coefficient de variation. Les DNS ont finalement été définis sur la base de la probabilité d'occurrence de prolongations précises du temps d'attente.

De plus, les valeurs mesurées ont permis de mesurer quels ratios de vitesse sont atteignables entre les TP et les TIM. On leur a opposé les parts de marché que les transports publics peuvent escompter pour des ratios de vitesse donnés. Pour le DNS A, on a défini le cas dans lequel un trajet avec les transports publics est au moins aussi rapide que dans le TIM. Dans ce cas, une part de marché (élevée) de 60% serait réalisable.

Enfin, lors de l'évaluation de l'utilisation de la capacité comme limite inférieure d'une qualité acceptable (DNS D) à partir des résultats des mesures, on a défini un degré de capacité pour lequel le flux d'usagers est entravé de sorte que les temps de descente et de montée des passagers sont souvent très longs et compromettent la ponctualité. Le DNS E correspond à un dépassement de cette valeur et le DNS F décrit des densités pour lesquelles un service fiable est quasiment impossible. A l'opposé, pour un DNS A, chaque usager peut non seulement s'asseoir mais a aussi souvent, dans la majorité des cas, une place assise libre à côté de lui.

La Fig 0.4 présente un récapitulatif des niveaux de service définis.

Fig. 0.4 Indicateurs pour les niveaux de service développés

DNS	% ponctuel ⁽¹⁾	Coefficient de variation c_{v,t_K}	Vitesse d'acheminement TP par rapport au TIM	Utilisation de la capacité a ⁽²⁾
A	≥ 95%	$c_{v,t_K} \leq 0.18$	$r_{\text{ÖV,MIV}} \geq 1.00$	$a \leq 0.311$
B	< 95%, ≥ 90%	$0.18 < c_{v,t_K} \leq 0.25$	$0.78 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 1.00$	$0.311 < a \leq 0.409$
C	< 90%, ≥ 85%	$0.25 < c_{v,t_K} \leq 0.30$	$0.55 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.78$	$0.409 < a \leq 0.557$
D	< 85%, ≥ 80%	$0.30 < c_{v,t_K} \leq 0.39$	$0.38 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.55$	$0.557 < a \leq 0.719$
E	< 80%, ≥ 75%	$0.39 < c_{v,t_K} \leq 0.48$	$0.25 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.38$	$0.719 < a \leq 0.844$
F	< 75%	$c_{v,t_K} < 0.48$	$r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.25$	$a > 0.844$

⁽¹⁾ Un départ est ponctuel s'il a lieu dans les -30/+180 secondes autour du départ prévu dans l'horaire.

⁽²⁾ Utilisation de la capacité rapportée à la capacité en cas d'occupation totale des places assises et debout avec 4 p/m²

Comme la ponctualité et la régularité sont toutes deux importantes pour la fiabilité, il convient de les différencier davantage. La ponctualité est surtout importante pour les offres de transport ayant un espacement élevé car, ici, une majorité des usagers se présente à l'arrêt des TP sur un trajet précis. Pour des espacements très courts, par contre, les usagers se présentent quasiment par hasard à un arrêt. Il faut donc effectuer une pondération entre ces deux cas. Celle-ci repose sur les proportions, mesurées en fonction de l'espacement, aléatoirement ou de façon ciblée, des usagers présents à un arrêt tels que les a calculés Lüthi (2007). La fig.0.5 présente cette pondération.

Pondération entre l'espacement et la ponctualité

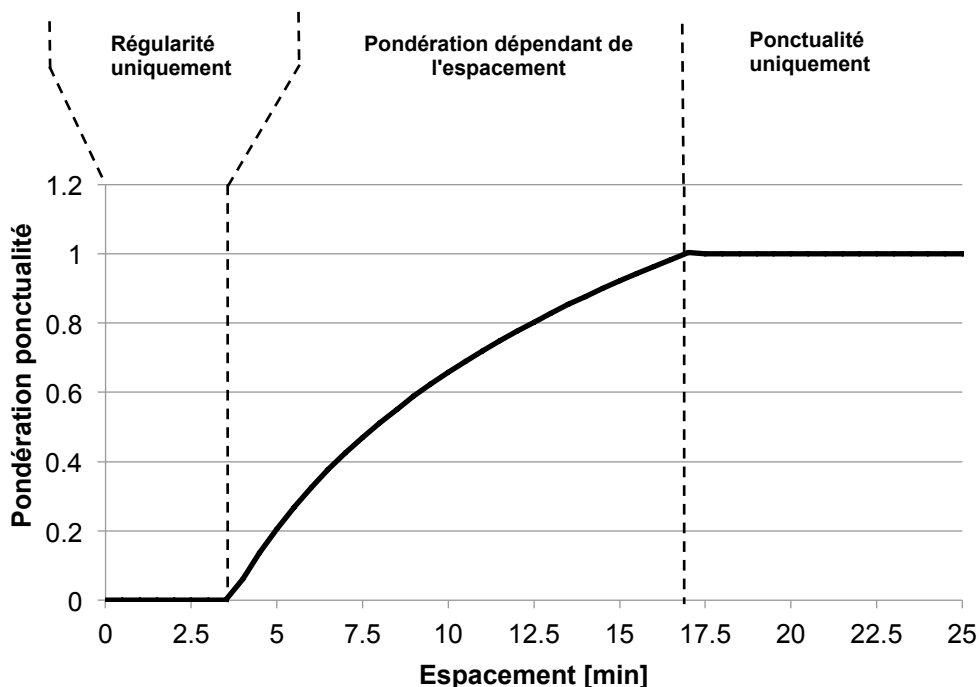


Fig. 0.5 Pondération de l'espacement par rapport à la ponctualité en fonction de l'espacement

Évaluation des transports à la demande

Pour les transports à la demande, on a traité six, et parfois plus, indicateurs. Outre les valeurs extraites de l'exploitation, on a analysé des indicateurs provenant de la planification de l'offre auxquels on a attribué ces trois aspects.

L'aspect de la disponibilité est, dans les offres de transports à la demande, particulièrement important, car son but est souvent de proposer des offres de lignes dans des régions dont la desserte est peu judicieuse ou se situe en dehors des heures de pointe. A ce niveau, on distingue la disponibilité temporelle de la disponibilité spatiale.

La disponibilité spatiale décrit dans quelle mesure les points de desserte de l'offre de transport correspondent aux points d'activité et comment les correspondances de trajet possibles correspondent aux lignes souhaitées. Étant donné qu'un recensement complet des distances d'accès signifierait un travail d'une ampleur inconcevable, quatre types de concept de desserte spatiale ont été définis et l'évaluation a été réalisée à l'aide de la flexibilité de ces concepts pour des souhaits individuels.

Concernant la disponibilité temporelle, on a d'abord distingué les offres représentant l'offre de trafic primaire quotidienne et celles comblant un manque, à savoir, par exemple, les offres de week-end et de nuit. Pour les offres primaires, on mesure chaque jour la fourchette de temps pendant laquelle une offre est disponible. La ventilation en DNS est déduite à l'aide du spectre d'activités dont l'exercice est rendu possible par la période de service. Pour les trafics de week-end et de nuit, on mesure la part relative des lacunes dans l'offre primaire, couverte par l'offre de transports à la demande. La répartition en DNS est de nouveau réalisée à l'aide du spectre d'activités rendues possibles par l'offre de transports à la demande.

Un autre aspect est la qualité du service dont font partie les indicateurs de flexibilité et de degré de satisfaction.

La flexibilité est mesurée sur le délai de la réservation anticipée d'un trajet. Plus il est court, plus il est probable que des souhaits de trajet également spontanés soient satisfaits. La ventilation des DNS y atteint un niveau auquel, avec un délai de signalement de 30 minutes, quasiment tous les trajets spontanés sont possibles, ce jusqu'à un niveau limitant fortement la flexibilité des usagers, à savoir un délai de réservation anticipée de plus de deux jours.

Le degré de satisfaction permet de mesurer quelle proportion des souhaits de trajet peut être prise en charge. Si des souhaits de trajet sont régulièrement déclinés, cela veut dire que l'offre ne remplit pas son objectif. Les DNS ont, dans ce cas, été définis à l'aide de la fréquence à laquelle un usager régulier doit renoncer à son souhait de trajet.

Enfin, au sein de l'aspect Temps, on a mesuré la vitesse par rapport aux TIM ainsi que la fiabilité de l'offre. L'attribution des valeurs mesurées aux DNS suit la même logique que pour les transports de ligne, néanmoins les valeurs-limites concernant le rapport voyage-temps sont plus importantes, pour tenir compte du fait que la desserte de base est prioritaire (et non pas la concurrence avec le TIM).

Normalisation

Sur la base des degrés de niveau de service déduits, des projets de normes ont finalement été conçus. Ils sont composés de trois documents : un dans lequel sont présentés les principes communs aux transports de ligne et à la demande, ainsi que le concept d'évaluation, et deux autres documents traitant de l'évaluation spécifique au système de trafic. Le concept sous-jacent de ces projets de normes est l'évaluation de la qualité pour une capacité donnée et que celle-ci est comprise comme étant le résultat du processus de planification. Certes, on recommande des mesures génériques au moyen desquelles il sera possible d'améliorer la qualité des transports publics, néanmoins la norme stipule son application à la planification de l'offre. Ainsi, celle-ci devrait certes être ciblée, mais sans toutefois que la norme ne réduise la marge de décision et que l'on ne présage de la prise en compte de connaissances spécifiques au lieu.

Le processus développé et le projet de normes sont un pas en avant vers un recueil de normes élargi permettant une évaluation multimodale des relations des transports.

Conclusion

Le présent travail présente une approche d'une évaluation homogène de la qualité fournie dans les transports public routier. Il est compatible avec la norme EN 13816 mais également conçu afin de pouvoir être utilisé comme composante d'une évaluation multimodale de la qualité et de la capacité du trafic routier en Suisse.

Autres besoins en matière de recherche

Le présent travail a mis à jour plusieurs lacunes, qui une fois comblées, pourront fournir des connaissances précieuses pour la planification et l'optimisation des offres de TP.

- Dans les travaux ultérieurs, les processus d'évaluation des travaux achevés devront être fusionnés. Pour cela, des études comparatives sur les degrés de niveau de service des différents systèmes de transport sont nécessaires. Elles permettront de calibrer ceux-ci afin que les mêmes degrés de niveau de service aient la même signification dans différents systèmes de transport. Ceci permettra de mettre à disposition le résultat de ce lot de recherches, à savoir un processus d'évaluation multimodal pour l'ensemble du trafic routier en Suisse.
- Une étude détaillée de l'impact de mesures de priorisation et des influences sur celles-ci fournirait d'autres connaissances pour une utilisation ciblée de ces mesures.
- En Suisse, la fiabilité des offres de TP est de plus en plus un critère majeur de leur utilisation. En conséquence, il faudra étudier de manière plus détaillée ce qui influe sur celle-ci.
- Une nouvelle enquête sur la perception de la qualité des TP en Suisse permettrait d'étalonner encore plus spécifiquement les DNS.
- Le comportement lors de la descente et de la montée des usagers aux arrêts revêt une influence considérable sur les processus dans les transports publics. Avec les méthodes de collecte actuelles, il est possible

de préciser les modèles courants.

- L'état des connaissances scientifiques est plutôt réduit pour les transports à la demande dans des régions faiblement peuplées ainsi que pour les horaires en dehors des heures de pointe.
- Pour planifier de façon pertinente les offres de TP susceptibles de gagner des parts de marché du TIM, de nouvelles connaissances sur les élasticités relatives aux critères de qualité dans les TP et le TIM seraient précieuses, notamment pour le trafic urbain et en agglomération.

Summary

Background and Goals of the study

The standards as defined by SN 640 017a-SN 640 024 provide guidelines for the evaluation and design with regard to road transport capacity and quality. These norms are mainly focused at capacity of automobile flow and assign a level of service (LOS) to a given flow quality and capacity utilization. Currently, there are no such standards defined for public transport and non-motorized individual transport.

The goal of the research projects VSS 2007/305 and VSS 2007/306 is therefore to provide the necessary knowledge and develop upon this a draft of quality and design norms for public and non-motorized transport modes. The common starting point of these studies is the pre-study SVI 2007/005 on "Multimodal level of service of road traffic – preliminary study".

This study (VSS 2007/305) deals with public transport using roadways. The task was to gather the fundamentals for the evaluation of public transport quality and capacity and to identify the relevant indicators. Based on these, a model for the evaluation was developed, leading to the draft of a standard for evaluation and design of public transport quality. Figure 0.1 illustrates the structure of the entire research package.

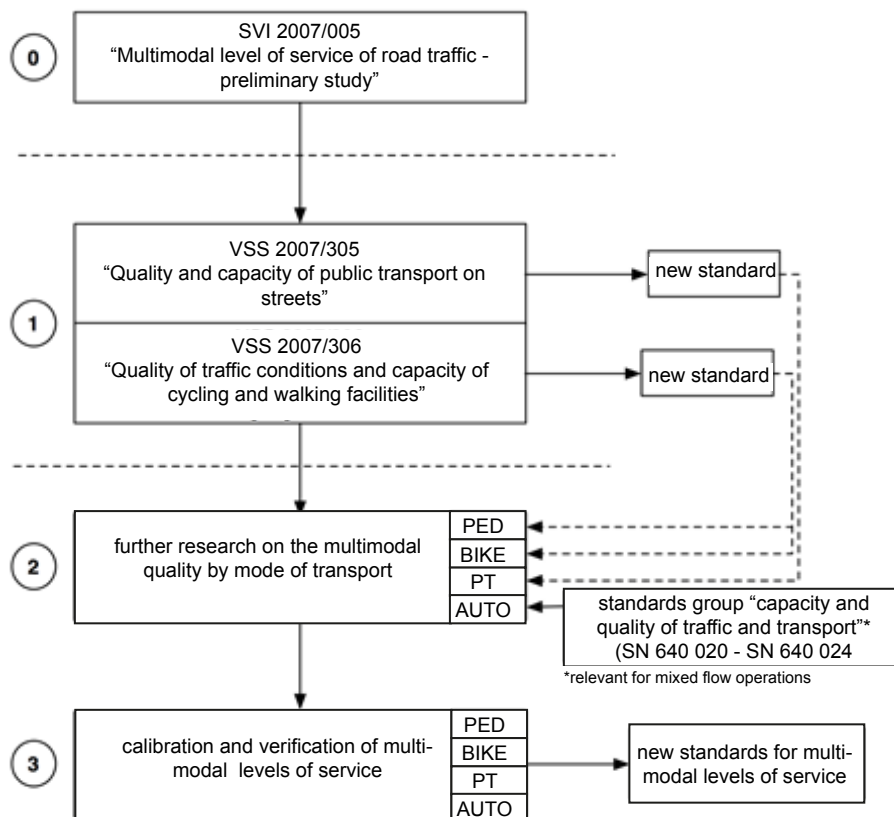


Figure 0.1 Structure of the entire research package (Scherer 2010)

Approach

At the beginning of the study, the relevant literature was consulted. This included fundamental works public transport capacity, passenger behavior and operational characteristics. Furthermore, the major existing standards frameworks were studied, namely the German *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* HBS (FGSV 2005) and US-American *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB 2000, TRB 2010) and *Transit Capacity and Quality of Service Manual* (TCQSM) (TRB 2003).

Based on this review, the most important indicators for measuring public transport quality and the respective thresholds were compiled. Also, further influences on public transport quality and their interactions with the indicators were studied. Based on this step, a set of indicators was selected that is suitable for measuring a realized quality at a given capacity. For these measurements, a differentiation between scheduled and demand-responsive service is made. Finally, an evaluation framework was designed that can be used to combine the individual indicator measurements into a compound evaluation score.

For scheduled services, the calibration of individual level of service (LOS) thresholds was conducted using data automatically collected by one of the largest public transport operators of Switzerland. As operational data was less available for demand-responsive data, the calibration was based on service planning characteristics.

Finally, evaluation framework and the thresholds were used to draft a standard for roadway public transport quality evaluation.

Evaluation Concept

The quality of transportation in public transport cannot, other than in automobile transport, be measured solely by the capacity of capacity utilization. This is due to the fact the capacity is the only aspect the a planner can directly influence whereas many other quality aspects are determined by the drivers themselves, e.g. the choice of the vehicle or the planned travel times. In public transport, it is the user who has no direct influence on criteria such as comfort or buffer times and the service operator who has to make the decisions regarding these aspects during the service planning phase. Therefore, the evaluation of public transport services has to consider a wider range of criteria, including those that do not directly influence capacity.

The literature review yielded a number of evaluations concepts and applications. They do not all use the same measurements and the basic concepts are sometimes fundamentally from the framework laid out by the preliminary study. Still, a number of indicators proved useful and was adapted for this study. However, in all cases the calibration resulted in the LOS thresholds needing to adjusted to be stricter as the service quality levels achieved in Switzerland are significantly above those that especially the TCQSM (TRB 2003) was designed for.

Due to the large number of influences on public transport operations, the decisions was made to consider indicators that measure the realized quality, so to speak, the “output”. This “output” is equivalent to the quality that passengers experience. Consequently, the procedures developed are less suited for detailed planning but rather set forth goals which in order to achieve, public transport planners can utilized their full experience with local issues.

As no comprehensive procedure for combining LOS of different indicators into a compound LOS was found, such a procedure was developed as part of this study. This procedure assigns individual indicators into “aspects” and determines an LOS for such an aspect. Each LOS is assigned an LOS score which can be used for further calculations. In a further step, the overall service quality is determined by combining all aspects. This procedure is shown in figure 0.2

The assignment of the respective LOS is conducted according the service levels as described in figure 0.3. These levels have been defined so that LOS D has the same meaning as LOS D for automobile transport, i.e. that a condition is present at which the system is operating at its capacity limit and the quality is just acceptable.

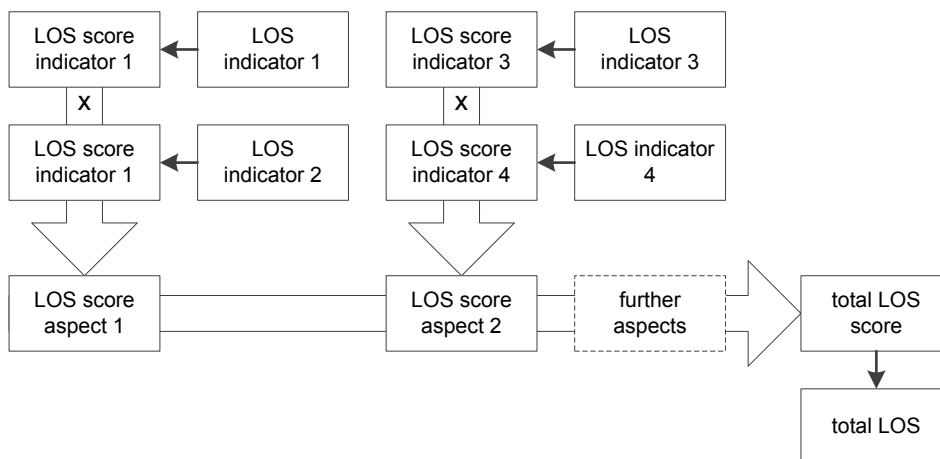


Figure 0.2 Evaluation procedure

Figure 0.3 Service level descriptions

LOS	Description
A	The quality of the urban public transport service is very high, enabling fast, reliable and comfortable travel. Furthermore, the high reliability allows for convenient and short transfers to long distance services. At this service level, public transport is the preferred mode of transport and the quality is high especially when compared to automobile transport, allowing for significant modal split gains by public transport.
B	The quality of roadway based public transport is high, however small issues may exist. Overall the service suitable for all kinds of activities and the attractiveness is comparable to that of automobile transport. Especially for regular trips, public transport is the preferred mode, however minor shortcomings may be encountered regarding singular indicators. The total service quality is suitable for serving urban areas.
C	Public transport quality overall is good, however there may be significant shortcomings regarding individual indicators or minor shortcomings regarding multiple indicators. Still, all activities can be accessed with a service operating at this level and it can compete with automobile trips. For urban areas, this level of service is acceptable, however measures should be taken to ensure that this level is maintained in the mid-term and improved in the long term.
D	Public transport quality overall is acceptable, however the service is primarily used by those that do not have good alternatives and commute using regular routes. Comfort can be limited and buffer times to account for irregularities are necessary. During peak times, when no higher LOS can be economically achieved, the quality is still equivalent to that of automobile transport as it is also subject to congestions, however outside of peak times public transport is not competitive, thus losing market share. For peak hour urban services, LOS D is oftentimes suitable if large passenger volumes can be transported. If services operate at this LOS outside of peak hours, improvements are recommended.
E	Service quality of public transport at LOS E meets only minimal criteria. This level may be acceptable for the worst performing runs during peak hours, but should not be encountered on the line or network level as the only users would those that have no alternative to public transport. Compared to automobile transport, public transport is inferior and can only serve basic needs. Improvements need to be made quickly.
F	LOS F constitutes a service failure and describes a service which has unacceptable shortcomings in regarding all aspects. Consequently, such a service is extremely unattractive and is avoided whenever possible. A service operating at this LOS is not suited in any way to serve even basic mobility needs and improvements are urgently necessary.

As the European norm EN 13816 is already widely used, the evaluation concept has been designed so that it is compatible. Although the indicators used in the standard drafts cover only a small part of those used in EN 13816, the structure is flexible so that all indicators can be incorporated.

Evaluation of Scheduled Services

For the evaluation of scheduled services, the on time performance, headway adherence, speed ratio compared with automobile transport and vehicle load factors are measured. As headways influence passenger arrivals at public transport stops, on time performance and headway adherence are weighted by headway and combined to yield a reliability LOS. Speed ratios are also a measure for competitiveness and load factors are important to both evaluate comfort levels and passenger exchange times. On-time performance, headway adherence and speed ratio are assigned to the aspect “time” while passenger loads are assigned to the aspect “space”.

For the calibration of LOS thresholds, automatically collected data supplied by *Verkehrsbetriebe Zürich* (VBZ), the primary public transport operator in the city of Zurich, was used. This data was available from a time frame of 2 years, providing a the large number of about 6 million individual observations to work with. This

measured quality was put into perspective with the implications on operational quality and passenger experience to determine the LOS thresholds.

For on-time performance, the share of on-time departures is measured. A departure is considered on time if it occurs within -30/+180 seconds of the scheduled departure time. The LOS thresholds are set in a way that LOS A can be achieved regularly if a service is well planned and LOS E is a level that should be violated systematically even during peak hours.

For the evaluation of headway adherence, the coefficient of variation of the actual headways are measured. This is determined as the standard deviation of headways, normalized over the schedule headways and yields an indicator for headway reliability that is independent from the absolute headways. Assuming a normal distribution of headways, expected waiting times for different levels of coefficient of variation can be calculated. The LOS thresholds are then calibrated based on the probability of a given waiting time extension occurring.

The thresholds for the public transport to automobile transport speed ratio was determined considering which levels are actually achievable in day-to-day operations and what market share public transport can be expected to achieve at a given speed ratio. The public transport speed is measured as the average speed between two stops, including passenger exchange times at one stop and all further intermediate stoppages (e.g. traffic lights). LOS A was set as the case in which public transport is at least as fast as automobile transport, allowing for a theoretically possible mode share of 60%.

Regarding passenger loads, threshold between LOS D and LOS E was determined as the level at which passenger exchange is inhibited to the extent that exchange times vary greatly, can become unacceptably long and therefore impact reliability. At LOS F, a reliable operation is virtually impossible, while at LOS A all passengers are able to sit and will also find the adjacent seat unoccupied.

A summary of the respective levels of service can be found in figure 0.4

Figure 0.4 Level of service thresholds

LOS	% on time ⁽¹⁾	coefficient of variation c_{v,t_R}	public transport speed relative to automobile speed	load factor a ⁽²⁾
A	≥ 95%	$c_{v,t_R} \leq 0.18$	$r_{\text{ÖV,MIV}} \geq 1.00$	$a \leq 0.311$
B	< 95%, ≥ 90%	$0.18 < c_{v,t_R} \leq 0.25$	$0.78 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 1.00$	$0.311 < a \leq 0.409$
C	< 90%, ≥ 85%	$0.25 < c_{v,t_R} \leq 0.30$	$0.55 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.78$	$0.409 < a \leq 0.557$
D	< 85%, ≥ 80%	$0.30 < c_{v,t_R} \leq 0.39$	$0.38 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.55$	$0.557 < a \leq 0.719$
E	< 80%, ≥ 75%	$0.39 < c_{v,t_R} \leq 0.48$	$0.25 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.38$	$0.719 < a \leq 0.844$
F	< 75%	$c_{v,t_R} < 0.48$	$r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.25$	$a > 0.844$

⁽¹⁾ A departure is considered on time if it occurs within -30/+180 seconds of the scheduled departure time

⁽²⁾ Calculated based on a capacity considering all seats and a standing passenger density of 4 P/m²

As on time performance and headway adherence are both measures for reliability, they have to be weighed against each other. On time performance is important especially for services that operate with long headways as there, passengers are more likely to arrive at a stop for a specific departure. Headway adherence is a good measure for short headway services as with this type of service, passengers tend to arrive at stops randomly, expecting to wait no more than half

the headway on average. The weighing between these two indicators is done using the share passengers arriving at stops randomly or for a specific departure, based on the respective shares as determined by Lüthi (2007). Figure 0.5 illustrated this weighing procedure.

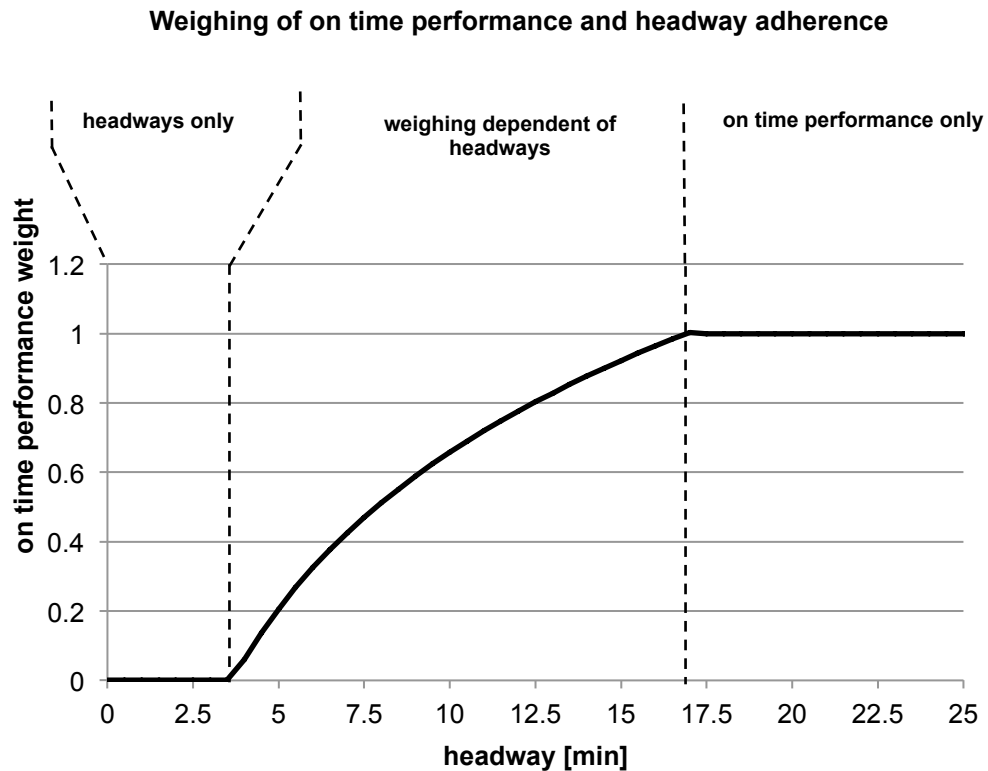


Figure. 0.5 Weighing of on time performance and headway adherence

Evaluation of Demand Responsive Services

For the evaluation of demand responsive services, six, partially different, indicators are used. In addition to indicators measured at service operation, further indicators that are determined during service planning are used and three aspects were defined.

The first aspect is the availability since the purpose of demand responsive services is oftentimes the provision of services in areas or during times that cannot be economically served with scheduled services. Availability is measured as spatial and temporal availability.

Spatial availability describes to what extent access points to the service correspond to the activity locations. As a measurement of actual access distances would be an uneconomically large effort, four spatial service types were defined and LOS assigned based on the extent to which this concepts can address passenger demand.

For the evaluation of temporal availability, first a differentiation between services that constitute the primary, daily, public transport service and services that operate during gaps of a primary scheduled service is made, e.g. night or weekend services. For primary services, the portion of a day during which the service is available is measured. For night and weekend services, the indicator measured is

the relative span of the gap in the primary service that is covered by the demand responsive service. LOS thresholds are determined based on the range of activities that can be accessed using the service

The next aspect is the operation quality, consisting of the indicators flexibility and fulfillment ratio.

The flexibility is measured as the time a trip has to be pre-booked. The shorter this time, the more even spontaneous travel demands can be addressed. The LOS thresholds range from a 30 minute pre booking windows which enables almost any spontaneous trips to a level at which pre booking have to be made 2 days in advance, allowing for almost no flexibility by the users.

With the fulfillment ratio, the share of trips requested is measured that are served. If a request for a trip has to be rejected regularly, the service is not fulfilling its purpose.

Finally, the aspect time includes the indicators speed ratio and reliability. The assignment of LOS thresholds follows the same rationale as for scheduled services, however the thresholds regarding speed ratios are more lenient, reflecting that demand responsive service primarily are basic services are competing with automobile trips is secondary.

Standardization

Based on the developed levels of service, a draft for a standard was created. This draft consists of three documents: One basic standard, covering the concept of the evaluation procedure and basics that are common to both scheduled and demand responsive services. The fundamental principle of these standards is that the quality that is realized at a given capacity level is measured and quality is understood to be the result of a planning process. Although generic measures are listed, the application and design of actual measures to be taken is seen as the responsibility of the service planner. Thus, the standard define the goals but leave the decision as to what actions to take to achieve those goals to the planners.

This evaluation standard is step towards a comprehensive set of standards allowing for a truly multimodal evaluation of traffic conditions.

Conclusion

This study provides a method for a comprehensive evaluation of road-based public transport. This method is compatible with the EN 13816 and is suitable for a multimodal quality and capacity evaluation of road transport in Switzerland.

Avenues of Further Research

During this study a number of fields was identified in which further research should yield valuable knowledge for the planning and optimization of public transport services.

- Subsequent studies need to join the results of the completed studies on transport quality. For this, the relative conditions in different modes need to be done. Based upon these, a levels of service can be calibrated in such a way that same LOS in different modes of transport have the same

meaning.

- Detailed research on the effect of prioritization measures would lead to further insights into how to efficiently apply these.
- The reliability of public transport services is becoming a major criterion for their use in Switzerland. Therefore, the influences affecting reliability need further attention.
- Updated studies on the perception of public transport quality in Switzerland would allow for a refinement of the LOS.
- The passenger exchange at stops has a major impact on public transport operations. With new data collection methods, significant improvements to current models should be possible.
- Demand responsive services, especially in low density regions and outside of regular service times have seen little research attention.
- For the planning of public transport services that have the potential to capture large market shares, new studies on the elasticities regarding public transport and automobile transport quality indicates is necessary, especially in urban regions and agglomerations.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Jahr 1999 wurden mehrere VSS – Normen der Gruppe «Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit» in Kraft gesetzt (SN 640 017a bis SN 640 024). Diese Normgruppe verfolgt das Ziel, analog zum amerikanischen *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB 2000, TRB 2010) und dem deutschen *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* HBS (FGSV 2005) für möglichst alle Anlagen des strassengebundenen Verkehrs Richtlinien und Bemessungsvorschläge bereitzustellen. Bisher umfasst die Normengruppe die Elemente Hochleistungsstrasse (Freie Strecke und Einfahrten), Strassen ohne Richtungstrennung und Knoten mit / ohne Lichtsignalanlage (LSA) sowie Knoten mit Kreisverkehren. Hingegen bestehen keine analogen Grundlagen für die Bemessung der Verkehrsqualität und der Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs.

Unter dem Leistungsfähigkeitsbegriff wird allgemein die grösstmögliche Verkehrsmenge verstanden, von der erwartet werden kann, dass diese einen Abschnitt einer Verkehrsanlage innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren werden kann. Planungs- und Normierungsinstrumente in der Schweiz nutzen bislang Verkehrsqualitätsstufen für den MIV.

Die Beurteilung der Verkehrsqualität und der Leistungsfähigkeit erfolgt in der Normengruppe in sogenannten *Verkehrsqualitätsstufen* (VQS) anhand zu definierender Kennzahlen. Diese dienen sowohl der verkehrstechnischen Dimensionierung als auch der Beurteilung des Verkehrsflusses in bestehenden Verkehrsanlagen und verfolgen das Ziel, in der Planungs- und Projektierungsphase eine planerisch angestrebte Mindestqualität zu definieren. Im Betrieb dient die Verkehrsqualität als operatives Kontrollinstrument zur Beurteilung verkehrsplanerischer und betrieblicher Massnahmen sowie der Lokalisierung hochbelasteter Verkehrsschwerpunkte. Der (teilweise) Umbau von Anlagen, Änderungen im Betrieb und alternative Verkehrsführungen zur Reduktion des Verkehrsaufkommens stellen Beispiele für solche Massnahmen dar.

1.2 Einordnung der Forschungsarbeit

Die vorliegende Forschungsarbeit analysiert die Leistungsfähigkeit der Verkehrsmittel des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs für schweizerische Verhältnisse. Dies bildet die Basis für die Entwicklung von Normen für den öffentlichen Verkehr. Dabei werden Aspekte der Verkehrsqualität nur soweit berücksichtigt, wie sie für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit relevant sind. Zusammen mit der parallelen Arbeit zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und der Verkehrsqualität für den Fussgänger- und Fahrradverkehr (VSS 2007/306) wird eine einheitliche Daten- und Normenbasis für eine spätere multimodale Beurteilung der Verkehrsqualität für den Verkehrsträger Strasse geschaffen (siehe Abb. 1.1).

Sowohl die vorliegende Studie als auch diejenige von Anlagen des leichten Zweirad- und Fussgängerverkehrs (VSS 2007/306) orientieren sich an der Vorstudie zur multimodalen Verkehrsqualität und ihren Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr (Scherer 2010) und schaffen für entsprechende verkehrsmittelspezifische Einzelnormen (Schritt 1).

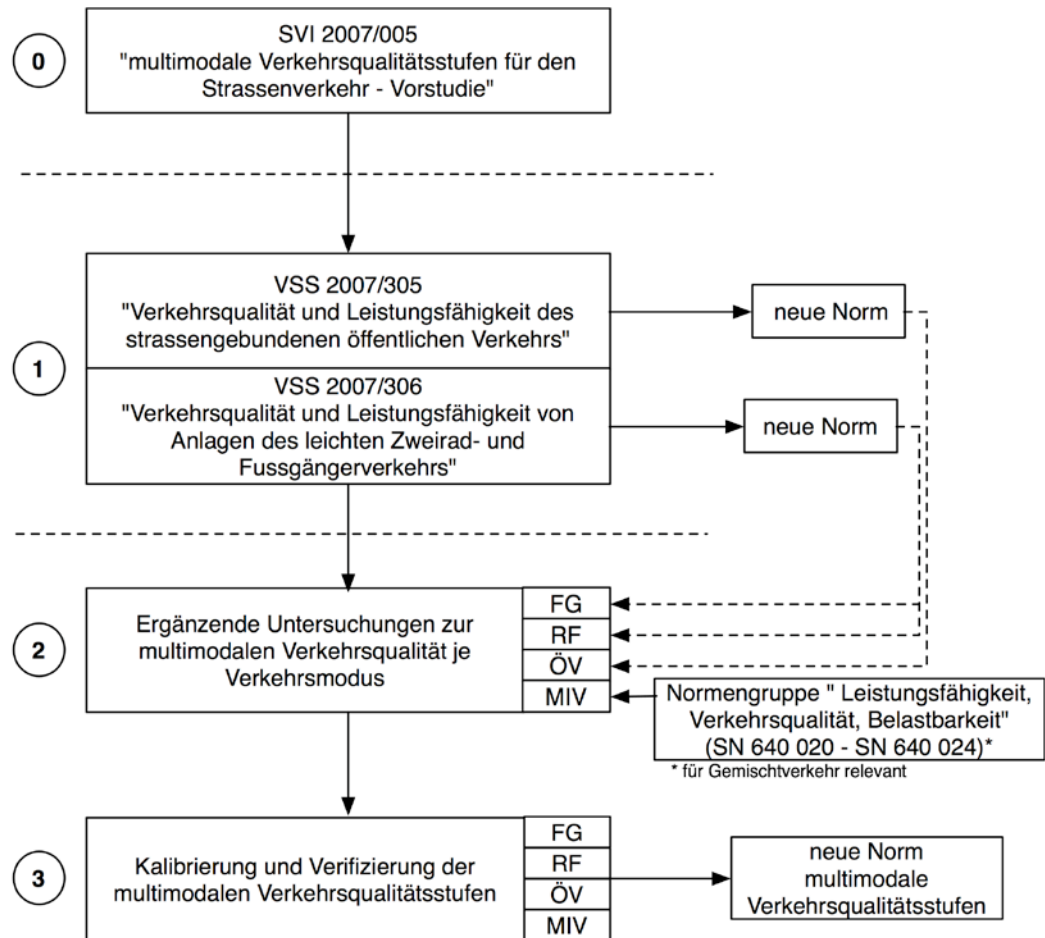


Abb. 1.1 Einordnung der Forschungsarbeit (Scherer 2010)

In den Folgestudien sind zusätzliche qualitätsrelevante Kriterien unter Einbezug der Qualitätskriterien zu Service- und Begleitumständen für alle Verkehrssysteme des Verkehrsträgers Strasse zur Beurteilung der multimodalen Verkehrsqualität zu ergänzen (Schritt 2). Dies dient als Grundlage für die Vergleichbarkeit der Verkehrsqualitätsstufen durch Kalibrierung des Modells und für die Festlegung von multimodalen Verkehrsqualitätsstufen. In den Schritten 2 und 3 kommt das geplante SVI-Projekt «Vergleichbarkeit der Verkehrsqualitätsstufen für MIV, ÖV, FG und RF» im Rahmen des Forschungsbündels «Intermodale Verkehrsbeeinflussung» zum Tragen.

1.3 Ziel der Forschungsarbeit

Ziel dieser Grundlagenstudie ist die Erarbeitung verkehrssystemspezifischer Grundlagen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und der Verkehrsqualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs.

Die Ziele dieser Grundlagenstudie sind im Einzelnen:

- Prüfung bestehender, praktischer, analytischer Bemessungsmethoden, sonst Erarbeitung neuer Bemessungsmethoden für die Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für den öffentlichen Strassenverkehr für schweizerische Verhältnisse einschliesslich der erforderlichen Bemessungswerte,

- Erhebung von empirischen Daten mit Referenzcharakter zur Festlegung von Richtwerten der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für schweizerische Verhältnisse,
- Abstimmung der Beurteilungsmethodik mit verkehrstechnischer Bemessung in bestehenden Normen,
- Zweckmässige Festlegung von Verkehrsqualitätsstufen zur Beurteilung der Verkehrsqualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs,
- Vorschlag konkreter Empfehlungen für die Normierung und Entwicklung eines entsprechenden Normierungsvorschlag.

Das Erreichen dieser Ziele ermöglicht die Schliessung der Normlücke innerhalb der Normgruppe «*Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit*».

Die für diese Forschungsarbeit relevanten strassengebundenen Verkehrssysteme, Betriebsformen und Anlagenelemente fasst Abb. 1.2 in Anlehnung an bestehende schweizerische Systeme zusammen.

Abb. 1.2 Relevante Verkehrssysteme, Betriebsformen, Anlagenelemente

Verkehrssystem	Betriebsform	Anlagenelement
Tram	Baulich getrennte Fahrbahn	Strecke Haltepunkte
	Überfahrbare Fahrbahn	
	Mischverkehr	
Trolleybus	Busspur	
	Mischverkehr	
Bus	Busspur	
	Mischverkehr	
	Bedarfsbetrieb	Ressourceneinsatz zur Bestimmung von Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität

Da Bedarfssysteme naturgemäss nur bei geringer Nachfrage eingesetzt werden, weichen die dabei relevanten Aspekte von denen der übrigen Verkehrssysteme des öffentlichen Strassenverkehrs ab. Vor allem die Qualität der Erschliessung rückt in den Vordergrund.

1.4 Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität

Wirkungskreis

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit hängen eng zusammen und sind wesentliche Kenngrössen zur Beurteilung von Verkehrsanlagen des öffentlichen Strassenverkehrs und dem darauf realisierten Verkehrsangebot. Sowohl die Verkehrsqualität als auch die Leistungsfähigkeit stehen in enger Wechselwirkung zueinander und interagieren wiederum mit der Verkehrssicherheit (siehe Abb. 1.3). In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass sich alle Verkehrsanlagen in einem normkonformen Zustand befinden und die Anforderungen hinsichtlich der Verkehrssicherheit erfüllen.

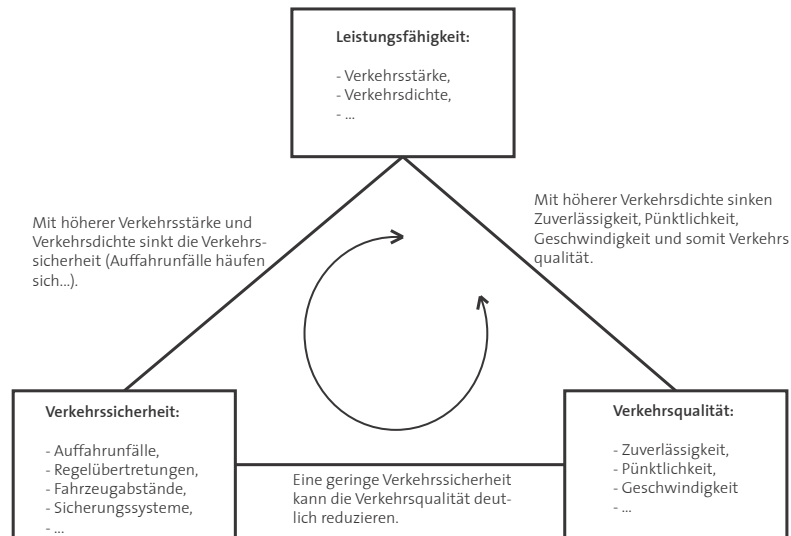


Abb. 1.3 Zusammenwirken von Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität (Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit, Geschwindigkeit) und Verkehrssicherheit

Einfluss- und Messgrößen

Die Einfluss- und Messgrößen von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit sind in dieser Studie zu erarbeiten. Grundsätzlich können qualitative und quantitative Merkmale unterschieden werden. Quantitative Merkmale wie beispielsweise die Verkehrsstärke als Messgrösse der Leistungsfähigkeit drücken Betriebszustände in Zahlenwerten aus. Qualitative Messgrößen beurteilen Situationen des Verkehrs für bestimmte Anlagenelemente argumentativ. In der Vorstudie (Scherer 2010) wurden bereits mögliche Einfluss- und Messgrößen der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit eingeführt, welche in dieser Studie näher analysiert werden:

Die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage des öffentlichen Strassenverkehrs ist abhängig von Grössen wie Fahrplankontakt, Beförderungsgeschwindigkeiten, Umsteigezeiten, Reisezeitverlusten gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) und Langsamverkehr (LV), Platzangebot in den Fahrzeugen, Strassentypen und den erreichten Pünktlichkeitswerten (Scherer 2010).

Mögliche Einflussgrößen auf die Verkehrsqualität sind Auslastungsgrade der Fahrzeuge, Pünktlichkeit, Anschlusssicherheit und weitere Kriterien, welche die Ansichten der Verkehrsteilnehmer, aber auch der Anbieter von Verkehrsdienstleistungen berücksichtigen (Scherer 2010).

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit der Anlagenelemente

Bei der Analyse der Verkehrsqualität und der Leistungsfähigkeit von Verkehrsanlagen des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs sind insbesondere die Verhältnisse auf einer einzelnen Linie, mehrerer Linien sowie ganzer Netze zu untersuchen. Dabei ist die ermittelte Qualität und Leistungsfähigkeit beeinflusst von den auf dem jeweiligen Anlagenelement vorherrschenden Bedingungen.

1.5 Vorgehen und Aufbau

1.5.1 Vorgehen

Die Arbeiten zur Analyse der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs und die Bestimmung der entsprechenden Verkehrsqualitätsstufen gliedern sich grundsätzlich in die in Abb. 1.4 dargestellten Arbeitsschritte.

Zunächst werden im Kapitel 1 in einem ersten Arbeitsschritt Festlegungen getroffen und wichtige Begriffe definiert. Dies dient der Einleitung in die Thematik und grenzt diese Grundlagenstudie von der multimodalen Verkehrsqualitätsbeurteilung ab.

Anhand einer ausführlichen Literaturrecherche werden in Kapitel 2 relevante Quellen gesichtet und bekannte Richtwerte zusammengetragen. Darauf aufbauend kann bestimmt werden, welche zusätzlichen Daten erhoben werden müssen, um die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit im Sinne dieser Studie zu bestimmen. Dies erlaubt auch, die Wissenslücken sowie den Bedarf für angepasste Richtwerte in der Schweiz zu identifizieren.

Ausgehend vom bisherigen Wissen und existierender Verfahren wird in Kapitel 3 ein Modell zur Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit strassengebundener öffentlicher Verkehrsmittel in Linienverkehren entwickelt.

Der Normierungsvorschlag wird im Sinne der multimodalen Verkehrsqualität so angelegt, dass er zu bereits bestehenden Normen dieser Normgruppe kompatibel ist.

Um die recherchierten Erkenntnisse auf strassengebundene, öffentliche Verkehrssysteme und auf schweizerische Verkehrsverhältnisse übertragen zu können, sind zusätzliche Datenerhebungen nötig (Kapitel 4). Die Auswertung dieser Felddaten mündet in die Festlegung der Richtwerte und Verkehrsqualitätsstufen sowie die Verfahren zur Qualitätsbeurteilung.

In Kapitel 5 wird analog dazu ein Beurteilungsverfahren für Bedarfsverkehre entwickelt. Dieser Schritt erfolgt ohne eine Datenerhebung und baut vor allem auf einer Auswertung der vorhandenen Arbeiten sowie einer Sichtung der Verhältnisse in der Schweiz auf.

Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der Ermittlung von Richtwerten, VQS-Skalen sowie der Qualitätsmessungsverfahren zusammen und zeigt konzeptionell den Ablauf von Bemessungsanwendungen. Dies mündet in den Normierungsvorschlag für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr in der Schweiz, sowohl für Linienverkehre als auch für Bedarfsverkehrsangebote.

Abschliessend werden in Kapitel 7 die Erkenntnisse resümiert und offener weiterer Forschungsbedarf formuliert.

Abb. 1.4 *Generelles Vorgehen in dieser Forschungsarbeit*

Schritt	Inhalt	Ziel	Kapitel
1	Einleitung, Abgrenzung, Begriffsdefinition, Vorgehen	Auftragsverständnis, Gliederung und Vorgehen der Arbeit	1
	Literaturlauswertung	Stand der Forschung, vorhandene Richtwerte, Positionierung der Forschungsarbeit	2
2	Modellbildung	Grundmodell zur Beurteilung von Linienverkehren	3
	Datenerhebung/Richtwerte Linienverkehre	Datenerhebung im Linienverkehr, Grundmodell zur Beurteilung von Linienverkehren, Ableitung von Richtwerten und VQS für Bedarfsverkehre	4
	Modellbildung/Richtwerte Bedarfsverkehre	Grundmodell zur Beurteilung von Bedarfsverkehren, Richtwerte und VQS für Bedarfsverkehre	5
3	Empfehlungen und Normierungsvorschlag	Erarbeitung von Bemessungsverfahren für strassengebundene öffentliche Verkehre, Entwicklung eines Normierungsvorschlag	6
	Zusammenfassung und Berichtsabschluss	Zusammenfassung, Offene Forschungsfragen	7

1.5.2 Methoden

Die angewendeten Methoden sind:

- Literaturrecherche zu Grundlagenkenntnissen und zu abgesicherten, bekannten Kennwerten
- Sichtung bestehender Richtlinien und Normenwerke
- Recherche in existierenden empirischen Untersuchungen
- Erfassung von operativen Betriebsdaten und deren Auswertung
- Modellierung von Situationen, welche empirisch nur sehr eingeschränkt beobachtet und erfasst werden können sowie ein Rückgriff auf etablierte Modelle

1.5.3 Grundannahmen und Arbeitshypothesen

Es wird zu Grunde gelegt, dass Qualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs von wenigen entscheidenden Merkmalen bestimmt werden. Des Weiteren seien diese Merkmale direkt messbar und zumindest indirekt gezielt veränderbar.

Daraus folgt, dass eine Kombination dieser Merkmale eine objektive und aussagekräftige Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit erlaubt. Bei der Bewertung wird dabei von einem bestehenden Angebot ausgegangen, das nach dem Stand der Technik angemessen ausgelegt ist.

Das Ergebnis des Verfahrens sollen Kenndaten sein, aufgrund derer ein Angebot des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs so geplant werden kann, dass ein vordefiniertes Qualitätsniveau bei einer nötigen Leistungsfähigkeit effizient erreicht wird.

1.6 Begriffe, Abgrenzungen und Festlegungen

1.6.1 Begriffe

Verkehrsqualität

Die Vorstudie (Scherer 2010) zeigte, dass es zahlreiche verschiedene Definitionen der *Verkehrsqualität* gibt: So wird die Verkehrsqualität in der Schweiz gemäss (SN 640 017a) als «*Grad der gegenseitigen Behinderung der Verkehrsteilnehmer*» verstanden. In (HBS 2005) wird die Sichtweise der Verkehrsteilnehmer bei der Beurteilung der Verkehrsqualität ebenfalls aufgegriffen und erweitert, indem die Qualität des Verkehrsablaufs als «*zusammenfassende Gütebeurteilung des Verkehrsflusses aus der Sicht der Verkehrsteilnehmer*» verstanden wird. Auch die US-amerikanische Definition der Verkehrsqualität in (TRB 2003) stellt die Sichtweise und Anforderungen der Verkehrsteilnehmer in den Vordergrund.

Die Wahrnehmung der Verkehrsqualität kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden, wobei deterministische und stochastische Kriterien sowie Umstände und Services voneinander unterschieden werden (siehe Abschnitt 1.5.3).

Die Verkehrsqualität und verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen wurden in der Schweiz erstmals im Zusammenhang mit der Belastbarkeit von Strassen erwähnt (Scherer 2010). Der ehemals gebräuchliche Begriff der *zulässigen Belastung* wurde neben der Leistungsfähigkeit als alleiniges Klassifikationsmass der Verkehrsqualität in der Schweizerischen Norm SN 641 145 verwendet. Diese ist mittlerweile überholt.

Die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit kann für die Betrachtungsebenen

Einzelelement (zum Beispiel eine Haltestelle), Strecke (zwischen zwei Haltestellen, ein Korridor, eine Linie) sowie einen Teil des oder auch das gesamte Netz bestimmt werden. Sie setzt sich aus den Bewertungen verschiedener Einzelaspekte, die die Qualität beschreiben und der Leistungsfähigkeit, die unter diesen Bedingungen realisiert wird, zusammen.

Verkehrsqualitätsstufen (VQS)

Aus der Analyse der Verkehrsqualität resultiert eine Festlegung von Zahlenwerten, welche auf eine definierte Skala angewendet werden können. In Anlehnung an das amerikanische *Highway Capacity Manual* (TRB 2000, TRB 2010) werden in der Schweiz sechs Verkehrsqualitätsstufen (A bis F) unterschieden, wobei die höchste Verkehrsqualität in der Stufe A erreicht wird. Die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen erlauben allgemeine Aussagen über die Betriebszustände von Verkehrsanlagen. Die Einteilung und Zuordnung von Klassengrenzen für die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen erfolgt mittels qualitativer oder quantitativer Kennwerte, wobei letztere hinsichtlich der Abgrenzung und der Zuordnung zu einer Verkehrsqualitätsstufe vorzuziehen sind.

Die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen werden für die Dimensionierung von Verkehrsanlagen des öffentlichen Strassenverkehrs und zur Beurteilung der Verkehrsqualität bestehender Anlagen verwendet. Dies erlaubt es, Mindestanforderungen an die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit bei der Anlagenbemessung festzulegen. Verkehrsqualitätsstufen können zudem als Beurteilungsinstrument für diverse verkehrsplanerische und betriebliche Massnahmen verwendet werden (Scherer 2010).

Kapazität und Leistungsfähigkeit

Gemäss der schweizerischen Norm (SN 640 017a) wird unter der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage *«die grösstmögliche Verkehrsstärke verstanden, von der erwartet werden kann, dass sie einen Abschnitt der betrachteten Anlage während eines festgelegten Zeitintervalls bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren kann»*. Die ursprüngliche Behandlung der Verkehrsqualität im Sinne einer Leistungsfähigkeitsbetrachtung ist auf den MIV zugeschnitten und wird in der vorliegenden Forschungsstudie auf den strassengebundenen öffentlichen Verkehr erweitert und an die Anforderungen und Randbedingungen des ÖV angepasst.

Die Kapazität eines Verkehrsmittels wird als die maximale Anzahl an Personen verstanden, welche in einem Fahrzeug eines öffentlichen Verkehrsmittels Platz finden (Anderhub 2008).

Neben der Kapazität der Verkehrsmittel berücksichtigt die Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems auch die Häufigkeit der Verkehrsmittel je Streckenquerschnitt und Zeitraum. Damit gibt die Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems die Anzahl der maximal beförderbaren Personen innerhalb eines betrachteten Zeitabschnitts (oft eine Stunde oder ein Tag) auf einem bestimmten Anlagenabschnitt an.

Massgebende Verkehrsstärke

Die Verkehrsbelastung als Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstroms in einem bestimmten Zeitintervall an einem Querschnitt einer Verkehrsanlage wird *Verkehrsstärke* genannt. Jene Verkehrsstärke, die der Beurteilung eines Angebots und einer Nachfrage einer Verkehrsanlage zugrunde gelegt wird, heisst *massgebende Verkehrsstärke* (SN 640 017a).

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

Es ist festzuhalten, dass die Leistungsfähigkeit und die Verkehrsqualität im öffentlichen Verkehr, anders als im Individualverkehr, nicht eindimensional in Verbindung gebracht werden können. Im MIV wird durch das Angebot nur die Leistungsfähigkeit bestimmt und die Verkehrsqualität lässt sich direkt als Ausnutzungsgrad dieser Leistungsfähigkeit ableiten. Weitere Qualitätsmerkmale werden weitgehend durch das Verhalten der Nutzer bestimmt, etwa die Wahl des Fahrzeugs oder die Planung von Pufferzeiten. Im öffentlichen Verkehr hingegen hat der Nutzer keinen Einfluss auf Kriterien wie Komfort und Zuverlässigkeit. Dafür sind Planer und Betreiber des Angebotes als Leistungserbringer verantwortlich. Folglich muss für Betrachtungen des öffentlichen Verkehrs eine breitere Betrachtungsweise angewendet werden. Es ist daher nicht sinnvoll zu messen, welche Leistungsfähigkeit vorliegt, sondern, unter welchen Bedingungen eine gegebene Leistungsfähigkeit erbracht wird.

1.6.2 Abgrenzung

Allgemeine Ausführungen

Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit sind die verbreitetsten Verkehrssysteme des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs: Trams, Busse (einschliesslich Trolleybusse, Regional- oder Stadtbusse) sowie Bedarfsbussysteme.

Es wird davon ausgegangen, dass sich alle Verkehrsanlagen in einem normkonformen Zustand befinden. Die zu erarbeitende Norm muss somit nicht die Normeinholung beurteilen. Die Verkehrsanlagen des öffentlichen Strassenverkehrs erfüllen damit insbesondere die gesetzlichen und normierten Mindestanforderungen an Verkehrssicherheit, Benutzbarkeit und Behindertengerechtigkeit.

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

In den letzten Jahren wurde die Beurteilung der Verkehrsqualität stark von Leistungsaspekten wie der Beurteilung der Verkehrsstärken geprägt. Zuletzt rückte aber vermehrt die Wahrnehmung der Kunden als Benutzer der öffentlichen Verkehrsmittel in den Vordergrund. Die Leistungsfähigkeit bleibt zwar insbesondere in städtischen Verdichtungsräumen und entlang hoch ausgelasteter Querschnitte und Linien wesentliches Beurteilungskriterium der Verkehrsqualität. Die Angebotsqualität umfasst aber aus Sicht der Verkehrsteilnehmer weitere Kriterien und spielt eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Qualität von öffentlichen Verkehren, besonders in ländlichen Räumen.

Die Leistungsfähigkeit stellt jenen Bestandteil der Verkehrsqualität dar, welcher die Bereitstellung von Raum und Zeit für öffentliche Verkehrsdienstleistungen berücksichtigt. Sie dient vorderhandig der Dimensionierung einer Verkehrsanlage und zur Beurteilung von Betriebszuständen. Anders als im MIV, wo dies nahezu ausschliesslich durch die Infrastruktur bestimmt wird, spielen im ÖV der Fahrzeugeinsatz und die Betriebsplanung eine Rolle.

Generell bewegen sich Verkehrsanlagen und -angebote in der Regel in Bereichen deutlich unterhalb ihrer Leistungsfähigkeit, da das Ausreizen der Leistungsfähigkeit Zustände mit hohen Dichten, verringerten Zuverlässigkeiten und im ÖV darüber hinaus äusserst unbequemen Verhältnissen bedeutet. Wirtschaftliche Gesichtspunkte werden nicht berücksichtigt; Ziel ist die Qualitätsmessung, nicht deren Festlegung.

1.6.3 Festlegung

Planungsstufen in der Übersicht

Die Sichtweise des Leistungserbringers ist von derjenigen, der Verkehrsteilnehmer zu unterscheiden. Die realisierte Qualität einer Verkehrsanlage bzw. -angebotes kommt in drei Planungsstufen zu Stande (Scherer 2010):

- Planung und Projektierung: deterministische Kriterien,
- Betrieb und Ereignisse: stochastische Kriterien,
- Service und Begleitumstände: Serviceleistungen.

Planung und Projektierung

Auf der Stufe «Planung und Projektierung» werden die deterministischen Qualitätsmerkmale der Verkehrsanlagen definiert. Dies sind diejenigen Merkmale von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit, welche in der Regel in der Planungs- und Projektierungsphase einer Verkehrsanlage vorbestimmt werden. Die deterministischen Kriterien werden für strassengebundene öffentliche Verkehrsmittel wie folgt unterteilt:

- Linienführung: Direktverbindungen,
- Zuteilung von planbaren Zeitfenstern an LSA: Reisezeitverluste gegenüber dem Individualverkehr, Bevorzugung an Lichtsignalanlagen,
- Raumzuteilung im Strassenkörper: Eigentrassierung, Strassentypen
- Betriebsplan: Anzahl, Grösse und Typ der eingesetzten Fahrzeuge, Häufigkeit der Bedienung, Pufferzeiten
- Weitere Kriterien: (Takt-)Frequenz, Fahrzeugkapazität, Betriebsdauer.

Betrieb und Ereignisse

Stochastische Kriterien wirken im Bereich «Betrieb und Ereignisse» und können durch geeignete Eingriffs- und Steuerungsmassnahmen operativ beeinflusst werden. Die stochastischen Kriterien mit Einfluss auf die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage zeichnen sich durch Geschwindigkeitsaspekte aus, welche direkt mit der Verkehrsmenge und allfälligen gegenseitigen Behinderungen der Verkehrsteilnehmer zusammenhängen. Für die öffentlichen Verkehrsmittel werden diese nach Möglichkeit bestmöglich in der Fahrplanplanung berücksichtigt. Diese Kriterien können zum Beispiel aus der Fahrzeugbesetzung oder den Verkehrsverhältnissen herrühren.

Service und Begleitumstände

Weitere Qualitätskriterien, welche nicht zwingend zur Nutzung des Angebotes sind, aber dies erleichtern, werden im Bereich «Service und Begleitumstände» zusammengefasst. Diese beeinflussen die Wahrnehmung der Verkehrsqualität durch die Verkehrsteilnehmer und beinhalten beispielsweise das Sicherheitsempfinden, Betriebsinformationen unter Sonderbedingungen oder Komfort- und Serviceaspekte wie etwa WLAN-Hotspots. Obwohl die Wahrnehmung dieser Punkte sehr subjektiv sein kann, ist ihre Wirkung auf die gesamte Qualität eher gering und wird daher im Rahmen dieser Studie ausgeklammert.

Zusammenfassung

Die Wirkungsweise der Verkehrsqualitätskriterien auf den Planungsstufen zeigt Abb. 1.5. Auf der Ebene «Planung und Projektierung» wird die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeitsbeurteilung primär festgelegt. Die stochastischen Kriterien im operativen Betrieb auf der Planungsstufe «Betrieb und Ereignisse» beeinflussen die geplante Verkehrsqualität positiv oder negativ und berücksichtigen indivi-

duelle Wahrnehmungen der Verkehrsteilnehmer in stärkerem Masse. Der Einfluss auf die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit nimmt von der Stufe «Planung und Projektierung» hin zu «Service und Begleitumstände» ab. Die Subjektivität der Wahrnehmung der Verkehrsqualität hingegen nimmt zu. Service und Begleitumstände spielen insgesamt bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit eine untergeordnete Rolle. Insbesondere vermögen sie eine schlechte planerische und betriebliche Qualität nicht zu kompensieren.

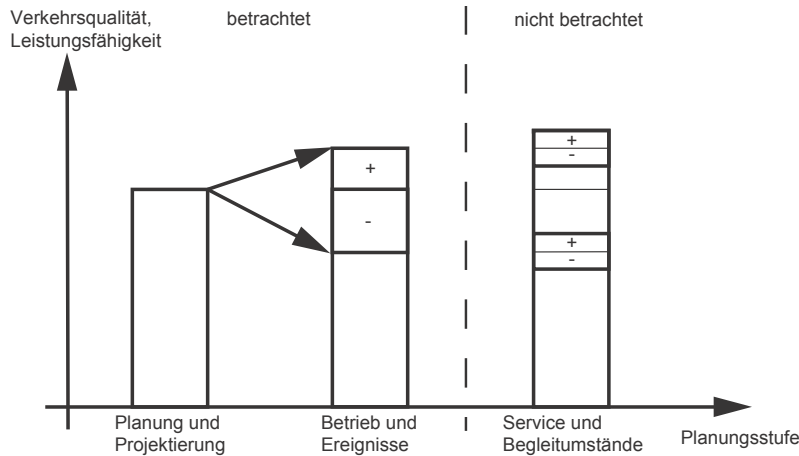


Abb. 1.5 Verkehrsqualität in den verschiedenen Planungsstufen

Eine Zusammenfassung der Qualitätskriterien in den Planungsstufen zur Beurteilung von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit zeigt Abb. 1.6.

Abb. 1.6 Qualitätskriterien nach Planungsstufen für die Beurteilung der Verkehrsqualität

Planungsstufe	Planung und Betrieb	Betrieb und Ereignisse	Service und Begleitumstände
Kriterien	deterministisch	stochastisch	deterministisch oder stochastisch
Beispiele mit Einfluss auf Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage → Eingang in Modell (Kapitel 3)	Kapazität der Fahrzeuge, Beschleunigungsvermögen und Geschwindigkeit der eingesetzten Verkehrsmittel, Eigentrassierungsanteil, Pufferzeiten in Fahrplanplanung, Fahrplantakt.	Beförderungsgeschwindigkeit, Reisezeitdifferenz MIV/ÖV, Fahrzeugbesetzung, Pünktlichkeit, Regelmässigkeit, Störungswahrscheinlichkeit Behinderungen beim Ein- und Ausstieg.	Keine
Weitere Kriterien → Nicht weiter verfolgt in dieser Studie, aber für intermodale Beurteilung der Verkehrsqualität relevant	Direktverbindungen Linienführung Raumzuteilung im Strassenquerschnitt Verfügbarkeit Reaktionszeit Zugänglichkeit Informationen	Direktverbindungen Reaktionszeiten Anschlussicherheit Personenverlustzeiten	Personensicherheit Freundlichkeit des Personals Ausstattung der Haltestellen Notfallmanagement Fahrplan- und Tarifinformationen Information unter Sonderbedingungen Fahrausweiserwerb, Orientierung, Externe Zugänglichkeit.

Betrachtungsebenen

Die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit werden dabei für verschiedene Anlagenelemente bestimmt:

- Einzelelement: Haltestelle, Streckenabschnitt zwischen Haltestellen,
- Strecken: Korridore (Kombinationen von mehreren Knoten und Streckenabschnitten) oder gesamte Linienverläufe,
- Netze oder Netzteile: gesamtes Netz eines Verkehrsangebotes oder Teilnetze davon

Einzelelemente einer Linie des öffentlichen Strassenverkehrs

Der Verlauf einer Linie setzt sich aus den Elementen Endstation, Umsteigehaltestelle, Haltestelle, freie Strecke, Knotenbereiche und Querungen zusammen. Kombinationen dieser Einzelelemente bilden wiederum Korridore wie beispielsweise die freie Strecke mit Halt. Eine schematische Darstellung des Linienverlaufs einer Bus- oder Tramlinie zeigt Abb. 1.7.

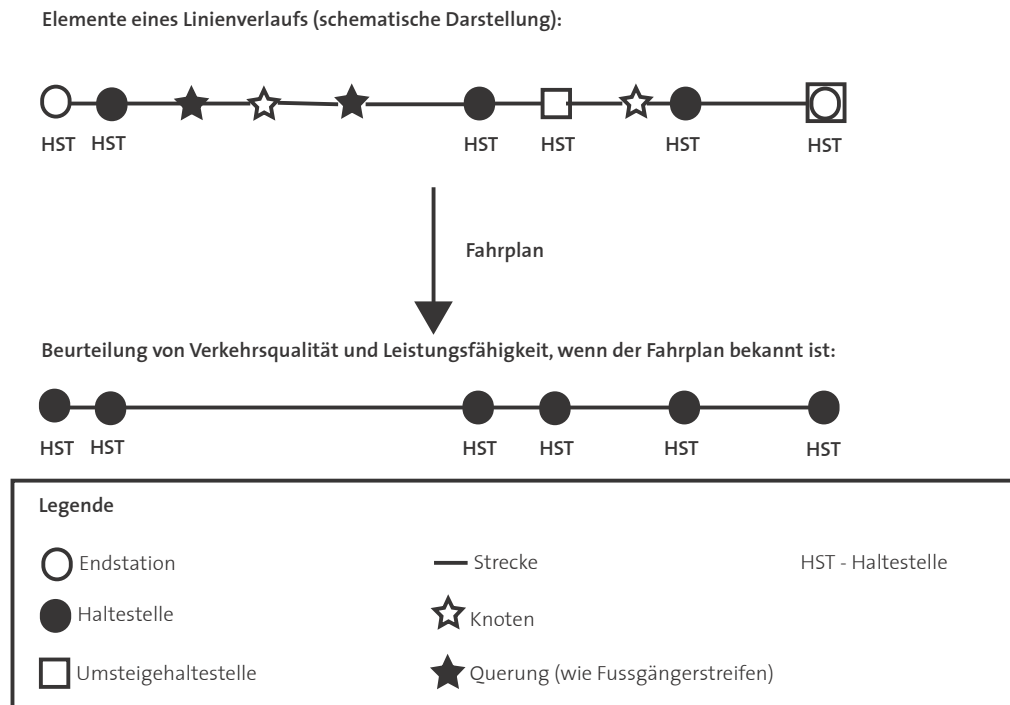


Abb. 1.7 Schematische Darstellung der Einzelelemente des Linienverlaufs im öffentlichen Strassenverkehr (oben), für Beurteilung der Verkehrsqualität Elemente des Strassenverlaufs (unten)

Beurteilung Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für Einzelelemente ÖV in dieser Studie

Die Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit erfolgt anhand von bestehenden Angeboten und den jeweils anliegenden Fahrgastzahlen unterliegend.

Der Sicht der Kunden wird dabei durch die Pünktlichkeit und den Komfort berücksichtigt: Erreicht der Kunde sein Ziel pünktlich und mit einem hohen Fahrkomfort (zur Beurteilung dessen siehe nachfolgende Kapitel), so ist die Verkehrsqualität aus Kundensicht hoch.

Beurteilung der Verkehrsqualität verschiedener Anlagenelemente

Ausgehend vom Fahrplan werden Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für die

öffentlichen strassengebundenen Verkehrssysteme von Betreibern und Kunden für Haltestellen und die Strecken zwischen ihnen beurteilt (siehe auch Abb. 1.8). Ein Kunde erwartet (neben weiteren Faktoren, siehe nachfolgende Kapitel) beispielsweise eine gewisse Beförderungsgeschwindigkeit und eine pünktliche Abfahrt und Ankunft, also die Einhaltung des Fahrplans. Der Betreiber berücksichtigt im Fahrplan Pufferzeiten und kalkuliert die Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen so, dass allfällige Verlustzeiten berücksichtigt werden.

Abb. 1.8 Anforderungen der Kunden und Betreiber an die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für die betrachteten Einzelelemente

	Kundensicht	Betreibersicht
Haltestelle	Pünktliche Ankünfte und Abfahrten der Kurse gemäss Fahrplan, Sichere Anschlüsse (gemäss Fahrplan).	Kurze Fahrgastwechselzeiten, Geringe Schwankungen der Fahrgastwechselzeiten, Pünktlichkeit und Regelmässigkeit der Kurse, Mitnahme aller Kunden an Haltestelle.
Strecke	Angemessene Beförderungsgeschwindigkeit (auch im Vergleich mit MIV-Beförderungsgeschwindigkeit), Möglichst geringe Verlustzeiten (an Knoten), Je nach Verkehrszeit Sitzplatzverfügbarkeit, niedrige Stehplatzdichte.	Geringe Verlustzeiten, Hohe Beförderungsgeschwindigkeit, Hohe Auslastung der Kapazität, Stabile Fahrzeiten zwischen den Haltestellen (Einhaltung des Fahrplans).

Beurteilung der Verkehrsqualität für die Anlagenelemente für verschiedene Verkehrssysteme

Für jede Betrachtungsebene können für die verschiedenen Verkehrsmittel des öffentlichen Strassenverkehrs Verkehrsqualitätsstufen bestimmt werden (siehe Abb. 1.9). Die erreichten Verkehrsqualitätsstufen können für ein Einzelelement zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln oder Linien unterschiedlich sein.

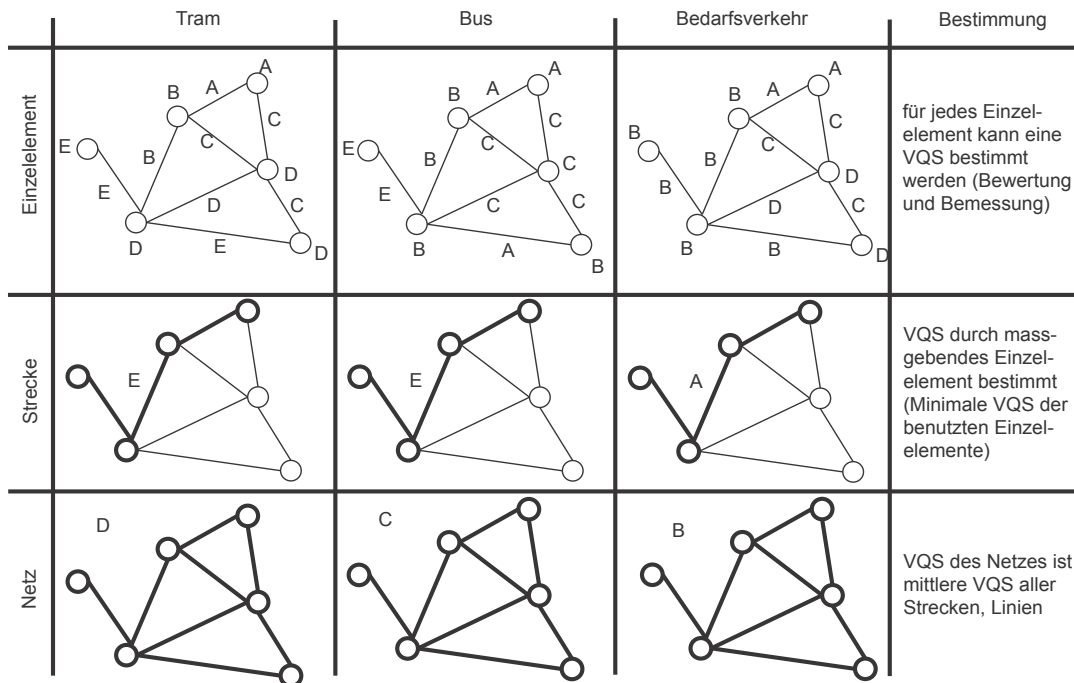


Abb. 1.9 Bestimmung von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit für verschiedene Betrachtungsebenen

Die Verkehrsqualität eines Korridors oder einer Linie ergibt sich aus der Ver-

kehrsqualität der einzelnen Elemente des Korridors. Die Verkehrsqualitätsstufe eines Korridors ergibt sich damit also aus den VQS dieser Elemente.

Die Netzleistungsfähigkeit ist die Zusammenführung der Verkehrsqualitätsstufen aller Einzelemente und Strecken in dem untersuchten Netz oder Netzteil. Die Netzleistungsfähigkeit gibt somit Auskunft über die Gesamtverkehrsqualität eines Netzes oder Teiles davon.

2 Literaturlauswertung

2.1 Einleitung Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

2.1.1 Grundanforderungen der Verkehrsteilnehmer

Massstab für die Beurteilung der Verkehrsqualität ist die Maximierung der Übereinstimmung zwischen angestrebter und in der Kundenwahrnehmung realisierter Verkehrsqualität. Dies bedarf jedoch der Klärung der grundlegenden Anforderungen der Verkehrsteilnehmer an die Verkehrsqualität (Scherer 2010):

- Zeit: Kunden wollen die Fahrt vom Ausgangs- zum Zielpunkt der Reise möglichst ohne Umwege und mit wenig Wartezeiten entsprechend der erwarteten Geschwindigkeit erreichen.
- Raum: Die Verkehrsteilnehmer haben einen Raumanpruch, der über die minimalen und in Normen geregelten Mindestabmessungen hinausgehen kann. Auch die Lagen der zur Verfügung gestellten Verkehrsräume beeinflussen die wahrgenommene Verkehrsqualität.
- Behinderungen: Verkehrswege sollen möglichst frei von Behinderungen sein (Behinderungen von Verkehrsteilnehmern des eigenen Verkehrssystems sind von denen anderer Verkehrssysteme zu unterscheiden).
- Zuverlässigkeit: Möglichst planbare Reise- und Ankunftszeiten.
- Verfügbarkeit: Das Verkehrsangebot soll zeitlich und räumlich möglichst umfassend innerhalb sinnvoller Betriebszeiten verfügbar sein.
- Benutzerfreundlichkeit: Verkehrsanlagen sollen insbesondere hinsichtlich der Raumnutzung und des Verkehrsgeschehens in der Umgebung benutzerfreundlich sein.

Die Verkehrsteilnehmer erwarten, dass ihre Anforderungen auch bei hoher Nachfrage angemessen erfüllt werden.

Aus den Grundanforderungen der Verkehrsteilnehmer, die für alle Verkehrssysteme identisch sind, kann ein funktionales Grundmodell zur analytischen Beurteilung der Verkehrsqualität abgeleitet werden. In (Scherer 2010) ist ein solches Grundmodell aufgezeigt, das auch die Multimodalität berücksichtigt.

Dieses funktionale Grundmodell ist allgemeingültig, also für alle strassengebundenen Verkehrsmittel identisch. Demnach ist die multimodale Verkehrsqualität eine Funktion von Zeit, Raum, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Benutzerfreundlichkeit.

2.1.2 Sichtweise der Akteure

Betrachtungsweisen

Grundsätzlich kann bei der Analyse der Verkehrsqualität und der Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs zwischen der durch den Kunden wahrgenommenen Verkehrsqualität (der Beförderungsqualität) und der vom Dienstleistungsanbieter erbrachten Verkehrsqualität (der Betriebsqualität) unterschieden werden (Abb. 2.10).

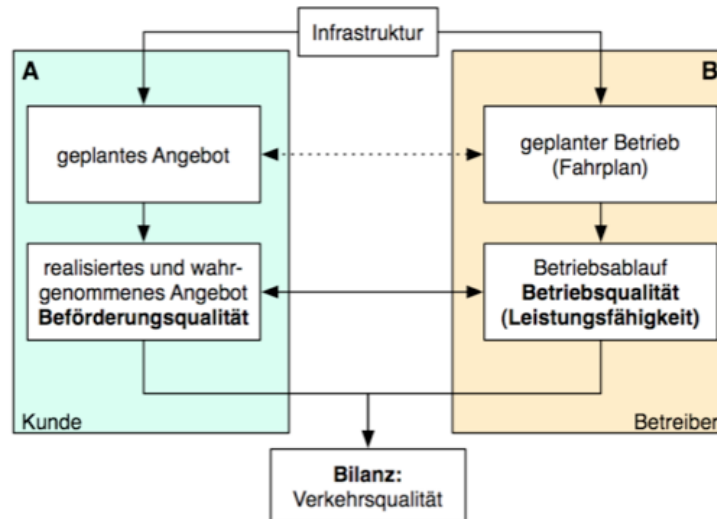


Abb. 2.10 Betrachtungsweisen der Verkehrsqualität für den öffentlichen Strassenverkehr (Scherer 2010)

Kundensicht

Die Verkehrsteilnehmer haben eine von Erfahrungen geprägte Erwartung an die Beförderung. Sie bewerten die Verkehrssituation ergebnisorientiert und subjektiv. Die Kriterien der Bewertung der Verkehrsqualität gehen dabei über verkehrstechnische Parameter hinaus. Die Zufriedenheit des Kunden als Deckungsgrad zwischen erwarteter und wahrgenommener Verkehrsqualität (EN 13816) drückt die als Beförderungsqualität wahrgenommene Verkehrsqualität auf einer bestimmten Betrachtungsebene für ein Verkehrssystem aus.

Sicht der Verkehrsunternehmung

Die Verkehrsunternehmung strebt in ein hohes Mass an (geplanter) Betriebsqualität und Leistungsfähigkeit an. Die Beurteilung der erbrachten Verkehrsqualität erfolgt prozessorientiert anhand einer technischer Kriterien. Somit steht anbieterseitig die Betriebsqualität im Vordergrund, den Betrieb bei Erfüllung der Anforderungen möglichst effizient, stabil und kostengünstig abzuwickeln. Der Dienstleistungserbringer versucht dazu, die für die wahrgenommene Verkehrsqualität relevanten Indikatoren und Parameter zu eruieren, zu gewichten und so zu kombinieren, dass die erbrachte Verkehrsqualität möglichst mit der wahrgenommenen Verkehrsqualität übereinstimmt (Scherer 2010).

Anforderungen der Akteure

Aus den verschiedenen Sichtweisen der Verkehrsqualität ergeben sich unterschiedliche Anforderungen zwischen Kunde und Betreiber. Die wichtigsten Anforderungen, massgebenden Anlagenelemente und Kennwerte fasst Abb. 2.11 zusammen.

Abb. 2.11 Anforderungen und Sichtweisen der Kunden und Betreiber nach (Simon 2006)

	Kundensicht	Betreibersicht
Hauptanforderungen	Pünktliche Fahrzeiten bei niedrigen Taktfrequenzen, Regelmässige Kursfolgezeiten bei hohen Taktfrequenzen, Sichere Anschlüsse.	Planbare, stabile Fahrzeiten bei niedriger Taktfrequenz, Planbare, regelmässige Kursfolge bei hoher Taktfrequenz.
Nebenanforderungen	Kurze Reisezeiten, Kurze Wartezeiten, Wenige ausserplanmässige Halte, Hohe Verfügbarkeit	Erfüllung der Kundenanforderungen hinsichtlich Betriebsabwicklung
Massgebende Anlagenelemente	Freie Strecken, Knoten und Querungen	Freie Strecken, Knoten und Querungen
Massgebende Kennwerte	Pünktlichkeit, Anschlusssicherheit, Beförderungsgeschwindigkeit	Zuverlässigkeit, Beförderungsgeschwindigkeit

Einflüsse und Wechselwirkungen

Insbesondere die wechselseitigen Einflüsse zwischen der Qualitätswahrnehmung der Fahrgäste einerseits und der Leistungsfähigkeit und Kosteneffizienz der Verkehrsmittel andererseits sollen in dieser Grundlagenstudie näher untersucht werden. Beispielsweise bestehen enge Zusammenhänge zwischen der Qualitätswahrnehmung der Fahrgäste und dem Taktintervall des Verkehrsangebots, welcher nicht beliebig verdichtet werden kann. Andererseits darf der Leistungsfähigkeitsermittlung der Verkehrsmittel nur jener Auslastungsgrad der Fahrzeuge zugrunde gelegt werden, welcher von den Fahrgästen akzeptiert wird. Die Sichtweisen der Verkehrsqualität und der Leistungsfähigkeit von den Kunden und den Betreibern sowie Einflussgrössen fasst Abb. 2.12 zusammen.

Abb. 2.12 Einflussgrössen getrennt nach den Sichtweisen von Kunden und Betreibern

Planungsstufe	Kundensicht	Betreibersicht
Merkmal	Ergebnisorientiert, subjektiv	Prozessorientiert, objektiv
Planung und Projektierung	Maximal mögliche Beschleunigungs- und Bremsverzögerungen (Unfallgefahr), Haltestellenabstand (Erschliessung),	Fahrzeugkapazität (Sitzplätze, Stehplatzflächen), Geplante Reise- und Beförderungsgeschwindigkeiten (Brems- und Beschleunigungsvermögen der Fahrzeuge, Höchstgeschwindigkeiten, Masse der Fahrzeuge), Haltestellenabstand, Eigentrossierung
Betrieb und Ereignisse	Zuverlässigkeit und Regelmässigkeit, Haltestellenaufenthaltszeit, Anschlusssicherheit, Reisezeitverlängerungen, Akzeptierte Sitz- und Stehplatzbelegung,	Pünktlichkeit und Regelmässigkeit, Störungswahrscheinlichkeit, Verlustzeiten an Knoten und Querungen.
Service und Begleitumstände	Nicht betrachtet	Nicht betrachtet

2.1.3 Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität

Eine Übersicht über die ausgewerteten Literaturquellen gibt Abb. 2.13. Für jede Quelle wird angegeben, ob Aussagen zur Verkehrsqualität oder Leistungsfähigkeit gemacht und ob Verkehrsqualitätsstufen definiert werden. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist eine strikte Zuteilung zu Verkehrsqualität oder Leistungsfähigkeit in den meisten Fällen nicht möglich – dies unterstreicht die enge Verzahnung der beiden Felder.

Abb. 2.13 Ausgewertete Literaturquellen und betrachte Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität

Quelle	Aussagen über LF	Aussagen über VQ	VQS
Anderhub 2008	ja	ja	nein
Bischofberger 1997	ja	nein	nein
FGSV 2005	ja	ja	ja
EN 13816	nein	ja	nein
Hessen 2007b	ja	ja	nein
Köhler 2005	nein	ja	ja
Lüthi 2007	nein	ja	nein
Nickel 2010	ja	ja	nein
OECD 1974	ja	nein	ja
Potthoff 1970	ja	nein	nein
SN 640 017a	ja	nein	ja
SN 640 020a	ja	nein	ja
St. Jacques 1997	ja	ja	ja
TRB 2000/2010	ja	ja	ja
TRB 2003	ja	ja	ja
Walter 1973	nein	ja	nein

2.2 Verkehrsqualität

2.2.1 Qualitätskriterien nach (FGSV 2005)

Verkehrstechnische Einflussgrössen

Das *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen HBS* (FGSV 2005) empfiehlt ein Bewertungsverfahren für die Verkehrsqualität, welches ausschliesslich auf quantitativ erfassbare Einflussgrössen zurückgreift. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf den verkehrstechnischen Einflussgrössen Beförderungsgeschwindigkeit und Beförderungsqualität in den Fahrzeugen. Die Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit finden keine Beachtung. Stattdessen wird die Störungswahrscheinlichkeit bei der Anfahrt von Halten einbezogen.

Die Beförderungsgeschwindigkeit der Fahrzeuge des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs hängt bei Mischverkehrsbetrieb stark von den Wechselwirkungen mit dem Individualverkehr ab. Somit erfolgt die Festlegung der Verkehrsqualitätsstufen anhand des Behinderungsgrads durch andere Verkehrsteilnehmer.

Die Störungswahrscheinlichkeit ergibt sich aus dem Grad der Kapazitätsauslastung der Haltestellen des öffentlichen Verkehrs. Die Beförderungsqualität wird über die Fahrzeugauslastung ermittelt.

Komfortkriterien

Die Beförderungsqualität in den Fahrzeugen wird anhand des verfügbaren Platzangebotes gemessen. Dabei wird zwischen längeren Fahrten von über drei Kilometern Länge und kürzeren Fahrten unterschieden.

Kriterien der Verkehrsqualität

Verkehrsqualitätskriterien werden in (FGSV 2005) für verschiedene einzelne Verkehrsanlagen definiert: Für Autobahnabschnitte ausserhalb der Knotenpunkte sowie planfreie Knotenpunkte ist der Auslastungsgrad der Infrastruktur massgebendes Kriterium der Verkehrsqualität. Für zweistreifige Landstrassen und Anlagen für den Fussgängerverkehr ist dies die Verkehrsdichte und für Knotenpunkte mit respektive ohne Lichtsignalanlage die mittlere Wartezeit. Diese Kriterien sind vorwiegend auf den MIV fokussiert, wirken sich aber auf die erreichbare Beförderungsgeschwindigkeit aus und beeinflussen daher die Beförderungsqualität und die Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs.

Eine Ausweitung des Betrachtungsraums auf Streckenabschnitte oder gar netzweite Betrachtungen fehlt. Dies widerspricht der Erkenntnis, dass die Verkehrsteilnehmer in städtischen Verdichtungsräumen die Verkehrsqualität über mehrere Anlagenelemente konsolidiert bewerten.

Bei der Bewertung des Verkehrsablaufes wird ausserdem bereits der Einfluss von Mischverkehr auf die Leistungsfähigkeit behandelt. Dies geschieht durch die Angabe zuverlässig realisierbarer Taktfolgezeiten in Abhängigkeit von der beobachteten Verkehrsstärke.

Verkehrsqualitätsstufen

Es werden Verkehrsqualitätsstufen aufgrund von Grenzwerten für die Beförderungsgeschwindigkeit, der Wahrscheinlichkeit einer Störung, die dazu führt, dass sich in der Fahrzeuge in der Zufahrt auf einen Halt stauen, und der Beförderungsqualität innerhalb der Fahrzeuge (gemessen als Platzangebot) bestimmt. Diese Kenngrössen haben darüber hinaus auch Einfluss auf die Betriebsqualität, da sie zum Beispiel (indirekt) die Haltezeiten oder (direkt) die Beförderungsgeschwindigkeit bestimmen, welche ein Kriterium des Betriebsablaufes ist.

2.2.2 Verkehrsqualitätsziele nach EN 13816**Inhalt und Ziel**

Die Europäische Norm EN 13816 spezifiziert Anforderungen zur Definition von Verkehrsqualitätszielen und schlägt Methoden zur Messung der erreichten Beförderungsqualität vor. Die Norm zielt auch auf eine Verbesserung der Zuordnung von Ressourcen einer Verkehrsunternehmung, da der Wirkungsgrad von Massnahmen besser abgeschätzt werden soll. Darüber hinaus soll die Norm in Rahmen von Ausschreibungen die Definition sowie die Messung der Einhaltung von Qualitätsstandards erleichtern.

Qualitätskreis und Kriterien

Dabei wird die Methodik des Qualitätskreises verwendet, in dem zwischen der durch den Dienstleister erbrachten Qualität und der von den Kunden wahrgenommenen Dienstleistungsqualität unterschieden wird (Abb. 2.14). Die Dienstleistungsqualität wird gemessen als der Erreichungsgrad zwischen angestrebter und erbrachter Qualität auf Seite des Dienstleisters bzw. zwischen erwarteter und wahrgenommener Qualität des Kunden.

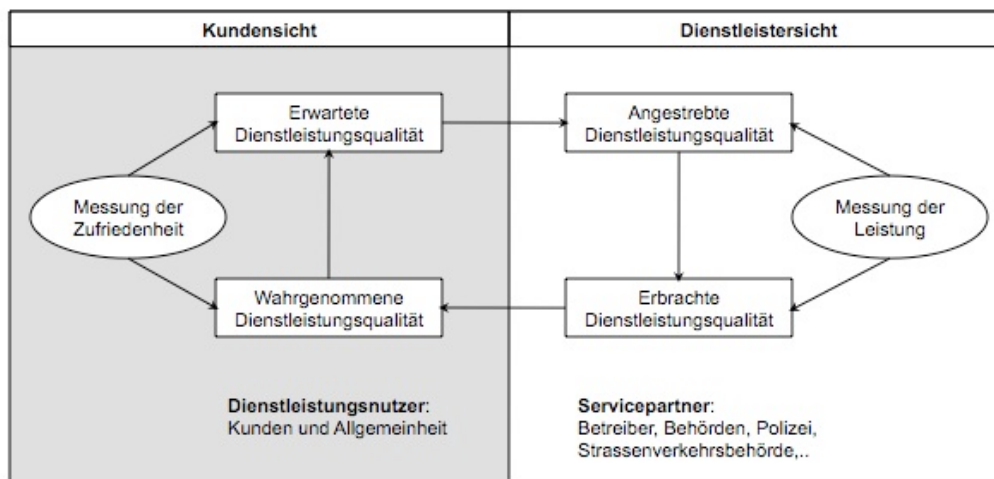


Abb. 2.14: Dienstleistungsqualitätskreis gemäss EN 13816

Messung der Dienstleistungsqualität

Für die Messung der wahrgenommenen Qualität werden verschiedene Qualitätskriterien unterschieden. Die zahlreichen Kriterien zur Messung der Kundenzufriedenheit werden in acht Kategorien eingeteilt. Aus dieser Menge sind im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit besonders die drei Kategorien Verfügbarkeit, Zugänglichkeit und Zeit interessant. Innerhalb dieser Kategorien werden verschiedene Einflussgrössen als Kriterien herangezogen, aus denen die als besonders aussagekräftig oder einflussreich bestimmten für eine Qualitätsmessung herangezogen werden.

Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit eines öffentlichen Verkehrssystems ist gemäss EN 13816 als «Umfang der angebotenen Dienstleistung im Hinblick auf Raum, Zeit, Häufigkeit und Verkehrsmittel» zu verstehen. Die kundenseitige Wahrnehmung der Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels kann weiter in detaillierte Messgrössen unterteilt werden. Davon sind im Rahmen der Beurteilung der Leistungsfähigkeit besonders die Messgrössen betriebliche Verfügbarkeitsaspekte (Betriebszeiten, Fahrplankontakt, Auslastung / Besetzung der Fahrzeuge) und Zuverlässigkeit aussagekräftig. Diese Qualitätskriterien werden in die Messungen der Leistungsfähigkeit und die Festlegung der Verkehrsqualitätsstufen einfließen.

Zugänglichkeit

Primär erfassen die Kriterien der Zugänglichkeit die Schnittstellen zu den Verkehrsmitteln sowie die Komplexität der Nutzungsanforderungen. Ein weiteres Kriterium ist der direkte Zugang zu den Fahrzeugen. Dieser beeinflusst wiederum massgeblich die Dauer der Ein- und Aussteigeprozesse und damit auch die Leistungsfähigkeit.

Zeit

In dieser Kategorie wird der Zeitbedarf für Planung und Ausführung einer Fahrt bewertet. Während die Zeiten im Vor- und Nachlauf keinen Einfluss auf die Qualität haben, ist die Reisezeit im System eine massgebliche Komponente der Qualität, da sie auf die Attraktivität einen grossen Einfluss hat.

Relevanz weiterer Qualitätskriterien

Bei der erwarteten Verkehrsqualität handelt es sich um die Summe gewichteter Verkehrsqualitätskriterien. Die Wahrnehmung der Verkehrsqualität ist von subjektiven Erfahrungen abhängig. Viele der in der Norm eingeführten Messgrössen

der Verkehrsqualität sind damit für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit und verkehrstechnischer Aspekte der Verkehrsqualität in dieser Studie von untergeordnetem Interesse und daher vor allem für die Analyse der multimodalen Verkehrsqualität in den Folgestudien relevant.

2.2.3 Highway Capacity Manual (TRB 2000, TRB 2010)

Verkehrsqualität

In (TRB 2000) und (TRB 2010) wird der Verkehrsablauf anhand charakteristischer Kriterien wie Geschwindigkeiten, Behinderungen und Reisezeiten beurteilt. Es werden spezifische Methoden und Kennwerte für verschiedene Typen von Verkehrsanlagen definiert. Die Qualität des Verkehrs wird hier ebenfalls als die von den Passagieren wahrgenommene Qualität betrachtet. Sie leitet sich aus der Verfügbarkeit sowie Komfort und Zweckmässigkeit des Angebotes ab. Als Einflussgrössen für die Verfügbarkeit sind angeführt:

- Entfernung einer Haltestelle zum Start oder Ziel eines Weges,
- Bedingungen für den Fussgängerverkehr wie Vorhandensein und Zustand von Zugangswegen, Beleuchtung, Topographie, Querungen von MIV-Strömen,
- Bedienung: Zeitraum und Häufigkeit der Bedienung mit ÖV.

Einflussgrössen auf den Komfort und die Zweckmässigkeit einer Verkehrsanlage sind:

- Annehmlichkeiten wie Unterstände, Sitzgelegenheiten, deutliche Beschilderung, Telefone, Einkaufsmöglichkeiten (von einfachen Automaten bis zu Einzelhandelszentren), Klimatisierung von Fahrzeugen und Halten,
- Zugang zu Information: Druckausgaben von Fahr- und Netzplänen, dynamische Informationssysteme, Angebote über Telefon und Internet,
- Reisezeit und Anzahl der Umstiege: Wartezeiten, Zuverlässigkeit,
- Zuverlässigkeit: Pünktlichkeit, Einhalten von Taktfrequenzen,
- Kosten,
- Sicherheit (Sicherheit vor Kriminalität und Unfällen, Störung durch Verhalten anderer Passagiere, Ausleuchtung von Halten, Sicherheitspersonal, Videoüberwachung),
- Auslastung (Sitzplatzangebot, Personendichte im Fahrzeug und an Halten),
- Aussehen und Komfort (Sauberkeit, Gepflegtheit von Fahrzeugen und Halten, Temperatur, Sitzkomfort, Fahrstil).

Besonders die Punkte Bedienung, Reisezeit, Auslastung und Zuverlässigkeit stehen dabei im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit. Für einige der Aspekte werden bereits VQS definiert.

2.2.4 Transit Capacity and Quality of Service Manual (TRB 2003)

Oberkategorien der Verkehrsqualität

Die Überlegungen des HCM werden im *Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM)* (TRB 2003) ausführlich weiterentwickelt und die VQS vielfach überarbeitet. Da das TCQSM in diesen Fragen die Funktion des HCM übernehmen soll, werden im Folgenden nur die Richtwerte des TCQSM weiter betrachtet. Neben den in (TRB 2000) und (TRB 2010) angeführten Einflussfaktoren werden auch Wechselwirkungen, wie etwa zwischen der Beförderungsgeschwindigkeit und Platzverhältnissen im Fahrzeug und an Haltestellen angeführt. Dabei wird – wie in der vorliegenden Studie – zwischen der Angebotsqualität und der Leistungsfähigkeit unterschieden. Grundsätzlich unterscheidet (TRB 2003) bei der Qualitätsbestimmung zwischen den beiden Oberkategorien «Verfügbarkeit» so-

wie «Komfort und Eignung». Dabei werden zunächst die räumliche, zeitliche und informationelle Verfügbarkeit ermittelt und bei Erfüllung dieser Kriterien zusätzlich Kriterien des Komforts und der Eignung einbezogen.

Drei Ebenen der Qualitätserhebung

Die Qualität wird für die Ebenen «Haltestelle», «Linienabschnitt» und «Gesamtsystem» separat und mit teils unterschiedlichen Messgrössen ermittelt. Dabei werden für die öffentlichen Strassenverkehrssysteme keine allgemeingültigen VQS festgelegt. Vielmehr werden situationsabhängige VQS für Einzelfälle und einzelne Elemente hergeleitet.

Im Kontext der vorliegenden Studie sind die Überlegungen zur Kursfolgezeit aus dem Bereich «Verfügbarkeit» von Interesse, da sie die Leistungsfähigkeit direkt beeinflussen. Daneben sind eine Reihe weiterer Kriterien aus dem Bereich «Komfort und Eignung» relevant, da auf Aspekte Bezug genommen wird, die mit der Leistungsfähigkeit in Verbindung stehen.

Auslastung

Die Auslastung wird detailliert behandelt und der Platzbedarf für verschiedene Fahrgasttypen (beispielsweise mit Aktentasche oder Velo) abgeschätzt. Damit lassen sich Auslastungsgrade errechnen, nach denen VQS bestimmt werden. Die Auslastungsgrade schwanken von Haltestellen zu Haltestelle und haben indirekt Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, da die Haltezeiten oberhalb einer kritischen Auslastung stark ansteigen.

Zuverlässigkeit

Auch die Pünktlichkeit wird im TCQSM untersucht und Qualitätsstufen für sie bestimmt. Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit ist die Pünktlichkeit bei grösseren Verspätungen von Bedeutung: Die Fahrgastzahlen eines verspäteten Kurses schwanken stark, was die Haltezeiten zusätzlich verlängert. Das verwendete Pünktlichkeitsniveau von fünf Minuten ist für schweizerische Verhältnisse nicht streng genug.

Beförderungsgeschwindigkeit

Auch die Beförderungsgeschwindigkeit wird als wichtige Messgrösse erwähnt. Für weitere Überlegungen wird allerdings auf (St. Jacques 1997) verwiesen.

Reisezeitvergleich

Auf der Gesamtsystemebene wird die Reisezeitdifferenz zwischen MIV und ÖV als Kriterium herangezogen. Als Messgrössen werden die absolute Zeitdifferenz und das Verhältnis zwischen den Reisezeiten der beiden Modi vorgeschlagen. Für die Bestimmung der VQS wird die absolute Differenz verwendet.

2.2.5 Reisezeitbasierte Qualitätsbetrachtungen (Fu 2007)

In (Fu 2007) wird ein Verfahren vorgeschlagen, das die Verkehrsqualität von Angeboten des öffentlichen Verkehrs einzig anhand des Reisezeitverhältnisses ÖV zu MIV ermittelt. Dazu werden zunächst die Reisezeiten für einzelne Wege und Verkehrsmittel ermittelt und deren Quotienten gebildet. Dieses Verfahren kann über Mittelung von einzelnen Wegen über Korridore und Teilgebiete bis auf das Gesamtsystem ausgedehnt werden.

Vorteil dieser Methode ist, dass konsistent nur ein Kennwert ermittelt wird und so das Abwägen zwischen verschiedenen Faktoren entfällt. Dies kann gute Ergebnisse liefern, da in der Regel die Reisezeit einen grossen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl hat. Allerdings besteht die Gefahr, dass wichtige Einflüsse dabei ausser Acht gelassen werden. Besonders im Hinblick auf die vorliegende Arbeit

scheint dieses Verfahren zu grob. Die Stufung und Zusammenfassung allerdings bieten interessante Perspektiven, die weiterverfolgt werden können.

2.2.6 Analyse der Verteilung der Ankünfte an Haltestellen in Abhängigkeit von Fahrplankontakt und Zuverlässigkeit (Lüthi 2007)

Zweck der Studie

Der Einfluss von Fahrplankontakt als Messgrösse der Verfügbarkeit und weiterer Einflussfaktoren wie der Zuverlässigkeit urbaner Bus- und Tramlinien auf die Verteilung der Ankünfte von Fahrgästen an einer Haltestelle wurde in (Lüthi 2007) untersucht. Die Verteilung der Ankünfte an einer Haltestelle beeinflusst die Wartezeit, die ein wichtiger Einflussfaktor auf die Verkehrsqualität ist.

Arten von Ankünften an einer Haltestelle

Die Studie analysiert Messdaten für 28 Haltestellen des öffentlichen strassengebundenen Verkehrs in Zürich und zeigt die Ankunftsverteilung an einer Haltestelle in Abhängigkeit vom Fahrplankontakt, Tageszeit und der Zuverlässigkeit einer Linie. Generell können zwei Typen von Ankünften von Fahrgästen an einer Haltestelle unterschieden werden:

Bei fahrplanunabhängigen Ankünften kennen die Fahrgäste die genaue Abfahrtszeit der einzelnen Kurse nicht. Sie treffen zu einem zufälligen Zeitpunkt an einer Haltestelle ein und nutzen den nächstfolgenden Kurs. Über einen längeren Zeitraum hinweg kann die Ankunftsrate als konstant betrachtet werden. Die Verteilung der fahrplanunabhängigen Ankünfte kann als gleichverteilt betrachtet und modelliert werden.

Fahrplanabhängige Ankünfte bedeuten, dass Kunden den Fahrplan kennen und ihre Ankunft an einer Haltestelle auf einen bestimmten Kurs hin planen.

Bestimmung fahrplan-abhängiger und unabhängiger Ankünfte

In (Lüthi 2007) wird nun analysiert, wie sich die Ankünfte in Abhängigkeit von Fahrplankontakt, Tageszeit und Pünktlichkeit einer ÖV-Linie verteilen. Generell können die Anteile der fahrplanabhängigen und -unabhängigen Ankünfte anhand einer gegebenen Ankunftsverteilung, wie in Abb. 2.15 dargestellt, bestimmt werden.

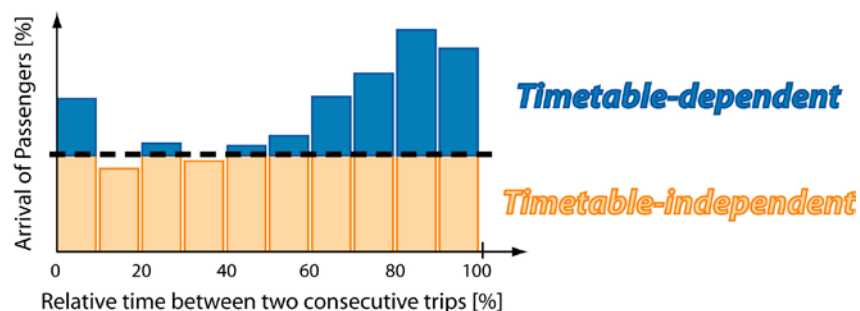


Abb. 2.15: Bestimmung der fahrplanabhängigen und -unabhängigen Ankünfte bei gegebener Ankunftsverteilung nach (Lüthi 2007)

Verteilung der Ankünfte nach Fahrplankontakt

Während in der Literatur oftmals davon ausgegangen wird, dass die mittlere Wartezeit an einer Haltestelle der halben Taktfolgezeit entspricht, fand die Studie (Lüthi 2007), dass der Zusammenhang von Taktfolgezeit und mittlerer Wartezeit eher durch eine logarithmische Funktion beschrieben werden kann (Abb. 2.16).

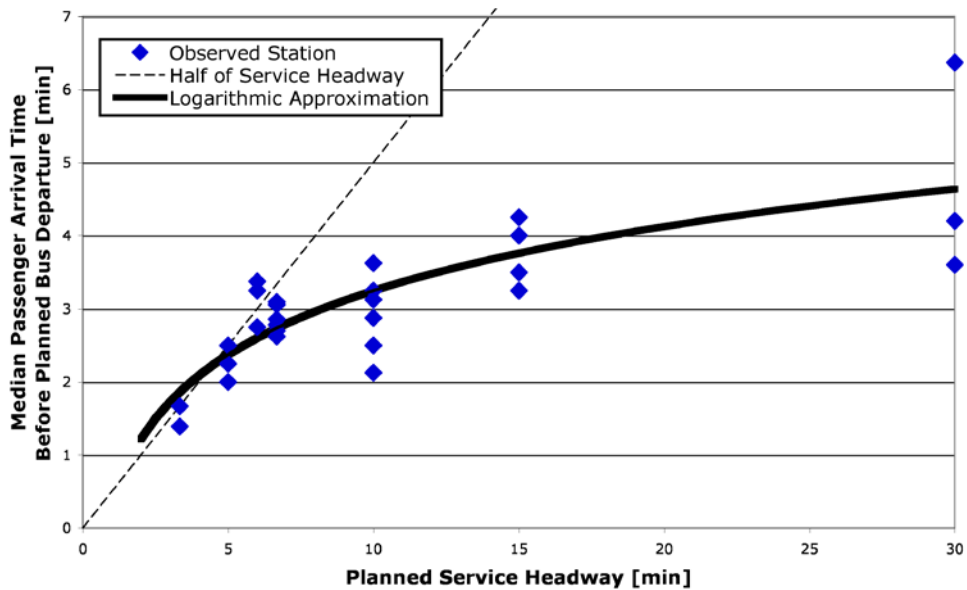


Abb. 2.16: Zusammenhang zwischen der Taktfolgezeit und der mittleren Wartezeit nach (Lüthi 2007)

Einflüsse des Fahrplantakts auf die Ankunftsverteilung

Die Verteilung der Ankünfte für verschiedene Taktfolgezeiten als Ergebnisse der ausgewählten Haltestellen in Zürich zeigt Abb. 2.17. Jede der Ankunftsverteilungen setzt sich aus einem Anteil fahrplanabhängiger Ankünfte gemäss Abb. 2.15 und den fahrplanabhängigen Ankünften zusammen.

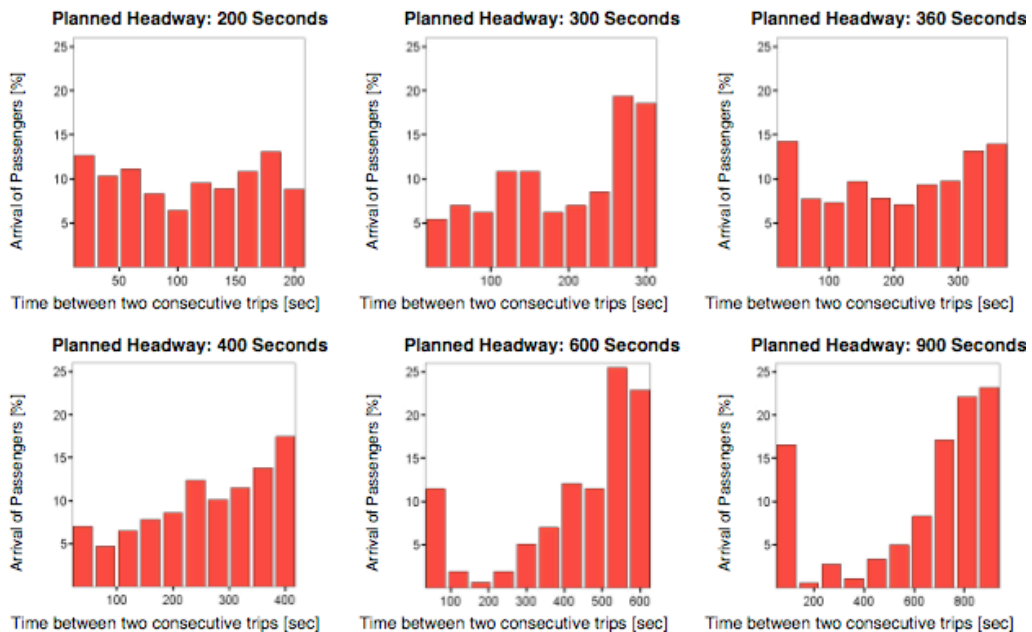


Abb. 2.17: Verteilung der Ankünfte für verschiedene Taktfolgezeiten (Lüthi 2007)

Einflüsse der Tageszeit

Auch die Tageszeit beeinflusst die Anteile der fahrplanabhängigen und -unabhängigen Ankünfte. Aus der Verteilung der Ankünfte (siehe Abb. 2.17) kann der Anteil der fahrplanabhängigen Fahrgäste bestimmt werden. Während der morgendlichen HVZ ist der Anteil der Kunden, die sich an einem bestimmten Fahrplan orientieren, deutlich grösser als in der abendlichen HVZ oder in der NVZ, wie es in Abb. 2.18 illustriert ist.

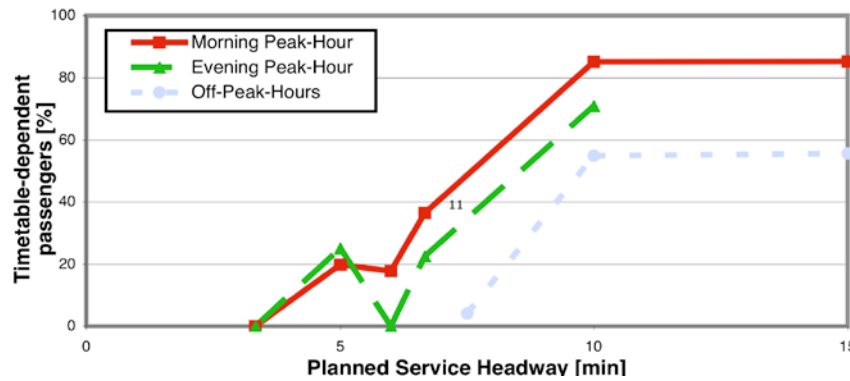


Abb. 2.18: Zusammenhang zwischen der Taktfolgezeit und der mittleren Wartezeit nach (Lüthi 2007)

Der hohe Anteil der fahrplanabhängigen Ankünfte auch bei kurzen Kursfolgezeiten ist ein Indiz für die hohe Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit der Tram- und Buslinien. Auch für schwer merkbare Abfahrtszeiten und Taktfrequenzen (beispielsweise für 400 Sekunden) ist der Anteil gezielt eintreffender Fahrgäste hoch. Es zeigt sich aber auch, dass eine Taktfolgezeit von sechs Minuten weniger gut merkbar ist, als beispielsweise ein Fünfminuten-Takt oder auch eine Taktfolgezeit von 400 Sekunden.

2.2.7 Zusammenfassung der Einflussgrößen auf die Verkehrsqualität

Eine Zusammenfassung der in den verschiedenen Quellen verwendeten Einflussfaktoren auf die Beförderungsqualität getrennt nach Planungsstufen und Verkehrssystemen zeigt Abb. 2.19. Viele der Einflussgrößen finden mindestens indirekt Eingang in die Bestimmung der VQS und Leistungsfähigkeit.

Abb. 2.19 Einflussfaktoren auf die Beförderungsqualität der Systeme in den Planungsstufen

Planungsstufe	FG	RF	ÖV	MIV
Planung und Projektierung	Direkte Linienführung	Direkte Linienführung	Verfügbarkeit	Mittlere Wartezeit an Knoten
	Mittlere Wartezeit an Knoten	Mittlere Wartezeit an Knoten	Zugänglichkeit	
	Überholvorgänge	Behinderungen	Häufigkeit	
	Begegnungsfälle	Längsneigung	Betriebsdauer	
			Fahrkomfort (Platzangebot)	
			Haltestellenkapazität.	
Betrieb und Ereignisse	Fussgängerdichte/-stärke	Mittlere Wartezeit an Knoten,	Zuverlässigkeit (Pünktlichkeit, Störungswahrscheinlichkeit)	MIV-Dichte
	Geschwindigkeit	Fahrtunterbrechungen	Passagierdichte (Auslastung, Platzangebot)	Geschwindigkeit
		Geschwindigkeit	Beförderungsgeschwindigkeit / Reisezeit	Mittlere Wartezeit an Knoten
		Kreuzungsmanöver	Umstiege	
		Fahrbahnzustand	Infrastrukturauslastung ¹	
			Verkehrsdichte ¹	
			Warte-/Verlustzeiten an Knoten ¹	

¹ Diese Faktoren wirken eher indirekt auf die Beförderungsqualität.

Die Einflussfaktoren lassen sich mit nach (McLeod 2000) durch Kriterien für die drei Anlagenelemente «Haltestelle», «Linie» und «Netz» erfassen. Diese werden,

um weitere aus der Literatur bekannte Kriterien erweitert, in Abb. 2.20 dargestellt. Die grau hinterlegten Kriterien fließen nicht direkt in das Modell zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität in dieser Studie ein, werden aber allenfalls in einer Folgestudie berücksichtigt, welche sich ergänzenden Untersuchungen zur multimodalen Verkehrsqualität der verschiedenen Verkehrsmodi widmet und das Ziel verfolgt, multimodale Verkehrsqualitätsstufen zu kalibrieren und zu verifizieren (siehe Abb. 2.20).

Abb. 2.20 Kriterien zur Beurteilung der Verkehrsqualität für verschiedene Anlagenelemente und Planungsstufen

Anlagenelement	Einzelelement (Haltestelle, Streckenabschnitt)	Strecke (Korridor, gesamter Netz Linienverlauf)	
Kriterien in «Planung und Projektierung»	Verfügbarkeit (Gebietsabdeckung, Haltestellenentfernung, Betriebsdauer), Zugänglichkeit (Fussgänger VQS, Erreichbarkeit, Zugangszeiten), Häufigkeit (Frequenz, Betriebsdauer), Fahrgastzahlen, Haltestellenanordnung, Eigentrasse von Streckenabschnitten.	Zugänglichkeit (Fussgänger VQS, Erreichbarkeit, Zugangszeiten), Häufigkeit (Frequenz, Betriebszeiten), Beförderungsgeschwindigkeiten.	% bediente Personenminuten, Zugänglichkeit (Gebietsabdeckung, Fussgänger VQS, Erreichbarkeit), Häufigkeit (Frequenz, Betriebszeiten), Fahrkomfort.
Kriterien in «Betrieb und Ereignisse»	Zuverlässigkeit (Pünktlichkeit, Regelmässigkeit), Behinderungen (Passagierdichte / Fahrgastaufkommen, Störungswahrscheinlichkeit), Geschwindigkeit (Beförderungsgeschwindigkeit, Umsteigezeiten), Wahrgenommene Wartezeit.	Zuverlässigkeit (Pünktlichkeit, Regelmässigkeit, Anschlusssicherheit), Behinderungen (Störungswahrscheinlichkeit, Auslastungsgrad der Fahrzeuge, Platzverhältnis Ein- und Ausstieg), Geschwindigkeit (Beförderungsgeschwindigkeit, Reisezeitdifferenz MIV/ÖV, Wahrgenommene Reisezeit).	Zuverlässigkeit Behinderungen (Auslastungsgrad der Fahrzeuge), Geschwindigkeit (Beförderungs- und Reisezeitdifferenz MIV/ÖV), Umsteigezeit, Umsteigehäufigkeit, Reisezeitdifferenz MIV/ÖV).
Kriterien in «Service und Begleitumstände»	Annehmlichkeiten / Ausgestaltung, Verfügbarkeit von Informationen, Kundenbetreuung, Fahrausweiserwerb.	Informationen unter Sonderbedingungen, Benutzerfreundlichkeit (Fahrkomfort, Personensicherheit).	Sicherheit (wird vorausgesetzt)

2.3 Leistungsfähigkeit

2.3.1 Erkenntnisse aus der Vorstudie (Scherer 2010)

Begriffsbestimmung

Die Leistungsfähigkeit ist eine quantitative Grösse, welche durch die Interaktionen zwischen Fahrern, Fahrzeug und Fahrbahn sowie weitere systemspezifische Zusammenhänge auf einem Verkehrsträger bestimmt wird. Die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsmittels und die von den Kunden wahrgenommene Verkehrsqualität hängen eng zusammen.

Definition

Der Begriff der Leistungsfähigkeit wird in (SN 640 017a) wie folgt definiert:

«Unter der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage wird die grösstmögliche Verkehrsstärke verstanden, von der erwartet werden kann, dass sie einen Abschnitt

dieser Anlage innerhalb eines gegebenen Intervalls bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren kann.»

Die Anforderungen der Verkehrsteilnehmer und die betrieblichen Anforderungen der Verkehrsleistungserbringer an die Leistungsfähigkeit können wie die Beförderungsqualität für Einzelelemente (beispielsweise Fahrzeuge oder Haltepunkte), Knoten (Mischverkehr, separate Zufahrten, lichtsinalgesteuerte Knoten mit respektive ohne Bevorzugung) und Streckenabschnitte (Mischverkehr, Busspuren, Tramstrassen, Kombinationen mit Einzelanlagen) bestimmt werden. Zusätzlich wird eine Beurteilung der Verkehrsqualität des gesamten Verkehrsnetzes angestrebt.

Einflussfaktoren

Als Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit öffentlicher Strassenverkehrssysteme werden in (Scherer 2010) die Zeit (Taktfrequenz, Umsteigezeiten, Verlustzeiten), der Raum (Fassungsvermögen eingesetzter Verkehrsmittel, eigener Fahrweg, Strassentyp), Behinderungen (Passagierdichte und Besetzungsgrad der Fahrzeuge) und die Zuverlässigkeit (Pünktlichkeit, Regelmässigkeit, Störungswahrscheinlichkeit) genannt.

2.3.2 Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen nach (Bischofberger 1997)

Allgemeingültigkeit von LF-Aussagen

Die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage kann kaum als konkrete Zahl allgemeingültig bestimmt werden, da sie jeweils nur für einen bestimmten Zeitraum und einen konkreten Verkehrszustand gilt. Vielmehr unterliegt die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage zahlreichen örtlich und zeitlich variierenden Bedingungen (Bischofberger 1997). Dies wurde bereits von (Wehner 1939) erkannt:

«Es gibt keine absoluten zahlenmässigen Angaben für die Leistungsfähigkeit der Strasse schlechthin, vielmehr bestimmen die jeweiligen Verkehrsgegebenheiten den Leistungswert der Strasse.»

Gemeinhin wird die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage gemäss (Potthoff 1970) verstanden als *«die grösste Anzahl Fahrzeuge, die einen bestimmten Punkt in einer bestimmten Zeit unter wohldefinierten Bedingungen überfahren kann.»* Diese technische Definition des Leistungsfähigkeitsbegriffs kann um qualitative Merkmale wie die Geschwindigkeit erweitert werden.

Bestimmung der Leistungsfähigkeit und Einflussfaktoren

Die Leistungsfähigkeit ist demnach das Produkt aus der Verkehrsmenge und der mittleren Geschwindigkeit der öffentlichen Strassenverkehrsfahrzeuge. Im Gegensatz zum schienengebundenen öffentlichen Verkehr beeinflussen der Mensch, dessen Verhalten, Belastbarkeit und Reaktionsvermögen die Leistungsfähigkeit auf der Strasse. Dies stellt eine Schwierigkeit für die exakte analytische Bestimmung der konkreten Leistungsfähigkeit von Verkehrsanlagen der Strasse dar.

Einflussfaktoren

In (Bischofberger 1997) werden die Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit in so genannte endogene und exogene Einflussfaktoren unterteilt. Endogene Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage sind demnach solche, die direkt im Wechselspiel zwischen dem Fahrer, dem Fahrzeug und der Fahrbahn wirken. Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsteilnehmern sind äusserst komplex und nicht detailliert modellierbar, da die Individuen sich gegenseitig beeinflussen und der Verkehrsfluss zumindest im MIV

sich ständig verändert. Das Fahrerverhalten ist nur mit Hilfe stochastischer Verfahren approximierbar. Als endogene Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit einer Anlage des Strassenverkehrs werden in (Bischofberger 1997) genannt:

- Fahrbahnbreite und Seitenfreiheit: Schmale Fahrstreifen reduzieren die Leistungsfähigkeit.
- Linienführung: (Enge) Kurven und (grosse) Steigungen mindern die Leistungsfähigkeit.
- Anteil an LKW und langsamen Fahrzeugen: In Abhängigkeit der Steigung und Kurvigkeit wirken insbesondere schwere Fahrzeuge leistungsfähigkeitsmindernd.
- Verkehrszweck der Fahrer: Fahrer, die eine Strecke regelmässig befahren und somit über gute Streckenkenntnisse verfügen, erzielen höhere Leistungsfähigkeiten.
- Witterungsverhältnisse: Dunkelheit und Nässe reduzieren die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage.

Zu den exogenen Einflussfaktoren, welche die Leistungsfähigkeit eines Anlagenelements mindern, gehören zum Beispiel sicherheitspolitische oder Umweltaspekte, die etwa zu Geschwindigkeitsbegrenzungen führen können.

2.3.3 Leistungsfähigkeit öffentlicher Verkehrssysteme (Anderhub 2008)

Einflussgrössen

Bei der Analyse der Einflussfaktoren und der analytischen Berechnung der Leistungsfähigkeit spielen vor allem fahrdynamische Aspekte in (Anderhub 2008) eine wichtige Rolle (wie beispielsweise Höchstgeschwindigkeit auf freier Strecke und in Kurven sowie Brems- und Beschleunigungsgrenzwerte). Ebenfalls Einfluss auf die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage haben zeitliche und räumliche Mindestabstände zwischen zwei Fahrzeugen auf einer Verkehrsanlage. Diese berücksichtigen auch die Reaktionszeiten der Chauffeure.

Bestimmung der Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit wird als Produkt aus der Fahrzeugkapazität der eingesetzten öffentlichen Strassenverkehrsmittel und der Anzahl der Fahrzeuge in einem bestimmten Zeitraum für ein definiertes Anlagenelement bestimmt (Taktfrequenz oder Fahrzeugfolgezeit).

Leistungsfähigkeitsstufen

Ausgehend von der maximalen theoretischen oberen Grenze der Leistungsfähigkeit werden in weiteren Stufen Aspekte der Betriebsstabilität, des Fahrgastkomforts, der Anforderungen anderer Linien und des Mischbetriebs berücksichtigt, welche die theoretische Leistungsfähigkeit schrittweise auf einen real erreichbaren Wert mindern (siehe Abb. 2.21).

Oberer Grenzwert der Leistungsfähigkeit

Die *theoretische Leistungsfähigkeit* stellt die obere Grenze der transportierbaren Personen in einem betrachteten Zeitraum für ein bestimmtes Anlagenelement dar und geht von idealen Betriebsbedingungen, wie konstanten minimalen Fahrzeugabständen und stets vollkommen identischen Beschleunigungs- und Bremsereigenschaften aller Fahrzeuge, aus.

Die minimale Fahrzeugfolgezeit wird durch die verkehrstechnische Machbarkeit bestimmt, wobei Sicherheitsaspekte und fahrdynamische Eigenschaften der Verkehrsmittel berücksichtigt werden. Geringste betriebliche Abweichungen führen zu einem instabilen Betrieb und resultieren unmittelbar in einem Zusammenbruch

des Systems. Somit ist die theoretische Leistungsfähigkeit nur eine obere Grenze für die effektive Leistungsfähigkeit im Betrieb und die als theoretische Leistungsfähigkeit bestimmten Werte sind messtechnisch nicht erfassbar.

Für die Bahn wird die theoretische Leistungsfähigkeit als die «*allein aufgrund der Fahrdynamik und sicherungstechnischen Ausrüstung einer Strecke dichteste Zugfolge, welche in der Praxis erreicht werden kann*» (Bischofberger 1997) beschrieben. Sie «*hat höchstens kurzzeitig bei der Auflösung von Staus Gültigkeit*» (Schwanhäuser 1987).

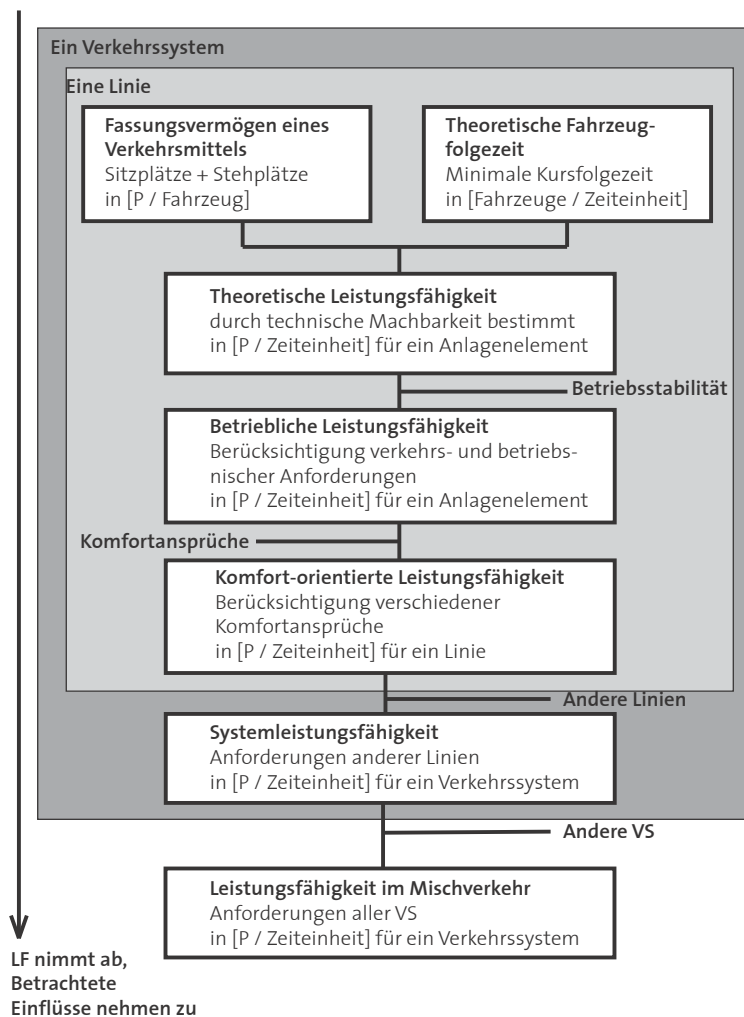


Abb. 2.21: Unterscheidung verschiedener Leistungsabstufungen

Für die Bestimmung der theoretischen Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems wird vom maximalen (technischen) Fassungsvermögen der Einheiten ausgegangen. Komfortansprüche bleiben bei der Bestimmung der theoretischen Leistungsfähigkeit unberücksichtigt.

Aspekte der Betriebsstabilität und Pufferzeiten

Die *betriebliche Leistungsfähigkeit* reduziert die theoretische Leistungsfähigkeit durch Berücksichtigung von Stabilitätsaspekten (Pufferzeiten zwischen den Fahrzeugen) und weitere verkehrs- und betriebstechnische Anforderungen. Die Höhe der Pufferzeit hat massgebenden Einfluss auf die betriebliche Leistungsfähigkeit.

Allgemein kann eine hohe Betriebsstabilität durch entsprechend hohe Pufferzeiten erreicht werden, was wiederum die Fahrzeugfolgezeiten vergrössert und die

Leistungsfähigkeit reduziert. Pufferzeiten berücksichtigen beispielsweise folgende betriebliche Unregelmässigkeiten:

- Schwankungen der Haltezeit an einer Haltestelle durch unregelmässiges Ein- und Aussteigeraufkommen,
- Unterschiedliche in Verhalten, Fahrweise und Reaktionsvermögen der Chauffeure (wie Abwarten und Aufnahme heraneilender Kunden),
- Unterschiedliche Beschleunigungseigenschaften der Fahrzeuge,
- Infrastrukturseitige Unregelmässigkeiten (Beschädigungen der Infrastruktur),
- Externe Einflüsse (Witterung, erhöhtes allgemeines Verkehrsaufkommen, Ausfall einer LSA)

Die durch die Pufferzeiten zwischen zwei Fahrzeugen des öffentlichen Strassenverkehrs vorhandenen Leistungsfähigkeitsreserven werden im Betrieb teilweise aufgebraucht (während kurzer Zeiträume). Dies kann sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit auswirken und zu Betriebsinstabilitäten führen (Bischofberger 1997).

Komfortansprüche der Fahrgäste

Das Fassungsvermögen wird durch die Berücksichtigung von Komfort- und Nachfragekriterien gemindert, da die von den Herstellern angegebenen Platzkapazitäten oftmals nicht den von den Fahrgästen akzeptierten Fahrzeugbesetzungen entsprechen.

Die Kunden gewichten die Verfügbarkeit von Sitzplätzen und akzeptierte Stehplatzdichten je nach Verkehrszeit unterschiedlich: In der HVZ sind Fahrgäste eher bereit auf Sitzplätze zu verzichten als zu übrigen Verkehrszeiten. Fahrgäste erwarten also unterschiedliche Platzverhältnisse in den verschiedenen Verkehrszeiten. Die durch Komfortansprüche reduzierte Leistungsfähigkeit wird *komfortorientierte Leistungsfähigkeit* genannt. Die Fahrzeugfolgezeit bleibt gegenüber der betrieblichen Leistungsfähigkeit unverändert.

Einflüsse anderer Linien desselben Verkehrssystems

Während bei der theoretischen, betrieblichen und komfortorientierten Leistungsfähigkeit die Anforderungen einer Linie eines Verkehrsmittels betrachtet werden, bleiben die Anforderungen anderer Linien desselben Verkehrsmittels unberücksichtigt. Bei der *Systemleistungsfähigkeit* kann vor allem eine Kapazitätsbelegung durch andere Linien auf gleicher Strecke die komfortorientierte Leistungsfähigkeit durch die erhöhte Kursfolgezeit nochmals reduzieren.

Die Systemleistungsfähigkeit wird somit für ein Verkehrssystem bestimmt, während eine systemweite Leistungsfähigkeitsaussage für die theoretische, betriebliche oder komfortorientierte Leistungsfähigkeit wenig sinnvoll ist. Fassungsvermögen und Besetzung des Fahrzeugs bleiben gegenüber der komfortorientierten Leistungsfähigkeit unverändert.

Einflüsse im Mischverkehr

Die bisherigen Leistungsfähigkeitsstufen betrachteten jeweils nur die Anforderungen innerhalb eines Verkehrssystems, während der Kapazitätskonsum sowie die Störeinflüssen durch andere Verkehrsmittel unbetrachtet blieben. Da die verschiedenen Verkehrssysteme unterschiedliche Haltepolitiken, Stationsabstände und Haltezeiten haben sowie unterschiedliche Traktionsverhalten aufweisen, kann die Systemleistungsfähigkeit eines Verkehrssystems nochmals gemindert werden. Die resultierende *Leistungsfähigkeit im Mischverkehr* hängt vor allem vom Verhältnis der Verkehrsstärken der verschiedenen Verkehrssysteme auf gemeinsam benutzten Anlagenelementen ab. Diese wiederum ist auch Resultat

verkehrspolitischer Entscheide.

Beispielhaft illustriert Abb. 2.22 die Analysen zur Leistungsfähigkeit von strassengebundenen öffentlichen Verkehrsmitteln, die sich gemeinsam mit dem MIV eine Fahrspur teilen. Man erkennt, dass es eine optimale Beförderungsgeschwindigkeit des Stroms bei etwa 6 m/s gibt, was etwa 20 km/h entspricht.

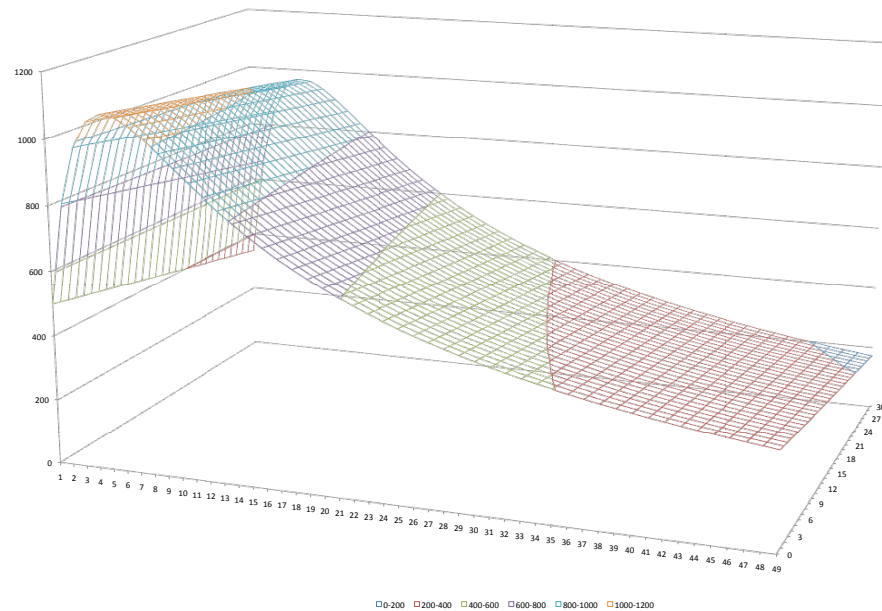


Abb. 2.22 Leistungsfähigkeitsanalyse für ÖV und MIV im Mischverkehr, Zusammensetzung des Verkehrsstroms (Anderhub 2008)

Übersicht

Die verschiedenen Leistungsfähigkeiten werden für verschiedene Anlagenelemente und Zeiträume erfasst. Während die theoretische Leistungsfähigkeit für alle Betriebsstunden identisch ist und somit meist für eine beliebige Stunde angegeben werden kann, wäre die komfortorientierte Leistungsfähigkeit weiter zu differenzieren, da zu unterschiedlichen Tageszeiten eine unterschiedliche Nachfrage zu erwarten ist.

Auch für die Anlagenelemente (Einzelelemente, Strecken, Netz) bestehen gewöhnlich Unterschiede zwischen den Leistungsfähigkeiten: Die Systemleistungsfähigkeit eines Verkehrssystems wird typischerweise für das Netz angegeben. Die theoretische Leistungsfähigkeit hingegen ist beispielsweise auch für Einzelelemente eine wichtige Kenngrösse (Abb. 2.23).

Abb. 2.23 Leistungsfähigkeitsstufen nach Anlagenelementen und Zeitraum

Leistungsfähigkeitsstufe	Zeitraum: Eine Stunde	Zeitraum: Ein Tag	Einzelelement	Strecke	Netz
Theoretische LF	(x)	x	x	(x)	
Betriebliche LF	(x)	x	x	(x)	
Komfort-orientierte LF	x	(x)	x	x	(x)
Systemleistungsfähigkeit	x	(x)	(x)	x	x
LF im Mischverkehr	x	(x)	(x)	x	x

Beispiel

Beispielhaft zeigt Abb. 2.24 eine Ganglinie der Leistungsfähigkeiten, welche um die Kennwerte der Verkehrsnachfrage ergänzt werden. Die Leistungsfähigkeitswerte je Stunde für theoretische und betriebliche Leistungsfähigkeit bleiben über die Betriebsdauer hinweg konstant.

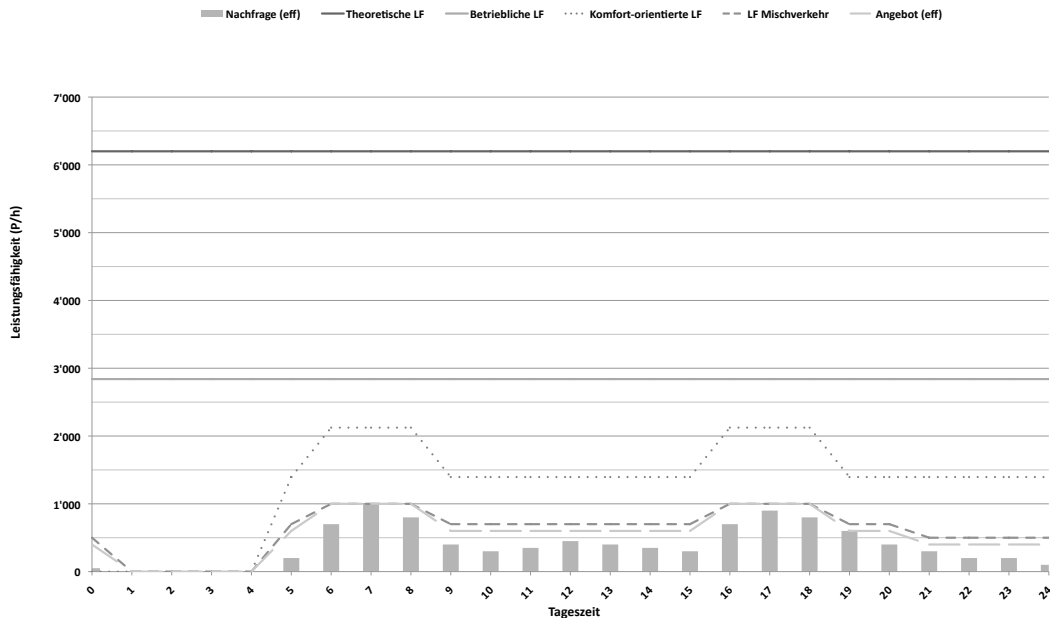


Abb. 2.24 Tagesganglinie unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeitsstufen

2.3.4 Fassungsvermögen eingesetzter Verkehrsmittel (Anderhub 2008)

Allgemeine Ausführungen

Das Fassungsvermögen wird als Summe aus Sitzplatzangebot und Anzahl der Stehplätze bestimmt. Während ersteres leicht durch Auszählung ermittelt werden kann oder unmittelbar von den Herstellern ausgewiesen wird, ist die Anzahl der angebotenen Stehplätze das Produkt aus Stehplatzfläche und Stehdichte (ausgedrückt in $[P/m^2]$).

Herstellerangaben

Die Felduntersuchungen in (Anderhub 2008) zeigten, dass die von den Herstellern für ihre Berechnungen zugrunde gelegten Stehplatzdichten in der Schweiz stark variieren: Sie schwanken für die strassengebundenen Verkehrsmittel zwischen 3 und 8 Personen je Quadratmeter Stehplatzfläche, wobei bereits $5 P/m^2$ einen Extremwert darstellt, der unter allen Umständen zu vermeiden ist und für den Betrieb ungeeignet ist. Eine einheitliche Bemessungsgrundlage ist allerdings nötig, um das Fassungsvermögen vergleichbar zu machen.

Gleichgewichtshypothese

Das von den Kunden maximal akzeptierte Fassungsvermögen geht in das komfortorientierte Fassungsvermögen (Anderhub 2008) ein, welches das maximale Fassungsvermögen auf ein realistisches Mass herabsetzt. Die auftretende Auslastung der städtischen Linienerfahrzeuge wird von Reisenden gerade noch akzeptiert, bei höheren Fahrzeugbesetzungen wählen die Reisenden alternative Verkehrsmittel. Somit stellen die heutige maximale Fahrzeugbesetzung und deren Dichte den oberen Grenzwert für die Stehplatzdichte dar und kann für die Bemessung verwendet werden.

Maximale Fahrzeugbesetzung für einen Spitzenkurs

Die Besetzung von Fahrzeugen des öffentlichen Strassenverkehrs wird in Zürich und Bern mittels automatischer Fahrgastzählsysteme aufgezeichnet. Stellt man die Fahrzeugbesetzungen den Platzverhältnissen im Fahrzeug gegenüber, so kann bestimmt werden, welche Stehplatzdichten maximal auftreten und von den Kunden wahrgenommen werden. Dabei wird angenommen, dass die Fahrgäste homogen im Fahrzeug verteilt sind. Höhere Stehplatzdichten in Einstiegsbereichen gegenüber niedrigeren Werten in den Gängen werden also nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der maximalen Auslastung des Spitzenkurses einer Linie zeigt Abb. 2.25. Eine Festlegung von Richtwerten für die Bemessung der Stehplatzdichten beinhaltet die Schwierigkeit, dass die Häufigkeitsverteilungen der Stehplatzdichten sehr flach verlaufen: Stehplatzdichten von 2.5 Personen je Quadratmeter treten häufig auf, solche oberhalb von 3.5 Personen je Quadratmeter sind sehr selten.

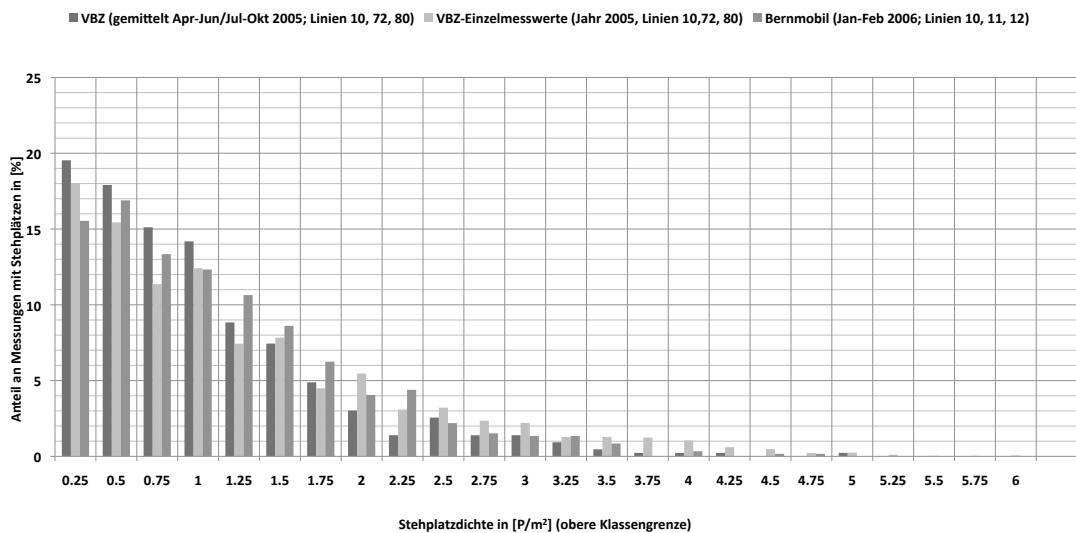


Abb. 2.25 Ergebnisse der Felduntersuchungen in Zürich und Bern für beobachtete Stehplatzdichten im Spitzenkurs

Resultate

Die grosse Schwankungsbreite der ermittelten verwendeten Stehplatzdichten lässt vermuten, dass eine Handhabungsvorgabe in der Schweiz nicht existiert. Auch bei Fahrzeugen gleicher Hersteller liegen der Berechnung der Stehplätze oftmals verschiedene Stehplatzdichten zugrunde. Trotz des Fehlens von Richtwerten, gibt (Hondius 2006) eine Empfehlung zur Bemessung von Stehplatzdichten in Europa:

«Vier stehende Fahrgäste je Quadratmeter dürfte in Nordwesteuropa das Maximum der praktischen Beladung sein. Bei Fahrgästen mit Rucksäcken können bereits zwei Personen je Quadratmeter Stehplatzfläche das Maximum darstellen.»

Für den Flächenverbrauch eines Stehplatzes finden sich ebenfalls Angaben und Empfehlungen in (Hondius 2006):

«Bei der Ermittlung der Stehplatzzahl sind aus Komfortgründen 0.3 bis 0.5 Quadratmeter, mindestens aber 0.25 Quadratmeter je Stehplatz anzusetzen. Dabei ist nur die zugängliche nutzbare Stehplatzfläche zugrunde zu legen.»

2.3.5 Knotenleistungsfähigkeit nach (Bischofberger 1997)

Begriffsklärung

Die Knotenleistungsfähigkeit ist die maximale Anzahl von Fahrzeugen, welche diesen innerhalb eines bestimmten Zeitraums passieren können. Sie wird beeinflusst durch die geltenden Verkehrsregeln (beispielsweise Vortrittsregeln), zeitliche Abstände zwischen den Fahrzeugen, Verkehrsbelastungen der einzelnen Zufahrten bzw. deren Verhältnis sowie für Kreisels die Anzahl der Fahrstreifen innerhalb des Kreisels. Zwar erlauben analytische Verfahren die Bestimmung und Berechnung der Knotenleistungsfähigkeit, jedoch ist diese nur im Kontext mit der Verkehrsbelastung eines Knotens interpretierbar.

Die Verkehrsqualität eines Knotens wird durch die auftretenden Wartezeiten und die Länge des Rückstaus bei der Knotenzufahrt bestimmt. Gemäss (Steierwald 1961) liegt der obere Grenzwert der Knotenleistungsfähigkeit bei etwa 10 bis 50 Sekunden für die Wartezeiten der Fahrzeuge im Nebenstrom. Für die Bestimmung der Knotenleistungsfähigkeit, aber auch generell von Anlagenelementen, werden deterministische und stochastische Verfahren sowie Simulationen unterschieden.

Deterministische Verfahren

Deterministische Verfahren nutzen analytische Berechnungsverfahren und basieren meist auf fahrdynamischen Überlegungen. Für verschiedene Verkehrsbeziehungen wie Kreuzen, Linksabbiegen oder ungestörte Fahrt auf einem Fahrstreifen werden die zur Verfügung stehenden freien Zeiträume bestimmt. Diese stellen die vom Betrachtungszeitraum um Sperr- und Pufferzeiten geminderte Zeit dar, in denen ein Fahrzeug in einem Fahrstrom verkehren kann.

Sperrzeiten sind solche Zeiträume, in denen ein Anlagenelement durch einen Verkehrsstrom höheren Rangs (also einem vorfahrtsberechtigten Strom) belegt ist. Pufferzeiten sind Zeiträume, in denen das Anlagenelement physisch zwar frei ist, aber beispielsweise aufgrund von Fahrzeugabständen und Reaktionszeiten der Lenker nicht genutzt werden kann. Der Fahrzeugabstand ist also eine Funktion der Geschwindigkeit. Deterministische Bestimmungsverfahren der Leistungsfähigkeit finden beispielsweise in (Bachmann 1943) Anwendung.

Stochastische Verfahren

Während deterministische Verfahren ohne erheblichen Berechnungsaufwand gute Näherungen für die Leistungsfähigkeit einer Infrastrukturanlage liefern, stellen sie doch Vereinfachungen dar, welche teilweise nicht zulässig sind. Daher werden die deterministischen Verfahren oft um so genannte stochastische Verfahren ergänzt – beispielsweise in (Pitzinger 1982).

Stochastische Verfahren ergänzen allerdings nicht nur die deterministischen Verfahren, sie können auch eigenständig für die Bestimmung von Leistungsfähigkeiten genutzt werden. Grundlage für viele Modelle bilden die Werke von (Rapp 1954) und (Grabe 1954). Kennzeichnend für stochastische Verfahren sind beispielsweise die Benutzung von Grenzzeitlücken und Folgezeitlücken und Warteschlangenmodelle. Unter anderem werden derartige Verfahren auch in (TRB 2000) und (FGSV 2005) verwendet.

Umfangreiche Angaben zu Grenzzeitlücken und Folgezeitlücken für verschiedene Verkehrsvorgänge auf Knoten macht (Harders 1976). Diese können genutzt werden, um die Leistungsfähigkeit von Knoten zu bestimmen, wobei die Grundformel in (Siegloch 1973) eingeführt wird.

Simulationsverfahren

Für Fragestellungen, deren hohe Komplexität eine analytische und oder stochastische Untersuchung der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage verunmöglicht, kann die Berechnung der Kennwerte auch mit Hilfe von Simulationsverfahren durchgeführt werden. Dabei werden Anlagenelemente modelliert und Verkehrsbelastungen sowie Betriebszustände simuliert, um so Informationen über die Leistungsfähigkeit des betrachteten Elements zu schlussfolgern.

2.3.6 Netzleistungsfähigkeit nach (Bischofberger 1997)

Bedeutung der Netzleistungsfähigkeit

Auch für ganze Verkehrsnetze vermutet (Bischofberger 1997) einen direkten Zusammenhang zwischen der Belastung und der Verkehrsqualität. Ausgehend von den Leistungsfähigkeiten der Einzelelemente eines Verkehrsnetzes, welche Bischofberger als Fahrzeuge pro Zeiteinheit und Anlagenelement definiert, bestimmt sich die Netzleistungsfähigkeit demnach als *«während einer gewissen Zeiteinheit pro Netzkilometer erbrachte Verkehrsleistung»*, ausgedrückt in Fahrzeugkilometer pro Netzkilometer und Zeiteinheit.

Zur Analyse der Leistungsfähigkeit einzelner Anlagenelemente werden die Verkehrsdichte und die mittlere Geschwindigkeit als Kenngrösse verwendet, welche allerdings zur Beschreibung der Verkehrszustände auf Ebene des Verkehrsnetzes nicht ausreichen. Daher werden weitere quantitative und qualitative Kenn- und Messgrössen vorgeschlagen, welche die Nachfragestruktur und das Verkehrsnetz beschreiben.

Messgrössen

Als Messgrösse der Netzleistungsfähigkeit schlägt Bischofberger eine auf die Netzgrösse normierte Kenngrösse vor, da die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsnetzes grundsätzlich von dessen Grösse und Dichte abhängt.

Einzelne Teilnetze unterscheiden sich hinsichtlich deren Anteile an der Verkehrsleistung im gesamten Verkehrsnetz, je nach Anteil des Binnen- und übergeordneten Verkehrs. Statt der mittleren Geschwindigkeit auf freien Strecken sind bei netzweiten Betrachtungen aus Kundensicht die mittleren Reisegeschwindigkeiten zu berücksichtigen, die auch allfällige Umsteigezeiten beinhalten. Eine Kenngrösse für die Pünktlichkeit ist die mittlere Verspätung je Nutzer. Die Streuung der Einzelverspätungen wird als Mass für die Zuverlässigkeit vorgeschlagen.

Als mögliche Messgrösse für die netzweite Verkehrsqualität wird die Erreichbarkeit als Anzahl der Einwohner, Arbeitsplätze, Einkaufsdestinationen und ähnliches vorgeschlagen, welche von einem bestimmten Punkt aus innerhalb einer definierten Zeitspanne erreichbar sind.

2.3.7 Beförderungsgeschwindigkeiten

In (St. Jacques 1997) wird der Betrieb von Busspuren auf innerstädtischen Strassen untersucht. Dabei werden drei Typen von Busspuren definiert:

- Spuren, die beispielsweise durch bauliche Trennung nicht zum Überholen verlassen werden können,
- Spuren, die jederzeit verlassen und bzw. eingefahren werden können,
- Doppelte Busspuren.

Allerdings sind doppelte Busspuren für eine Anwendung in der Schweiz aufgrund der Platzverhältnisse auf Innenstadtstrassen kaum geeignet. Untersucht wurden für diese Typen verschiedene Betriebsszenarien mit unterschiedlichen Auslastungsgraden der Spuren sowie unterschiedlichen Regimes für rechtsabbiegende PW. Es werden abschliessend Verkehrsqualitätsstufen für die Beförderungsgeschwindigkeiten von Busverkehren unter verschiedenen Bedingungen erstellt.

2.3.8 Haltestellenkapazität

Haltestellengestaltung und Zugang

In der Planungsstufe «Planung und Projektierung» stehen für hohe Leistungsfähigkeitswerte folgende Ziele der Reisenden im Vordergrund:

- Gute und sichere Erreichbarkeit des Angebots,
- Zügige An- und Abfahrsmöglichkeiten der Verkehrsmittel,
- Bequeme Ein- und Ausstiegsmöglichkeiten für den Fahrgast,
- Ausreichende Breite der Wartefläche und Wetterschutz,
- Funktionale Ausstattungselemente, ausreichende Fahrgastinformation.

Hinsichtlich der Lage der Haltestellen werden folgende Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen formuliert:

- Kunden: kurze Wege, ausreichende Wartefläche, Witterungsschutz, sichere Strassenquerungen (ggf. zusätzliche Querungshilfen), gute Erreichbarkeit auch für mobilitätseingeschränkte Personen,
- Betreiber: minimale Wartezeiten bei Wiedereinfädelung in den Verkehrsstrom, ggf. Überholung der Fahrzeuge an Haltestelle unterbinden,
- Übriger Strassenverkehr: Minimale Beeinträchtigung des Verkehrsflusses,
- Anwohner: Minimale Lärm- und Abgasemissionen.

Gemäss (St. Jacques 1997) hat die Abfertigungskapazität von Haltestellen massgeblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit einer Busverkehrsanlage. (Köhler 1991) untersuchte die Leistungsfähigkeit von ÖV-Spuren auf Strassen und kam unter anderem zum Schluss, dass Trams und Busse zumindest im Haltestellenbereich nicht unterschieden werden müssen. Die zusammengestellten Zusammenhänge daher könnten auch für Tram und andere strassengebundene Verkehrsmittel angenommen werden.

Allerdings werden in (TRB 2003) im Hinblick auf Tramsysteme im Strassenverkehr lediglich Überlegungen zu den Limitierungen angestellt, die sich aus dem Betrieb von LSA sowie Längenbegrenzungen ergeben. Eine Anwendung dieser Ergebnisse auf Tramverkehre erfordert folglich eine weitere Prüfung der Kennwerte. Ebenfalls in (TRB 2003) werden Überlegungen zu Fahrgastwechselzeiten angestellt, die verschiedene Anzahlen von Türen und den Fahrscheinkauf berücksichtigen.

Gemessen wird diese Leistungsfähigkeit nach (St. Jacques 1997) als die Wahrscheinlichkeit, dass sich Busse bei Anfahrt auf eine Haltestelle stauen. Es werden Berechnungsmethoden für diese Kapazität vorgestellt. Dabei werden folgende Eingangsrößen berücksichtigt:

- Minimale Räumzeit zwischen zwei Bussen,
- Durchschnittliche Haltedauer und deren Standardabweichung,

- Statistische Aussagen zur Wahrscheinlichkeit der Bildung von Warteschlangen,
- Allfälliges Verhältnis von Grünzeit zu Umlaufzeit einer LSA,
- Anzahl der Halteplätze pro Haltestelle.

Drei Ebenen

Verkehrsqualitätsstufen werden, ähnlich wie in (FGSV 2005), für die Stauwahrscheinlichkeit von Bussen definiert. Dabei wird ein Busverkehrssystem in die drei Ebenen Haltekante, Haltestelle (die aus einer oder mehreren Kanten besteht) und Verkehrssystem aufgeteilt. Die Kapazität des Verkehrssystem(-abschnitts) wird durch die kritische Haltestelle entlang des untersuchten Bereiches bestimmt. Die Kapazität einer Haltestelle ist vor allem durch die Kapazität der Kanten und deren Anzahl bestimmt.

Haltekante

Die Kapazität auf Ebene der Haltekante wird durch die Aufenthaltszeit der Fahrzeuge bestimmt, welche wiederum durch folgende Faktoren beeinflusst wird (TRB 2003):

- Anzahl der Ein- und Aussteiger,
- Haltestellenabstand (z.B. erlauben mehr Haltestellen eine weitere Verteilung der Fahrgäste und somit weniger Fahrgäste pro Haltestelle),
- Fahrscheinverkaufsprozesse,
- Fahrzeugeigenschaften (Anzahl und Typ der Türen, Grösse),
- Grünzeiten von nahen LSA,
- Wartezeit bei Busbuchten bis zur Wiedereinfahrt in den Verkehrsstrom,
- Spaltbreite zwischen Fahrzeug und Kante.

Haltestelle

Die Leistungsfähigkeit einer Haltestelle wird von der Kantenleistungsfähigkeit diktiert. Bei mehreren Kanten hintereinander ist dabei zu berücksichtigen, dass der Leistungsfähigkeitsgewinn mit jeder weiteren Kante abnimmt und mehr als drei Kanten kaum noch einen weiteren Zugewinn erzielen können (TRB 2003), (Köhler 1991). Ein weiterer Effekt geht von der Position der Haltestelle entlang des Strassenverlaufs (vor Knoten, nach Knoten, zwischen Knoten) aus. Da dieser Effekt allerdings kaum quantifizierbar ist, wird er lediglich qualitativ beschrieben.

Halt in Seitenlage

Fahrzeuge des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs halten entlang von Mischverkehrsstrecken oft in Seitenlage. Drei Typen von Haltestellen in Seitenlage können unterschieden werden: Busbuchten, Kaphaltestellen und Haltestellen am Fahrbahnrand. Diese unterscheiden sich voneinander hinsichtlich der Verkehrssicherheit, der Wartezeit beim Wiedereinfädeln in den Verkehrsstrom, deren Platzbedarf, Bau- und Unterhaltskosten, Umwege für Fussgänger, Fahrgastkomfort (Seitenbeschleunigung beim Anfahren von Busbuchten) und dem allfälligen Verlust von Parkflächen.

Die meisten Haltestellen des Busverkehrs befinden sich in Seitenlage (Lapp 2010). Neben den Haltestellen in Seitenlage gibt es auch Haltestellen in der Strassenmitte, welche meist über separate Busspuren angefahren werden. Angaben zu sinnvollen Einsatzbereichen von Fahrbahnrandhaltestellen macht beispielsweise (FGSV 2005). Trotz verfügbarer Angaben zur Eignung von Fahrbahnrandhaltestellen und den generell besseren Eigenschaften von Kaphaltestel-

len und Haltestellen am Fahrbahnrand ist die Wahl eines Haltestellentyps stets im Einzelfall und in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten zu treffen.

Vergleich der Haltestellentypen

Da viele unterschiedliche Verkehrsteilnehmer im Bereich von Haltestellen interagieren, sind Haltestellen Orte mit erhöhtem Konfliktpotential. In (Schüller 2007) wurden daher die Sicherheitspotentiale der verschiedenen Haltestellentypen untersucht. Ein Einfluss der MIV-Stärke auf die Verkehrssicherheit an einer Haltestelle konnte nicht festgestellt werden. Haltestellenbuchten weisen aber doppelt so hohe jährliche Unfallkosten auf als Kaphaltestellen und Haltestellen am Fahrbahnrand. Diese sind daher auch aus sicherheitspolitischen Überlegungen den Haltestellenbuchten vorzuziehen. Die Unfallhäufigkeit und -schwere wird am stärksten von der Nutzung im Umfeld der Haltestelle beeinflusst: In Wohnsiedlungen ist das Unfallrisiko, welches als Produkt aus der Unfallhäufigkeit und der Unfallschwere bestimmt wird, am geringsten. (Lapp 2010) gibt folgende Argumente für oder gegen den Einsatz von Busbuchten:

- Busbuchten ermöglichen freie Fahrt für den übrigen Verkehr, gleichzeitig wird allerdings auch die Wiedereinfädelung verzögert, wenn keine Bevorzugungsmassnahmen getroffen werden (dies kann sich negativ auf die Betriebsstabilität auswirken)
- Busbuchten haben einen höheren Flächenverbrauch
- Die Querbeschleunigung beim Anfahren und Verlassen der Haltestelle wird von den Kunden als störend empfunden
- Oftmals sind grössere Spaltbreiten an einzelnen Türen vorhanden

Busverkehrssystem

Die Kapazität entlang eines Korridors entspricht im Regelfall jener der Haltestelle mit der geringsten Kapazität.

2.3.9 Fahrgastwechselzeiten (Weidmann 1995)

In (Weidmann 1995) werden ausführlich Grundlagen zur Berechnung von Fahrgastwechselzeiten dargelegt. Es wird ein Berechnungsmodell entwickelt, das die Position und Breite der Türen sowie die Einstiegshöhe einbezieht sowie die auf die Verteilung der Fahrgäste im Fahrzeug und an der Haltekante Rücksicht nimmt. Im Rahmen dieser Modellierung wurden ausserdem Messungen an einer Reihe von verschiedenen Fahrzeugen und Fällen durchgeführt. In einem Vergleich mehrerer Fälle wurde festgestellt, dass eine grosse Zahl an schmalen Türen (Breite unter 1 m) wenigen grossen Türen vorzuziehen ist, da breitere Türen aufgrund einer fehlenden Kanalisierung nicht zu einem zur höheren Breite proportionalen Anstieg der Leistungsfähigkeit führen. Im Rahmen dieser Arbeit besonders relevant ist ausserdem die Feststellung, dass Trams und Busse stark von einer erhöhten Zahl von Türen profitieren.

2.3.10 Massnahmen zur Steigerung der LF (Hessen 2007b)

Bedeutung der Verkehrsknoten

Da Knoten als eine «*Hauptstörursache im ÖPNV*» gelten, kann die Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs an gesteuerten Lichtsignalanlagen zur Stabilisierung des Linienverkehrs beitragen. Nach (Steinwede 2010) gilt sogar: «*Oberste Priorität hat die Beschleunigung der Busse durch die Beeinflussung von Lichtsignalanlagen, um die Wartezeiten an Knoten zu reduzieren.*»

Die Möglichkeit zur Beeinflussung der Signalprogramme an LSA-gesteuerten Knotenpunkten, so dass die Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs bevorzugt

Freigabezeiten erhalten, wird mit der grundsätzlichen Bedeutung des öffentlichen Strassenverkehrs für die Erschliessung von Städten und des hohen Personenaufkommens in den Bus- und Tramfahrzeugen begründet. Neben der Stabilität der Bus- und Tramlinien wird somit auch die Reisegeschwindigkeit der Verkehrsmittel gesteigert.

Das Ausmass der Beschleunigung von Buslinien hängt massgeblich von verkehrspolitischen Vorgaben und der Möglichkeit zur Einflussnahme in den MIV ab (Steinwede 2010).

Übersicht weiterer Möglichkeiten

Als weitere Möglichkeiten zur Beschleunigung von Verkehrsmitteln des öffentlichen Strassenverkehrs werden in (Hessen 2007b) genannt:

- Haltestellentyp: Bestimmte Haltestellenformen können die Fahrgastwechselzeit (beispielsweise durch ebenerdigen Einstieg) und Haltestellenaufenthaltszeit positiv beeinflussen und schnelles Wiedereinordnen in den Verkehrsstrom ermöglichen.
- Freihaltung von ÖV-Trassen vom MIV (beispielsweise Linksabbieger auf dem Gleiskörper von Tramfahrstrassen)
- Eigenstrassierung: Führung des öffentlichen Strassenverkehrs auf eigenen, unabhängigen Trassen, Freigabe von Fussgängerzonen für Busse
- Vermeidung von Behinderungen: Reduzierung von Behinderungen der öffentlichen Strassenverkehrsmittel im Betrieb, beispielsweise durch Lieferverkehr oder ein- respektive ausparkende Fahrzeuge
- Optimierung der Verkehrsführung: Vermeidung von Strecken mit Geschwindigkeitsreduktionen, nicht einsichtigen Strecken, engen Strassen
- Weitere innerbetriebliche und sonstige Massnahmen: fahrzeugseitige Massnahmen (Kneeling der Fahrzeuge zur Beschleunigung des Fahrgastwechsels, optimierte Türöffnungszeiten), Massnahmen der Fahrgastabfertigung (Einstieg an allen Türen erlauben), Tarifliche Massnahmen (kein Billetverkauf im Fahrzeug, e-Ticketing)

Abbau externer Störungen nach (Steinwede 2010)

Die genannten Massnahmen zur Beschleunigung der strassengebundenen Verkehrsmittel wird in (Steinwede 2010) um Massnahmen zum Abbau externer Störquellen ergänzt:

- Verflüssigung des MIV-Stroms, in welchem der Bus verkehrt (Halteverbote, Vorfahrt entsprechend Linienverlauf, Abbiegespuren für den MIV, LSA-Räumschaltung)
- Vermeidung von Tempo 30-Zonen, Spielstrassen und Rechts-vor-Links geregelten Verkehrsknoten auf Routen von ÖV-Linien
- Einschränkungen für den MIV (Halte- und Abbiegeverbote)
- Ausnahmeregelungen für Busse (Ausnahme von Abbiegeverboten, Einbahnstrassenregelungen, Freigabe von gesperrten Strecken)

Bevorzugung an LSA-geregelten Knoten

Die Bevorzugung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs kann punktuell, linienweit und netzweit erfolgen. Eine Beschleunigungsmassnahme ist meist nur bei Bevorzugung über mindestens einen Streckenabschnitt wirksam und beinhaltet ergänzende Massnahmen bei der Regelung von LSA an Verkehrsknoten wie beispielsweise Zulaufregelung und die Räumung des ÖV-Fahrbereichs bzw. Haltestellenbereichs vom MIV und Langsamverkehr.

Die Bevorzugung des öffentlichen Strassenverkehrs kann mit Hilfe folgender Massnahmen erreicht werden:

- Freigabezeitanpassung: Verlängerung der zum ÖV-Fahrzeug verträglichen Phase
- Sperrzeitverkürzung: Verkürzung einer zum ÖV-Fahrzeug unverträglichen Phase
- Phasentausch: Tausch von zur Fahrtrichtung des ÖV-Fahrzeuges unverträglichen Phase mit verträglicher Phase unter Beibehaltung der Phasenanzahl und Umlaufzeit
- Bedarfsphasenanforderung: Einschub von zur Fahrtrichtung des ÖV-Fahrzeugs verträgliche Phasen innerhalb festgelegter Phasenfolge
- Freigabezeitausgleich

Eine weitere Möglichkeit zur Bevorzugung von Bussen an LSA-geregelten Knoten stellen so genannte «Busschleusen» dar, welche den MIV bis zur Knotendurchfahrt des Busses zurückhalten (Steinwede 2010).

Eigentrossierung

Der öffentliche Strassenverkehr kann durch eine ungehinderte Fahrt ohne Störungen durch fliessenden oder ruhenden MIV-Verkehr und Lieferverkehr beschleunigt werden und eine höhere Zuverlässigkeit erreichen.

Separate Busspuren sind dann sinnvoll, wenn die Platzverhältnisse ausreichen und die Busse mit sehr geringen Taktzeiten verkehren. Neben niveaugleichen Lösungen sind auch Busspuren in separaten Hoch- und Tieflagen möglich (Oberhausen, Essen). Generell gilt, dass die Eigentrossierung eher ausserhalb der Stadtzentren möglich ist (Steinwede 2010). In Stadtzentren kann allenfalls ein temporärer Busfahrstreifen eingerichtet werden (auch mit Richtungswechselbetrieb).

Die Busfahrspuren können Taxis freigegeben werden, wenn dies die Stabilität des öffentlichen Strassenverkehrs nicht negativ beeinflusst und durch diese Massnahme die Akzeptanz gegenüber separaten Busspuren gesteigert werden kann. Eigentrossierungen sind insbesondere dann empfohlen, wenn Tramfahrzeuge mit mehr als 50 Stundenkilometern verkehren, bei Strassen mit mehr als zwei Fahrstreifen je Richtung und bei Zweirichtungsverkehr in Einbahnstrassen.

Nutzen der Beschleunigung

Der Nutzen der Beschleunigung des öffentlichen Strassenverkehrs kann für die verschiedenen Verkehrsteilnehmer wie in Abb. 2.26 dargestellt zusammengefasst werden. Die Beschleunigung des öffentlichen Verkehrs wird allerdings nur akzeptiert, wenn diese auch Bedürfnisse übriger Verkehrsteilnehmer angemessen berücksichtigt, die Bevorzugung soweit möglich reduziert wird und aus technischer Sicht stets einwandfrei funktioniert. Die Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmer werden minimiert, je genauer Bevorzugungsmassnahmen zeitlich abgestimmt auf die Bedürfnisse des öffentlichen Strassenverkehrs erfolgen. Für den Fussgängerverkehr gilt es, darauf zu achten, dass zu kurze Freigabezeiten nicht zu Sicherheitsproblemen führen (Rotlichtmissachtung).

Abb. 2.26 Nutzen der Beschleunigung und Bevorzugung des öffentlichen Strassenverkehrs

Gruppe	Fahrgast	ÖV-Unternehmung	MIV	Allgemeinheit
Nutzen	Verkürzung der Reisezeiten,	Erhöhung der Wirtschaftlichkeit	Entlastung des MIV-Verkehrs	Reduktion von Lärm- und
	Steigerung der Pünktlichkeit und Anschlusssicherheit,	Einsparung bei Personal und Fahrzeugen,	Zur Fahrtrichtung des ÖV- verträglicher MIV-Strom profitiert von Bevorzugung,	Abgasemissionen, Höhere Kapazitäten für nötigen MIV-Verkehr
	Erhöhung des Fahrkomforts	Höhere Erträge durch gesteigerte Nachfrage bei höherer Angebotsattraktivität	Kürzere Wartezeiten durch parallele verkehrsabhängige Steuerung für MIV	

2.3.11 Mischverkehr

In (TRB 2003) werden Bemessungsansätze für den ÖV im Mischbetrieb mit dem MIV vorgestellt. Diese basieren grundsätzlich auf Methoden für den MIV und dem Ansatz, Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs als Vielfache von Automobilen zu behandeln. Für gegenseitige Behinderungen werden zusätzlich Abminderungsfaktoren angewendet, der sich aus longitudinaler Position der Haltestelle, Kapazität der Fahrspur und Verkehrsstromstärke der Fahrspur ergibt. Zusammen mit der Abfertigungskapazität von Bushaltestellen ergibt sich so die Buskapazität des Streckenabschnittes.

2.4 Beförderungsqualität im Bedarfsverkehr

2.4.1 Einleitung und Einsatzbereiche

Bedeutung des Bedarfsverkehrs

Neben den im Linienverkehr fahrenden Bussen gibt es flexible Angebotsformen, welche im Bedarfsverkehr betrieben werden. Bedarfsverkehr ist geeignet, «einerseits dem Bedürfnis nach Individualisierung zu entsprechen, andererseits in Zeiten und Räumen schwacher Verkehrsnachfrage» (Nickel 2010) ein Mindestangebot an öffentlichen Verkehrsdienstleistungen anbieten zu können. In (TRB 2003) kommt Bedarfsverkehren ausserdem besonders in städtischen Gebieten eine Funktion im Transport mobilitätseingeschränkter Fahrgäste zu. In der Schweiz waren 2007 262 Bedarfsverkehrsangebote im Einsatz (Litra 2007).

Eine durch geringe Nachfrage begründete Ausdünnung der angebotenen Verkehrsleistungen im Linienbetrieb kann grundsätzlich mit Hilfe folgender Massnahmen erfolgen (Nickel 2010):

- Verkürzung der Betriebszeit,
- Verkürzung der Fahrtenhäufigkeit,
- Verkleinerung der eingesetzten Fahrzeuge,
- Abkehr vom entlohnten, hauptberuflichen Fahrpersonal (→ Bürgerbus),
- Bedarfsgesteuerter Betrieb (→ Bedarfsverkehr).

Eingesetzte Verkehrsmittel

Fahrzeuge in Bedarfsverkehrsangeboten haben oftmals eine Kapazität zwischen 4 und 20 Passagieren (Klementschtz 2006). Üblicherweise sind die in Abb. 2.27 aufgeführten Fahrzeugsysteme für Bedarfsverkehre im Einsatz.

Abb. 2.27 Fahrzeuge und deren Kapazität für Bedarfsverkehre (Klementschtz, 2006)

Fahrzeugtyp	Kosten	Lebensdauer	Kapazität	Rollstühle
Modifizierte Vans	Niedrig	4 – 5 Jahre	5 – 8 Personen	0 – 1 Platz
Umbau-Van	Mittel	5 – 7 Jahre	9 – 22 Personen	0 – 1 Platz
Minibus adaptiert	Hoch	7 – 10 Jahre	> 22 Personen	> 1 Platz
Neukonstruktion	Sehr Hoch	10 – 12 Jahre	> 22 Personen	> 1 Platz

Einsatzmöglichkeiten und Vorteile

Bedarfsverkehre erfüllen wichtige Funktionen im Sinne einer lokalen Feinerschliessung. In (Connect, 2006) werden für Bedarfsverkehre folgende Einsatzmöglichkeiten genannt:

- Erschliessung peripherer Räume,
- Erschliessung suburbaner Verkehrsräume in NVZ und RVZ,
- Transportleistung für mobilitätsbehinderte Personen,
- Aufrechterhaltung von öffentlichen Verkehrsleistungen bei Einstellung von Busverkehren im Linienbetrieb, insbesondere zur Verbindung von Grundzentren mit wenigen Einwohnern, Ergänzung des Angebots am Abend oder am Wochenende, Zu- oder Abbringer nachfragestarker Linien (Rennspiess 2010),
- Sonderformen zur Erschliessung von Sonderverkehren (nach Veranstaltungen, Erschliessung von Einkaufszentren), teilweise auch Nachtbusverkehre oder Verkehre in Schwachverkehrszeiten in ländlichen Räumen (Rennspiess 2010) und (Wagner 2010).

Gemäss den Ausführungen in (Nickel 2010) zeichnen sich Bedarfsangebote neben den Vorteilen hinsichtlich der besseren Umweltverträglichkeit, der höheren Flexibilität und der Individualisierung durch folgende kostenwirksame Effekte aus:

- Geringerer Kraftstoffverbrauch der eingesetzten Fahrzeuge,
- Anbieten ausschliesslich von Kursen, die tatsächlich eine Nachfrage haben,
- Transportleistung nur entlang nachgefragter Streckenabschnitte,
- Kürzere Fahrzeiten gegenüber dem Linienbetrieb, da nur nachgefragte Haltestellen bedient werden,
- Minimierung der Leerfahrten und Optimierung des Besetzungsgrads beispielsweise durch Dispositionssysteme möglich → Steigerung der Wirtschaftlichkeit (Möller 2010).

Der Einsatz von Bedarfsverkehren ist grundsätzlich nur sinnvoll, wenn die Angebote des Linienverkehrs nicht kannibalisiert werden und keine Konflikte mit übrigen Sonderverkehrsdiensten (wie Taxis) auftreten.

Wirtschaftlichkeit

Bedarfsverkehre sind insbesondere dann wirtschaftlich, wenn die durchschnittlichen Werte für das Verhältnis von bestellten zu angebotenen Fahrten (auch «Aktivierungsquote»), für die Fahrtweite je durchgeführter Fahrt und für den Besetzungsgrad der Fahrzeuge hoch sind. Dies gilt für den Fall, dass die Fahrgastzahlen nicht für eine genügende Auslastung herkömmlicher Linienverkehrsangebote ausreichen. Aufgrund der höheren Fahrgastkapazität sind herkömmliche Verkehre sonst wirtschaftlicher.

Im deutschen Bundesland Brandenburg konnten durch die Umstellung einzelner Buslinien vom Linienbetrieb auf Bedarfsbetrieb mehr als 60 Prozent der Kosten

eingespart werden (Wagner 2007). Dort werden ebenfalls Einflussfaktoren auf die Höhe der Einsparungen genannt:

- Die Nachfrage (darf nicht zu gross oder zu gering sein),
- Angebotsform (je flexibler ein Angebot, desto höhere Einsparungen sind möglich),
- Art der Anmeldung (ggf. müssen Telefonzentralen besetzt werden),
- Betriebsdurchführung (vertragliche Regelungen mit Subunternehmen haben oftmals zahlreiche Synergieeffekte und Einsparungspotential).

Funktionsweise

Bei Bedarfsverkehren muss ein Kunde seinen Fahrtwunsch vor der Fahrt ankündigen. Dabei werden neben personenbezogenen Daten auch Ort und Zeitpunkt der Abfahrt sowie das gewünschte Ziel, das vorhandene Billett, die Anzahl der Mitfahrenden sowie Informationen über allfällige Mobilitätsbehinderungen (wie schweres Gepäck oder Kinderwagen) erfasst. Diese Fahrtenwünsche werden zentral verwaltet und entsprechende Fahrten koordiniert und zusammengefasst.

2.4.2 Angebotsformen

Übersicht

Folgende bedarfsgesteuerte Betriebsformen können generell unterschieden werden: Taxibus, Richtungsbandbetrieb, Linienverkehr mit Flächenerschliessung, Anruf-Sammeltaxi, Veranstaltungssammeltaxi und Rufbusse. Die Verbreitung der Verkehrssysteme des Bedarfsverkehrs wurde durch die breite Durchsetzung der Mobiltelefone und des mobilen Internetzugangs beschleunigt. Eine Zusammenfassung der charakterisierenden Merkmale der verschiedenen Angebotsformen des Bedarfsverkehrs zeigt Abb. 2.28. Ähnliche Formen des Bedarfsverkehrs definieren (TRB 2003) und (Zündorf 2011).

Abb. 2.28 Merkmale der Angebotsformen des Bedarfsverkehrs

Angebotsform	Räumliche Bindung	Raumerschliessung	Zeitliche Bindung
Taxibus	Fahrtweg vorab festgelegt	Vorab festgelegte Haltestelle nur nach Voranmeldung bedient	Fahrplan vorab veröffentlicht, nur bei Nachfrage gefahren
Richtungsbandbetrieb	Richtungsband festgelegt	Im Richtungsband wird jede Haltestelle angefahren, ausserhalb nur bei Bedarf	Innerhalb Richtungsband : Fahrplan wird stets gefahren, ausserhalb nur bei Bedarf
Linienverkehr mit Flächenerschliessung	Flächenbedienung	Starthaltestelle vorab festgelegt, Ausstiegshaltestelle beliebig	Fahrplan vorab veröffentlicht und stets eingehalten
Anruf-Sammeltaxi	Flächenbedienung	Start an einer definierten Haltestelle, Ausstieg beliebig	Fahrplanbetrieb bei Bedarf
Veranstaltungssammeltaxi	Flächenbedienung	Start an einer definierten Haltestelle, Ausstieg beliebig	Fahrplanbetrieb bei Bedarf
Flächenbus/ Rufbus	Flächenbedienung	Keine vorab festgelegten Haltestellen	Kein veröffentlichter Fahrplan, verkehrt nach Nachfrage

Wahl der Angebotsform

Generell spielen für die Form des angebotenen Bedarfsverkehrs regions- und nachfragespezifische Faktoren eine wichtige Rolle. In (Wagner 2007) werden aber folgende generelle Einflussfaktoren auf die Wahl einer Angebotsform genannt:

- Struktur des Bedienungsgebiets: Je disperser ein Gebiet besiedelt ist, desto eher sind räumlich flexible Angebote geeignet.
- Angebotsfunktion: Je mehr der Bedarfsverkehr eine Zubringerfunktion für höherrangige Angebotsformen (Bahnverkehr oder konventioneller Linienverkehr) einnimmt, desto mehr zeitliche Bindungen sollte ein Angebot haben. Als Abbringer sind Flächenbedienungen vorzuziehen.
- Nachfragestruktur: Je geringer die Nachfrage ist, desto flexibler kann ein Angebot werden.

Situation in der Schweiz

In der Schweiz gab es im Jahr 2007 262 Bedarfsangebote – neben Bussen auch für Seilbahnen, Schiffe und Fähren (Litra 2007). Hinzu kommen weitere städtische und regionale Rufbusangebote. In der Schweiz hat insbesondere das Bedarfsangebot «PubliCar®» der *PostAuto Schweiz AG* eine weite Verbreitung erfahren. In Zündorf (2011) wurden die Bedarfsverkehrsangebote in der Schweiz im Detail erhoben. Dabei wurden 150 Angebote ermittelt, von denen die überwiegende Mehrzahl Flächenbusangebote darstellen. Als besondere Erfolgsfaktoren werden hierbei die Einbindung in das nationale Tarifsystem (trotz allfälliger Zuschläge), das professionelle Marketing durch die PostAuto AG sowie die Integration in den öffentlichen Verkehr als Ganzes identifiziert.

Taxibus

Taxibusse verkehren nach einem Fahrplan entlang einer definierten Linie und deren Haltestellen. Fahrten finden jedoch nur statt, wenn ein Fahrtenwunsch vorliegt. Auch werden nur diejenigen Haltestellen bedient, für welche ein Aus- oder Einsteigewunsch geäußert wurde.

Taxibusse sind besonders für den Einsatz in linienförmigen oder radialen Siedlungsstrukturen geeignet. Sie werden typischerweise eingesetzt, wenn die Bevölkerungsdichte einen Wert von 100 Einwohnern je Quadratkilometer unterschreitet.

Richtungsbandbetrieb

Im Richtungsbandbetrieb werden bestimmte Teile oder Punkte einer Linie nach einem publizierten Fahrplan angefahren. Mindestens gilt dies für die beiden Enden der Linie. Alle weiteren Haltestellen sind zwar feststehend markiert, werden aber nur bei Bedarf angefahren. Eine weitere Form dieser Betriebsart erlaubt eine Flächenerschliessung durch Abweichung von der Fahrtroute. Dazu müssen im Fahrplan Pufferzeiten für die Umwege vorgesehen werden und Fahrtwünsche rechtzeitig angemeldet werden. Ausserdem ist – abhängig von der Pufferzeit – nur eine begrenzte Zahl an zusätzlichen Halten möglich.

Linienverkehr mit Flächenerschliessung

Bei dieser Form des Bedarfsangebots werden Fahrgäste von einer festen Starthaltestelle ausgehend innerhalb eines eingegrenzten Raums verteilt.

Anruf-Sammeltaxi

Anruf-Sammeltaxis verkehren bei Nachfrage von einer bestimmten festgelegten Haltestelle zu einer bestimmten im Fahrplan festgelegten Zeit und bündeln dabei möglichst viele Fahrtwünsche. Da nur nachgefragte Haltestellen angefahren werden, sind die Beförderungsdauern oftmals geringer als im Linienverkehr.

Anruf-Sammeltaxis finden vor allem in Gebieten Einsatz, deren Fläche kleiner als 100 Quadratkilometer ist, Bevölkerungsdichten oberhalb von 100 Personen je Quadratkilometer haben und radiale, auf ein Zentrum gerichtete Verkehrsströme

aufweisen (Nickel 2010).

Veranstaltungssammeltaxi

Bei dieser Angebotsform sammeln die Veranstalter eines grösseren Ereignisses (wie Feiern, Theatervorstellungen, Festivals, Sportanlässe) die Fahrtenwünsche und koordinieren gemeinsame Fahrten zu nachgefragten Ziel- und Zeitpunkten.

Rufbusse

Rufbusse verkehren ähnlich wie Taxis von gewünschten Start- zu Zieldestinationen. Gegebenenfalls werden Umwege getätigt, um zusätzliche Reisende aufzunehmen. In Städten mittlerer Grösse werden teilweise auch für Rufbusse fixe Haltestellen eingerichtet, um Konflikte mit ansässigen Taxiverkehrsunternehmen zu vermeiden.

Gemäss (Nickel 2010) sind Rufbusse insbesondere für Gebiete mit weniger als 100 Einwohnern je Quadratmeter geeignet, die zudem häufig eine disperse räumliche Struktur haben und wenig Möglichkeiten zur Bündelung von Nachfrageströmen aufweisen. Rufbusse verkehren häufig in Gebieten, welche grösser als 100 Quadratkilometer sind.

Eine spezielle Ausprägungsform von Rufbussen sind Abonnementverkehre. Dabei werden in einem semi-planmässigen Betrieb bestimmte Wege «abonniert». Der Ursprung solcher Angebote ist vor allem in den dünn besiedelten Wohngebieten im urbanen Umland US-amerikanischer Grossagglomerationen zu finden.

2.4.3 Zusammenhang zwischen Beförderungsqualität, Ressourceneinsatz und Leistungsfähigkeit

Wirkungskreis für Bedarfsverkehre

Bedarfsverkehr wird naturgemäss bei geringen Nachfragen eingesetzt. Die relevanten Aspekte zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und der Verkehrsqualität unterscheiden sich daher von denen der übrigen strassengebundenen öffentlichen Verkehrsmittel. Für die Beurteilung von Bedarfsverkehren stehen Aspekte wie Ressourceneinsatz (Betreibersicht) und Wartezeit (Kundensicht) im Vordergrund. Während die Wartezeit die Verkehrsqualität aus Kundensicht beurteilt, ist der Ressourceneinsatz ein Mass für die Verkehrsqualität aus Sicht des Betreibers. Häufig werden für Bedarfsverkehre auch ehrenamtliche Helfer eingesetzt (Rennspiess 2010, Bendrien 2010).

Der Zusammenhang zwischen der Wartezeit, dem Ressourceneinsatz und der Leistungsfähigkeit ist in Abb. 2.29 dargestellt.

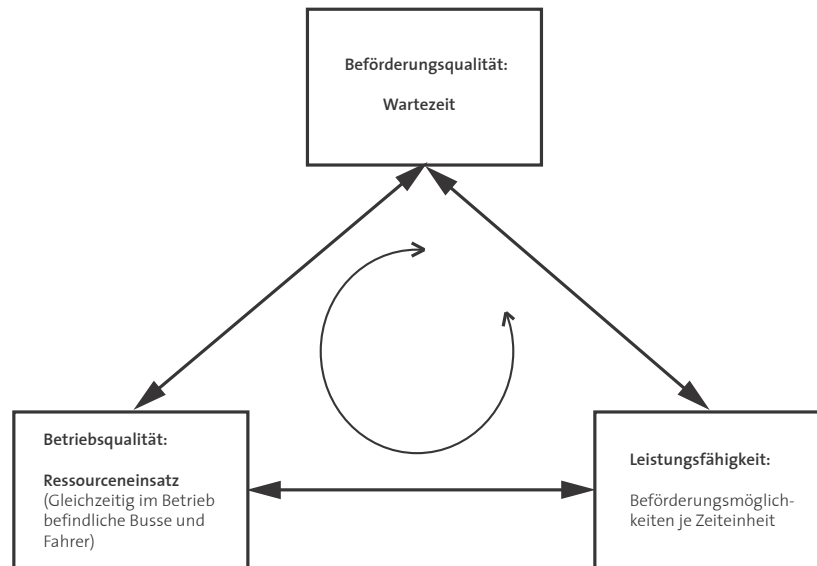


Abb. 2.29: Zusammenwirken von Betriebs- und Beförderungsqualität mit der Leistungsfähigkeit für Bedarfsverkehre

Beschreibung der Wechselwirkungen

Mit steigender Zahl eingesetzter Fahrzeuge und Busfahrer nimmt auch die Anzahl der Fahrten zu, welche in einem bestimmten Zeitraum angeboten werden können. Gleichzeitig werden die Wartezeiten für die Kunden reduziert und die Beförderungsqualität steigt. Allerdings steigen parallel auch die Kosten und oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes ist der Linienverkehr gegenüber dem Bedarfsverkehr vorteilhaft (siehe beispielsweise (Rennspiess 2010)). Dabei hängt dieser Schwellenwert von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Geographische Form des bedienten Gebiets sowie Ausgestaltung des Strassennetzes
- Betriebsform
- Tolerierbare Wartezeiten und Fahrplanzwänge an Umsteigepunkten zum Linienverkehr
- Kosten

2.4.4 Verkehrsqualität des Bedarfsverkehrs

Grundsätzlich unterscheiden sich die Angebote des Bedarfsverkehrs stark von denen des liniengebundenen ÖV. Aus diesem Grund sind nicht alle Qualitätsmerkmale ohne weiteres übertragbar, teilweise sind auch andere Messgrößen erforderlich.

In (TRB 2003) äussert sich dies bereits durch die Wahl einer Skala von 1 bis 8 anstelle der sonst üblichen sechsstufigen Einteilung. Die Bewertung erfolgt auch für Bedarfsverkehrssysteme in den beiden Oberkategorien «Verfügbarkeit» sowie «Komfort und Eignung». Auch in (TRB 2000 und TRB 2010) werden VQS definiert: Dabei findet die Einteilung in den klassischen Stufen A bis F statt. Im Hinblick auf die angestrebte Rolle des TCQSM als «HCM des ÖV» wird jedoch nur dessen Betrachtung eingehend untersucht, da das HCM vor diesem Hintergrund in diesbezüglichen Fragen an Bedeutung verliert.

Verfügbarkeit

Um nutzbar zu sein, müssen die Angebote so gestaltet und betrieben werden, dass sie eine angemessene Menge an Fahrtwünschen bedienen können. Dies

kann über den Zeitraum gemessen werden, innerhalb dessen das Verkehrsangebot überhaupt angeboten wird. Während etwa in den USA durchaus Bedienzeiten von nur wenigen Stunden pro Tag oder gar wenigen (1 bis 2) Tagen pro Woche praktiziert werden (TRB 2003), ist in der Schweiz eine tägliche Bedienung über den Grossteil des Tages hinweg üblich.

Eine weitere wichtige Grösse in diesem Zusammenhang ist die Reaktionszeit auf Fahrtwünsche. Ist diese zu lang, können viele kurzfristige Fahrtwünsche nicht bedient werden. Bei einer zu langen Vorlaufzeit wird der Fahrgast zudem in seiner Flexibilität eingeschränkt. Ist diese Einschränkung zu stark, wird das Angebot für zu viele potentielle Fahrgäste uninteressant. Demgegenüber steht das Betreiberinteresse, die Kosten niedrig zu halten. Ein sehr hohes Mass an Flexibilität erfordert kleine Einheiten und Gruppierungsgrössen sowie aufwendige Echtzeitdisposition.

Komfort und Eignung

Als Messgrössen für Bedarfsverkehre werden in (TRB 2003) die Zuverlässigkeit des Angebotes und die Reisezeit genannt. Die Zuverlässigkeit, die als die Pünktlichkeit der Abholung oder der Ankunft gemessen werden kann, ist dabei besonders bei Zubringerdiensten zu übergeordneten Verkehrsmitteln von grosser Bedeutung. Allerdings sind hier aufgrund des Charakters des Bedarfsverkehrs als nicht-fahrplanmässigem Verkehr grössere Pufferzeiten zu berücksichtigen und somit – besonders für die Abholung – die Pünktlichkeitsgrenzen deutlich weiter anzusetzen als bei herkömmlichen ÖV-Angeboten.

Ausserdem wird die Anzahl der Anfragen, die nicht bedient werden können, als Mass angesetzt. Dabei unterscheidet das TCQSM zwischen einer Ablehnung eines Fahrtwunsches, was ein Indiz für einen Kapazitätsengpass ist, und dem Nichterfolgen der Abholung trotz angenommenem Fahrtwunsch. Letzteres ist in der Schweiz als Mass nicht geeignet, vielmehr ist es als zwingende Voraussetzung anzusehen, dass gebuchte Fahrten auch ausgeführt werden.

Die Reisezeit lässt darauf schliessen, ob ein Bedarfsverkehrsangebot in der Lage ist, Fahrtwünsche angemessen zu bedienen. Der Nutzer verlangt naturgemäss eine möglichst kurze Fahrtzeit, in der Regel wird aber realistischerweise eine längere Fahrtzeit als im MIV erwartet. Die Interessen des Betreibers sind teilweise gegenläufig, da sehr kurze Fahrtzeiten darauf deuten, dass pro Fahrt nur ein Reisewunsch bedient wird und damit die Fahrzeugauslastung sehr niedrig ist.

2.4.5 Leistungsfähigkeit des Bedarfsverkehrs

Anders als bei herkömmlichen ÖV-Angeboten ist die Leistungsfähigkeit bei Bedarfsverkehren nicht über die Beförderungsleistung messbar. Durch die Voraussetzung kleiner Einheiten und geringer Nachfrage, ist das Angebot zunächst viel stärker als andere Angebote von der Nachfrage bestimmt. Nach (TRB 2003) eignet sich vor diesem Hintergrund die Effizienz des Angebotes als Messgrösse für die Leistungsfähigkeit, also der Ressourceneinsatz, der relativ zu Nachfrage und Umfeld nötig ist.

Fahrzeugbedarf

In (Fu 2003) wird ein Modell vorgestellt, mittels dessen der Fahrzeugbedarf für ein Rufbussystem ermittelt werden kann. Dabei werden die Grösse des abzudeckenden Gebietes, die erreichbaren Geschwindigkeiten und die Entstehungsrate von Fahrtwünschen berücksichtigt. Auf der Qualitätsseite werden ausserdem die zeitliche Dauer und Präzision des Angebotes einbezogen. Dieses Modell wurde für den Raum um Edmonton (Kanada) untersucht und konnte reale Verhältnisse

gut widerspiegeln. Allerdings wurden einige Annahmen getroffen, die in schweizerischen Kontext kritisch zu überdenken sind. Besonders gilt dies für die Annahme eines gleichförmigen, gitterartigen Strassennetzes.

Messgrössen der Leistungsfähigkeit

(Shioda 2008) schlägt als Messgrössen der Leistungsfähigkeit und Effizienz von Rufbussystemen die beförderte Passagiere pro Stunde, die Fahrten pro Stunde, Leerzeiten und die Linearität der zurückgelegten Wege vor.

Einflussfaktoren auf die Flottengrösse

In (Schofer 2003) wird der Flottenbedarf für Rufbussysteme untersucht und ein Softwarewerkzeug vorgestellt, um diesen zu analytisch ermitteln. Während die Software auf Verhältnisse in den USA zugeschnitten ist und daher höchstens begrenzt in der Schweiz anwendbar wäre, sind die Erkenntnisse zu Einflüssen auf die nötige Flottengrösse nutzbar. Die nötige Flottengrösse steigt demnach mit:

- Grösserem Versorgungsgebiet und/oder dessen Bevölkerung,
- Längeren Reisezeiten je Fahrt,
- Längeren durchschnittlichen Fahrzeugzeiten pro Fahrt (inkl. Anfahrt und Wartezeiten),

und sinkt mit:

- Steigender räumlicher und/oder zeitlicher Dichte von Wegen,
- Steigender Auslastung der Fahrzeuge,
- Steigender Beförderungsleistung je Fahrzeug,
- Längerer täglicher Betriebszeit je Fahrzeug.

Zudem wurde festgestellt, dass in Kleinstädten oder ländlichen Gebieten die siedlungsstrukturellen Faktoren einen im Vergleich zu städtischen Gebieten grösseren Einfluss haben als die betrieblichen Charakteristika.

Bedarfsangebote in ländlichen Räumen

In (Köhler 2009) wird für ländliche Räume ein Kombinationsangebot aus Rufbus oder Anrufsammeltaxi als Zubringer und einer beschleunigten Bus- oder Regionalbahnlinie als übergeordnetem Verkehrsmittel vorgeschlagen. Im Rahmen jener Arbeit findet ein simulationsbasierter Kostenvergleich verschiedener Angebotsformen für dünnbesiedelte Gebiete verschiedener Formen statt. Es zeigt sich, dass sich die mit der Fahrgastzahl steigenden Kosten ab einer bestimmten Fahrgastzahl nahezu konstant verhalten. Dieses Niveau liegt zunächst ähnlich dem konstanten Niveau eines herkömmlichen Linienbetriebes. Je weniger ein Raum jedoch bandförmig ist, desto eher bieten Bedarfsverkehre bei der Bedienung Kostenvorteile.

2.5 Richtwerte

2.5.1 Einleitung

In den vorigen Abschnitten wurden die Erkenntnisse bisheriger Arbeiten zusammengefasst. In diesem Abschnitt werden Richtwerte und VQS aus den verschiedenen Literaturquellen zusammengetragen und gegenübergestellt. Diese Richtwerte fliessen teilweise in das Modell zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität ein. Andere Richtwerte werden lediglich aufgeführt, bleiben aber für nachfolgende Betrachtungen und Beurteilung unberücksichtigt, da die Richtwerte ggf. nicht auf schweizerische Verhältnisse übertragbar sind. Damit können die Aspekte ermittelt werden, für die bereits belastbare VQS bestehen, und solche, bei denen eine weitere Erarbeitung nötig ist.

Dieser Abschnitt gliedert sich inhaltlich in folgende Unterabschnitte: Richtwerte der Verkehrsqualität, Richtwerte der Leistungsfähigkeit, Richtwerte zu Fassungsvermögen, Richtwerte für die Leistungsfähigkeit von Bedarfsverkehren und eine abschliessende Zusammenfassung und Übersicht über weiter verwendete Richtwerte, die in das Modell zur Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität einfließen.

2.5.2 Verkehrsqualität

Fahrzeugauslastung

In (FGSV 2005) und (TRB 2003) werden VQS ausgehend von der Fahrzeugbesetzung definiert. Diese sind in Abb. 2.30 zusammengestellt.

Abb. 2.30 VQS für die Besetzung von Fahrzeugen

VQS		A	B	C	D	E	F	
(FGSV 2005)	Fahrtlänge > 3 km	Sitzplatzverfügbarkeit [Sitz/P]	≥ 1.75	≥ 1.33	≥ 1.00		< 1.00	
		Stehplatzverfügbarkeit [m ² /P]	Freie Sitzplätze			≥ 0.25	≥ 0.20	< 0.20
	Fahrtlänge < 3 km	Sitzplatzverfügbarkeit [Sitz/P]	≥ 1.33	≥ 1.00		< 1.00		
		Stehplatzverfügbarkeit [m ² /P]	Freie Sitzplätze		≥ 0.25	≥ 0.20	≥ 0.15	< 0.15
(TRB 2003)	Besetzung [Sitz/P]	≥ 2.00	≥ 1.33	≥ 1.00	≥ 0.80 ¹	≥ 0.67 ¹	< 0.67 ¹	
	Besetzung [m ² /P]	> 1.00 ²	> 0.75 ²	> 0.50 ²	> 0.35	≥ 0.20	< 0.20	

¹ Bei Fahrzeugen, die so ausgelegt sind, dass die Mehrzahl der Fahrgäste sitzt

² Bei Fahrzeugen, die so ausgelegt sind, dass die Mehrzahl der Fahrgäste steht

Es ist erkennbar, dass die beiden Normenwerke ähnliche Platzbedürfnisse ansetzen. (TRB 2003) setzt jedoch in vielen Fällen einen leicht höheren Platzbedarf pro Fahrgast an. Unterschiedlich ist auch die in (TRB 2003) komplette Differenzierung von VQS während in (FGSV 2005) Grenzwerte gesetzt werden, über/unter denen keine weitere Abstufung erfolgt. (Köhler 2005) kommentiert ausserdem die VQS in der Planung wie folgt:

- Stufen A und B: unwirtschaftlich
- Stufe C: lange Busfahrten im ländlichen Raum, in Nahverkehrszügen
- Stufe D: kurze Fahrten im Stadtgebiet
- Stufe E: während Spitzenstunden
- Stufe F: ungeeignet für Anwendung in der Planung

Beförderungsgeschwindigkeit

Auf Grundlage der Beförderungsgeschwindigkeit werden in (FGSV 2005) und (St. Jacques 1997) VQS definiert. Diese sind in Abb. 2.31 aufgeführt und gegenübergestellt.

Abb. 2.31 VQS für Beförderungsgeschwindigkeiten [km/h]

VQS		A	B	C	D	E	F
(FGSV 2005)		≥ 24	≥ 22	≥ 19	≥ 15	≥ 10	< 10
(St. Jacques 1997)	Stadtkern	≥ 16.1	≥ 10.8	≥ 8.0	≥ 6.4	≥ 5.3	< 5.3
	Stadtgebiet	≥ 26.9	≥ 20.4	≥ 14.0	≥ 9.7	≥ 7.6	< 7.6
	Vororte	≥ 34.1	≥ 26.1	≥ 17.7	≥ 12.7	≥ 9.7	< 9.7

Die Grenzwerte aus (FGSV 2005) liegen für hohe VQS zwischen denen für das Stadtgebiet und für Vororte aus (St. Jacques 1997). Dabei ist zu bedenken, dass die Werte aus (FGSV 2005) für städtische Hauptverkehrsstrassen in Deutschland angelegt werden. Diese haben im Vergleich zu Hauptstrassen in den USA aufgrund der Stadt- und Siedlungsstrukturen sowie in der Regel ein höheres Mass der ÖV-Bevorzugung und erlauben daher höhere Beförderungsgeschwindigkeiten. Hinzu kommt ein in den USA generell geringerer Haltestelleabstand. Aus diesen Gründen kann eher auf den Grenzwerten aus (FGSV 2005) aufgebaut werden, die Abstufung für verschiedene Gebiete des Stadtkörpers oder Strassentypen ist aber sicherlich sinnvoll und sollte weiterverfolgt werden.

Störungswahrscheinlichkeit

Auch basierend auf den Wahrscheinlichkeiten für Störungen können VQS definiert werden (Abb. 2.32), deren Kennwerte für die Festlegung der VQS enorm variieren. Eine Störung ist in diesem Fall dadurch gegeben, dass ein an einer Haltestelle anfahrendes Fahrzeug keine Haltekante vorfindet, da bereits alle Kanten durch andere ÖV-Fahrzeuge belegt sind.

Abb. 2.32 VQS für Störungswahrscheinlichkeiten (Angaben in Prozent)

VQS	A	B	C	D	E	F
(FGSV 2005)	< 3	< 10	< 20	< 30	< 50	≥ 50
(St. Jacques 1997)	≤ 1	≤ 2.5	≤ 7.5	≤ 15	≤ 25	> 25

Zunächst ist zu untersuchen, inwieweit das Kriterium der Störungswahrscheinlichkeit für die Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des öffentlichen Strassenverkehrs in der Schweiz relevant ist. Sollte die Relevanz bestätigt werden, müssen aufgrund der enormen Unterschiede die Kennwerte für schweizerische Verhältnisse Neubewertet werden.

Der Wert der Störungswahrscheinlichkeit ist unter anderem abhängig von der Einhaltung der Kursfolgezeit. Daher wird in (TRB 2003) statt der Störungswahrscheinlichkeit die Varianz der Kursfolgezeit bewertet (siehe Abb. 2.33). Für die Bemessung wird dabei für Innenstadtgebiete eine Störungswahrscheinlichkeit von 7.5 bis 15 Prozent empfohlen.

Weitere Kriterien

In (TRB 2003) werden weitere VQS für Kriterien definiert, die in bisher keinem anderen Werk untersucht wurden. Diese sind in Abb. 2.33 zusammengetragen.

Abb. 2.33 Weitere VQS aus (TRB 2003)

VQS		A	B	C	D	E	F
Haltestelle	Mittlere Kursfolgezeit [min]	<10	≤14	≤20	≤30	≤60	>60
Linienabschnitt	Pünktlichkeit in [%]	≥95	≥90	≥85	≥80	≥75	<75
Linienabschnitt	Variationskoeffizient Kursfolgezeit	<0.21	<0.30	<0.39	<0.52	<0.74	≥0.75
System	Reisezeitdifferenz [min]	< 0	≤15	≤30	≤45	≤60	>60

Verkehrsdichte

In der Norm (SN 640 020a) werden Verkehrsqualitätsstufen für zweistreifige Autostrassen und Hauptverkehrsstrassen in Abhängigkeit von der beobachteten Verkehrsdichte definiert. Diese Werte und die Merkmale des Verkehrsablaufs in den verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen können für die vorliegende Forschungsarbeit verwendet werden (siehe Abb. 2.34).

Abb. 2.34 Verkehrsqualität in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte nach (SN 640 020a)

VQS	Verkehrsqualität	Verkehrsfluss	Verkehrsdichte in [Fz/km]
A	Sehr gut	Frei	≤ 5
B	Gut	Eingeschränkt	≤ 12
C	Zufriedenstellend	Stabil bei sinkenden mittleren Geschwindigkeiten	≤ 20
D	Ausreichend	Konfliktsituationen und gegenseitige Behinderungen, Kolonnenverkehr bei stabilem Verkehrsfluss	≤ 30
E	Mangelhaft	Wechsel zwischen stabilem und instabilem Verkehrsablauf, Kapazität ist erreicht, geringfügige Verhaltensänderungen führen zu Betriebszusammenbruch	≤ 40
F	Völlig ungenügend	Überlastung, Zufluss oberhalb der Leistungsfähigkeit, Stillstand und Stau im Wechsel mit Stop-and-Go	> 40

Weitere Einflussgrößen auf Verkehrsdichte und Verkehrsqualität sind Kurvigkeit, Längsneigungen, Anteil an LKW- und Radverkehr, Geschwindigkeitsvorgaben, Fahrstreifenbreite, seitliche Hindernisfreiheit und Witterungs- und Lichtverhältnisse. In (FGSV 2005) wird für planfreie Knoten und Autobahnen ausserhalb von Knoten der Auslastungsgrad für die Einteilung von VQS herangezogen. Diese Kenngrösse kann auch mit der Verkehrsdichte in Verbindung gesetzt werden.

Wartezeit an Knoten mit LSA

Für die Wartezeiten der strassengebundenen öffentlichen Verkehrsmittel an LSA-geregelten Knoten werden in (FGSV 2001) die in Abb. 2.35 aufgeführten Richtwerte genannt und den sechs VQS zugeordnet.

Abb. 2.35 Verkehrsqualitätsstufen für die Wartezeit an LSA-geregelten Knoten (FGSV 2001)

VQS	Erklärung	Zulässige mittl. Wartezeit [s]
A	Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer kann Knoten ungehindert passieren. Die Wartezeiten sind kurz.	≤ 5
B	Alle während der Sperrzeit angekommenen Verkehrsteilnehmer können in folgender Freigabezeit weiterfahren. Die Wartezeiten sind kurz.	≤ 15
C	Nahezu alle während der Sperrzeit angekommenen Verkehrsteilnehmer können in folgender Freigabezeit weiterfahren. Die Wartezeiten sind spürbar.	≤ 25
D	Die Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmer sind beträchtlich. Der Verkehrszustand ist noch stabil.	≤ 40
E	Die Verkehrsteilnehmer stehen in erheblicher Konkurrenz zueinander. Die Wartezeiten sind sehr lang. Die Kapazität wird erreicht.	≤ 60
F	Die Nachfrage übersteigt die Kapazität der Anlage. Fahrzeuge müssen bis zur Abfertigung mehrfach vorrücken. Der Stau wächst fortlaufend. Die Wartezeiten sind extrem lang. Die Anlage ist überlastet.	> 60

Knotenleistungsfähigkeit nach (Bischofberger 1997)

Für die Leistungsfähigkeit von Knoten und den entsprechenden Verkehrsqualitätsstufen werden in (Bischofberger 1997) die US-amerikanischen Angaben zu mittleren Wartezeiten (TRB 1991) und dem Verhältnis zwischen Zu- und Abfluss einer Zufahrt (OECD 1974) zitiert (Abb. 2.36).

Abb. 2.36 Richtwerte für Leistungsfähigkeit der öffentlichen Strassenverkehrsmittel

VQS	Mittlere Wartezeit je Fahrzeug [s]	Verhältnis Zu- / Abfluss
A	< 5	< 0.7
B	5 – 10	0.7 – 0.8
C	10 – 20	0.8 – 0.9
D	20 – 30	0.9 – 0.95
E	30 – 45	0.95 – 1.00
F	> 45	> 1.00

Die Anwendbarkeit dieser Kenngrößen bei der Ermittlung von VQS für den strassengebundenen ÖV ist jedoch gering. Wie auch bei der Verkehrsdichte sind diese Kriterien als solches sehr fein aufgelöst und finden ausserdem bereits Eingang in die Beförderungsgeschwindigkeit.

2.5.3 Fassungsvermögen

Maximale Fahrzeugbesetzung im Spitzenkurs

Aus den Messdaten der Stehplatzdichten, die in der Leistungsfähigkeitsstudie (Anderhub 2008) erhoben wurden, können für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr in Bern und Zürich statistische Kennwerte für die maximale Fahrzeugbesetzung im Spitzenkurs bestimmt werden (Abb. 2.37).

Abb. 2.37 Quantile für die Belegungen im Spitzenkurs

Statistischer Kennwert	Zürich (VBZ)	Bern (Bernmobil)
Quantil 95 % [P/m ²]	1.42	2.10
Quantil 99 % [P/m ²]	2.66	3.09
Quantil 99.5 % [P/m ²]	3.14	3.32
Maximum [P/m ²]	5.00	4.64

Ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen wurde als Bemessungsvorschlag eine Stehplatzdichte von maximal 3 Personen je Quadratmeter Stehplatzfläche im Jahresmittelwert des Spitzenkurses formuliert (Anderhub 2008).

Maximale Fahrzeugbesetzung in der Spitzenstunde

In (Anderhub 2008) wurden neben Richtwerten für die Bemessung der zulässigen Stehplatzdichte im Spitzenkurs auch Richtwerte für die zulässigen Fahrzeugbesetzungen in der Spitzenstunde bestimmt. Die statistischen Kennwerte der Messergebnisse, welche in Felduntersuchungen in Bern und Zürich ermittelt wurden zeigt Abb. 2.38.

Abb. 2.38 Quantile für die Belegungen in der Spitzenstunde

Statistischer Kennwert	Zürich (VBZ), Bern (Bernmobil)
Mittelwert [P/m ²]	1.10
Quantil 80 % [P/m ²]	1.36
Quantil 90 % [P/m ²]	1.77
Maximum [P/m ²]	2.06

Richtwerte für verschiedene Verkehrszeiten

Ausgehend von den Messresultaten liefert (Anderhub 2008) die in Abb. 2.39 aufgeführten maximal anzustrebende Fahrzeugbesetzungen der eingesetzten Fahrzeuge des öffentlichen Strassenverkehrs. Diese Werte sollen in der vorliegenden Studie für die Erarbeitung der Bemessungsgrundlage geprüft und wenn nötig angepasst werden.

Abb. 2.39 Richtwerte für maximale Fahrzeugbesetzungen für schweizerische Verhältnisse (Jahresmittelwerte)

Verkehrszeit	Beschreibung	Zulässige maximale Besetzung
HVZ	Spitzenkurs	Sitzplätze + Stehplätze (Dichte : 3 P/m ²)
HVZ	Mittelwert über Spitzenstunde	Sitzplätze + Stehplätze (Dichte : 1.5 P/m ²) etwa 75 % des Fassungsvermögen des Spitzenkurses
RVZ, NVZ	Mittelwert über Stunde	Sitzplätze etwa 50 % des Fassungsvermögen des Spitzenkurses

Richtwerte für Kapazität von Bussen für Spitzenkurs

Die ermittelten zulässigen Fahrzeugbesetzungen und Stehplatzdichten werden in (Anderhub 2008) verwendet, um die Fassungsvermögen der Spitzenkurse von Bussen, welche in der Schweiz eingesetzt werden, zu bestimmen (Abb. 2.40).

Abb. 2.40 Fassungsvermögen der in der Schweiz eingesetzten Busfahrzeuge im Spitzenkurs

Fahrzeug	Länge [m]	Breite [m]	Sitzplätze [P]	Stehplätze [P]	Kapazität [P]
Standardbus	11.8	2.5	32	31	63
Gelenkbus	18.1	2.5	45	47	92
Grossraumbus	23.9	2.5	59	64	123

Richtwerte für Kapazität von Tramfahrzeugen für Spitzenkurs

Die Fassungsvermögen der in der Schweiz eingesetzten Tramfahrzeuge (Angabe für den Spitzenkurs) zeigt Abb. 2.41. Dabei sind die Grösseneinteilungen an die in der Schweiz üblichen Kompositionen angelehnt.

Abb. 2.41 Fassungsvermögen der in der Schweiz eingesetzten Tramfahrzeuge im Spitzenkurs

Fahrzeug	Länge [m]	Breite [m]	Sitzplätze [P]	Stehplätze [P]	Kapazität [P]
Tram kurz	21.2	2.2	49	51	100
Tram mittel	29.8	2.4	62	83	145
Tram lang	40.8	2.3	93	108	201

2.5.4 Leistungsfähigkeit

Nachfolgend werden Richtwerte zu Leistungsfähigkeiten der öffentlichen Strassenverkehrsmittel zusammengetragen. Dabei werden Kennwerte zu der Anzahl der Fahrzeuge je Zeiteinheit den VQS zugeordnet.

Theoretische und betriebliche Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeitswerte strassengebundener öffentlicher Verkehrsmittel für schweizerische Verhältnisse für die Stufen «theoretische Leistungsfähigkeit» und «betriebliche Leistungsfähigkeit» nach dem in (Anderhub 2008) eingeführten Schema zeigt Abb. 2.42.

Abb. 2.42 Richtwerte für Leistungsfähigkeit öffentlicher Strassenverkehrsmittel

Leistungsfähigkeit	Bus	Tram
Theoretische LF [Fz./h]	67	65
Betriebliche LF [Fz./h]	31	31
Abminderung betriebliche LF zu theoretische LF	0.463	0.477

Komfort-orientierte Leistungsfähigkeit

Zur Bestimmung der komfortorientierten Leistungsfähigkeit wurde in (Anderhub 2008) ausgehend von Nachfragelinien für schweizerische Verhältnisse die Dauer von HVZ, RVZ und NVZ bestimmt. Je nach Verkehrszeit werden verschiedene Besetzungsgrade der eingesetzten Verkehrsmittel des öffentlichen Strassenverkehrs akzeptiert. Die Bestimmung der Verkehrszeiten anhand der Nachfrageganglinien erfolgt mit Hilfe der Definitionen (VDV 2001) und (SBB 1998). Die Länge der Verkehrszeiten für die Verkehrsmittel des öffentlichen Strassenverkehrs für schweizerische Verhältnisse zeigt Abb. 2.43.

Abb. 2.43 Dauer der Verkehrszeiten für die verschiedenen Verkehrssysteme

Dauer der Verkehrszeiten in [h]	Innerstädtischer Verkehr	Radiale Buslinie
HVZ	4.4	4.0
NVZ	10.7	9.2
RVZ	4.9	6.8
Summe	20.0	20.0

Konkrete LF-Kennwerte

Die in (Anderhub 2008) bestimmten Leistungsfähigkeitswerte (ausgedrückt in Personen je Tag, Querschnitt und Richtung) für die strassengebundenen öffentlichen Verkehrsmittel werden denjenigen der Metro und S-Bahn in Abb. 2.44 gegenübergestellt.

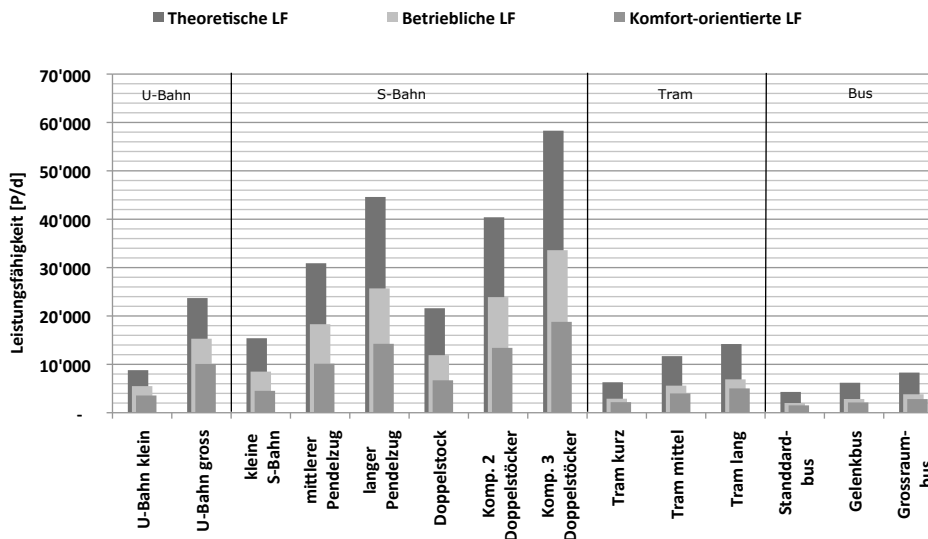


Abb. 2.44 LF- Richtwerte für schweizerische Verhältnisse

Systemleistungsfähigkeit und Leistungsfähigkeit im Mischverkehr

Für die Systemleistungsfähigkeit und die Leistungsfähigkeit im Mischverkehr werden in (Anderhub 2008) keine Richtwerte angegeben. In (FGSV 2005) und (Köhler 1998) werden aber Einsatzbereiche von Haltestellentypen im Hinblick auf ÖV-Fahrzeugdichte und Verkehrsstromstärke behandelt, was bereits einige Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen zwischen dem öffentlichen Verkehr und

dem MIV erlaubt (Abb. 2.45): Insbesondere auf zweispurigen Strassen werden rasch kritische Bereiche der Leistungsfähigkeit erreicht. Das ist darauf zurückzuführen, dass ein Überholvorgang hierbei im Gegenverkehr stattfinden muss und somit weniger Überholmöglichkeiten bestehen. Bei hohen Verkehrsbelastungen verstärkt sich dieser Effekt, da die Nachfrage nach Überholungen steigt, durch den stärkeren Verkehrsstrom aber weniger Lücken zur Verfügung stehen.

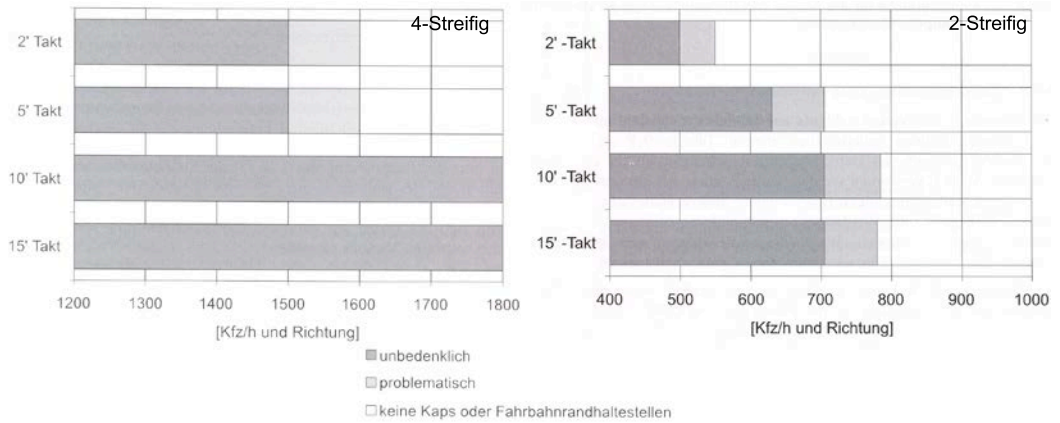


Abb. 2.45 Einsatzbereiche für Buskaps für zwei- und vierstreifige Hauptverkehrsstrassen (FGSV 2005)

(TRB 2003) gibt als Anhaltspunkt für Planungen die in Abb. 2.46 dargestellten Zusammenhänge zwischen Verkehrsfluss und der Anzahl der Busse für eine Fahrspur und den Zeitraum einer Stunde an.

Abb. 2.46 Anhaltspunkte für Wechselwirkungen zwischen Busverkehr und MIV (TRB 2003)

Beschreibung des Verkehrszustandes	Mittlere Anzahl Busse je Spur und Stunde
Hauptverkehrsstrassen	
Frei fließend	15
Stabil fließend, ohne Wechselwirkungen	35
Stabil fließend, mit Wechselwirkungen	60
Stabil, leichte Kohortenbildung	90
Instabil, Schlangenbildung	120
Schlechter Fluss	150
Strassen im Stadtkern	
Frei fließend	15
Stabil fließend, ohne Wechselwirkungen	30
Stabil fließend, mit Wechselwirkungen	50
Stabil, leichte Kohortenbildung	70
Instabil, Schlangenbildung	90
Schlechter Fluss	110

Fahrgastwechselzeit

(TRB 2003) nennt einige Richtwerte für die Bemessung von Fahrgastwechselzeiten. Dabei werden für die Fälle, dass Fahrgäste nur einen ein- bzw. aussteigenden Strom bilden können sowie für den Fall, dass mehrere parallele Ströme möglich sind für verschiedene Methoden des Fahrscheinerwerbs unterschieden (Abb. 2.47 und Abb. 2.48).

Abb. 2.47 Richtwerte für Fahrgastwechselzeiten für einen Fahrgaststrom nach (TRB 2003)

Empfohlene Bemessungszeit [s/Kunde]	
Einstieg	
Fahrscheinerwerb	
Vor Zustieg	2.5
Einzelfahrschein zum Entwerten	3.5
Münzgeld, genau	4.0
Karte zum Entwerten per Einschieben oder Schlitz	4.2
Kontaktlose Karte	3.5
Ausstieg	
Hintere Tür	3.3
Vordere Tür	2.1

Alle Werte +0.5 Sekunden, falls bereits Fahrgäste im Fahrzeug stehen
Alle Werte -0.5 Sekunden, falls Niederflurfahrzeug

Abb. 2.48 Richtwerte für Fahrgastwechselzeiten bei mehreren parallelen Fahrgastströmen nach (TRB 2003)

Parallele Ströme	Empfohlene Bemessungszeit [s/Kunde]		
	Einsteigen ¹	Ausstieg vorne	Ausstieg hinten
1	2.5	3.3	2.1
2	1.5	1.8	1.2
3	1.1	1.5	0.9
4	0.9	1.1	0.7
6	0.6	0.7	0.5

¹ unter der Annahme, dass Fahrscheine vor Zustieg gelöst werden müssen
Alle Werte +20%, falls stehende Fahrgäste präsent sind
Für Niederflurfahrzeuge Einsteigezeiten -20%, Ausstieg vorne -15% und Ausstieg hinten -25%

Ausserdem sind in (Weidmann, 1994) werte für die Fahrgastwechselrate in Abhängigkeit der Türbreite und Einstiegshöhe zusammengestellt. Diese sind in Abb. 2.49 wiedergegeben.

Abb. 2.49 Richtwerte für die Türleistungsfähigkeit (Weidmann 1994)

Einstiegshöhe [mm]	Lichte Türbreite [mm]		
	800	1250	1900
0 – 250	0.69 P/s	1.03 P/s	1.49 P/s
600 – 700	0.51 P/s	0.71 P/s	1.10 P/s

2.5.5 Bedarfsverkehre

Für Angebote des Bedarfsverkehrs sind lediglich in (TRB 2003) Richtwerte und Verkehrsqualitätsstufen festgelegt. Einer der Gründe dafür ist die Vielfalt der Angebotsformen und damit die Schwierigkeit, allgemeingültige Kriterien festzulegen. So bewerten auch die VQS aus (TRB 2003) nur das Angebot, soweit es sich aus der Planung ergibt. Für Linienverkehre wichtige Kriterien – wie Platzverhältnisse und Beförderungsgeschwindigkeit – werden höchstens indirekt behandelt.

Reaktionszeit

Abb. 2.50 zeigt die VQS, die von (TRB 2003) für die Reaktionszeiten definiert werden. In der Schweiz werden von (Postauto 2010) nicht mehr als 24 Stunden / Vortag als Vorausbuchungszeit verlangt.

Abb. 2.50 VQS für Reaktionszeiten von Bedarfsverkehren (TRB 2003)

LOS	Reaktionszeit	Beschreibung	
1	Weniger als 30 Minuten	Sehr schnelle Bedienung, ähnlich Taxidienst	
2	30 bis 120 Minuten	Schnelle Bedienung, für Bedarfsverkehre als umgehend anzusehen	
3	> 2 h, jedoch selber Tag	Erfordert etwas Planung, Fahrt aber noch am selben Tag möglich	
4	24 h / nächster Tag	Erfordert etwas Planung	
5	24 - 48 h	Erfordert mehr als einen Tag Vorausplanung	In der Schweiz nicht praktiziert
6	2 - 7 Tage	Erfordert erhebliche Vorausplanung	
7	7 - 14 Tage	Erfordert ein hohes Mass an Vorausplanung, kann jedoch noch wichtige, absehbaren Fahrtbedarf abdecken	
8	Mehr als 14 Tage	Erfordert sehr hohes Mass an Planung oder ist kaum verfügbar	

Verfügbarkeit

Auch für die Verfügbarkeit zeigt sich, dass die VQS aus (TRB 2003) – siehe Abb. 2.51 – für die Schweiz kaum anwendbar sind.

Abb. 2.51 VQS für zeitliche Verfügbarkeit von Bedarfsverkehren (TRB 2003)

Stunden pro Tag	Tage pro Woche						
	6 - 7	5	3 - 4 ²	2 ²	1 ²	0.5 ^{1,2}	< 0.5 ²
> 16	1	2	4	5	6	7	8
12.0 – 15.9	2	3	4	5	6	7	8
9.0 – 11.9	3	4	4	6	6	7	8
4.0 – 8.9	5	5	5	6	7	7	8
< 4.0	6	6	6	7	8	8	8

¹ Wenigstens zweiwöchentliche Bedienung

² In der Schweiz nicht praktikabel

Pünktlichkeit

Abb. 2.52 zeigt die in (TRB 2003) definierten Grenzwerte für Pünktlichkeitsqualitätsstufen im Bedarfsverkehr. Zusätzlich angegeben ist auch eine Erläuterung in verspäteten Fahrten, die ein regelmässiger Nutzer pro Monat hinnehmen muss. Dabei wird ein Pünktlichkeitsniveau von 30 Minuten angegeben. Dies scheint für eine Anwendung in der Schweiz deutlich zu flexibel.

Abb. 2.52 VQS für Pünktlichkeit von Bedarfsverkehren (TRB 2003)

LOS	Pünktlichkeitsquote [%] (Niveau 30 min)	Beschreibung ¹
1	97.5 – 100.0	Eine verspätete Fahrt im Monat
2	95.0 – 97.4	2 verspätete Fahrten im Monat
3	90.0 – 94.9	3 - 4 verspätete Fahrten im Monat
4	85.0 – 89.9	5 - 6 verspätete Fahrten im Monat
5	80.0 – 84.9	7 - 8 verspätete Fahrten im Monat
6	75.0 – 79.9	9 - 10 verspätete Fahrten im Monat
7	70.0 – 74.9	11 - 12 verspätete Fahrten im Monat
8	0.0 – 70.0	Mehr als 12 verspätete Fahrten im Monat

¹ Unpünktliche Fahrten je Nutzer, bei einem Nutzer, der 20 Hin und Rückfahrten pro Monat in Anspruch nimmt

Reisezeit im Vergleich zu MIV

In (TRB 2003) werden die in Abb. 2.53 gezeigten Verkehrsqualitätsstufen für die Reisezeitdifferenz zwischen MIV und Angeboten des Bedarfsverkehrs gezeigt. Da die räumliche Ausdehnung der Versorgungsgebiete (vgl. Postauto 2010) eher klein ist, ist anzunehmen, dass diese Grenzwerte für eine Anwendung in der Schweiz zu grosszügig bemessen sind.

Abb. 2.53 VQS für die Reisezeit von Bedarfsverkehren (TRB 2003)

LOS	Zusätzliche Reisezeit verglichen mit MIV [min]	Beschreibung
1	0	Gleich schnell oder schneller als MIV
2	1 – 10	Nahezu gleich schnell oder minimal längere Reisezeit
3	11 – 20	Längere Reisezeit als MIV
4	21 – 30	Noch annehmbar lang
5	31 – 40	Bis zu 40 Minuten langsamer
6	41 – 50	Für auf den ÖV angewiesene Kunden noch annehmbar
7	51 – 60	Indikator für Bündelung vieler verschiedener Ziele und/oder langer Wartezeiten
8	> 60	Zu lang für die meisten Nutzer

2.6 Fazit der Literaturlauswertung

2.6.1 Allgemein

Es wurde eine Reihe von Literaturquellen ausgewertet, die sich mit der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Linienverkehren sowie dem Bedarfsverkehr befassen. Das Thema Verkehrsqualität hat in jüngerer Zeit grosse Beachtung gefunden und Überlegungen dazu mündeten bereits in Verkehrsqualitätsstufen für verschiedene Aspekte.

Teilweise sind diese jedoch in verschiedenen Arbeiten unterschiedlich definiert oder aufgrund der Umstände, für die sie erstellt wurden, nicht ohne weiteres in der Schweiz anwendbar. Die für die Verkehrsqualität herangezogenen Kriterien unterliegen vielfach bereits Wechselwirkungen mit der Leistungsfähigkeit. Eine Konsolidierung und Validierung für schweizerische Verhältnisse ist also zwingend nötig.

2.6.2 Verkehrsqualität

In dieser Studie werden vor allem Kriterien der von den Kunden wahrgenommenen Verkehrsqualität berücksichtigt, welche einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsmittels haben. Die berücksichtigten Kriterien der Verkehrsqualität wirken daher jeweils in den Planungsstufen «Planung und Projektierung» und «Betrieb und Ereignisse».

In Abb. 2.54 findet sich eine Aufstellung der Kriterien, für die in der untersuchten Literatur VQS definiert sind. Ausserdem wird diskutiert, ob und inwieweit bestehende Normen zu diesen Kriterien bereits übernommen werden können bzw. zu welchen Aspekten weitere Untersuchungen nötig sind.

Abb. 2.54 VQS für die Verkehrsqualität in der Literatur

Kriterium	Stand der Forschung	Bemerkungen
Besetzung	Grob übereinstimmende Grenzwerte in verschiedenen Normen	Verifizierung für Schweizer Verhältnisse bisher in geringem Umfang
Beförderungsgeschwindigkeit	Detaillierte Grenzwerte existieren, teilweise mit deutlichen, aber erklärbaren Unterschieden	Werte aus dem HBS anwendbar, weitere Ausdifferenzierung nach Umfeld jedoch wünschenswert
Regelmässigkeit	Verschiedene Ansätze (Kursfolgezeitreue, Variationskoeffizient der Kursfolgezeiten), teils sehr unterschiedliche Grenzwerte	Weitere Untersuchung nötig, auch zur Eignung von Kursfolgezeitreue oder Störungswahrscheinlichkeit als Messgrössen.
Mittlere Kursfolgezeit	In einer Quelle behandelt	Im Rahmen einer ganzheitlichen Bewertung mit der Nachfrage oder Fahrzeugauslastung in Relation zu setzen. Für Leistungsfähigkeitsbestimmung zunächst wenig hilfreich
Leistungsfähigkeit	In einer Quelle behandelt	Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit nur insoweit relevant, wie die Betriebsstabilität beeinflusst wird. Untersuchung sinnvoll, ab welchem Pünktlichkeitsniveau durch z.B. längere Fahrgastwechselzeiten der Betrieb deutlich beeinflusst wird. Überschneidungen mit Störungswahrscheinlichkeit und Kursfolgezeitreue.
Verkehrsdichte, Wartezeiten	In mehreren Quellen behandelt, teils differenziert je nach Umfeld	Für Leistungsfähigkeitsbetrachtung eher wenig interessant, da zu hoch aufgelöst. Auswirkungen dieser Kriterien finden sich bereits in der Beförderungsgeschwindigkeit wieder.

Aus Kundensicht und unter Berücksichtigung von Aspekten der Verkehrsqualität kann festgestellt werden, dass identische Leistungsfähigkeitswerte erreicht werden können, obwohl die Verkehrsqualität sich unterscheidet. So kann beispielsweise eine Linie unpünktlicher verkehren als eine andere, obwohl die aus Fahrzeugbesetzung und Anzahl der Fahrzeuge bestimmten Leistungsfähigkeitswerte übereinstimmen. Die in Abb. 2.55 aufgeführten Einflüsse wirken daher teilweise sowohl auf die Leistungsfähigkeit als auch auf die Verkehrsqualität.

Zusätzlich können die Einflussfaktoren auf die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit aus Sicht der Kunden den Planungsstufen «Planung und Projektierung» und «Betrieb und Ereignisse» zugeordnet werden.

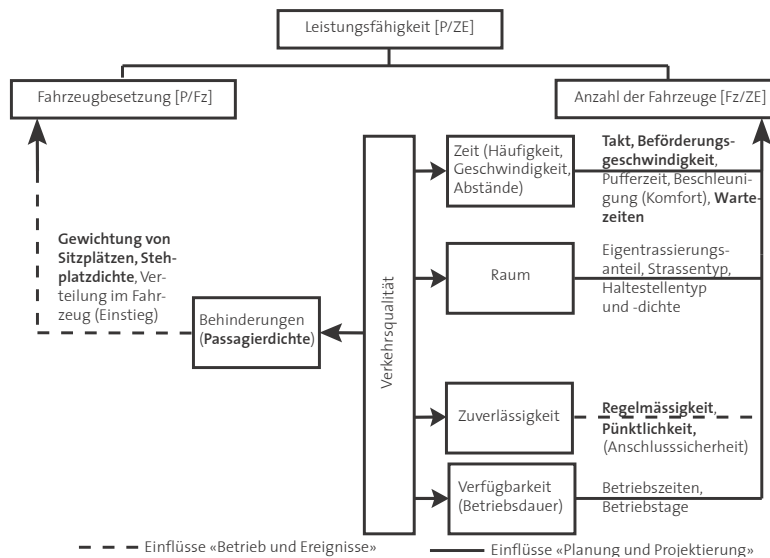


Abb. 2.55 Einflussfaktoren auf Verkehrsqualität und LF aus Kundensicht

2.6.3 Leistungsfähigkeit

In Abb. 2.56 sind die Einflussgrössen auf die Leistungsfähigkeit detailliert aufgeführt. Grösstenteils sind für diese Kriterien noch keine Verkehrsqualitätsstufen festgelegt worden. Es ist allerdings für die Bemessung bereits eine Reihe von Richtwerten verfügbar.

Abb. 2.56 Einflussgrössen für die Leistungsfähigkeit in der Literatur

Kriterium	Stand der Forschung	Bemerkungen
Eigen-trassierung	Keine Quelle gefunden.	Vermutlich sehr hoher Einfluss auf Beförderungsgeschwindigkeit. Festlegung bereits in Planungsphase. Untersuchung vielversprechend
Strassentyp	In einer Quelle für Bildung von VQS einbezogen.	Qualitativer Einbezug bei Erstellung von VQS sinnvoll
Mischer-verkehrs-einflüsse	Angabe von Richtwerten in zwei Quellen, Bemessungsverfahren in einer Quelle	Bemessungsverfahren ist von Interesse, da sich so über die MIV-Stärke die Beförderungsgeschwindigkeit ermitteln lässt.
Haltestellentyp	In mehreren Quellen untersucht: Richtwerte für die Verträglichkeit mit MIV und Berechnungsverfahren	Sowohl laterale als auch longitudinale Position haben vermutlich einen grossen Einfluss auf Haltezeiten. Mindestens eine qualitative Untersuchung ist nötig.
Fahrgast-wechselzeit	In einer Quelle detailliert behandelt: unter Angabe von Bemessungsrichtwerten	Prüfung der Werte für Verhältnisse in der Schweiz nötig, bestenfalls können die Werte sogar übernommen werden.
Fahrzeug-besetzung/-kapazität	In mehreren Quellen untersucht	Für die Leistungsfähigkeitsbestimmung sehr wichtig. Für Bestimmung von VQS mit Verkehrszeit und Nachfrage in Relation zu setzen
Verkehrszeiten	In einer Quelle detailliert untersucht	Für Ausdifferenzierung der VQS nach Verkehrszeiten nötig. Wichtig für Bestimmung von zulässigen Belegungen je nach Verkehrszeit
Querschnitts-leistungs-fähigkeit	In einer Quelle detailliert untersucht	Als Gesamtgrösse bestimmt. Fliesst in die Leistungsfähigkeitsbestimmung höherer Ebenen ein.

Die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsmittels unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren, welche in die Hauptgruppen Fahrzeug, Fahrer, Fahrplan, Infrastruktur, Kunden und externe Einflüsse eingeteilt werden können. Diese können jeweils auf den Planungsstufen «Planung und Projektierung» und «Betrieb und Ereignisse» wirken. Eine Übersicht über die einzelnen Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsmittels auf einer Verkehrsanlage gibt Abb. 2.57. Fett hervorgehoben sind solche Faktoren, welche grossen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben und daher im Modell zu berücksichtigen sind.

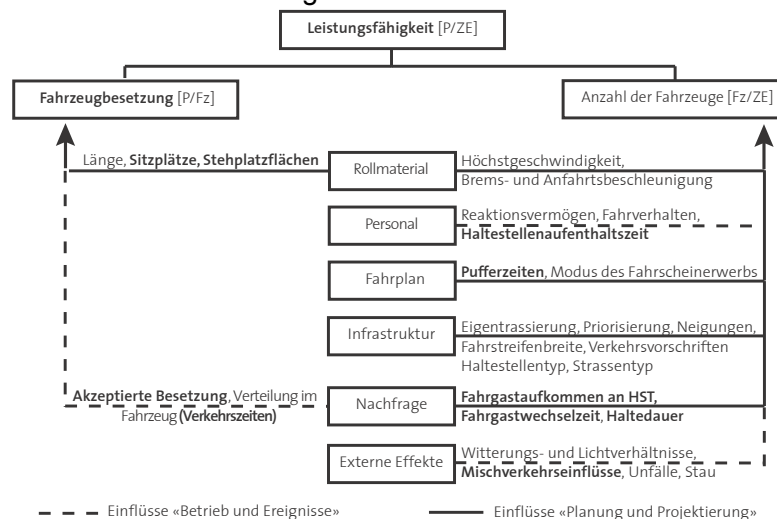


Abb. 2.57 Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit aus Betreibersicht

2.6.4 Zusammenwirken von Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

Die Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität aus Sicht der Kunden (Abb. 2.55) können denjenigen aus Sicht des Betreibers (Abb. 2.57) gegenübergestellt werden um einen ganzheitlichen Überblick über die Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität des öffentlichen Strassenverkehrs zu bekommen (Abb. 2.58).

Einige Einflussfaktoren beeinflussen die Besetzung der Fahrzeugeinheiten und/oder die Anzahl der Fahrzeuge je Zeiteinheit für ein bestimmtes Infrastrukturelement.

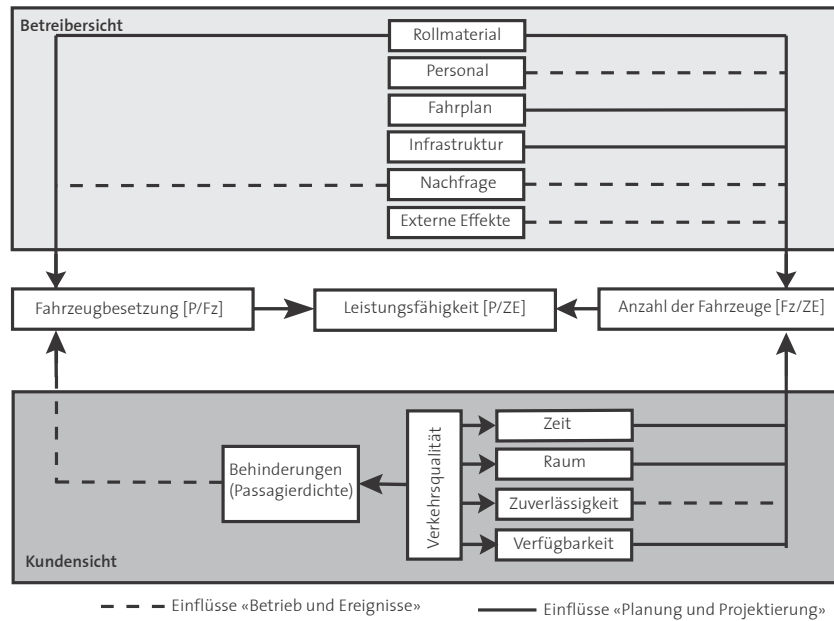


Abb. 2.58 Einflussfaktoren auf Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage aus Sicht der Kunden und der Betreiber

3 Modell für die Bewertung von Linienverkehren

3.1 Grundmodell

Ausgehend vom funktionalen Grundmodell, welches in (Scherer 2010) zur Bestimmung der multimodalen Verkehrsqualität eingeführt wurde, kann die Verkehrsqualität (unter Augenmerk auf die Leistungsfähigkeit) eines Verkehrsmittels auf einem Anlagenelement aus einer Kombination von Einflussfaktoren «Raum», «Zeit», «Behinderungen». «Zuverlässigkeit» und «Verfügbarkeit» in geeigneter Art und Weise bestimmt werden. Dabei werden die einzelnen Kriterien mittels der Messgrössen bestimmt, wie es in Abb. 3.59 dargestellt ist (Scherer 2010).

Abb. 3.59 Kriterien und Messgrössen der Leistungsfähigkeit für den öffentlichen Strassenverkehr

Kriterium	Bezeichnung	Messgrösse	Einzel- element	Strecke	Netz
Zeit					
Häufigkeit	Frequenz	Takt [min] in HVZ und NVZ	x	x	x
Geschwindigkeit	Beförderungsgeschwindigkeit	Effektive Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]	x	x	x
	Bremsvermögen und Beschleunigung	Beschleunigungsvermögen [m/s ²]	x	x	
Abstände	Pufferzeiten zwischen zwei Belegungen eines Anlagenelements	Mindestabstände zwischen zwei Fahrzeugen [s]	x	x	
Raum					
Zugewiesener Raum	Platzangebot im Fahrzeug	Platzangebot [1] Fahrzeuglänge [m]	x	x	x
	Eigentassierungsanteil	Anteil am Streckennetz [%], Anteil an Linienlänge [%]		x	x
	Strassentyp	qualitativ	x	x	
	Haltestellentyp	qualitativ	x		
Behinderungen					
Passagierdichte	Fahrzeugbesetzung	Sitzplatzbelegung [%], Stehplatzdichte [P/m ²]	x	x	x
Zuverlässigkeit					
Zuverlässigkeit	Pünktlichkeit	Pünktlichkeitsverteilung	x	x	x
	Regelmässigkeit	Fahrzeugfolgezeit [min], Varianz	x	x	x
Verfügbarkeit					
Verfügbarkeit	Betriebsdauer	[h/d]	x	x	x

Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit

Es ist nun für jeden Einflussfaktor zu bestimmen, ob dieser direkten Einfluss auf die Fahrzeugbesetzung, die Fahrzeugfolge oder die Verkehrsqualität hat. Für jeden aufgeführten Einflussfaktor wird zudem angegeben, ob der Zusammenhang mit der Fahrzeugbesetzung, der Anzahl der Fahrzeug oder die Verkehrsqualität positiver Art (mit Zunahme des Einflussfaktors steigt beispielsweise auch die Verkehrsqualität) oder negativer Art ist (geringere Pufferzeiten führen beispielsweise zu mehr Fahrzeugen je Zeiteinheit). Eine Zusammenfassung zeigt Abb. 3.60. Indirekte Einflüsse werden in Klammern ausgedrückt.

Abb. 3.60 Einfluss der Messgrößen auf die Verkehrsqualität und LF

Kunde - Qualität			Kriterium (mit Erhöhung von ...)	Betreiber - LF	
Bewertung von				Bewertung von	
Besetzung	Fahrzeug- anzahl	Verkehrs- qualität		Kapazität	Fahrzeug- einsatz
			Zeit		
(negativ)	positiv	positiv	Frequenz		negativ
	positiv	positiv	Beförderungsgeschwindigkeit		positiv
		negativ	Beschleunigung/Bremsverzögerung		positiv
(negativ)	(negativ)	(positiv)	Pufferzeiten		positiv
			Raum		
	positiv	positiv	Platzangebot	positiv	
		(positiv)	Eigentrossierungsanteil / Bevorzu- gung		positiv
		(positiv)	Strassentyp		positiv
positiv		(positiv)	Haltestellentyp	positiv	(positiv)
(positiv)		negativ	Haltestellendichte		negativ
			Behinderungen		
negativ		negativ	Fahrzeugbesetzung	positiv	(negativ)
			Zuverlässigkeit		
(positiv)		positiv	Pünktlichkeit, Regelmässigkeit	positiv	(positiv)
			Verfügbarkeit		
		positiv	Betriebsdauer		negativ

Beispielsweise wirken sich höhere Pufferzeiten stabilisierend auf den Betrieb aus und damit indirekt positiv auf die Verkehrsqualität aus Sicht der Kunden. Aus Betreibersicht sind grosse Pufferzeiten allerdings nachteilig für hohe Leistungsfähigkeiten, da die Anzahl der Fahrzeuge, welche einen Querschnitt in einer Zeiteinheit passieren können, sinkt.

Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren

Die Messgrößen der Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität können sich gegenseitig beeinflussen oder indirekt aufeinander einwirken. Diese wechselseitigen und indirekten Einflüsse werden in Abb. 3.61 aufgezeigt. Dabei werden wiederum Einflüsse, die innerhalb der Planungsstufe «Planung und Projektierung» berücksichtigt werden, von jenen unterschieden, welche auf der Planungsstufe «Betrieb und Ereignisse» Einfluss nehmen.

Höhere Pufferzeiten wirken sich beispielsweise direkt auf die Anzahl der Fahrzeuge aus, welche ein Anlagenelement in einem bestimmten Zeitraum befahren können. Gleichzeitig wird aber die Verkehrsqualität gesteigert, da die Zuverlässigkeit erhöht wird. Höhere Fahrzeugbesetzungen steigern zunächst unmittelbar die Anzahl der Fahrgäste in einem Fahrzeug und somit die Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems auf einer Verkehrsanlage. Gleichzeitig wird aber die Regelmässigkeit reduziert, da höhere Fahrzeugbesetzungen oft mit längeren und stärker schwankenden Haltezeiten einhergehen. Dies wirkt sich negativ auf die Linienstabilität und somit auch auf die Leistungsfähigkeit und die Verkehrsqualität aus.

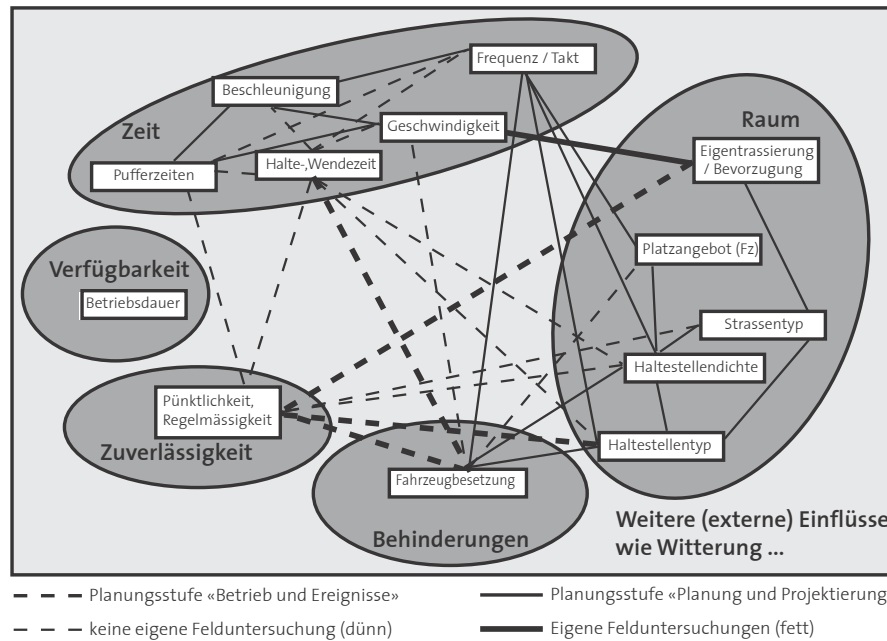


Abb. 3.61 Wechselbeziehungen zwischen den Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität für den öffentlichen strassengebundenen Linienverkehr

Wirkung der Einflussfaktoren auf Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

Die Einflussfaktoren können hinsichtlich ihrer direkten Wirkung auf die Verkehrsqualität und die Leistungsfähigkeit in drei Gruppen unterschieden werden (siehe Abb. 3.62). Die meisten der Einflussfaktoren, welche nur auf die Verkehrsqualität einwirken, sind dabei unter den Messgrössen bereits nicht mehr aufgeführt, da sie nicht mit der Leistungsfähigkeit in Zusammenhang stehen und vor allem deren Bewertung immer nur subjektiv erfolgen kann.

Abb. 3.62 Wirkung der Einflussfaktoren auf Verkehrsqualität und LF

Einflussfaktoren	Wirkung auf LF	Wirkung auf VQ und LF	Wirkung auf VQ
Auf Faktor : Fahrzeuge je Zeiteinheit	Fahrgastaufkommen an der Haltestelle, Pufferzeiten Eigentrassierung / Bevorzugung Strassentyp Haltestellentyp	Frequenz / Takt, Beförderungsgeschwindigkeit, Beschleunigung/Bremsen der Fahrzeuge Pünktlichkeit und Regelmässigkeit	Verfügbarkeit: Gebietsabdeckung, Zugänglichkeit, Haltestellenausstattung, Sauberkeit im Fahrzeug, Möglichkeiten des Billetterwerbs, Freundlichkeit und Kompetenz des Personals
Auf Faktor : Besetzung je Fahrzeug		Fahrzeugbesetzung Platzangebot im Fahrzeug	Betriebsdauer
Berücksichtigt im Modell	ja	ja	nein

Im Modell zur Beurteilung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit bleiben Einflussfaktoren, welche lediglich die Verkehrsqualität, nicht aber die Leistungsfähigkeit beeinflussen, unberücksichtigt.

Differenzierung nach direkten und indirekten Einflussfaktoren

Die Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit können direkt oder indirekt wirken (siehe Abb. 3.63) und kommen auf verschiedenen Stufen der Leistungsbestimmung zum Tragen. Wie bereits hergeleitet, bestimmt sich die Leistungsfähigkeit als Produkt der Faktoren «Anzahl der Fahrzeuge je Zeiteinheit»

und «akzeptierte Besetzung der Fahrzeuge». Beide Faktoren werden durch direkte Einflüsse bestimmt. Indirekte Einflüsse wirken auf direkte Einflussfaktoren oder auf andere indirekte Einflussfaktoren ein.

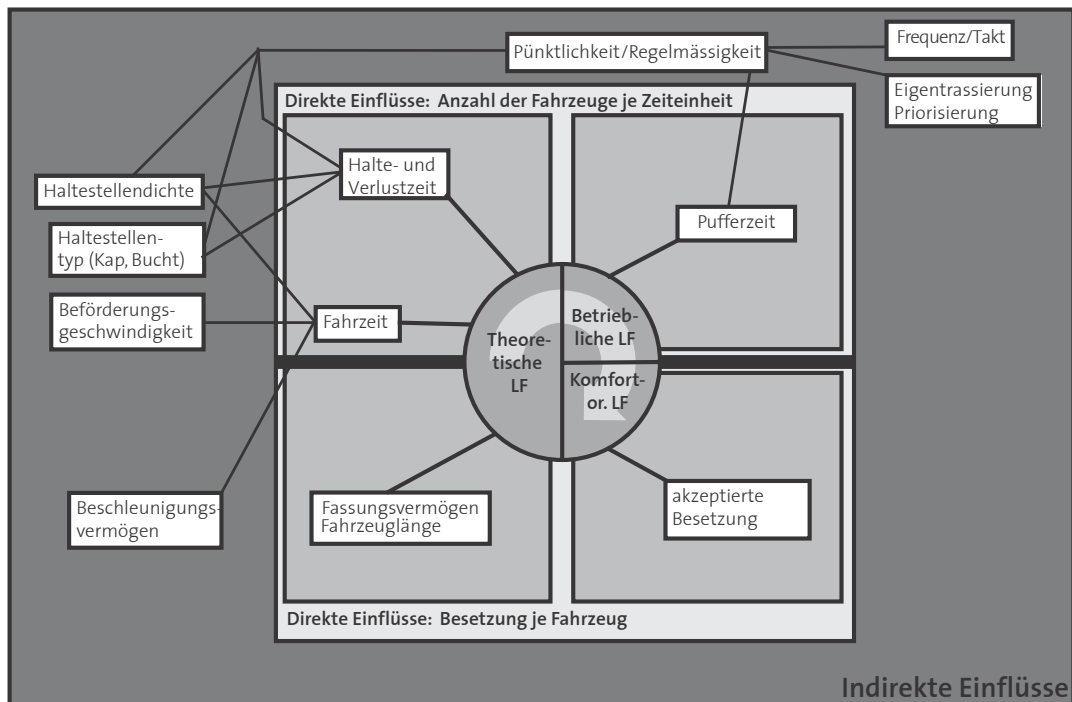


Abb. 3.63 Direkte und indirekte Einflussgrößen auf die Leistungsfähigkeit

3.2 Aufbau der Bemessung und Qualitätsbeurteilung

Die tatsächliche Leistungsfähigkeit ergibt sich über die theoretische Leistungsfähigkeit, welche zur betrieblichen Leistungsfähigkeit und schliesslich zur komfortorientierten Leistungsfähigkeit abgemindert wird (siehe Abb. 2.21).

Die akzeptierte Fahrzeugbesetzung kann dabei je nach Verkehrszeit unterschiedlich sein. Beispielsweise gewichten Kunden die Verfügbarkeit eines Sitzplatzes in der Neben- und Randverkehrszeit höher als zu Stosszeiten. Auch beeinflusst die Reisedauer im Fahrzeug die Komfortansprüche. So wird in (VDV 2001) empfohlen, dass ab etwa 15 Minuten Aufenthaltsdauer im Fahrzeug ein Sitzplatz zur Verfügung stehen sollte.

Die Fahrzeugbesetzung und die Pufferzeiten sind ausserdem nicht unabhängig voneinander: Mit steigender Besetzung im Fahrzeug erhöht sich auch die Haltezeit des Fahrzeugs an einer Haltestelle, da der Fahrgastwechsel länger dauert. Dies hat Einfluss auf die Pünktlichkeit einer Linie und somit auf die Verkehrsqualität.

Die weiteren Abminderungsstufen, also auf die Systemleistungsfähigkeit und die Leistungsfähigkeit im Mischverkehr, werden in diesem Modell zunächst nicht berücksichtigt. Der Grund dafür ist, dass das Ausmass der nötigen Abminderung auf diese Stufen allein vom Betriebsplan und den lokalen Bedingungen abhängig ist und daher für jeden Fall speziell bestimmt werden muss.

Es kann nun das bekannte Schema aus Abb. 2.21 um die Bewertung sowie die Bemessung erweitert werden, wie in Abb. 3.64 dargestellt.

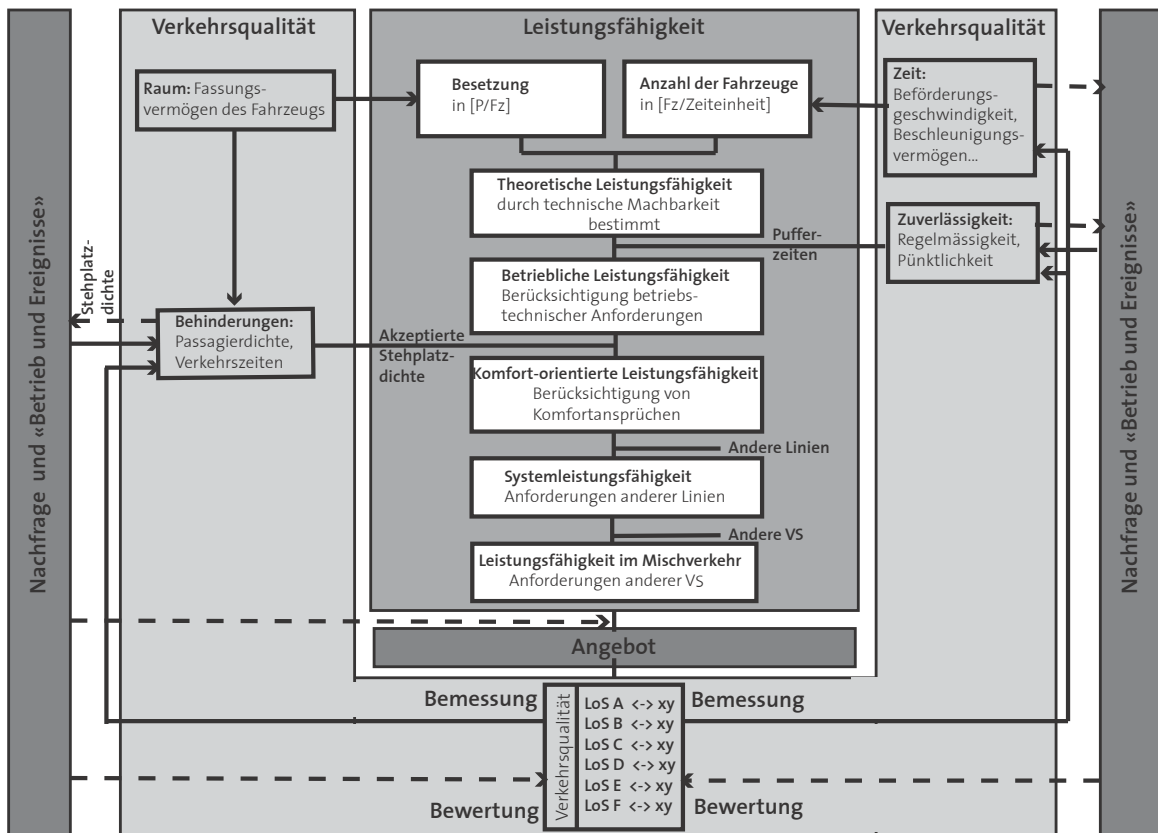


Abb. 3.64 Bewertung und Bemessung von Angeboten hinsichtlich Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit

3.2.1 Bemessung in der Angebotsplanung

Gemäss dem Modell erfolgt die Bemessung für eine definierte Nachfrage und ein unter diesen Bedingungen zu realisierendes Qualitätsniveau. Die zu Grunde gelegte Qualitätsstufe bestimmt dabei Faktoren wie die zulässige Besetzung der Fahrzeuge oder die nötige Infrastruktur. Diese Eckdaten geben die tatsächlich nutzbare Kapazität eines Fahrzeuges sowie die minimalen Kursfolgezeiten vor, aufgrund derer dann der Fahrzeugbedarf bestimmt werden kann.

3.2.2 Bewertung eines bestehenden Angebots

Die im laufenden Betrieb erreichte Qualitätsstufe kann im Sinne einer erbrachten Dienstleistungsqualität (z.B. im Hinblick auf EN 13816) mit statistischen und beobachtenden Methoden gemessen werden (Becker 2005). Ziel dabei ist es, die Verkehrsqualität möglichst umfassend und objektiv zu beschreiben. Zudem soll es mit Hilfe eines Bewertungsschemas möglich sein, die Stärken und Schwächen eines Angebots zu erfassen und somit auch verschiedene Angebote miteinander vergleichen zu können. In (Becker 2005) wird zum Beispiel die erbrachte Stationsqualität für Bahnhöfe gemessen. Dabei werden folgende Anforderungen an die Bewertung gestellt, die auf die Angebotsbewertung hinsichtlich der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit übernommen werden können:

- Definition der relevanten, mess- und erfassbaren Qualitätskriterien,
- Festlegung von Bewertungsskalen,

- Verzicht auf subjektive Bewertungskriterien.

Ein solches Vorgehen erlaubt es, die Verkehrsqualität bei einer verschiedenen Leistungsfähigkeiten und Randbedingungen bewerten, VQS zu definieren und den oben genannten Problemen gerecht zu werden. Die Frage der Vergleichbarkeit mit VQS anderer Verkehrsmittel und -systeme ist dabei ein weiterer Schritt, der in Folgearbeiten zu klären ist. Es wird jedoch sichergestellt, dass das Herstellen einer solchen Vergleichbarkeit keine grundlegende Neukonzeption des VQS-Modells erfordert.

3.2.3 Systemebenen und Anlagenelemente

Wie in Abschnitt 1.6.3 beschrieben, werden die Ebenen «Einzelelemente» (Haltestelle, Streckenabschnitt zwischen zwei Haltestellen), «Strecken» (Korridor, Linie) und «Netze» unterschieden. Für jedes Anlagenelement kann die Qualität beurteilt werden (siehe Abb. 1.9). Dabei können Einzelelemente und ihre Bewertungen modular zu Linien, Linienabschnitten, Reisewegen individueller Fahrgäste und einer Gesamtsystembewertung zusammengefasst werden.

3.3 Anforderungen und Kriterien für die Festlegung der VQS

Die Verkehrsqualitätsstufen sollen so festgelegt werden, dass VQS A dann erreicht wird, wenn ausnahmslos alle Kurse an den betrachteten Elementen pünktlich, regelmässig und angemessen schnell verkehren und ausserdem die Komfortansprüche der Kunden vollumfänglich erfüllt werden. Dies bedeutet, dass die VQS sinkt, wenn:

- die Fahrzeuge unregelmässig verkehren, also die Kursfolgezeiten nicht eingehalten werden
- die Kurse nicht zur planmässigen Zeit an einer Haltestelle ankommen,
- die Kurse zwar pünktlich sind, die Fahrzeit jedoch zu hoch ist,
- die Besetzung zu hoch ist und somit die Komfortgrenzen überschritten werden.

Die erreichte VQS wird auch dann gemindert, wenn nur einer der obigen Punkte nicht erfüllt ist. Beispielsweise ist die Verkehrsqualität gemindert, wenn die Kurse einer Linie zwar sehr regelmässig verkehren, aber die geplante Haltestellenaufenthaltszeit stets überschritten wird und die einzelnen Kurse somit verspätet an folgenden Haltestellen ankommen. Kommen die einzelnen Kurse trotzdem pünktlich an den folgenden Haltestellen an, wäre dies ein Indiz dafür, dass die planmässigen Fahrtzeiten zu grosszügig bemessen sind, was einer niedrigen Beförderungsgeschwindigkeit entspricht. Schliesslich kann ein Zustand auftreten, in dem das Angebot effektiv unbenutzbar ist, zum Beispiel wenn die Reisezeiten inakzeptabel lang und die Zuverlässigkeit so niedrig ist, dass der Betrieb nahezu zufällig erfolgt. In diesem Fall wäre die unterste VQS zuzuordnen, ein Versagen des Angebotes beschreibt.

Weiterhin ist eine sechsstufige Skala zu wählen, um eine Vergleichbarkeit mit den VQS des Individualverkehrs zu ermöglichen und schliesslich je Element eine Gesamtbewertung zu ermitteln. Da im ÖV einzelne Elemente kaum als solche wahrgenommen werden, ist ausserdem eine Methodik zu liefern, die die Bewertungen auf den beschriebenen höheren Netzebenen zusammenfasst.

3.3.1 Einflussgrößen zur Festlegung der VQS

Es wurde gezeigt, dass eine Vielzahl von Einflüssen die Qualität und Leistungsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs beeinflussen können. Darüber hinaus spielen sehr viele zufällige Effekte hinein, womit eine präzise Bewertung anhand von Einflüssen sehr aufwendig ist, ohne dass dabei eine hohe Präzision im Hinblick auf die tatsächlich realisierte Qualität geliefert wird. Es werden daher die Größen gemessen, in denen sich die tatsächlich realisierte Qualität manifestiert. Damit wird einerseits allen Einflüssen Rechnung getragen, andererseits wird so die Qualität gemessen die tatsächlich erbracht und von den Fahrgästen schliesslich auch wahrgenommen wird.

Die folgenden Einflussgrößen werden zur Bestimmung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit sowie zur Festlegung der VQS herangezogen:

- Regelmässigkeit,
- Pünktlichkeit bei der Ankunft,
- Beförderungsgeschwindigkeit,
- Fahrzeugbesetzung.

Während der Einfluss der Fahrzeugbesetzung bereits ausführlich in Abschnitt 2.3.4 und in (Anderhub 2008) diskutiert wurde, werden nachfolgend die weiteren Einflussfaktoren näher beschrieben.

Regelmässigkeit

Die Regelmässigkeit bewertet die Abweichungen der Kursfolgezeiten der einzelnen Kurse von den fahrplanmässigen Kursfolgezeiten. Je höher diese Abweichung ist, desto unregelmässiger verkehren die Kurse. Dies kann bei grösseren Abweichungen zu Verspätungsaufschaukelungen und „Pulkbildung“ führen und damit Linien destabilisieren.

Pünktlichkeit

Die Pünktlichkeit bei der Ankunft ist insbesondere für die Reisenden im Fahrzeug wichtig, da diese ihr Ziel zur publizierten Ankunftszeit erreichen möchten. Eine hohe Ankunftspünktlichkeit ist zudem wichtig für die Sicherung von Anschlüssen. Dieses Kriterium erfasst indirekt auch den Qualitätsaspekt der Wartezeit an einer Haltestelle, da die Wartezeit durch eine Verspätung verlängert wird. Die wahrgenommene Wartezeit kann von der messbaren Wartezeit deutlich abweichen und eine subjektive Beurteilung der Verkehrsqualität deutlich mindern.

Beförderungsgeschwindigkeit

Die Beförderungsgeschwindigkeit im öffentlichen Verkehr setzt sich aus den Fahrzeiten zwischen zwei Haltestellen, Wartezeiten und den Aufenthaltszeiten an den Haltestellen zusammen. Für die Beurteilung der Verkehrsqualität kann eine ideale Beförderungsgeschwindigkeit herangezogen werden. Diese ideale Beförderungsgeschwindigkeit würde erreicht, wenn auf dem betrachteten Anlageelement keine Störeinflüsse vorhanden wären (Köhler 1995). Diese unter optimalen Bedingungen erreichbare ideale Geschwindigkeit wird mit VQS A bewertet. Die weiteren VQS werden durch eine Abminderung der idealen Geschwindigkeit ermittelt. Indirekt werden hiermit auch Störeinflüsse aus dem Mischverkehr erfasst, da diese die erreichbare Beförderungsgeschwindigkeit herabsetzen.

3.3.2 Verknüpfung der Einflussfaktoren bei der Beurteilung der Verkehrsqualität

Um die Verkehrsqualität eines Angebots einer bestimmten Verkehrsqualitätsstufe zuordnen zu können, müssen die oben genannten betrachteten Einflussgrößen so kombiniert werden, dass ein einzelner Qualitätskennwert mittels einer bestimm-

ten Verkehrsqualitätsstufe definiert werden kann.

Die Beurteilung und Bewertung der Verkehrsqualität eines Anlagenelements erfolgt durch einen Qualitätskennwert. Dieser wird durch die Einflussgrössen Regelmässigkeit, Pünktlichkeit bei Ankunft, Beförderungsgeschwindigkeit und Fahrzeugbesetzung bestimmt.

Es wird angenommen, dass die Beurteilung des Aspektes «Raum» (Besetzungsdichte) und der Aspekte «Zeit» (Beförderungsgeschwindigkeit) und «Zuverlässigkeit» (Pünktlichkeit, Regelmässigkeit) voneinander unabhängig sind. Die Beurteilung der Passagierdichte hat also keinen Einfluss auf die Beurteilung der Pünktlichkeit. Mathematisch bedeutet dies, dass die Kennwerte der Beurteilung summiert werden. Eine multiplikative Verknüpfung würde bedeuten, dass bei geringerer Pünktlichkeit die Besetzung der Stehplatzflächen direkt mit betroffen würde. Des Weiteren würde der Einfluss gemindert, da der Wertebereich verkleinert wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Daher sind die Kennwerte für die Besetzung und für die Aspekte «Raum» und «Zuverlässigkeit» additiv (als Mittelwert) zu verknüpfen.

Die Beurteilung der Aspekte «Zeit und Zuverlässigkeit» erfolgt mittels verschiedener Einflussgrössen (Regelmässigkeit, Pünktlichkeit bei der Ankunft, Beförderungsgeschwindigkeiten). Diese werden jedoch nicht mehr unabhängig voneinander bewertet: Ist die Regelmässigkeit eines Angebots bereits gemindert, so beeinflusst dies auch die Pünktlichkeit bei der Ankunft. Eine separate Bewertung würde daher den Einfluss einer Einflussgrösse überbewerten oder verkennen, dass durch die Abminderung einer Grösse die andere bereits nicht mehr optimal sein kann. Somit werden die Einflussfaktoren innerhalb der Aspekte «Raum» und «Zuverlässigkeit» multiplikativ verknüpft.

Bestimmung des Qualitätskennwertes

Der Qualitätskennwert ergibt sich gemäss obigen Ausführungen als Summe gewichteter Qualitätskriterien und ist am Beispiel der Linienverkehre in Abb. 3.65 dargestellt:

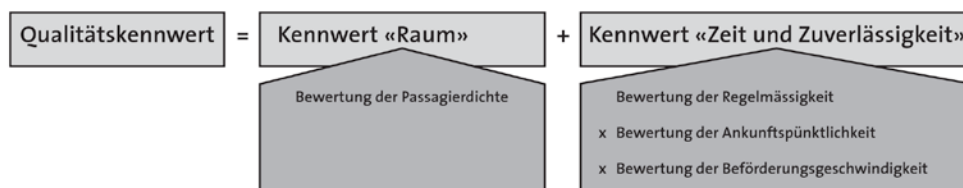


Abb. 3.65: Modell zur Ermittlung des Qualitätskennwertes

Jede Bewertung einer Einflussgrösse auf die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit nimmt einen Wert zwischen 0 und 1 an. Dabei wird der Wert 1 erreicht, wenn die eine Einflussgrösse den optimalen Wert annimmt und mit 0, wenn der Wert sehr schlecht ist. Beispielsweise wird die Regelmässigkeit mit 1 bewertet, wenn alle Kurse im betrachteten Zeitraum in einem Abstand verkehren, welcher der Kursfolgezeit entspricht.

Ein Wert von 1 entspricht damit der Verkehrsqualitätsstufe A. Ist die Besetzung unbefriedigend (beispielsweise Bewertung mit 0) und alle Kurse verkehren dennoch pünktlich und regelmässig, so wird der Qualitätskennwert und damit die erreichte Verkehrsqualitätsstufe immer noch deutlich gemindert.

Da die Bestimmung des gesamten Qualitätskennwertes somit modular erfolgt, können weitere Bewertungskriterien sehr einfach hinzugefügt werden, etwa wenn

reine Komfortkriterien aufgenommen werden sollen.

Zuordnung des Qualitätskennwertes zu den VQS

Der Qualitätskennwert (oder für die Berechnung auch VQS-„Punktzahl“) definiert die erreichte VQS anhand eines Schemas, welches in Abb. 3.66 dargestellt ist. Dabei werden den einzelnen VQS entsprechende Punktzahlen zugeordnet, um eine Berechnung der Gesamtwertung über mehrere Indikatoren und Elemente hinweg zu ermöglichen.

Abb. 3.66 Festlegung der VQS in dieser Studie

VQS	Qualitätskennwert	Bemerkung
A	0.834-1.000	Alle Einflussgrössen (nahezu) optimal.
B	0.668-0.833	Einige Einflussgrössen sehr wenig oder eine Grösse etwas gemindert.
C	0.501-0.667	Einige Einflussgrössen etwas wenig oder eine Grösse mässig gemindert
D	0.334-0.500	Einige Einflussgrössen mässig oder eine Grösse deutlich gemindert
E	0.168-0.333	Einige Einflussgrössen deutlich oder eine Grösse stark gemindert
F	0.000-0.167	Einige Einflussgrössen stark oder eine Grösse sehr stark gemindert

3.4 Messung und Bewertung des Aspektes «Raum»

3.4.1 Messung und Kennwerte

Der Aspekt «Raum» lässt vor allem Erkenntnisse über die Beförderungsqualität für die Fahrgäste zu, da das Platzangebot direkten Einfluss auf das Komfortempfinden hat.

In der massgeblichen Literatur werden als konkrete Messgrössen für das Platzangebot entweder die Sitzplatzbelegung, die Personendichte (stehend) oder eine Kombination daraus herangezogen (TRB 2003, FGSV 2005). Die Betrachtung dieser Kriterien hängt massgeblich von der Dauer der Fahrt sowie auch der Situation ab. So sind Fahrgäste in der Regel bei kürzeren Fahrten oder in den Spitzenstunden des Berufsverkehrs eher bereit, hohe Dichten hinzunehmen als bei längeren Fahrten oder in Nebenverkehrszeiten (z.B. Anderhub 2008). Auch sind bei längeren Fahrten Sitzplätze wichtig, während bei kurzen Fahrten eher auf Sitzplätze verzichtet werden kann. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass das Verhältnis zwischen Sitz- und Stehplätzen zwischen verschiedenen Fahrzeugen schwanken kann.

In dieser komfortorientierten Betrachtungsweise kommt die Leistungsfähigkeit hinzu. Sie ist insofern betroffen, als dass die sie mit der Besetzung eines Fahrzeuges steigt. Dies ist allerdings dem Komfort gegenläufig und zum einen begrenzt durch eine kritische Dichte, die Fahrgäste nicht von sich aus überschreiten, und zum anderen durch jenen Wert, ab dessen Überschreitung die Fahrgastwechselzeiten durch gegenseitige Behinderungen stark verlängert werden. Diese Grenzwerte zu finden ist für eine leistungsfähigkeitsorientierte Beurteilung essentiell.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit wird nun von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Für die Fahrgastwechselzeit ist ausschliesslich die Fahrgastdichte in den Stehbereichen ausschlaggebend, da die Bewegungen der Aus- und Einsteiger nur in den Stehbereichen stattfinden.

- Eine sehr hohe Belegung der Sitzplätze kann zur Folge haben, dass Stehbereiche verengt werden (z.B. durch grosse Taschen), bei derart hohen Sitzplatzbelegungen ist allerdings die Belegungsdichte in den Stehbereichen ebenfalls sehr hoch und damit massgeblich.
- Die Dauer einer Fahrt kann vernachlässigt werden. Zunächst sind Fahrten im Stadtgebiet eher von kurzer Dauer. Ausserdem ist die Dauer einer Höchstbelegung für die Leistungsfähigkeit an einem Linienelement nicht relevant. Bei einer Betrachtung mehrerer Elemente (z.B. Strecke oder Netz) hat die Dauer, über die eine Höchstbelegung vorliegt, Einfluss durch die höhere Anzahl schlechter bewerteter Elemente (jene mit einer hohen Belegung), die in die Gesamtbewertung eingehen.
- Fahrgäste verteilen sich in der Regel nicht gleichmässig in den Fahrzeugen. Vielmehr sind hohe Dichten in den Türräumen recht schnell erreicht, auch wenn in anderen Bereichen des Fahrzeuges kaum Fahrgäste stehen. Vereinfachend wird hier eine durchschnittliche Dichte über den gesamten Stehbereich erhoben.

Es wird daher der Belegungsgrad der Stehflächen in Personen pro Fläche verwendet. Dabei werden nur die Flächen zu Grunde gelegt, die nicht durch Sitze und Einbauten blockiert sind.

3.4.2 Bewertung

Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeitsbetrachtung ist also der Einfluss der Fahrzeugbesetzung auf die Haltezeiten von Bedeutung. Die Bewertung hat damit nach der Haltezeitverlängerung zu erfolgen, die ein vorliegender Besetzungsgrad auf die Fahrgastwechselzeit hat. In der Literaturrecherche wurde herausgestellt, dass die Bewertung in Bezug auf den Komfort der Fahrgäste bereits in vielen Fällen Beachtung gefunden hat. Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit sind hingegen im Rahmen dieser Arbeit weitere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fahrgastwechselzeit und Fahrzeugbesetzung durchzuführen.

Damit soll eine Skala erstellt werden, die den Besetzungsdichten jeweils eine VQS zuordnet. Dabei stünde A für eine Besetzung, die keinen Einfluss auf die Haltezeit hat und entsprechend F für eine Besetzung, die die Leistungsfähigkeit gravierend herabsetzt. In Abb. 3.67 ist konzeptionell diese Bewertung aufgeführt. Für die Berechnung der effektiven Fahrgastwechselzeiten eignet sich das von (Weidmann 1995) beschriebene Verfahren. Die Fahrgastwechselzeiten sind demnach bei Fahrzeugen im städtischen Nahverkehr vor allem abhängig von der Stehdichte und der Zahl der Ein- und Aussteiger. Dieses Konzept geht allerdings davon aus, dass unabhängig von der absoluten Besetzung der Einfluss der Besetzung auf die Fahrgastwechselzeit massgeblich ist. Da dies aber bei geringen Besetzungen nicht der Fall ist, kommen in diesen Fällen Komfortüberlegungen zum Tragen.

Abb. 3.67 konzeptionelle VQS für die Bewertung der Fahrzeugbesetzung

VQS	Besetzung [P/m ²]	Erläuterung
A	< x ₁	Besetzung ohne Wirkung auf die Haltestellenaufenthaltszeit
B	[x ₁ , x ₂)	Besetzung mit sehr geringer Verlängerung der Haltestellenaufenthaltszeit
C	[x ₂ , x ₃)	Besetzung mit mässiger Verlängerung der Haltestellenaufenthaltszeit
D	[x ₃ , x ₄)	Besetzung mit deutlicher Verlängerung der Haltestellenaufenthaltszeit
E	[x ₄ , x ₅)	Besetzung mit starker Verlängerung der Haltestellenaufenthaltszeit
F	> x ₅	Besetzung mit sehr starker Verlängerung der Haltestellenaufenthaltszeit, kein geregelter Betrieb möglich

3.5 Messung und Bewertung der Aspekte «Zeit» und «Zuverlässigkeit»

3.5.1 Messung und Kennwerte

Es wurde identifiziert, dass die für die Aspekte «Zeit» und «Zuverlässigkeit» massgeblichen Kriterien die Regelmässigkeit der Fahrten, die Pünktlichkeit bei der Ankunft sowie die Beförderungsgeschwindigkeit zwischen den Halten sind.

Regelmässigkeit

Die Regelmässigkeit ist hier definiert als der Grad der Einhaltung der Kursfolgezeit. Folgende Messgrössen bieten sich dazu an:

- Der Anteil der Kursfolgezeiten, die innerhalb einer vorgegebenen Spanne liegen. Dies könnte formuliert sein als Kursfolgezeit +/- einer akzeptierten Abweichung, wobei diese entweder ein relativer (z.B. 10 Prozent) oder ein absoluter Wert sein kann (z.B. 30 Sekunden)
- Die durchschnittliche Kursfolgezeit und ihre Abweichung von der fahrplanmässigen Kursfolgezeit
- Ermittlung stochastischer Kenngrössen wie Standardabweichung, Varianz, Mittelwerte oder Variationskoeffizienten der Kursfolgezeiten

Bei der Bewertung der Regelmässigkeit ist nun zu berücksichtigen, dass der Einfluss einer absoluten Abweichung der Kursfolgezeit von dem Wert der Kursfolgezeit abhängt. So wiegt zum Beispiel eine Abweichung von 5 Minuten bei einem 5-Minuten-Takt viel schwerer als bei einem 60-Minuten-Takt. Um dem Rechnung zu tragen ist die Bewertung über den Variationskoeffizienten, also des Verhältnisses zwischen Standardabweichung und Mittelwert (hierbei wird dafür die planmässige Kursfolgezeit angesetzt), die hierfür sinnvollste Methode, da sie eine relative Grösse in Abhängigkeit der planmässigen Kursfolgezeit ist.

Ankunftspünktlichkeit

Die Pünktlichkeit der einzelnen Kurse wird in der Regel als die Abweichung der Ankunftszeit des untersuchten Kurses von der fahrplanmässigen Ankunftszeit erhoben. Es ist dabei zu beachten, dass eine Verfrühung eines Kurses als Verspätung um eine volle Kursfolgezeit anzusehen ist: Zum einen müssen in diesem Falle Fahrgäste auf den folgenden Kurs und damit eine ganze Kursfolgezeit warten, da sie den geplanten Kurs nicht mehr erreichen (TRB 2003). Zum anderen steigt die Verfrühung des verfrühten Kurses immer mehr an, da durch die Ankunft an den Haltestellen vor der geplanten Zeit weniger Fahrgäste zu bedienen sind. Dadurch steigt gleichzeitig die Zahl der Fahrgäste, die auf den nachfolgenden Kurs warten, wodurch dieser mehr und mehr im Fahrplan zurückfällt. Dem steht gegenüber, dass Fahrgäste bei langen Kursfolgezeiten grössere Vorlaufzeiten an der Haltestelle einplanen und somit leichte Verfrühungen weniger kritisch sind (Fan 2009). Über mehrere Kurse an einer Haltestelle liegt nahe, die Ankunftspünktlichkeit als den Anteil der Kurse zu messen, der pünktlich ist. Dieses Verfahren wird unter anderem auch im TCQSM (TRB 2003) angewandt.

Gewichtung zwischen Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

Sowohl die Pünktlichkeit als auch die Regelmässigkeit sind ein Mass für die Zuverlässigkeit eines ÖV-Angebotes, sie haben aber abhängig von der Kursfolgezeit eine unterschiedliche Aussagekraft.

Die Ankunftsverteilungen der Fahrgäste an den Haltestellen sind von der Kursfolgezeit abhängig, wie eine Reihe von Studien bestätigt (O'Flaherty et.al. 1970, Weidmann und Lüthi 2006, Lüthi et. al 2007, Csikos et. al. 2008, Fan und Fan, 2009): Je länger die Kursfolgezeiten, desto höher ist der Anteil der Fahrgäste, die auf eine bestimmte Abfahrtszeit hin an einer Haltestelle erscheinen, bei kürzeren Kursfolgezeiten erreichen die Fahrgäste eher zufallsverteilt die Haltestelle.

Das kann damit erklärt werden, dass bei langen Takten der Zeitverlust durch das Warten auf die folgende Fahrt sehr gross ist. Bei kurzen Takten erfolgt die folgende Fahrt sehr bald und damit ist der Zeitverlust derart klein ist, dass Fahrgäste sich darauf verlassen können, unabhängig von der Ankunft an der Haltestelle nur kurz warten zu müssen.

Daraus geht hervor, dass die Pünktlichkeit bei langen Takten sehr wichtig ist, da hier das Erscheinen an der Haltestelle auf eine bestimmte Fahrt hin koordiniert wird. Hingegen ist bei kurzen Takten vor allem die Einhaltung der planmässigen Kursfolgezeit wichtig, damit die zu erwartende Wartezeit kalkulierbar innerhalb der Erwartungen der Fahrgäste liegt.

Dementsprechend wird zum Beispiel im TCQSM empfohlen, die Bewertung mittels des Variationskoeffizienten nicht für Kursfolgezeiten von mehr als 10 Minuten anzuwenden, sondern in diesem Bereichen die Pünktlichkeit zu betrachten.

Für diese Anwendung wird ein formeller Ansatz für die Gewichtung zwischen Pünktlichkeit und Regelmässigkeit gewählt und diese Grössen damit zur Kenngrösse Zuverlässigkeit zusammengefasst: Bis zu einer unteren kritischen Kursfolgezeit $t_{K,min}$ wird ausschliesslich die Regelmässigkeit bewertet, ab einer oberen kritischen Kursfolgezeit $t_{K,max}$ nur die Pünktlichkeit. Dazwischen erfolgt die Bestimmung des Gewichtes $w(t_k)$ über eine logarithmische Funktion. Diese, sowie die damit bestimmten Grenzen, lassen sich aus der Arbeit von Lüthi (2007) ableiten und ergeben damit folgende Bestimmung:

$$w(t_K) = \begin{cases} 0 & t_K < t_{K,min} \\ 0.65151 \cdot \ln(t_K) - 0.84259 & t_K \in [t_{K,min}, t_{K,max}] \\ 1 & t_K > t_{K,max} \end{cases}$$

Dabei wird die Kursfolgezeit t_K in Minuten verwendet und es gelte $t_{K,min} = 4 \text{ min}$ und $t_{K,max} = 16.5 \text{ min}$. Zwar entsteht so in den Randbereichen ein kleiner Sprung des Gewichtes $w(t_k)$, allerdings wird vermieden, dass Werte ausserhalb des Raumes von 0 bis 1 erreicht werden. Für eine genauere Berechnung kann auch zunächst $w(t_k)$ errechnet werden und dann, sollte es diese Grenzen verletzen, auf 1 bzw. 0 gesetzt werden. Allerdings liegen in dem Grenzbereich, in dem dies nötig wäre, keine sinnvollen Taktfolgen, womit dieser Fall vernachlässigbar ist.

Dies ergibt eine Gewichtung, wie sie in Abb. 3.68 dargestellt ist. w kann dabei Werte zwischen 0 und 1 annehmen und geht in die Multiplikation der VQS-Bewertungen für Kursfolgezeit und Pünktlichkeit jeweils als Potenz ein. Das führt mit VQS_P als Bewertung der Pünktlichkeit und VQS_R als Bewertung der Regelmässigkeit, also der Kursfolgezeit zu

$$VQS_R^{1-w} \cdot VQS_P^w$$

Für Kursfolgezeiten unter dem unteren Grenzwert ist $w = 0$, damit geht die Kursfolgezeitbewertung voll in die Berechnung ein, während die Bewertung der

Pünktlichkeit durch den Exponenten 0 zu 1 wird und damit neutralisiert ist. Für Kursfolgezeiten über der Obergrenze ist analog die Bewertung nur von der Pünktlichkeit abhängig, während zwischen den Grenzen beide Bewertungen gemäss ihrer Gewichte berücksichtigt werden.

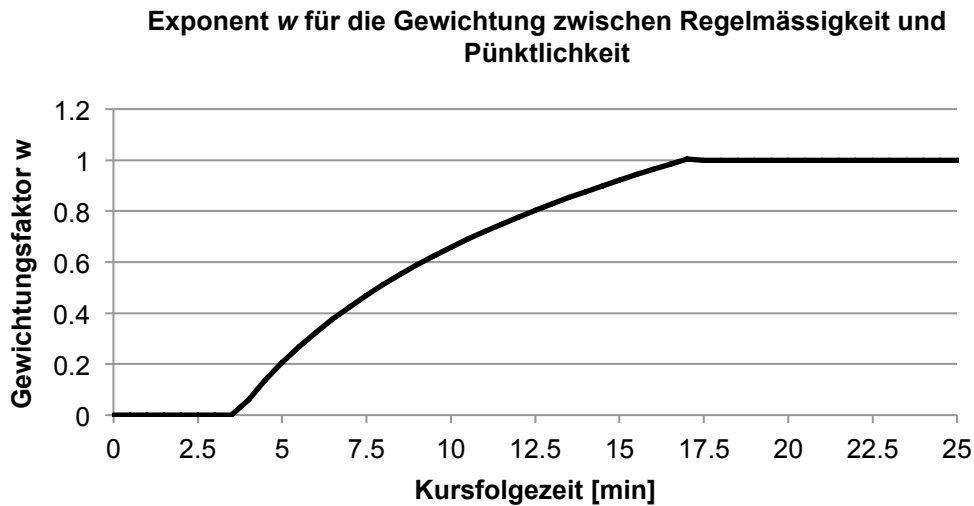


Abb. 3.68 Bestimmung der Gewichtung zwischen Regelmässigkeit und Pünktlichkeit

Beförderungsgeschwindigkeit

Die Beförderungsgeschwindigkeit ist, wie bereits beschrieben, definiert als die durchschnittliche Geschwindigkeit von Haltestelle zu Haltestelle. Die absolute Beförderungsgeschwindigkeit ist jedoch nicht aussagekräftig, da sie von Umständen wie Strassentyp und Verkehrsverhältnissen abhängt. Zum Beispiel muss das Erreichen einer bestimmten Beförderungsgeschwindigkeit in einer schwach befahrenen Quartierstrasse anders bewertet werden als die gleiche Beförderungsgeschwindigkeit auf einer Hauptverkehrsstrasse.

Eine Möglichkeit, dies zu berücksichtigen, ist es, diese Einflüsse in die Bestimmung der Grenzwerte für verschiedene Fälle einzubeziehen. Dies erfordert jedoch eine umfassende Berücksichtigung einer Vielzahl von Einzelfällen. Praktischer dagegen ist der Vergleich der erreichten Beförderungsgeschwindigkeit im ÖV mit der Beförderungsgeschwindigkeit, im MIV. Dies ist ausserdem aussagekräftiger, da ein direkter Vergleich mit dem Verkehrsmittel erfolgt, das als Hauptkonkurrenz zum ÖV verstanden wird. Das gilt vor allem für Wege, bei denen die Streckenführung im ÖV ähnlich derer im MIV ist. Wird dieser Unterscheid relativ erhoben, also z.B. in Prozent oder als Quotient, ergibt sich ein Wert, der unabhängig von lokalen Gegebenheiten ist und damit eine Vergleichbarkeit zwischen vielen verschiedenen Fällen erlaubt.

3.5.2 Bewertung

Regelmässigkeit

Bei der Bewertung der Regelmässigkeit wird VQS A für einen Zustand vergeben, in dem nahezu alle Kursfolgezeiten nur geringste Abweichungen von der geplanten Kursfolgezeit aufweisen. Entsprechend gibt VQS F den Fall wieder, in dem nahezu in keinem Fall die Kursfolgezeit eingehalten wird und grösste Abweichungen vorliegen. Wie in (TRB 2003) wird für diese Untersuchung der Variationskoeffizient der Kursfolgezeiten herangezogen (vgl. Abb. 2.33). Es wird daher

die in Abb. 3.69 dargestellte Einstufung anhand des errechneten Variationskoeffizienten vorgenommen.

Abb. 3.69 konzeptionelle VQS für die Bewertung der Regelmässigkeit

VQS	Variationskoeffizienten der Kursfolgezeit [%]	Erläuterung
A	$< x_1$	Die Zeit zwischen zwei Kursen entspricht in nahezu allen Fällen der fahrplanmässigen Kursfolgezeit
B	$\geq x_1 ; < x_2$	Die Kursfolgezeiten weichen in wenigen Fällen leicht ab
C	$\geq x_2 ; < x_3$	Die Kursfolgezeiten weichen in wenigen Fällen mässig oder in vielen Fällen leicht ab
D	$\geq x_3 ; < x_4$	Die Kursfolgezeiten weichen in vielen Fällen mässig ab
E	$\geq x_4 ; < x_5$	Die Kursfolgezeiten weichen in vielen Fällen deutlich ab
F	$\geq x_5$	Kaum eine Kursfolgezeit entspricht der geplanten Kursfolgezeit

Ankunftspunktlichkeit

Bei der Bewertung wird VQS A für den Fall vergeben, dass nahezu keine Kurse verspätet sind. Entsprechend bedeutet VQS F, dass eine sehr grosse Zahl der Kurse stark verspätet ist und somit der gesamte Betrieb geradezu zufällig abläuft. Damit ergibt sich ein Bewertungsmodell wie es in Abb. 3.70 dargestellt ist.

Abb. 3.70 konzeptionelle VQS für die Ankunftspunktlichkeit

VQS	Anteil pünktlicher Kurse [%]	Erläuterung
A	$< x_1$	nahezu ausschliesslich pünktliche Kurse
B	$\geq x_1 ; < x_2$	Wenige leicht verspätete Kurse
C	$\geq x_2 ; < x_3$	Wenige mässig verspätete Kurse oder viele leicht verspätete Kurse
D	$\geq x_3 ; < x_4$	Viele mässig verspätete Kurse
E	$\geq x_4 ; < x_5$	Viele deutlich verspätete Kurse
F	$\geq x_5$	Nahezu alle Kurse stark verspätet

Beförderungsgeschwindigkeit

Bei der Bewertung der Beförderungsgeschwindigkeit im Vergleich zur erreichten Beförderungsgeschwindigkeit im MIV wäre der bestmögliche Fall eine gleiche oder sogar höhere Beförderungsgeschwindigkeit im ÖV.

Abb. 3.71 konzeptionelle VQS für die Beförderungsgeschwindigkeit

VQS	ÖV-Beförderungsgeschwindigkeit, relativ zur MIV-Reisezeit	Erläuterung
A	$\geq x_1$	Fahrt per ÖV ist gleich schnell oder sogar schneller als per MIV
B	$< x_1 ; \geq x_2$	Fahrt mit ÖV dauert kaum länger als mit MIV, ÖV ist sehr konkurrenzfähig
C	$< x_2 ; \geq x_3$	Fahrt mit ÖV dauert ein wenig länger als per MIV, ÖV bleibt aber eine Option
D	$< x_3 ; \geq x_4$	Fahrt mit ÖV dauert deutlich länger als per MIV, ÖV wird aber deutlich weniger genutzt
E	$< x_4 ; \geq x_5$	Fahrt mit ÖV dauert viel länger als der MIV, ÖV wird nur noch von darauf angewiesenen Kundengruppen genutzt
F	$< x_5$	Fahrt mit ÖV dauert ein Vielfaches der Fahrt mit MIV, ÖV-Nutzung wird von allen Personengruppen nach Möglichkeit vermieden

Dieser Fall, der VQS A entspricht, wäre zum Beispiel denkbar auf Anlagen, auf denen dem ÖV eigene Fahrspuren zur Verfügung stehen. Im Gegensatz dazu steht VQS F. Hierbei dauert die Fahrt mittels ÖV sehr viel länger als die Fahrt per MIV. In Abb. 3.71 ist konzeptionell das Bewertungsschema dargestellt, das sich damit ergibt.

3.6 Zusammenfassung

3.6.1 Bewertungsmodell

Das entwickelte Bewertungsmodell erlaubt auf der Einzelementebene zwei Betrachtungen. Nach den Aspekten Zeit und Raum sowie nach dem Typ des Einzelementes, Haltestelle oder Strecke. Soll eine Untersuchung von Netzen und Netzteilen durchgeführt werden, sind die einzelnen Grössen gemäss der Aspekte zusammenzufassen, um so die Qualität erfassen zu können. Dabei wird die Strecke, an der eine Beförderungsgeschwindigkeit ermittelt wird, mit der Haltestelle, an der diese Strecke beginnt, zusammengefasst, um so die Bewertung nach dem Aspekt Zeit für dieses gruppierte Element zu erzielen.

Dabei wird keine Bewertung der Umsteigezeiten oder eine Gewichtung zwischen verschiedenen Linien vorgenommen, da dazu eine detaillierte Kenntnis über die Fahrgastströme auf dem Netz nötig wäre. Sind diese bekannt, kann allerdings parallel eine entsprechend nach Fahrgastzahlen gewichtete Bewertung durchgeführt werden.

Dies liegt nahe, da ein an einer Haltestelle zusteigender Fahrgast die Geschwindigkeit auf dem folgenden Abschnitt als Qualitätsmerkmal erfährt und dies bis zum Aussteigen Abschnitt für Abschnitt weiter entsprechend erfolgt. Die Besetzung als Kenngrösse für den Aspekt Raum wird dabei für die Bildung einer Gesamtverkehrsqualitätsbewertung ebenfalls als Besetzung bei Abfahrt an einer Haltestelle gezählt, da dies Qualität ist, die ein zusteigender Fahrgast erfährt.

Haltestellen

Folglich errechnet sich die Bewertung des Aspektes Zeit an einem gruppierten Element (Haltestelle) zu

$$VQS_{Zeit} = VQS_R^{1-w} \cdot VQS_P^w \cdot VQS_V$$

wobei VQS_P die VQS-Bewertung der Pünktlichkeit, VQS_R die VQS-Bewertung der Regelmässigkeit und VQS_V die Bewertung der Geschwindigkeit, jeweils auf einen Wert zwischen 0 und 1 normiert, darstellen. w ist dabei die Gewichtung zwischen Regelmässigkeit und Pünktlichkeit. Die Bewertung des Aspektes Raum entspricht der Bewertung des Indikators Besetzung VQS_B , da dies der einzige Indikator in diesem Aspekt ist:

$$VQS_{Raum} = VQS_B$$

Schliesslich kann die Gesamtbewertung der Verkehrsqualität an der Haltestelle ermittelt werden als

$$VQS_{Halt} = \frac{VQS_{Zeit} + VQS_{Raum}}{2}$$

Strecken

Die Bewertung der Strecken ergibt sich aus der durchschnittlichen Bewertung der einzelnen Elemente der Strecke. Es werden hierbei zunächst die einzelnen VQS

der Elemente ermittelt. Über diese Bewertungen je Element wird dann die Streckenbewertung als Mittelwert ermittelt:

$$VQS_{Strecke} = \frac{\sum_{i=1}^n (VQS_{Halt})}{n}$$

wobei $i = 1..n$ die einzelnen Haltestellen der zu untersuchenden Strecke sind.

Netze

Die Bewertung von Netzabschnitten erfolgt analog zur Bewertung zur Bewertung der Strecken aufgrund der enthaltenen Gruppenelemente 1 bis n:

$$VQS_{Netz} = \frac{\sum_{i=1}^n (VQS_{Halt})}{n}$$

Dieser Aufbau des Modelles bietet besonders in einer praktischen Anwendung grosse Vorteile. Zum einem ist es hochgradig modular, wodurch Bewertungen für viele verschiedene Fälle möglich sind, etwa eine Linie oder auch ein Weg eines Fahrgastes. Auch lassen sich so kritische Elemente schnell identifizieren. Darüber lässt die Betrachtung auf mehreren Stufen die Möglichkeit, verschiedene Netze oder Netzteile übersichtlich miteinander zu vergleichen. Nicht zuletzt ist ausserdem die Bestimmung einer einzelnen VQS übersichtlich und bietet die Möglichkeit einer Weiterentwicklung oder Skalierung, sodass auch ein Vergleich mit dem MIV oder Langsamverkehr möglich wird.

3.6.2 Zusammenhänge und Bedeutung der VQS

Bei der Bewertung der Pünktlichkeit sowie der Regelmässigkeit stellt VQS A den Idealzustand dar. Bei der Bewertung von Fahrzeugbesetzung und Beförderungsgeschwindigkeit hingegen stellt VQS A einen Zustand dar, der zwar sehr vorteilhaft, nicht aber ideal ist, da das Erreichen von VQS A oft durch einen hohen nötigen Ressourceneinsatz nicht wirtschaftlich ist oder sogar mit Einbussen bei der Leistungsfähigkeit verbunden sein kann.

Die Einteilung in die VQS erfolgt also streng anhand der realisierten Qualität. Diese Bewertung berücksichtigt dabei nicht den Ressourceneinsatz, der für das Erreichen dieser Qualität nötig ist. Dies erfolgt in der Bemessung, in der unter der Berücksichtigung von Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eine VQS gewählt wird.

Für die Bemessung und Bewertung ist es daher sinnvoll, analog zu den Verfahren in den der SN 640 017a für die Spitzenstunden die Gesamtqualitätsstufe D nicht zu unterschreiten und für die anderen Verkehrszeiten auf die VQS C als minimale Qualität vorzugeben. Dabei soll in keiner Bewertung der Teilaspekte eine Bewertung von VQS E oder schlechter vorkommen.

Dies sind allerdings Untergrenzen, die nicht anwendbar sind, wenn der ÖV als attraktive Alternative zur Nutzung des motorisierten Individualverkehrs funktionieren soll. In solchen Fällen ist es empfehlenswert, die Anforderungen zu erhöhen, um ein attraktives Angebot zu erhalten.

Die Bedeutungen der Gesamt-VQS, die sich jeweils aus den Teil-VQS ergeben, sind in Abb. 3.72 zusammengestellt.

Abb. 3.72 Bedeutung der VQS insgesamt

VQS	Erläuterung
A	Es besteht im strassengebundenen städtischen ÖV ein qualitativ äusserst hochwertiges Angebot, das eine zuverlässige, schnelle und bequeme Reise ermöglicht. Darüber hinaus erlaubt das hohe Niveau der Betriebsqualität eine zuverlässige Integration mit dem Fernverkehr und Pufferzeiten seitens der Fahrgäste sind minimal. Der ÖV ist in diesem Fall für die Nutzer das primär genutzte und bevorzugte Verkehrsmittel. Dabei ist die Qualität insbesondere auch im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr so hoch, dass deutliche Gewinne des Modal Splits zu Gunsten des ÖV verzeichnet werden können.
B	Die Qualität im strassengebundenen ÖV ist hoch, jedoch können in einzelnen Bereichen leichte Einbussen vorkommen. Insgesamt besteht ein Angebot, das aber für alle Nutzungszwecke geeignet ist und eine im Vergleich zum MIV vergleichbare Attraktivität bietet. Für gut planbare und wiederkehrende Fahrten bleibt der ÖV das bevorzugte Verkehrsmittel, jedoch müssen kleinere Abstriche in Komfort, Reisezeit oder Zuverlässigkeit in Kauf genommen werden. Für die Versorgung insbesondere von städtischen Regionen ist dieses Qualitätsniveau geeignet.
C	Die Angebotsqualität im ÖV ist insgesamt gut, es liegen aber in einigen Bereichen deutliche Mängel vor. Dennoch ist das Angebot für alle Fahrtzwecke geeignet und daher noch attraktiv und konkurrenzfähig zum motorisierten Individualverkehr. In diesem Fall kann auch eine leichte Veränderung des Modal Splits zu Gunsten des öffentlichen Verkehrs erwartet werden. Für städtische Gebiete stellt dieses Niveau eine akzeptable Qualität dar, es sind jedoch laufende Anstrengungen zu erbringen, um die Qualität zu halten und langfristig zu verbessern.
D	Das ÖV-Angebot ist akzeptabel und wird vorwiegend Fahrgästen genutzt, die keine Alternativen haben und darüber hinaus regelmässige, gut planbare Wege zurücklegen, auf denen sie Komforteinbussen in Kauf nehmen und grosse Puffer für Unzuverlässigkeiten einplanen können. Dies gilt insbesondere für die Spitzenzeiten, in denen aus wirtschaftlichen Gründen keine höheren VQS erreicht werden können. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität im ÖV zu Spitzenzeiten ähnlich, ausserhalb dieser Zeiten aber unterlegen, deshalb sind bei guten Bedingungen im MIV Nachfragesteigerungen im ÖV zu erwarten. Für die Versorgung mit Mobilität in Spitzenstunden in Städten ist ein derartiges Angebot noch geeignet, da es in der Lage ist, die dichten Verkehrsströme angemessen zu bewältigen. Die Qualität sollte in Spitzenstunden gehalten werden, wird dieses Niveau ausserhalb der Spitzenstunden erreicht, ist jedoch eine Verbesserung anzustreben.
E	Die Angebotsqualität im öffentlichen Verkehr erfüllt in einigen Bereichen Minimalanforderungen. Dies ist für die höchstbelasteten Kurse in den Spitzenstunden akzeptabel. Auf Linien- und Netzebene ist es inakzeptabel und es können nur Nutzer gewonnen werden, die keine Alternative zum LV haben. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität im ÖV nicht konkurrenzfähig, weshalb keine Veränderungen des Modal Splits zu Gunsten des ÖV zu erwarten sind. Das Angebot übernimmt in diesem Fall die Funktion einer Grundversorgung und ist zügig zu verbessern.
F	Das Angebot im strassengebundenen öffentlichen Verkehr erreicht in keiner Kategorie annehmbare Qualitätsniveaus. Damit ist die Nutzung äusserst unattraktiv und wird von potentiellen Fahrgästen nach Möglichkeit vermieden. Es werden nur Wege mit dem ÖV zurückgelegt, bei denen den Fahrgästen keine Alternativen zur Verfügung stehen. Situationen, in denen der ÖV die einzige Alternative ist, werden darüber hinaus aktiv vermieden. Das Angebot ist damit ungeeignet, selbst eine Grundversorgung mit Mobilität sicherzustellen, ausserdem sind negative Verlagerungseffekte vom ÖV weg erwarten. Eine Überarbeitung und starke Verbesserung sind dringend nötig.

4 Datenerhebung und Richtwerte Linienverkehr

4.1 Vorgehen und Datensätze

4.1.1 Datenquellen bzw. Erhebungen

Einleitung

In diesem Abschnitt werden die Methoden zur Datenerhebung vorgestellt und näher beschrieben. Ausgehend vom Modell zur Ermittlung des Qualitätskennwertes in Abb. 3.62 werden die Einflussfaktoren auf die Kennwerte «Raum» und «Zeit und Zuverlässigkeit» detailliert untersucht und Wechselwirkungen zwischen ihnen thematisiert.

Die analysierten Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Messgrössen, die entsprechenden Datensysteme und die Zwecke der Analysen fasst Abb. 4.73 zusammen.

Für die Datenerhebung werden Datensätze aus automatischen Fahrgastzählsystemen (AFAZ) sowie Positionerfassungssystemen (PES) benötigt. Diese wurden von den Verkehrsbetrieben Zürich (VBZ) zur Verfügung gestellt. Dazu kommen Daten zu Geschwindigkeiten im MIV aus empirischen Messungen (Floating Car Data, FCD).

Abb. 4.73 Untersuchte Messgrössen und deren Erfassung

Messgrösse	Datenquelle	Datenart	Erklärung
Zuverlässigkeit	PES	quantitativ	Messdaten zur Abweichung zwischen SOLL- und IST-Fahrplan
Haltestellentyp	Manuelle Eingabe	qualitativ	Qualitative Untersuchung zum Einfluss des Haltestellentyps auf die Zuverlässigkeit, Unterscheidung einiger Grundtypen
Eigentrossierung und Priorisierung	Manuelle Eingabe	qualitativ	Qualitative Untersuchung von Mischverkehrseinflüssen und Eigentrossierung auf die Linienstabilität, Identifikation von Elementen und Querschnitten mit grosser Varianz der Fahrzeiten
Besetzung	AFAZ-Daten	quantitativ	AFAZ-Daten zu Einsteige- und Aussteigevorgängen an Haltestellen sowie zur Besetzung der Fahrzeuge
Geschwindigkeit ÖV	AFAZ-Daten	quantitativ	Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen / Haltestellenabstände, daraus Geschwindigkeit ableitbar
Geschwindigkeit MIV	PTV AG	quantitativ	Von Navigationssystemen an Bord von Fahrzeugen erfasst und zurückgemeldet
Halte-/Wendezeit	AFAZ-Daten	quantitativ	Erfassung der Ankunftszeit und Haltedauer (beides sekundenscharf)

Fahrgastzählsysteme (AFAZ)

Verschiedene Transportunternehmungen setzen AFAZ-Datensysteme ein, um die Anzahl von Ein- und Aussteigern an einer Haltestelle zu erfassen. Die Erfassung von Zählwerten zu den Ein- und Aussteigern an einer Haltestelle bedarf Sensoren, die über den Einstiegsbereichen der Fahrzeuge angebracht sind. Die automatisch erfassten Daten werden auf dem Bordrechner gespeichert und bei Einfahrt in das Depot per Funkverbindung zur zentralen Speicherung übertragen. Etwa 10% der VBZ-Flotte ist mit derartigen Systemen ausgestattet und der Fahrzeugeinsatz wird so geplant, dass für jede Linie und jede Tageszeit regelmässig Messfahrten stattfinden. Die erfassten Daten werden in einer Datenbank hinterlegt, die neben den Tabellen mit Zählwerten weitere Tabellen enthält, mit der sich Soll-Fahrpläne konstruieren und Fahrzeuge referenzieren lassen. Diese Daten wurden von den VBZ in Form einer Access-Datenbank zur Verfügung gestellt. Im

Zuge der Untersuchung wurde diese auf einem SQL-Server hinterlegt und Abfragen und Analysen mittels des Statistiksoftwarepaketes R (R, 2011) durchgeführt. Insgesamt sind in dieser Datenbank rund 6 Millionen einzelne Beobachtungen mit den entsprechenden Werten enthalten, womit eine mehr als ausreichende Datengrundlage besteht. Mittels der Daten können Pünktlichkeitswerte, durchschnittliche Geschwindigkeiten zwischen Haltestellen sowie Besetzungswerte ermittelt werden.

Positionserfassungssysteme (PES)

Bei den VBZ wird eine für den gesamten Zürcher Verkehrsverbund (ZVV) einheitliche Leittechnik eingesetzt, bei welcher der Bordrechner an jeder Haltestelle die exakte Position des Fahrzeugs per GPS erfasst und die Ankunfts- und Abfahrtszeit speichert. Diese Datenbank wird von Trapeze ITS betreut. Die PES-Datensätze erlauben detaillierte Analysen zur Dauer von Nutz- und Störhalten und der Identifikation und Lokalisierung von Störungsschwerpunkten.

Die PES-Daten wurden als SQL-Datenbank geliefert, die für die Untersuchung intern auf einem Server bereitliegen. Ähnlich den AFAZ Daten erfolgt auch hier der Zugriff über die Software R. Aufgrund der Abdeckung des ganzen ZVV und aller Kurse liegen in dieser Datenbank mehrere Millionen Datensätze.

Die PES-Datenbank enthält vier Typen von Tabellen: *Dimension Tables*, in denen die vorgegebenen Daten wie Linien oder Planzeiten hinterlegt sind, *Fact Tables*, die gemessenen Daten enthalten, *Utility Tables*, die Referenzierungsdaten wie Fahrer und Dienst, die einem Fahrzeug zu einem bestimmten Zeitpunkt zugewiesen sind und schliesslich *Error Tables*, in denen Fehlerberichte, zum Beispiel bei nicht vollständig übertragenen Daten, erfasst sind.

Mittels der *Dimension Tables* und der *Fact Tables* können im weiteren Verlauf die Pünktlichkeit, Kursfolgezeit und mittlere Geschwindigkeit ermittelt werden.

Floating Car Data

Um die erreichten Geschwindigkeiten im ÖV und MIV miteinander in Relation zu setzen, sind entsprechende Abschnittsgeschwindigkeiten im MIV nötig. Bei deren Erhebung ist eine Auflösung zu wählen, die in der späteren Anwendung einer Norm praktikabel und zu vertretbaren Kosten realisiert werden kann. Daher werden entsprechende Daten für die Stosszeiten zwischen zwei Haltestellen als Datensatz bezogen. Diese Daten werden traditionell mittels Messfahrzeugen erhoben, die im Verkehrsstrom mitschwimmen. Aufgrund teilweise hoher Kosten wurden neue Verfahren entwickelt, die zum Beispiel in Navigationsgeräte integriert sind und während der Fahrt Daten aufzeichnen und anonymisiert an eine Sammelstelle geben, wie es hierbei der Fall ist. Eine der möglichen Quellen, die in dieser Arbeit genutzt wird stellt, ein Angebot der Firma PTV dar. Je nach Strassenabschnitt und Tageszeit bzw. untersuchtem Zeitraum liegt die Zahl der Messwerte zwischen weniger als 100 und mehreren Tausenden.

4.1.2 Auswahl der zu untersuchenden Datensätze

Die Auswahl der untersuchten Linien und die Auswertung der zugehörigen Datensätze erfolgt nach Festlegung einiger Kriterien. Weitere Vorüberlegungen stellen zusätzliche Randbedingungen bei der Auswahl der untersuchten Linien dar und umfassen folgende Aspekte:

- **Kriterium 1 (K1):** Es sollen Datensätze für Linien aller Verkehrsmittel des öffentlichen Strassenverkehrs (Tram, Bus und Trolleybus) untersucht werden.

- **Kriterium 2 (K2):** Zumindest einige der untersuchten Linien sollen punktuell hohe Verkehrsaufkommen bewältigen.
- **Kriterium 3 (K3):** Mindestens für einige Linien und einige Abschnitte oder Korridore sollen Aussagen über den Einfluss von Eigentrossierung und Priorisierung auf die Zuverlässigkeit möglich sein.
- **Kriterium 4 (K4):** Nach Möglichkeit sollen Linien analysiert werden, die in einem unterschiedlichen Fahrplankontakt verkehren, um somit zu prüfen, ob ein Einfluss der Taktfolgezeit auf die Pünktlichkeit existiert.
- **Kriterium 5 (K5):** Zumindest einige Haltestellen sollen gleichzeitig von zwei Fahrzeugen angefahren werden können, also zwei Haltekanten aufweisen. Bei der Wahl der auszuwertenden Linien ist somit zu berücksichtigen, dass mindestens eine Linie eine solche Haltestelle bedient.
- **Kriterium 6 (K6):** Nach Möglichkeit sollen die Linien lange Linienvverläufe haben, um die Verspätungsentwicklung über mehrere Querschnitte hinweg beobachten zu können, sowie Einflussfaktoren auf sie zu bestimmen.
- **Kriterium 7 (K7):** Die Auswahl der ausgewerteten Linien sollte zumindest eine Linie berücksichtigen, die neben dem Berufspendler- und Schülerverkehr auch Freizeitverkehr bedient.
- **Kriterium 8 (K8):** Die Linien sollen zumindest teilweise gemeinsam entlang stark belasteter Streckenabschnitte verkehren und somit interagieren.
- **Kriterium 9 (K9):** Zumindest für eine ausgewählte Linie soll gelten, dass diese über einen längeren Abschnitt hinweg eigentrossiert und ohne Einflüsse anderer Linien oder anderer Verkehrsmittel verkehren soll.
- **Kriterium 10 (K10a/b):** Da es möglich ist, dass zum Beispiel die Fahrgastwechselzeiten aufgrund eines anderen Verlaufs der Ein- und Aussteigerzahlen bei ähnlichen Besetzungen anders wären, sollen sowohl Radiallinien (K10a) als auch Tangential bzw. Ringlinien (K10b) untersucht werden.

Basierend auf diesem Kriterienkatalog, wird eine Auswahl von Linien getroffen, die diese Anforderungen erfüllen. Diese Linien und die jeweiligen Anforderungen, die durch sie erfüllt werden, sind in Abb. 4.74 aufgeführt. In Abb. 4.75 sind die untersuchten Linien im öffentlichen Verkehrsnetz von Zürich dargestellt.

Abb. 4.74 Auflistung der ausgewerteten Linien

Linie	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10a	K10b
6	Tr	X	X	7.5/7.5	X		X	X		X	
9	Tr	X	X	7.5/7.5	X	X	X	X	X		X
13	Tr	X	X	7.5/7.5	X	X	X	X	X	X	
80	DB	X	X	7.5/6.67	X	X		X			X
89	DB	X	X	15	X	X	X	X			X
61/62	DB	X		7.5/6	X	X	X	X		X	X
31	TB	X	X	7.5/7.5		X	X	X	X	X	
32	TB	X	X	7.5/5		X	X	X	X	X	X
33	TB	X	X	7.5/6.67		X	X	X	X		X
72	TB	X	X	7.5/6.67		X			X		X

Erhebungszeiträume

Die Daten sollen grundsätzlich aktuell vorliegen. Für die Linien, welche das Hochschulgebiet Zürichs bedienen, ist zudem eine Abdeckung von vorlesungsfreien Zeiträumen und solchen während des Vorlesungsbetriebs sinnvoll. Es wurden daher Datensätze für das Jahr 2010 sowie für den Zeitraum Mai-Juli 2011 verwendet.

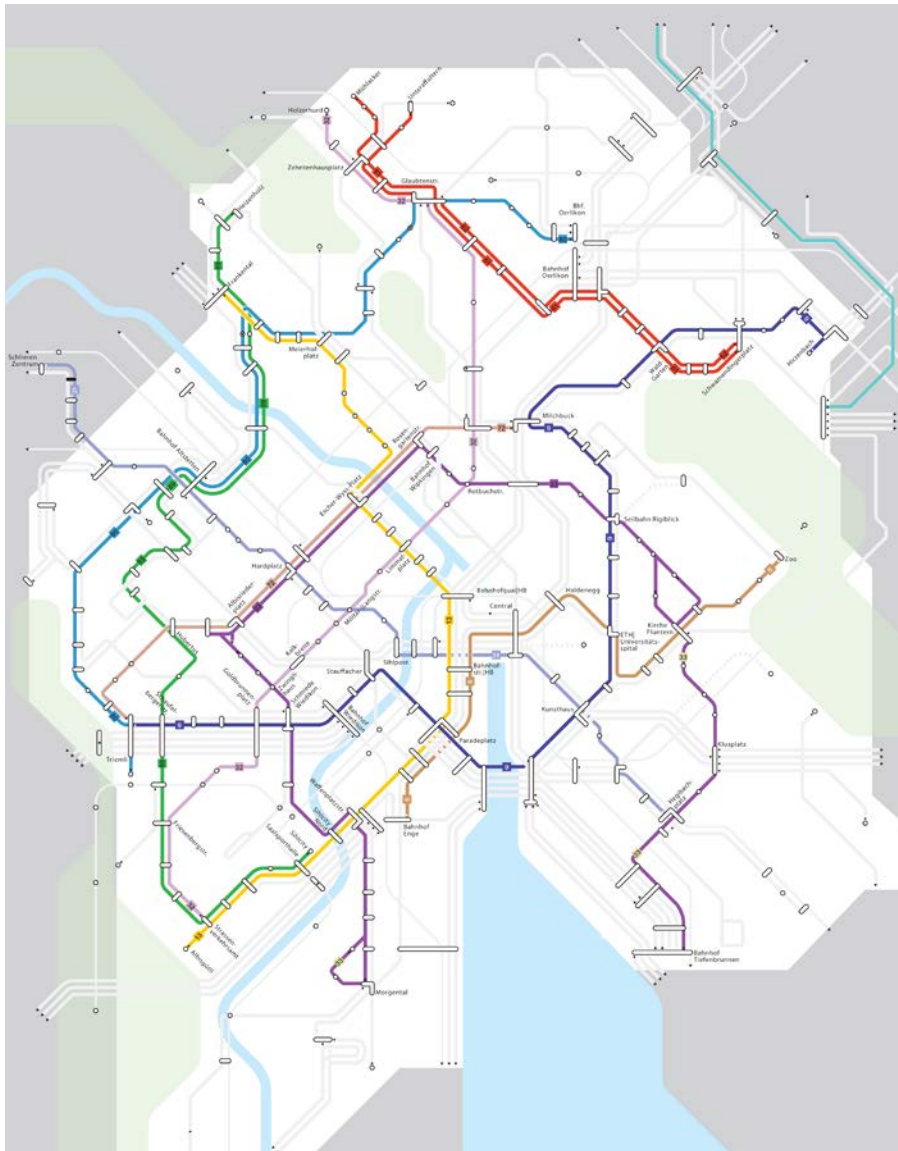


Abb. 4.75 Untersuchte Linien im Zürcher ÖV-Netz

4.1.3 Aufbereitung der Daten und Errechnung der Kenngrössen und VQS

Besetzung

Es wurde für die Betrachtung der Besetzungen auf die AFAZ-Daten zurückgegriffen. Die Zähldaten umfassen je Haltestelle die Zahl der Ein- und Aussteiger sowie die Anzahl der Fahrgäste im Fahrzeug nach dem Fahrgastwechsel. Über die Datensätze zu Zählfahrten konnten die eingesetzten Fahrzeuge eindeutig ermittelt werden. Somit wurden Fassungsvermögen und somit Besetzungsgrade ermittelt.

Die Belegungsichte der Stehflächen wurde in Personen je Quadratmeter ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass bei den betrachteten Zuständen im Fahrzeug alle Sitzplätze belegt seien, wenn die Zahl der Fahrgäste die Zahl der Sitze überschreitet. So konnte direkt auf die Zahl der stehenden Fahrgäste und damit unter Kenntnis der im Fahrzeug verfügbaren Stehflächen mittels des in (Weidmann 1995) entwickelten Verfahrens auf die Dichte der in den Türäumen stehenden Fahrgäste geschlossen werden.

Kursfolgezeiten (Regelmässigkeit)

Bei der Betrachtung der Kursfolgezeit ist in den Datensätzen die Identifikation von Vorgänger- bzw. Nachfolgekursen wichtig. Dies ist im AFAZ Datensatz kaum möglich, da aufgrund der Ausstattungsquote nur selten zwei ausgerüstete Fahrzeuge auf aufeinanderfolgenden Kursen im Einsatz sind. Daher wird hierzu die Datenbank der Positionsdaten verwendet, die alle Fahrzeuge, die zu einem gegebenen Zeitpunkt im Verkehr sind, erfasst.

Pünktlichkeit

Für die Pünktlichkeitserfassung wurden entsprechend die gemessenen Fahrtverläufe aus dem AFAZ mit den fahrplanmässigen abgeglichen. Dazu wurden die Einträge in der Fahrtverlaufstabelle zunächst entsprechend der einzelnen Zählfahrten und der Abfolge der Haltestellen auf einer Fahrt sortiert. Im Anschluss daran können über die Zählfahrt das zugehörige Fahrzeitprofil und damit die Planfahr- und -haltezeiten zu bzw. an den Haltestellen bestimmt werden. Ein Fahrzeitprofil enthält hierbei die Fahr- und Haltezeiten, die auf einer Linie zu einem bestimmten Zeitpunkt eingeplant werden. Ausserdem kann hierbei auf Daten aus dem Positionserfassungssystem zurückgegriffen werden.

Geschwindigkeiten

Für die Erfassung der Geschwindigkeitsdaten werden für die ÖV-Linien Datensätze aus dem AFAZ verwendet. Damit können mittlere Geschwindigkeiten zwischen zwei Haltestellen aus den Datensätzen zum Fahrtverlauf errechnet werden, da die Fahr- sowie Haltezeiten erfasst werden und die Entfernung zwischen den Haltestellen hinterlegt ist. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten des MIV, die als Referenzgrösse dienen, werden aus den FCD-Daten ermittelt.

Die weiteren Einflüsse, wie etwa die Eigentrassierung, sind dabei insoweit berücksichtigt, als dass durch die Auswahl der zu untersuchenden Linie sichergestellt wurde, dass sich solche Fälle in den Daten wiederfinden und somit in die Analyse einfließen.

4.2 Auswertung

4.2.1 Pünktlichkeit

Der gewählte Indikator für die Pünktlichkeit ist derjenige Anteil der Fahrzeuge, der rechtzeitig an einer bestimmten Haltestelle ankommt. Hierbei muss eine Spanne definiert werden, innerhalb derer eine Fahrzeugankunft als pünktlich gilt. Bei den VBZ ist diese Spanne als 30 Sekunden bevor bis 60 Sekunden nach der geplanten Abfahrtszeit definiert. Allerdings ist diese Schwelle sehr streng, da damit ein grosser Teil der Fahrzeuge insbesondere während der Hauptverkehrszeiten als unpünktlich gelten würde. Aus diesem Grund und unter Berücksichtigung, dass die Ergebnisse dieser Arbeiten auf nationaler Ebene umgesetzt werden, wurde ein konservativeres Kriterium ausgewählt, um die VQS zu definieren. Die gewählten Grenzwerte sind 30 Sekunden bevor bis 180 Sekunden (3 Minuten) nach der geplanten Abfahrtszeit. Teilweise bewegen sich diese Grenzen an der Schwelle von geplanten Umstiegen, allerdings stellt sich in solchen Fällen die Frage, inwieweit solche Anschlüsse sicher gewährleistet werden können. Die aggregierten Ergebnisse für alle untersuchten Linien je Zeitperiode (und gesamt) sind in Abb. 4.76 dargestellt.

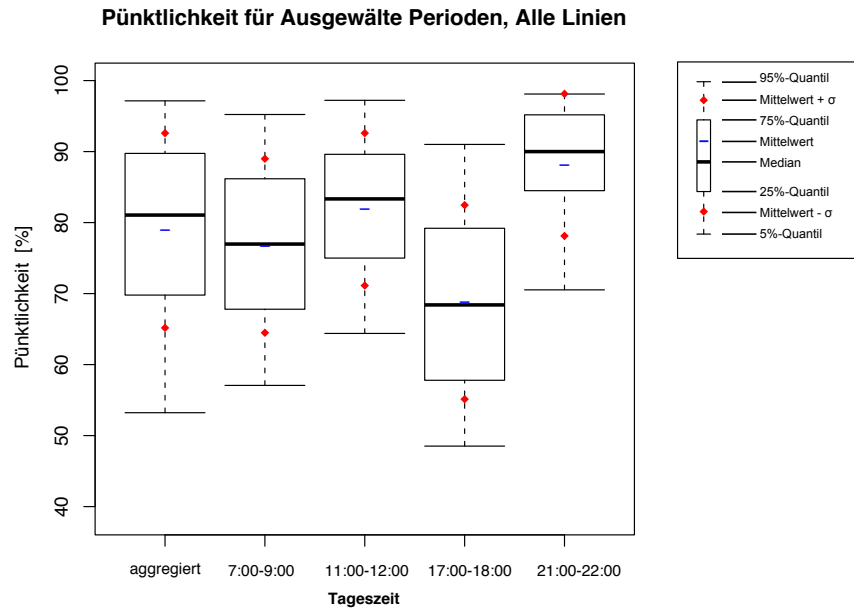


Abb. 4.76 Erreichte Pünktlichkeitsniveaus

Darin wird deutlich, dass die Pünktlichkeit während der beiden Hauptverkehrszeiten (7.00-9.00 und 17.00-18.00 Uhr) deutlich verringert ist. Dies gilt vor allem für den Abend, wenn die mittlere Pünktlichkeit über alle Linien bei dem Kriterium von -30/+180 Sekunden unter 70% fällt. Im Spätabend hingegen (21.00-22.00 Uhr) liegt die mittlere Pünktlichkeit aller Linien über 85%. Eine Verteilung der aggregierten Werte für alle Linien und Zeiten zeigt, dass über 80% der Abfahrten pünktlich sind und nicht mehr als ein Viertel der Haltestellen mit Pünktlichkeiten von weniger als 70% bedient wird.

4.2.2 Regelmässigkeit

Für die Auswertung wurden jeweils die Variationskoeffizienten der Kursfolgezeit für die Untersuchungszeiträume ermittelt. Dieser ist eine über den Mittelwert normierte Standardabweichung und gibt damit ein relatives Mass für die Streuung an. Über alle Datensätze hinweg ergibt sich damit das Bild gemäss Abb. 4.77. Dies zeigt das Bild eines im Ganzen äusserst regelmässigen Betriebes. Deutlich wird das daran, dass etwa im TCQSM (TRB, 2003) bereits bei Unterschreiten eines Variationskoeffizienten von 0.30 die VQS B bestimmt wird, was in diesem Fall für etwa zwei Drittel der Daten zutreffen würde. Weiter würde nach diesen Kriterien VQS E kaum und VQS F nahezu nie vergeben, was die bereits hohe Qualität im schweizerischen ÖV zeigt. Daraus geht die Notwendigkeit zur Entwicklung einer schärferen Skala hervor, die den hiesigen Verhältnissen und den Erwartungen der Fahrgäste besser entspricht.

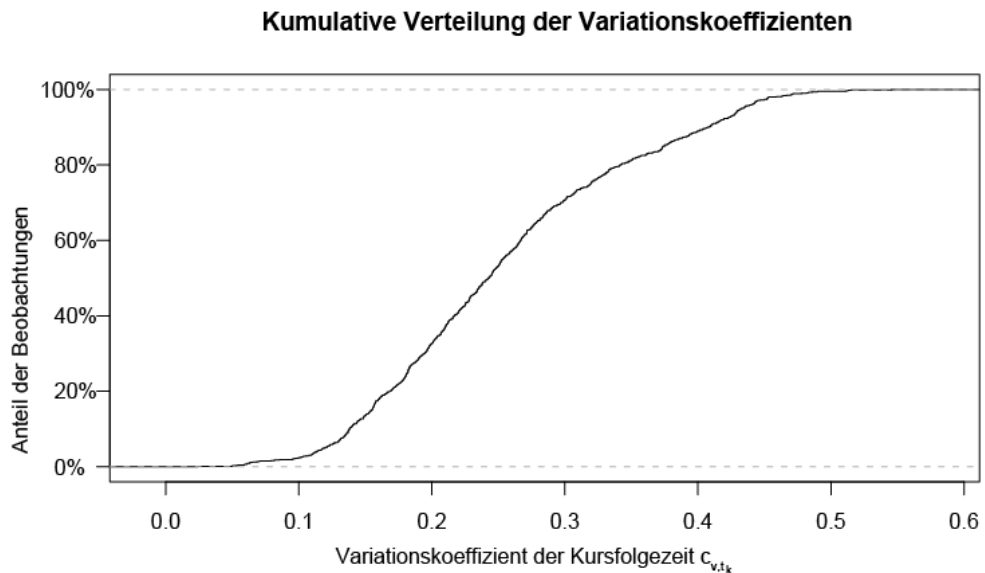


Abb. 4.77 Verteilung der Variationskoeffizienten in den Messwerten

Abb. 4.78 zeigt die Verteilung der Variationskoeffizienten für die verschiedenen Zeiträume. Auch hier wird deutlich, dass ausserhalb der Stosszeiten ein zuverlässigerer Betrieb stattfindet. Insbesondere während des morgendlichen Berufsverkehrs wurden recht hohe Variationskoeffizienten beobachtet, jedoch liegt der Mittelwert noch immer unter 0.4, und nicht mehr als 75% der Werte überschreiten einen Wert von 0.45. Auch diese Ergebnisse bestätigen die Notwendigkeit einer strengeren VQS-Skala für den schweizerischen Kontext, die der höheren Qualität durch strengere Kriterien Rechnung trägt.

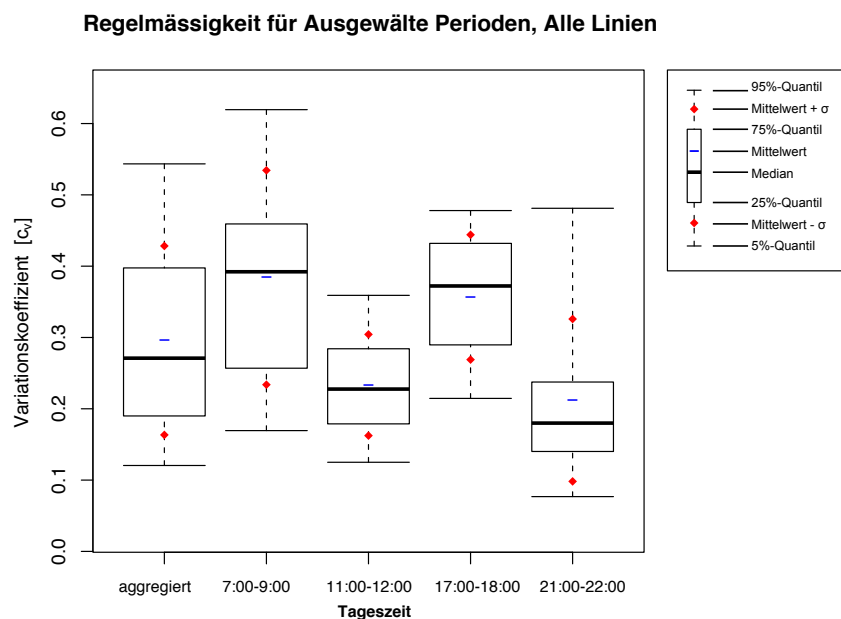


Abb. 4.78 Verteilung der Variationskoeffizienten in verschiedenen Tageszeiten

4.2.3 Geschwindigkeit

Aufbereitung der ÖV-Daten

Die Rohdaten der zu untersuchenden Linien wurden aus der AFAZ-Datenbank ausgelesen und im csv-Format gespeichert. Mittels der Statistiksoftware R erfolgten die wesentlichen Sortierungs- und Berechnungsschritte.

Aufbereitung der MIV-Daten

Die MIV-Daten wurden bereits als aggregierte Werte in Form von Geschwindigkeiten mit zugehöriger Position und Zeit geliefert. Anhand der Positionsdaten konnten sie dem Format der ÖV-Daten (Abschnitte Haltestelle-Haltestelle) angeglichen werden, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Dabei konnten fast alle Linien der Auswertung abgedeckt werden.

Vergleich

Für den Vergleich wurden die Daten beider Verkehrsträger zusammengeführt. Für die folgenden Linien wurden detaillierte Vergleichsbetrachtungen durchgeführt, in Klammern ist das Jahr der Datenbasis genannt: 6 (2010), 13 (2011), 31 (2010, 2011) und 72 (2010, 2011).

Die Vergleichsgrösse ist dabei das Verhältnis des Medians der Reisegeschwindigkeit des ÖV zum Median der Fahrgeschwindigkeit des MIV. Ein Wert von beispielsweise 0.50 bedeutet, dass der ÖV im betrachteten Abschnitt im Mittel nur halb so schnell wie der MIV ist. Der Median wurde an Stelle des arithmetischen Mittelwerts gewählt, weil die MIV-Werte eine teils starke Streuung aufweisen. Abb. 4.79 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für die Tramlinie 13.

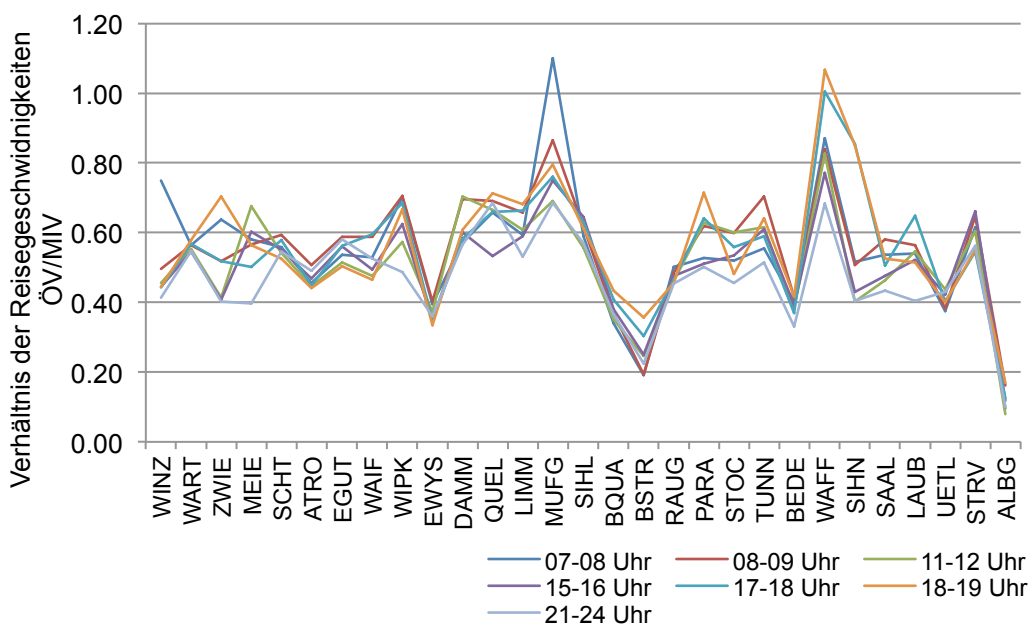


Abb. 4.79 Verhältnis der Reisegeschwindigkeiten öV:MIV der Linie 13, Fahrtrichtung Frankental – Albisgütli

Der sehr niedrige Wert für die Endhaltestelle resultiert aus der Wendezeit, die in den Daten als Haltezeit erscheint. Um das Ergebnis nicht zu verzerren, werden diese Abschnitte in den weiteren Betrachtungen daher nicht berücksichtigt.

4.2.4 Auslastung

Für die Festlegung der Richtwerte der Auslastungen soll, wie eingangs beschrieben, für niedrige Auslastungen eine komfortorientierte Bewertung und für höhere Auslastungen eine leistungsfähigkeitsorientierte Bewertung erfolgen. Dazu wurden die in (Weidmann 1995) ermittelten Ergebnisse durch die Messdaten abgestützt. Damit eine Auswertung für alle Fahrzeugtypen erfolgen und damit eine für alle Fahrzeuge gültige Richtwerteskala erstellt werden kann, ist zunächst zu untersuchen, inwieweit sich die einzelnen Fahrzeugtypen hinsichtlich der den Fahrgastwechsel beeinflussenden Kriterien unterscheiden. Um die Auswertung im

Hinblick auf die Kapazität durchzuführen, muss dabei vor allem ermittelt werden, inwieweit sich die einzelnen Fahrzeugtypen im Hinblick auf das Verhältnis der Sitz- zu den Stehplätzen, der Kapazität bezogen auf die Fahrzeuggrösse sowie die Anzahl der Türen bezogen auf die Fahrzeuggrösse in der Fahrzeugflotte unterscheidet. Diese Auswertung hat die in Abb. 4.80 zusammengefassten Ergebnisse ermittelt.

Abb. 4.80 Kenngrössen der Fahrzeugflotte

	Einheit	Mittelwert	Variationskoeffizient
Gesamtplätze je Fahrzeuglänge	[P/m]	5.89	0.06
Sitzplätze je Fahrzeuglänge	[Sitze/m]	2.42	0.05
Stehplätze je Fahrzeuglänge	[Stehplätze/m]	3.47	0.11
Stehfläche/Sitzplätze	[-]	1.44	0.13
Türen je Fahrzeuglänge	[Türen/m]	0.21	0.11

Quelle: VBZ-Webseite (VBZ 2011a, VBZ 2011b), eigene Darstellung

Es wird deutlich, dass die Streuung dieser Werte über die Fahrzeugflotte hinweg relativ klein ist und damit eine generalisierte Betrachtung erfolgen kann. Dieses ist insbesondere für die Entwicklung der Verkehrsqualitätsstufen von Bedeutung, da es sonst nötig wäre, verschiedene Skalen für verschiedene Fahrzeugtypen zu definieren.

Damit kann eine Auswertung der Auslastungen im Hinblick auf die Fahrgastwechselzeiten und für den gesamten Fahrzeugpark erfolgen. Zunächst sind aber einige Schritte nötig, um die Daten weiter für diesen Zweck aufzubereiten:

- Start- und Endhaltestelle sind zu entfernen, da hier in der Regel lange Wartezeiten ohne Fahrgastwechsel vorliegen.
- Fahrgastwechsel, bei denen weniger als 5 Fahrgäste ein- bzw. aussteigen, werden vernachlässigt, da hier die Türöffnungs- und -schliesszeiten dominieren und der Fahrgastfluss keine grosse Rolle spielt.
- Datensätze, bei denen eine Türöffnungszeit von 0 Sekunden verzeichnet wurde, werden entfernt, da hier entweder tatsächlich kein Fahrgastwechsel stattgefunden hat oder die Aufzeichnung fehlerhaft ist.
- Haltestellen mit Fahrerwechseln werden entfernt, da hier der Fahrerwechsel länger dauern kann als der eigentliche Fahrgastwechsel.
- Haltestellen, an denen Anschlüsse abgewartet werden, werden entfernt, da hierbei ebenfalls der Fahrgastwechsel nicht die massgebende Grösse darstellt.

Es ergibt sich damit eine Verteilung der Auslastungen über den Tag hinweg wie in Abb. 4.81 dargestellt. Deutlich werden dabei die Spitzenzeiten jeweils am Morgen und Abend. Daneben fällt auf, dass die schwächste Zeit am Tag zwischen 11.00 Uhr und 12.00 Uhr liegt und nach 12.00 Uhr bereits die Fahrgastzahlen wieder ansteigen. Insgesamt liegen die Durchschnittswerte fast ausschliesslich unter einer Auslastung von 30%, bezogen auf die Kapazität, die sich aus einer Vollbelegung der Sitzplätze und sowie Stehen mit 4 P/m² ergibt. Allerdings schwanken die Werte sehr stark, was durch hohe Variationskoeffizienten von 0.64 bis 0.90 deutlich wird. Dabei liegen die Höchstausslastungen bei Werten bis hin zu 180%, allerdings sind diese recht selten. Die 95%-Quantile reichen jedoch immer noch bis zu Auslastungen von 70%, was bei der zu Grunde gelegten Kapazität ein extremes Gedränge darstellt. Bei einer linien- und stundenspezifischen

schen Betrachtung liegt das höchste gemessene 95%-Quantil bei 77%.

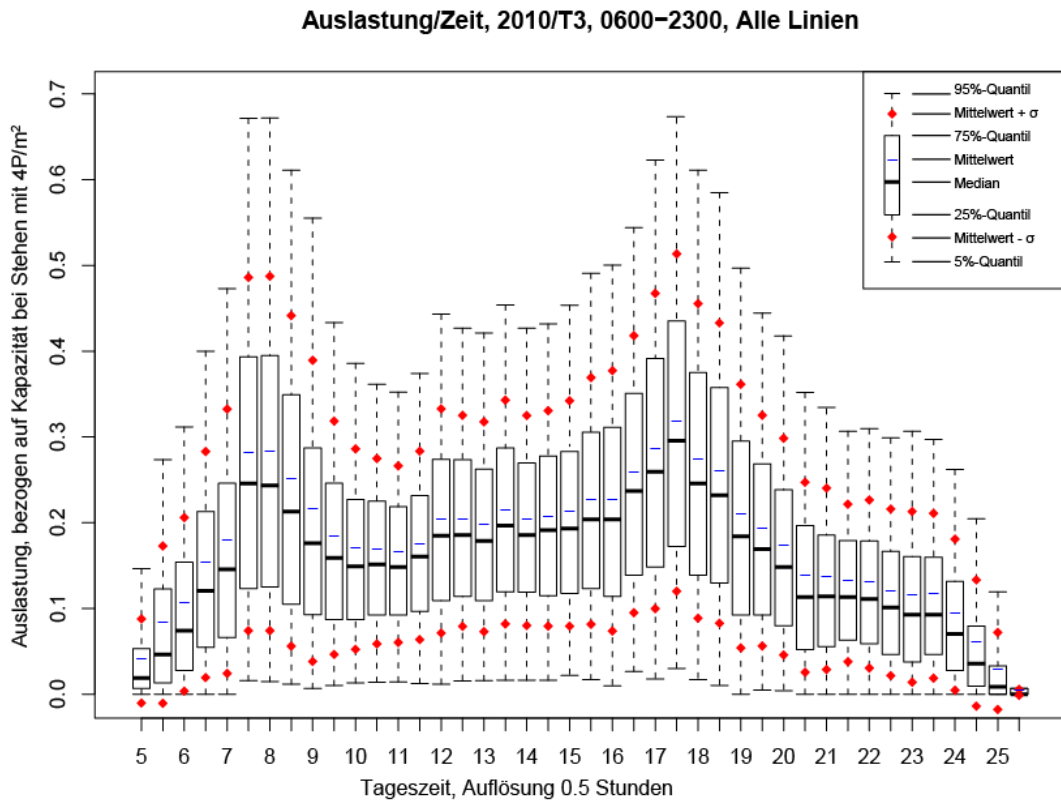


Abb. 4.81 Gemessene Auslastungen im Tagesverlauf

Es ergibt sich bei der Auswertung der Fahrgastwechselraten weiter eine Verteilung gemäss Abb. 4.82. Neben der bereits deutlich gewordenen Häufung der eher niedrigen Auslastung ist ausserdem der zunächst durch eine logarithmische Funktion sehr gut approximierbare Verlauf der Fahrgastwechselraten ersichtlicher. Diese Form der Funktion ist auf den Fahrgastfluss sowie die Aufteilung der Fixzeiten für das Öffnen und Schliessen der Türen auf immer mehr Fahrgäste zurückführbar. Dies gilt bis zu einer Stehdichte von 3 P/m^2 (was einer Auslastung von etwa 0.844 bezogen auf eine Vollaustung bei 4 P/m^2 entspricht). Darüber setzen eine starke Fluktuation sowie ein Einbrechen der Fahrgastwechselraten ein, die auf das gegenseitige Behindern der Fahrgäste bei hohen Dichten zurückzuführen ist. Diese Ergebnisse decken sich mit denen aus (Weidmann 1995).

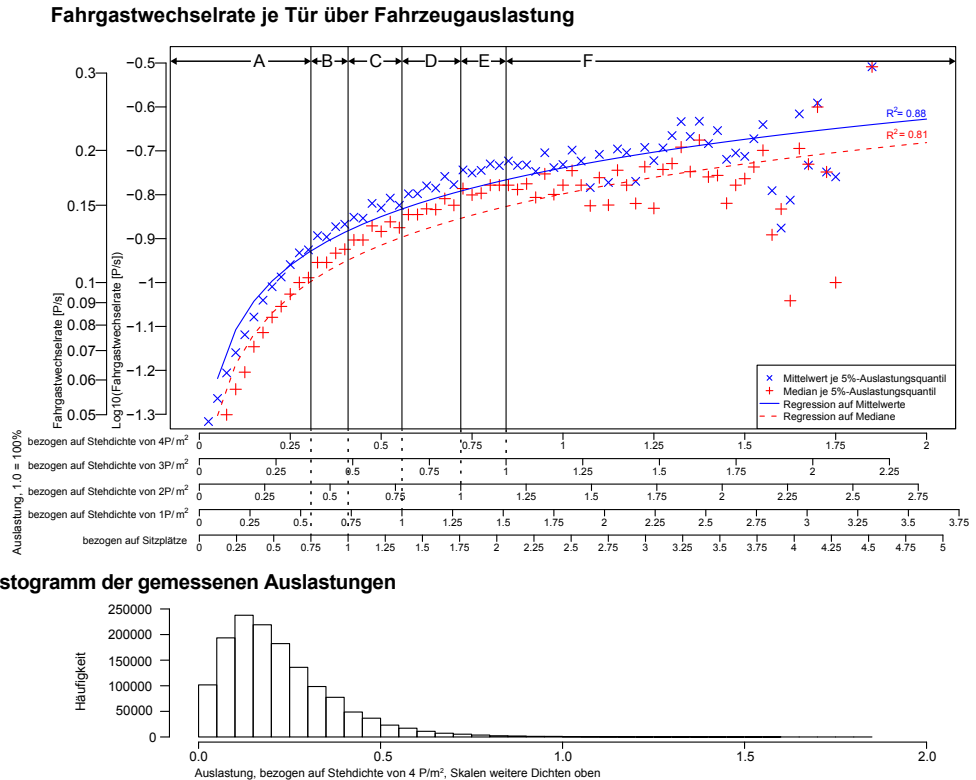


Abb. 4.82 Gemessene Auslastungen und Fahrgastwechselraten

4.3 Richtwerte

4.3.1 Pünktlichkeit

Die Pünktlichkeit gibt zusammen mit der Zuverlässigkeit eine direkte Aussage über die Planbarkeit eines Weges mit dem ÖV. Im Idealfall ist dabei eine Fahrt im ÖV absolut zuverlässig und es kann in jedem Fall damit gerechnet werden, die Fahrt so wie geplant zu absolvieren. Dies würde eine Pünktlichkeitsquote von 100% bedeuten.

Es wird daher für die VQS A eine Pünktlichkeitsquote von 95% festgelegt, wobei eine Fahrt als pünktlich gilt, wenn sie innerhalb des Zeitraums zwischen 30 Sekunden vor und 180 Sekunden nach der geplanten Fahrt erfolgt. Dies bedeutet, dass statistisch maximal jede 20. Fahrt eines Fahrgastes eine unpünktliche Fahrt enthält. Unter der Annahme eines Pendlers, der an 5 Tagen je Woche mit dem ÖV zur Arbeit und zurück fährt, bedeutet dies, dass im Schnitt alle zwei Wochen eine Fahrt unpünktlich ist. Dies heisst dabei noch nicht, dass die Fahrt verunmöglicht wird, da bei Verbindungen ohne Umstiege kleine Verspätungen keine grösseren Auswirkungen haben und bei Verbindungen mit Umstiegen oft erst ein Verspätungsausmass erreicht werden muss, dass weit über dem Pünktlichkeitskriterium liegt, um einen Anschluss zu gefährden.

Auf der anderen Seite wird VQS F vergeben, wenn die Pünktlichkeitsquote unter 75% liegt. In diesem Fall würde der oben beschriebene Pendler jeden zweiten Tag eine unpünktliche Fahrt erleben, womit die Planbarkeit leidet und vor allem der ÖV nicht mehr als zuverlässiges Verkehrsmittel wahrgenommen wird.

Mit der Aufteilung des Raumes zwischen diesen beiden Grenzen in gleich grosse Intervalle ergibt sich die VQS-Skala gemäss Abb. 4.83.

Im dem Fall, dass an einer zu beurteilenden Haltestelle Anschlüsse zu gewährleisten sind, wird eine strengere Beurteilung empfohlen. Das Verpassen eines Anschlusses bedeutet für Fahrgäste in der Regel eine deutliche, frustrierende Verlängerung der Reisezeit. Im schlimmsten Fall kann es sogar die Verhinderung eines Weges bedeuten, wenn zum Beispiel der letzte Kurs eines Tages nicht mehr erreicht wird. Dies kann berücksichtigt werden, wenn nur die VQS A und B als akzeptabel angesehen werden und folglich die Messwerte der VQS C-F mit F bewertet werden.

Abb. 4.83 VQS für die Pünktlichkeit

VQS	% pünktlich	Erläuterung
A	≥ 95%	Fast alle Fahrten pünktlich, Pendler erfahren unpünktliche Fahrt nicht häufiger als alle zwei Wochen
B	< 95%, ≥ 90%	Einige verspätete Fahrten, Pendler erfahren Verspätung aber nicht häufiger als einmal pro Woche
C	< 90%, ≥ 85%	Pendler erfahren Verspätung 1-2 Mal pro Woche.
D	< 85%, ≥ 80%	Häufige Verspätungen, Pendler erfahren Verspätung bis zu drei Mal je Woche
E	< 80%, ≥ 75%	Häufige Verspätungen, Pendler erfahren unpünktliche Fahrt bis zu vier Mal pro Woche
F	< 75%	Sehr häufige Verspätungen, mindestens jeden zweiten Tag erfahren Pendler eine Verspätung.

¹Als pünktlich gilt eine Fahrt, wenn die tatsächliche Abfahrt innerhalb des Zeitraums von 30 Sekunden vor der geplanten Abfahrt und 180 Sekunden nach der geplanten Abfahrt erfolgt.

²An Haltestellen, an denen ein Umstieg gewährleistet werden muss, sind deutlich schärfere Kriterien anzulegen, da eine Verspätung dort bereits eine Verunmöglichung des Weges oder zumindest eine beträchtliche Verspätung bedeuten kann. Es wird daher empfohlen, dort VQS B anzustreben und ein Unterschreiten bereits als VQS F einzuordnen.

Dies mag zunächst streng erscheinen, da das Pünktlichkeitskriterium mit der Obergrenze von 180 Sekunden teilweise weitaus schärfer ist als die von einigen schweizerischen Verkehrsbetrieben vorgenommene Einteilung. In Abb. 4.84 wird jedoch deutlich, dass die Ziel-VQS, wie in Abschnitt 3.6.2 erläutert, durchaus erreicht werden können. Die einzige Ausnahme bildet hierbei die Abendspitzenstunde, in der nur 40% der Kurse die VQS E erreichen. Während dieser Zeit liegt allerdings die höchste Belastung vor, und auch andere Verkehrsmittel verkehren nicht regelmässig.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass diese Werte im städtischen ÖV ermittelt wurden, bei dem die Verhältnisse einerseits durch den sehr dichten Verkehr erheblich erschwert sind und ausserdem Linien untersucht wurden, die allesamt in den Spitzenzeiten und mit einem 7.5-Minuten-Takt recht dicht verkehren. Unter diesen Umständen geht die Pünktlichkeit in die Gesamtbewertung nur mit einer Gewichtung von 0.47 ein, da das Hauptaugenmerk auf der Regelmässigkeit der Verkehre liegt. Schliesslich wurde ein Mittelwert über alle Haltestellenwerte innerhalb der jeweiligen Zeiträume gebildet, wodurch die gerade zum Ende einer Linie naturgemäss niedrigen Pünktlichkeiten die Gesamtbewertung beeinträchtigen. Die VQS-Ziele im Ganzen werden ausserdem weiterhin erreicht, da dieser Indikator in der Mehrzahl der Fälle VQS E oder besser erreicht und in der Gesamtbewertung VQS C bzw. B erreicht wird.

Abb. 4.84 VQS-Anteile der Messwerte

Verkehrszeit	VQS						% VQS E oder besser
	A	B	C	D	E	F	
ganzer Tag	12.38%	14.48%	17.57%	10.89%	13.99%	30.69%	69.31%
07.00-09.00	10.34%	13.30%	13.79%	10.84%	18.72%	33.00%	67.00%
17.00-18.00	0.50%	7.43%	10.89%	8.42%	12.87%	59.90%	40.10%
11.00-12.00	9.90%	10.89%	22.77%	13.37%	17.33%	25.74%	74.26%
21.00-22.00	28.86%	26.37%	22.89%	10.95%	6.97%	3.98%	96.02%

Messwerte je Haltestelle und Zeitraum erhoben und je Zeitraum über alle Haltestellen gemittelt.

4.3.2 Regelmässigkeit

Für die Regelmässigkeit lassen sich die VQS aus der Wahrscheinlichkeit bestimmen, mit der ein bestimmter gestörter Zustand auftritt. Konzeptionell ist dieses Verfahren analog zum TCQSM (TRB, 2003), allerdings sind die VQS-Grenzen anzupassen, da bei der Auswertung der Messwerte deutlich wurde, dass in der Schweiz merklich höhere Niveaus erreichbar sind. Unter der Annahme einer Normalverteilung der Kursfolgezeiten lassen sich für verschiedene Werte der Variationskoeffizienten die entsprechenden Verteilungen errechnen, da gilt:

$$c_{v,t_K} = \frac{\sigma}{\mu}$$

wobei c_{v,t_K} der Variationskoeffizient der Kursfolgezeiten ist, σ die Standardabweichung und μ der Mittelwert, in diesem Fall idealisiert, die Kursfolgezeit. Unter einer gegebenen Standardabweichung und Kursfolgezeit lässt sich die Standardabweichung bestimmen, womit alle Parameter der Normalverteilung bekannt sind. Damit lassen sich unter der Vorgabe von maximal akzeptablen Anteilen ausserhalb des Toleranzbands ($\pm 50\%$ der regulären Kursfolgezeit) liegender Kursfolgezeiten die Grenzen für die Variationskoeffizienten herleiten, wie dies in Abb. 4.85 dargestellt ist.

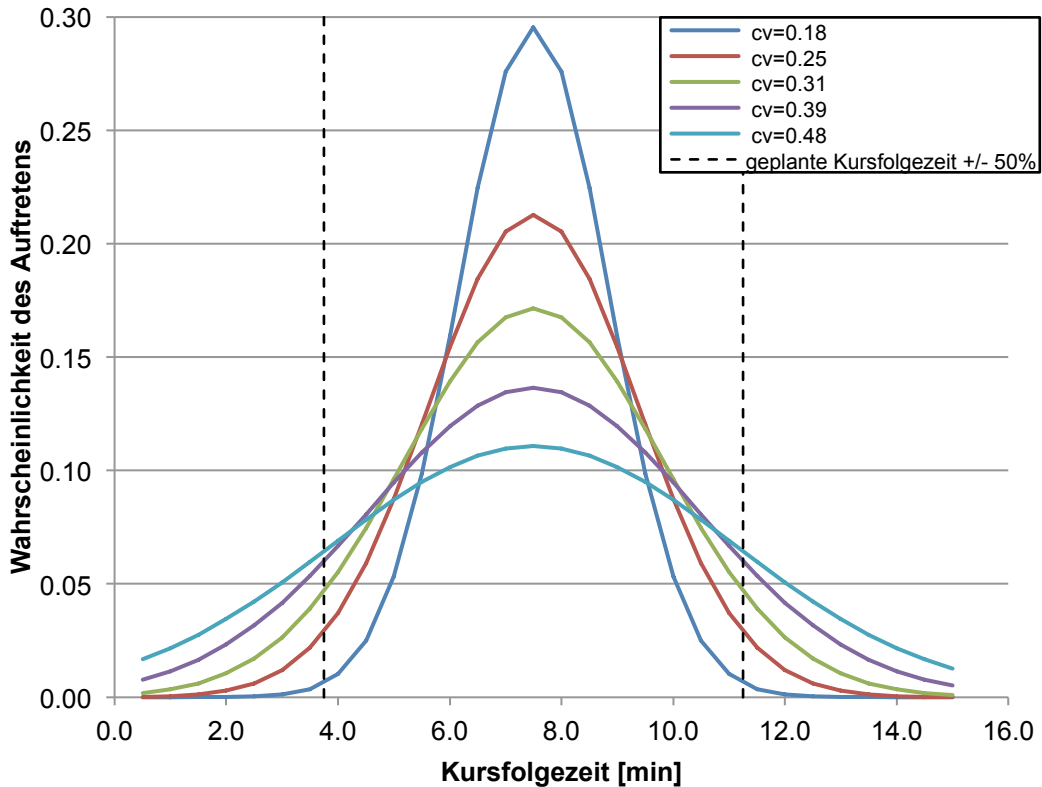


Abb. 4.85 Darstellung der Verteilung der Kursfolgezeiten unter verschiedenen Variationskoeffizienten, Basis 7.5 Minuten als reguläre Kursfolgezeit

Damit lassen sich die in Abb. 4.86 zusammengestellten Grenzen zwischen Verkehrsqualitätsstufen bestimmen. Die den einzelnen VQS zu Grunde liegenden Auswirkungen auf die Kursfolgezeiten und Wartezeiten sind dort ebenfalls zusammengefasst.

Abb. 4.86 VQS für die Regelmässigkeit

VQS	Variationskoeffizient c_{v,t_K}	Erläuterung	
		Fall A: Abweichung von der geplanten Kursfolgezeit von über 50%	
		Fall B: Eine Fahrgast wartet mehr als die halbe Kursfolgezeit + 50%	
		p(A)	p(B)
A	$c_{v,t_K} \leq 0.18$	$p(A) \leq 0.005$	$p(A) \leq 0.004$
B	$0.18 < c_{v,t_K} \leq 0.25$	$0.005 < p(A) \leq 0.05$	$0.004 < p(A) \leq 0.034$
C	$0.25 < c_{v,t_K} \leq 0.30$	$0.05 < p(A) \leq 0.10$	$0.034 < p(A) \leq 0.08$
D	$0.30 < c_{v,t_K} \leq 0.39$	$0.10 < p(A) \leq 0.20$	$0.08 < p(A) \leq 0.15$
E	$0.39 < c_{v,t_K} \leq 0.48$	$0.20 < p(A) \leq 0.30$	$0.15 < p(A) \leq 0.22$
F	$c_{v,t_K} < 0.48$	$p(A) \leq 0.30$	$p(A) \leq 0.22$

4.3.3 Geschwindigkeit

Wie bereits im Kapitel 3.5.2 beschrieben, kann von einer hohen Qualität ausgegangen werden, wenn der ÖV gleich schnell oder schneller als der MIV ist (Verhältnis ÖV:MIV ≥ 1). Dieses Verhältnis wird im Folgenden als $r_{\text{öv,miv}}$ bezeichnet. Somit kann dies als Grenze zwischen den VQS A und B festgelegt werden. Schwieriger ist hingegen eine möglichst sinnvolle Unterteilung des verbleibenden Bereichs.

Eine naheliegende Möglichkeit ist, die Einteilung anhand der zu erwartenden Nachfrageeffekte durchzuführen. Dazu wurde eine Einteilung anhand eines Modells für den ÖV-Modalsplit gewählt und die daraus abgeleitete Aufteilung anhand der Messwerte validiert. Ein wichtiger Indikator für die Attraktivität des ÖV ist dessen Anteil am Verkehrsaufkommen, sein Modal Split. In (ITP 2006, S. 45) findet sich folgendes Modell:

$$a_{ij,\delta V,ist} = \frac{1}{1.1 + e^{g_1 + g_2 \cdot \frac{W_{ij,MIV}}{W_{ij,\delta V}}}} - a_0$$

Hierbei steht $a_{ij,\delta V,ist}$ für den Modal Split des ÖV und W_{ij} für die Verkehrswiderstände, g_1 , g_2 und a_0 sind Parameter und haben folgende Werte: $g_1 = 3.5$, $g_2 = -4.2$ und $a_0 = 0.03$. Die Verkehrswiderstände können vereinfachend mit den Reisezeiten t_R gleichgesetzt werden, was wiederum den Kehrwerten der Reisegeschwindigkeiten v_R entspricht:

$$\frac{W_{ij,MIV}}{W_{ij,\delta V}} = \frac{t_{R,ij,MIV}}{t_{R,ij,\delta V}} = \frac{v_{R,ij,\delta V}}{v_{R,ij,MIV}}$$

Dieses Verhältnis der Reisegeschwindigkeiten ist aber nichts anderes als das Verhältnis $r_{\delta V,miv}$, das als Ergebnis der Datenauswertung bereits vorliegt. Nun können durch sinnvolle Vorgabe von Modal Split Anteilen des ÖV die zugehörigen Geschwindigkeitsverhältnisse berechnet werden (Abb. 4.87).

Abb. 4.87 *Untersuchte Messgrößen und deren Erfassung*

VQS	$a_{ij,\delta V}$	$r_{\delta V,miv}$
A	≥ 60%	≥ 1.00
B	< 60%, ≥ 40%	< 1.00, ≥ 0.78
C	< 40%, ≥ 20%	< 0.78, ≥ 0.55
D	< 20%, ≥ 10%	< 0.55, ≥ 0.38
E	< 10%, ≥ 5%	< 0.38, ≥ 0.25
F	< 5%	< 0.25

In Abb. 4.88 ist dies in grafischer Form dargestellt.

Modellierung des öV-Anteils

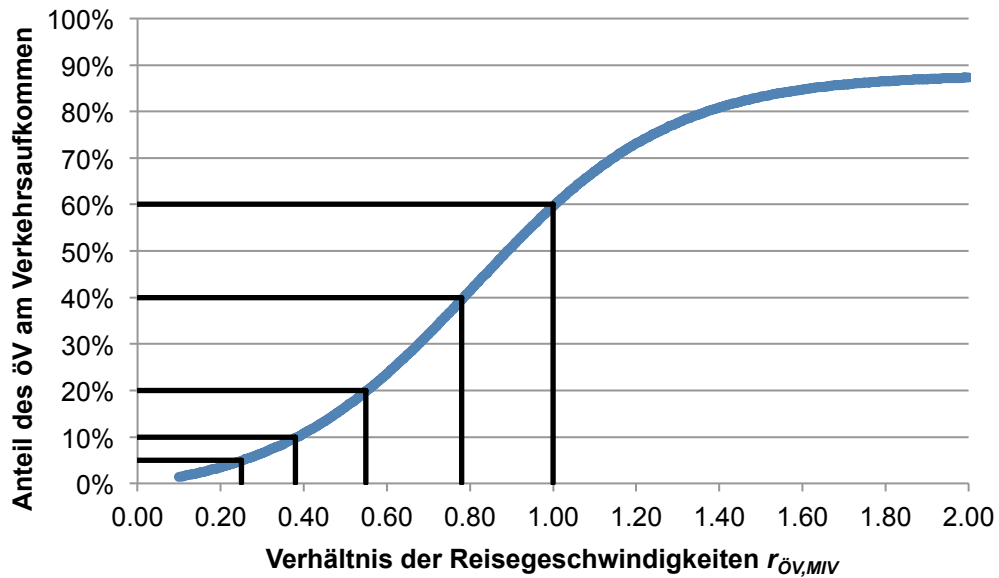


Abb. 4.88 Ableitung der Stufung für die VQS-Einteilung

Zur Validierung ist diese VQS-Einteilung nun auf die ausgewerteten Daten anzuwenden. Es soll damit sichergestellt werden, dass die abgeleiteten Geschwindigkeitsverhältnisse auch tatsächlich in der Schweiz vorkommen und erreicht werden können. Eine Übersicht darüber gibt Abb. 4.89.

Validierung anhand der Istdaten

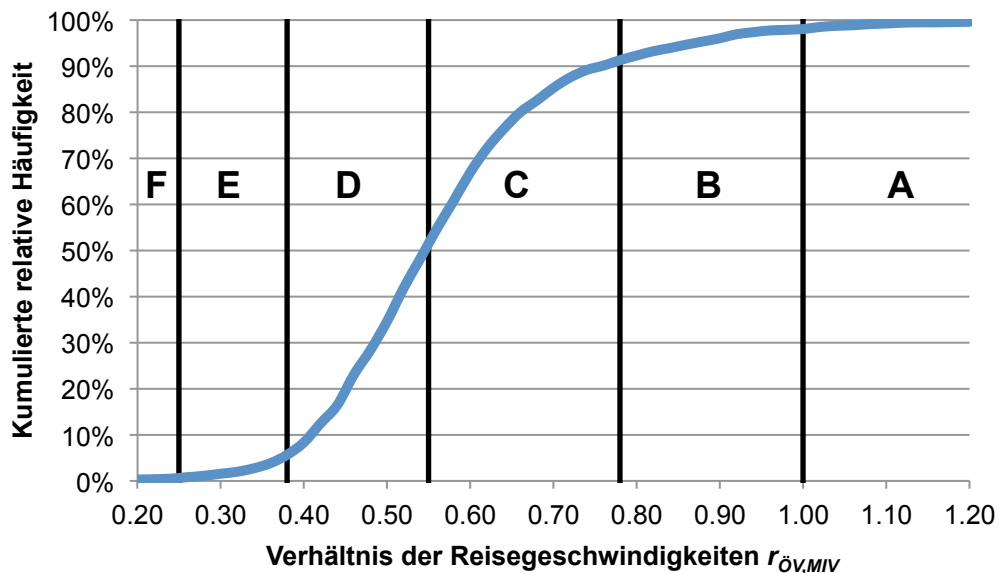


Abb. 4.89 Validierung der Stufung für die VQS-Einteilung

Es ist wichtig, zur Kenntnis zu nehmen, dass trotz der Ähnlichkeit der beiden Abbildungen zwei grundlegend verschiedene Sachverhalte dargestellt werden. Das Validierungsdiagramm stellt die kumulierten relativen Häufigkeiten der Geschwindigkeitsverhältnisse dar, während das Modelldiagramm den theoretischen Modal Split des ÖV zeigt.

Gemäss dieser Einteilung liegen ca. 40% der Werte in der VQS C und weitere ca. 45% in der VQS D. Auf den ersten Blick mag dies befremdlich wirken, betrachtet man aber die Zusammensetzung der Daten, erscheint es in anderem Licht: etwa die Hälfte der Daten bilden die beiden Hauptverkehrszeiten des Tages ab. Hinzu kommt der Einfluss der in der Schweiz meist recht geringen mittleren Haltestellenabstände, der sich negativ auf die Reisegeschwindigkeit auswirkt. Somit kann das Ergebnis als durchaus akzeptabel angesehen werden und dürfte die realen Verhältnisse gut abbilden. Abb. 4.90 fasst die Ergebnisse zusammen.

Abb. 4.90 berechnete VQS für die Beförderungsgeschwindigkeit

VQS	Beförderungsgeschwindigkeit ÖV relativ zur MIV	Erläuterung
A	$r_{\text{ÖV},\text{MIV}} \geq 1.00$	Fahrt per ÖV ist gleich schnell oder sogar schneller als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 60%
B	$0.78 \leq r_{\text{ÖV},\text{MIV}} < 1.00$	Fahrt mit ÖV dauert kaum länger als mit MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 40%
C	$0.55 \leq r_{\text{ÖV},\text{MIV}} < 0.78$	Fahrt mit ÖV dauert ein wenig länger als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 20%
D	$0.38 \leq r_{\text{ÖV},\text{MIV}} < 0.55$	Fahrt mit ÖV dauert deutlich länger als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 10%
E	$0.25 \leq r_{\text{ÖV},\text{MIV}} < 0.38$	Fahrt mit ÖV dauert viel länger als der MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 5%
F	$r_{\text{ÖV},\text{MIV}} < 0.25$	Fahrt mit ÖV dauert ein Vielfaches der Fahrt mit MIV, Modal Split Anteil ÖV nicht höher als 5%

4.3.4 Auslastung

Aufgrund der Betrachtungen in (Weidmann 1995) sowie der Messwerte, die in Abschnitt 4.3.4 untersucht wurden, sind nun die Verkehrsqualitätsstufen festzulegen. Dabei soll die Stufe „F“, also der inakzeptable Zustand, als derjenige Zustand definiert sein, bei dem ein regelmässiger Betrieb nicht mehr möglich ist. Unter Berücksichtigung der Mess- und Modellwerte ergibt sich dieser Wert bei einer Stehdichte von ca. 3 P/m^2 bzw. einer auf 4 P/m^2 bezogenen Auslastung von 0.844. Die weiteren Grenzwerte sind dagegen komfortbezogen, da hierbei der Einfluss auf die Fahrgastwechselrate aus der Auslastung kaum merkbar ist. Die Grenze zu VQS A ist dort festzulegen, wo nicht nur alle Fahrgäste sitzen können, sondern auch (bei einer 2+2-Bestuhlung) mindestens ein Drittel der Fahrgäste einen freien Nebensitz hat.

Weiter sind die Zwischenstufen aufzuteilen. VQS B soll dann erreicht sein, wenn zumindest jeder Fahrgast sitzen kann. Die Grenze zwischen VQS C und D ist dann die Auslastung, bei der ein Übergang vom relativ bequemen Stehen in den Türäumen zum Stehen bis in die Gänge hinein, die tendenziell eher von Fahrgästen gemieden werden, stattfindet. Der Übergang zu VQS E schliesslich ist die Auslastung, bei der die Türäume gefüllt sind und auch in den Gängen kaum offener Platz verfügbar ist. Es ergibt sich damit die VQS-Skala gemäss Abb. 4.91. Diese ist ausserdem in Abb. 4.92 anhand der gemessenen Werte dargestellt.

Die gemessenen Auslastungen fallen damit mehrheitlich in den Bereich zwischen VQS A und C, Werte in den VQS D und E kommen vereinzelt vor, Werte, die der VQS F entsprechen kaum. Dies ist durchaus plausibel, da F unter allen Umständen und zumindest E nach Möglichkeit zu vermeiden ist.

Abb. 4.91 VQS für Fahrzeugauslastung

VQS	Fahrgastdichte $d^{(1)}$	Auslastung $a^{(2)}$	Erläuterung
A	$d \leq 0.75$ P/Sitz	$a \leq 0.311$	Bequemes Sitzen, freier Nebenplatz für mindestens ein Drittel der Fahrgäste
B	0.75 P/Sitz $< d \leq 1.00$ P/Sitz	$0.311 < a \leq 0.409$	Verfügbare Sitzplätze für jeden Fahrgast
C	1.00 P/Sitz $< d \leq 1$ P/m ²	$0.409 < a \leq 0.557$	Bequemes Stehen mit viel Freiraum
D	1 P/m ² $< d \leq 2$ P/m ²	$0.557 < a \leq 0.719$	leichtes Gedränge, Fahrgäste stehen auch in Gängen
E	2 P/m ² $< d \leq 3$ P/m ²	$0.719 < a \leq 0.844$	enges Stehen, auch Gänge voll ausgenutzt
F	$d > 3$ P/m ²	$a > 0.844$	sehr enges Stehen, Tür Räume überfüllt, Bewegung in Gängen behindert, Fahrgastwechselzeiten durch gegenseitige Behinderung stark beeinträchtigt

⁽¹⁾Stehdichten unter Annahme, dass alle Sitzplätze ausgenutzt werden.

⁽²⁾Auslastung bezogen auf Kapazität bei Vollbelegung Sitzplätze und Stehen mit 4 P/m²

Fahrgastwechselrate über Fahrzeugauslastung

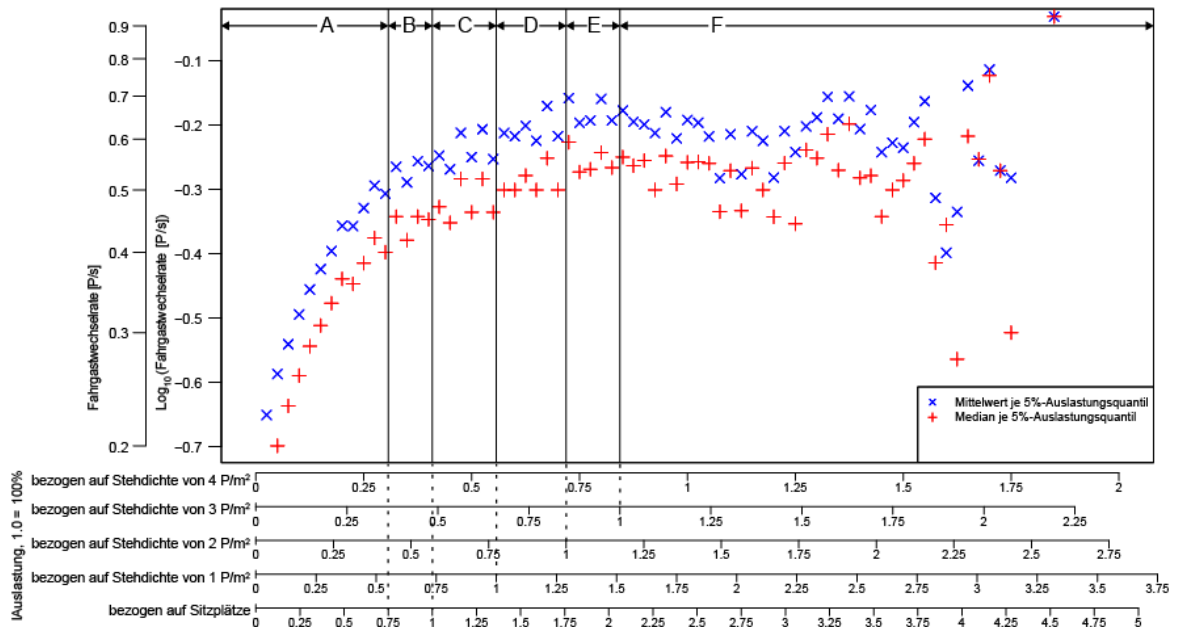


Abb. 4.92 VQS Einteilung und Messwerte der Fahrzeugauslastungen

4.4 Zusammenfassung

4.4.1 Vorgehen

Es ergibt sich aus diesen Richtwerten und dem Bewertungsmodell ein standardisiertes Vorgehen zur Qualitätsmessung, das im Folgenden zusammengefasst ist. Dabei wird aufsteigend von der kleinsten Auflösung, der Bewertung einzelner Indikatoren an einem einzelnen Element, bis hin zu einer Bewertung eines gesamten Netzes verfahren.

Bestimmung der VQS an Einzelementen und- Indikatoren

Es sind gemäss den Richtwerten, die in vorangegangenen Abschnitten bestimmt wurden, die VQS der einzelnen Elemente zu ermitteln. Den Bewertungsnoten sind die entsprechenden numerischen Punktzahlen zuzuordnen, die für die weitere Berechnung nötig sind. Dabei wird der Zahlenraum zwischen 0 und 1 in sechs Intervalle aufgeteilt und den jeweiligen VQS die in Abb. 4.93 gezeigte Punktzahl zugewiesen.

Abb. 4.93 Punktzahlenäquivalente der VQS

VQS	Umrechnung VQS → Punktzahl	Umrechnung Punktzahl → VQS	
		≤	>
A	1.000	-	0.833
B	0.833	0.833	0.667
C	0.667	0.667	0.500
D	0.500	0.500	0.333
E	0.333	0.333	0.167
F	0.167	0.167	-

Bestimmung der VQS an Einzelementen aus allen Indikatoren

Für diesen Schritt sind die Einzelindikatoren zusammenzufassen. Dies geschieht zuerst innerhalb der beiden Bewertungsaspekte, also Zeit und Raum und dann über die Aspekte hinweg. Für die Bewertung des Aspektes Zeit ist zunächst der Gewichtungsexponent w gemäss folgender Formel zu bestimmen:

$$w(t_K) = \begin{cases} 0 & t_K < t_{K,min} \\ 0.65151 \cdot \ln(t_K) - 0.84259 & t_K \in [t_{K,min}, t_{K,max}] \\ 1 & t_K > t_{K,max} \end{cases}$$

Es gilt hierbei

$w(t_K)$	Gewichtungsexponent
t_K	Kursfolgezeit
$t_{K,min}$	minimale Kursfolgezeit für Berücksichtigung der Pünktlichkeit
$t_{K,max}$	maximale Kursfolgezeit für Berücksichtigung der Regelmässigkeit

Und

$$t_{K,min} = 4 \text{ Minuten}$$

$$t_{K,max} = 17 \text{ Minuten}$$

Damit lässt sich die Teilbewertung für die Zuverlässigkeit aus den Punktzahlen der Teilbewertungen der Pünktlichkeit und Regelmässigkeit bestimmen, wobei folgende Berechnung zur Anwendung kommt:

$$VQS_{Zuverlässigkeit} = VQS_{Regelmässigkeit}^{1-w} \cdot VQS_{Pünktlichkeit}^w$$

Es lässt sich dann die Bewertung des Aspektes Zeit als Produkt der VQS-Punktzahlen von Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit ermitteln:

$$VQS_{Zeit} = VQS_{Zuverlässigkeit} \cdot VQS_{Geschwindigkeit}$$

Eine Ausnahme gilt für die jeweils letzte Haltestelle entlang einer Linie: Hier wird der Aspekt Zeit nur aufgrund der Zuverlässigkeit bestimmt und es gilt damit also

$$VQS_{Zeit,HstN} = VQS_{Zuverlässigkeit,HstN}$$

Wobei gilt

$VQS_{Zeit,HstN}$ VQS des Aspektes Zeit an der letzten Haltestelle

$VQS_{Zuverlässigkeit,HstN}$ VQS der Zuverlässigkeit an der letzten Haltestelle

An dieser Stelle kann gemäss Abb. 4.93 die VQS-Note für die beiden Aspekte gebildet werden. Schliesslich wird die Bewertung für das gesamte Element vorgenommen und dafür der Mittelwert zwischen der Bewertung der Aspekte gebildet. Dabei ist die Bewertung des Aspektes Raum gleich der Bewertung des Aspektes Besetzung, da dies der einzige Indikator für den Aspekt Raum ist.

$$VQS_{Element} = \frac{VQS_{Zeit} + VQS_{Raum}}{2}$$

Da im Fall der letzten Haltestelle im Linienverkauf wiederum kein folgendes Liniensegment existiert, ergibt sich die VQS des letzten Elementes direkt als die VQS der Zuverlässigkeit an diesem Element:

$$VQS_{Element,HstN} = VQS_{Zeit,HstN} = VQS_{Zuverlässigkeit,HstN}$$

Die Rückrechnung der VQS-Punktzahl in VQS-Noten erfolgt schliesslich anhand Abb. 4.93.

Bewertung von Linienabschnitten oder Netzen

Schliesslich kann eine Bewertung von Linienabschnitten, Linien, Netzen oder Netzteilen durchgeführt werden. Dazu wird der Mittelwert aus den Elementbewertungen der in der zu bewertenden Menge enthaltenen Elemente 1..n, gebildet:

$$VQS_{Bewertungsmenge} = \sum_{i=1}^n \frac{VQS_i}{n}$$

Auch hier erfolgt die Rückrechnung in VQS-Noten anhand Abb. 4.93.

4.4.2 Anwendungsbeispiel

An einem Anwendungsbeispiel soll die Anwendung der Bewertung vorgeführt werden. Dazu seien an einer Modelllinie für einen Untersuchungszeitraum in der Hauptverkehrszeit die Messwerte wie in Abb. 4.94 dargestellt ermittelt worden. Diese Linie verkehre in diesem Zeitraum mit einer Kursfolgezeit von 7.5 Minuten.

Abb. 4.94 Messdaten Beispiellinie

	Halte- stelle*	Pünktlichkeit [%]	Variationskoeffizient der Kursfolgezeit [-]	Geschwindigkeits- verhältnis [-]	Auslastung [-]
Richtung 1	1	98.00	0.23	0.55	0.13
	2	95.00	0.22	0.54	0.15
	3	95.00	0.23	0.53	0.21
	4	85.00	0.25	0.59	0.30
	5	85.00	0.23	0.43	0.45
	6	75.00	0.23	0.50	0.57
	7	65.00	0.22	0.45	0.58
	8	80.00	0.23	1.20	0.40
	9	80.00	0.24	1.05	0.34
	10	85.00	0.30	-	-
Richtung 2	1	95.00	0.18	0.95	0.39
	2	98.00	0.12	1.03	0.38
	3	96.00	0.23	1.06	0.41
	4	87.00	0.25	0.80	0.40
	5	91.00	0.35	0.60	0.56
	6	87.00	0.35	0.88	0.50
	7	88.00	0.28	0.70	0.24
	8	84.00	0.40	0.64	0.19
	9	79.00	0.45	0.55	0.17
	10	81.00	0.40	-	-

*Haltestelle, an der gemessenes Segment beginnt für Geschwindigkeitsverhältnis

Daraus ergeben sich die in Abb. 4.95 gezeigten Verkehrsqualitätsstufen für die einzelnen Elemente und Indikatoren sowie die entsprechenden äquivalenten Punktzahlen.

Abb. 4.95 VQS und Punktzahlen der Einzelindikatoren

	Halte- stelle	Pünktlichkeit		Variationskoeffizient der Kursfolgezeit		Geschwindigkeits- verhältnis		Auslastung	
		VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte
Richtung 1	1	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	2	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	3	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	4	C	0.667	C	0.667	C	0.667	A	1.000
	5	C	0.667	B	0.833	D	0.500	C	0.667
	6	E	0.333	B	0.833	D	0.500	D	0.500
	7	F	0.167	B	0.833	D	0.500	D	0.500
	8	D	0.500	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	9	D	0.500	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	10	C	0.667	D	0.500	-	-	-	-
Richtung 2	1	A	1.000	A	1.000	B	0.833	B	0.833
	2	A	1.000	A	1.000	A	1.000	B	0.833
	3	A	1.000	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	4	C	0.667	B	0.833	B	0.833	B	0.833
	5	B	0.833	D	0.500	C	0.667	D	0.500
	6	C	0.667	D	0.500	B	0.833	C	0.667
	7	C	0.667	C	0.667	C	0.667	A	1.000
	8	D	0.500	E	0.333	C	0.667	A	1.000
	9	E	0.333	E	0.333	C	0.500	A	1.000
	10	D	0.500	E	0.333	-	-	-	-

*Haltestelle, an der gemessenes Segment beginnt für Geschwindigkeitsverhältnis

Es sollen nun die VQS für die einzelnen Haltestellen bestimmt werden. Beispielhaft wird dies anhand der dritten Haltestelle in Richtung 1 durchgeführt. Dazu wird zunächst der Gewichtungsfaktor zwischen der Pünktlichkeit und der Regelmässigkeit bestimmt. Da t_K in diesem Fall 7.5 Minuten sind, wird w berechnet als

$$w(t_K) = 0.65151 \cdot \ln(7.5) - 0.84259 = 0.47$$

Damit ist

$$VQS_{\text{Zuverlässigkeit}} = 0.833^{1-0.47} \cdot 1.000^{0.47} = 0.908$$

Und

$$VQS_{\text{Zeit}} = 0.908 \cdot 0.500 = 0.454$$

Damit gilt nach Abb. 4.93 für den Aspekt Zeit die VQS D und für den Aspekt Raum die VQS A. Es ergibt sich folglich für die Gesamtbewertung

$$VQS_{\text{Element}} = \frac{0.454 + 1.000}{2} = 0.727$$

Die VQS-Punktzahl von 0.727 entspricht schliesslich der VQS B. Die Durchführung dieser Bewertung für alle Haltestellen ergibt die VQS wie in Abb. 4.96 zusammengefasst. Ebenfalls ist dort die Gesamtwertung der Linie je Richtung sowie über beide Richtungen gezeigt. Es ist zu beachten, dass jeweils bei der letzten Haltestelle kein darauffolgendes Segment existiert und daher die Bewertung einzig auf der Zuverlässigkeit aufbaut. Die Bewertung der Geschwindigkeit wird durch Setzen der VQP auf 1 in der Bewertung neutralisiert, weiter wird der Aspekt Raum nicht einbezogen. Alle weiteren möglichen Mengen lassen sich ebenfalls als Mittelwert aus den Bewertungen der in der Menge enthaltenen Linien errechnen.

Abb. 4.96 VQS und Punktzahlen der Elemente

Haltestelle	Richtung 1						Richtung 2						
	VQS Zeit		VQS Raum		VQS Gesamt		VQS Zeit		VQS Raum		VQS Gesamt		
	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	
1	0.454	D	1.000	A	0.727	B	0.833	B	0.833	B	0.833	B	
2	0.454	D	1.000	A	0.727	B	1.000	A	0.833	B	0.917	A	
3	0.454	D	1.000	A	0.727	B	0.908	A	0.833	B	0.870	A	
4	0.445	D	1.000	A	0.722	B	0.625	C	0.833	B	0.729	B	
5	0.375	D	0.667	B	0.521	C	0.424	D	0.500	D	0.462	D	
6	0.271	E	0.500	D	0.385	D	0.477	D	0.667	B	0.572	C	
7	0.196	E	0.500	D	0.348	D	0.445	D	1.000	A	0.722	B	
8	0.655	C	0.833	B	0.744	B	0.269	E	1.000	A	0.634	C	
9	0.655	C	0.833	B	0.744	B	0.222	E	1.000	A	0.583	C	
10	0.573	C	-	-	0.573	C	0.403	D	-	-	0.403	D	
Gesamtbewertung Richtung 1					Punkte	VQS	Gesamtbewertung Richtung 2					Punkte	VQS
					0.622	C						0.675	B
Gesamtbewertung Linie						Punkte	VQS						
						0.649	C						

Insgesamt liegt also ein Angebot vor, das VQS C erreicht und somit besser als die für die Hauptverkehrszeit mit VQS D definierte Mindestqualität ist.

5 Grundmodell und Bewertung Bedarfsverkehre

5.1 Grundlagen und Zusammenhänge Bedarfsverkehre

5.1.1 Grundlagen

Bei den Bedarfsverkehren ist vor allem deren Qualität zu untersuchen. Sie sind, anders als Linienverkehre, keine Massenverkehre, wodurch die Kapazität kaum erreicht wird. Die Aufgabe eines Bedarfsverkehrsangebotes ist in erster Linie die Grundversorgung mit Mobilität. Daraus ergeben sich einige Randbedingungen, die sich von der Situation in Linienverkehren unterscheiden. Zunächst finden sich Bedarfsangebote eher in ländlichen Regionen, da hier die Bevölkerungsdichte für ein Linienangebot nicht ausreicht. Daraus ergibt sich, dass der ÖV in solchen Regionen ohnehin für den täglichen Bedarf mit dem Automobilverkehr kaum konkurrenzfähig ist.

5.1.2 Praktizierte Angebotsformen

Das Bewertungsmodell ist besonders auf die in der Schweiz üblichen Betriebsformen auszurichten. Dabei ist jedoch sicherzustellen, dass andere Betriebsformen ebenfalls angemessen berücksichtigt werden können. Verbreitet ist hierbei das als „PubliCar“ bekannte Flächenbussystem, das von der PostAuto AG bzw. ihren Subunternehmern betrieben wird. Teilweise werden unter diesem Namen auch Bedarfslinienangebote betrieben, allerdings ist dieser Fall eher selten. Neben der Grundversorgung werden Bedarfsverkehre aber auch eingesetzt, um Schwachlastzeiten wie den späten Abend oder Wochenenden zu bedienen.

5.2 Grundmodell und Messgrössen

5.2.1 Ziele

Das Ziel der Bedarfsverkehrsangebot ist in erster Linie die Grundversorgung von Regionen, in denen sich Linienangebote nicht sinnvoll betreiben lassen. Daraus lassen sich die Kriterien ableiten, an denen sich das Vermögen dieser Angebote, ihre Aufgabe zu erfüllen, ablesen lässt. Hierbei tritt vor allem der Aspekt der Verfügbarkeit in den Vordergrund.

Es ist festzuhalten, dass die Kriterien sich kaum zwischen den Aufgaben der Flächenbedienung und der Versorgung von mobilitätseingeschränkten Personen unterscheiden, da in beiden Fällen das eigentliche Ziel der Grundversorgung dasselbe ist. Lediglich ist bei der Bedienung mobilitätseingeschränkter Personen darauf zu achten, dass längere Zugangswege zu den Bedienpunkten nicht akzeptabel sind. Davon ausgehend lassen sich sechs Qualitätsgrössen ableiten.

5.2.2 Messgrössen

Räumliche Verfügbarkeit

Sie beschreibt die Verfügbarkeit des Angebotes aus Sicht der Nutzer. Diese wird hauptsächlich durch die Lage der Bedienpunkte bestimmt, da die Entfernung, die zu Fuss zurückgelegt werden muss, einen grossen Einfluss auf die Attraktivität eines Angebotes hat. Ein gutes Angebot bietet dabei eine Entfernung zum Bedienpunkt, die ähnlich oder geringer als diejenige regulärer Linienverkehre ist. Dabei ist zu beachten, dass gerade bei flexiblen Angeboten, die nicht liniengebunden verkehren, oftmals eine Tür-zu-Tür Bedienung möglich ist. Der Einfluss auf die Betriebskosten hängt dabei von der Betriebsart sowie der Struktur der Bedienregion ab. Erhoben werden kann diese Entfernung als die mittlere Entfer-

nung zu der jeweils nächsten Haltestelle von Wohnorten der potentiellen Nutzer aus. Wie jedoch in Abschnitt 5.3.1 gezeigt wird, ist dieses Verfahren aufgrund des Erhebungsaufwandes kaum praktikabel und es wird daher eine vereinfachte Herangehensweise gewählt.

Zeitliche Verfügbarkeit

Durch die zeitliche Verfügbarkeit wird ausgedrückt, in welchem Zeitraum das Verkehrsangebot besteht. Mindestens sind hierbei Wege des Grundbedarfs abzudecken, also zum Beispiel Arztbesuche, Behördengänge oder Einkäufe. Darüber hinaus sind aber auch Freizeitwege zu berücksichtigen, da sonst eine Abkopplung der auf Bedarfsverkehre angewiesenen Menschen von sozialen Kontakten riskiert wird. Die Messung erfolgt je nach Typ des Bedarfsverkehrsangebotes unterschiedlich:

- Für tägliche Verkehre wird die Zeit in Stunden pro Tag ermittelt, in der das Bedarfsverkehrsangebot verfügbar ist.
- Für Wochenendverkehre, die ein werktägliches Linienangebot ergänzen, wird der Anteil der Angebotszeit des Linienangebotes ermittelt, der durch das Bedarfsangebot abgedeckt wird.
- Für Nachtverkehre wird der Anteil der Lücke im Linienangebot ermittelt, in dem das Bedarfsangebot besteht.

Flexibilität

Je länger eine Fahrt im Voraus gebucht werden muss, desto weniger kann das Verkehrsangebot kurzfristige Wünsche befriedigen und ist damit folglich weniger attraktiv. Eine frühe Buchung erlaubt andererseits aber, die Fahrzeuge optimal zu disponieren und damit Kosten zu sparen. Ausserdem lassen sich unter Umständen Umwege vermeiden und damit für die Fahrgäste die Fahrzeiten optimieren. Gemessen wird diese Grösse als die Zeit in Stunden, die eine Buchung vor der eigentlichen Fahrt erfolgen muss.

Erfüllungsgrad

Angebote, die auf Anmeldung gefahren werden, unterliegen dem Risiko, dass zu viele oder sich gegenseitig ausschliessende Fahrtwünsche angemeldet werden, sodass nicht alle Anfragen bedient werden können. Gerade im Hinblick auf die Grundversorgung ist es aber von hoher Wichtigkeit, dass möglichst alle Fahrtwünsche wahrgenommen werden können. Daher wird für dieses Kriterium ermittelt, welcher Anteil der Anfragen nicht wunschgemäss ausgeführt werden kann. Eine Ausführung mit Änderungen wird dabei ebenfalls als „nicht erfüllt“ angesehen, wenn die Abweichung von der Wunschabfahrtsfahrzeit mehr als 30 Minuten beträgt oder ein Weg nicht mehr möglich ist (z.B. wenn ein Termin nicht mehr erreicht werden kann).

Zuverlässigkeit

Gerade wenn Fahrten im Voraus und zu bestimmten Zwecken gebucht werden, ist es wichtig, dass die Fahrt zuverlässig genug erfolgt, sodass die Wegzwecke noch erfüllt werden können. Dabei ist zunächst wichtig, dass die Abholung gemäss Fahrplan (bei Bedarfsverkehren mit Fahrplan) oder der vereinbarten Zeit erfolgt und die Fahrt am Ziel pünktlich ankommt, dass alle geplanten Aktivitäten des Fahrgastes (z.B. Arzttermine) uneingeschränkt möglich sind. Fungiert darüber hinaus die Fahrt mit dem Bedarfsverkehr als Zubringer zu einem regulären Angebot des öffentlichen Verkehrs, ist es unbedingt nötig, dass der Anschluss erreicht wird. Da hierbei insgesamt vor allem das pünktliche Ankommen am Zielort

ausschlaggebend ist, wird der Anteil der Fahrten ermittelt, der nicht mehr als zehn Minuten nach der geplanten Zeit ankommt. Dazu ist es nötig, wo dies noch nicht geschieht, nicht nur eine Abholzeit, sondern auch eine voraussichtliche Ankunftszeit zu bestimmen.

Geschwindigkeit (relative Reisezeit)

Schliesslich ist die Geschwindigkeit wichtig, da ein Verkehrsangebot nur dann genutzt wird, wenn die Reisezeiten, in einem annehmbaren Rahmen liegen. Zur Messung dieses Unterschiedes eignet sich die Reisezeit im Bedarfsverkehr relativ zu der Reisezeit per Automobil, jeweils vom Ausgangspunkt einer Fahrt zum Zielpunkt.

Zusammenfassung

Es lassen sich die Anforderungen sowie die Angebotsziele und die jeweils für die Messung geeigneten Indikatoren gemäss Abb. 5.97 ableiten. Die Kosten werden dabei zunächst nicht weiter bewertet, da diese den Ressourceneinsatz beschreiben, der nötig ist, um diese Leistungen zu erbringen. Dabei ist es grundsätzlich nötig, einen sinnvollen Kompromiss zwischen dieser erbrachten Leistung und dem Ressourceneinsatz zu finden. Generell wurde in der Arbeit (Zündorf 2011) ermittelt, dass Linienverkehre bereits bei geringen Nachfrageniveaus kostengünstiger als Bedarfsverkehre zu betreiben sind. Allerdings erreichen diese insbesondere im Hinblick auf die räumliche Verfügbarkeit nicht das gleiche Niveau wie Bedarfsverkehre, da bei den vorherrschenden, kleinen Nachfrageniveaus individuelle Wünsche leichter berücksichtigt werden können. Damit ermöglichen Bedarfsverkehre bei niedriger und disperser Nachfrage also bei geringem Mehraufwand eine deutlich höhere Qualität. Das Ziel sollte hierbei sein, zu Kosten, die einem Linienverkehr ähnlich sind, ein deutlich besseres Angebot zu bieten oder ein gleichwertiges Angebot zu geringeren Kosten.

Abb. 5.97 Anforderungen und Messgrössen Bedarfsverkehre

Kriterium	Ziel	Messgrösse
räumliche Verfügbarkeit	Bedienpunkt sollte zu Fuss gut erreichbar sein	Entfernung [m]
zeitliche Verfügbarkeit	Bedienzeitraum sollte alle Fahrtzwecke ermöglichen	Abgedeckte Zeit [h/d] oder [%]
Flexibilität	Fahrten sollen auch mit wenig Vorlauf möglich sein	Vorlaufzeit [h]
Erfüllungsgrad	Alle Fahrten, die fristgerecht angemeldet werden, sollten durchgeführt werden können	Bediente Anfragen [%]
Zuverlässigkeit	Abholung muss einigermassen pünktlich erfolgen, Ziel muss bei Weiterreise unbedingt pünktlich erreicht werden	Pünktlichkeitsquote [%]
Geschwindigkeit	Verglichen mit dem direkten Verkehr per MIV oder Taxi sollte die zusätzliche Fahrzeit nicht deutlich länger sein.	[Reisezeitverhältnis]

5.2.3 Grundmodell

Alle Qualitätsstufen sind zunächst anhand der einzelnen Indikatoren zu bestimmen. Dabei wird den VQS eine äquivalente Punktzahl zwischen 0 und 1 zugewiesen, wobei 0 der VQS F und 1 der VQS A entspricht. Da bei Bedarfsverkehren, die ohne feste Linien und Haltestellen betrieben werden, keine definierten Elemente bestehen, können alle Indikatoren dabei nur auf Basis des gesamten Angebotes erhoben werden. Eine Gesamtbewertung unter Berücksichtigung aller Indikatoren kann daher ebenfalls nur bezogen auf das gesamte Angebot erfolgen.

Ähnlich der Modellstruktur für die Linienverkehre lässt sich auch für Bedarfsverkehre eine Gruppierung der einzelnen Messgrössen in Aspekte vornehmen. Dabei ergeben sich drei Aspekte: Die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit ergeben dabei die Verfügbarkeit, die Flexibilität und der Erfüllungsgrad bestimmen die Bedienqualität und schliesslich lassen sich Zuverlässigkeit und relative Reisezeit zum Aspekt Zeit zusammenfassen.

Die Zusammenfassung der Indikatoren geschieht analog zu dem Vorgehen bei den Linienverkehren. Es wird innerhalb der Aspekte eine Multiplikation vorgenommen und zwischen den Aspekten der Mittelwert gebildet. Dies kann damit begründet werden, dass innerhalb der Aspekte alle Indikatoren optimal sein sollen und die Minderung eines Indikators bereits den positiven Effekt eines anderen Indikators schmälert. Beispielsweise ist ein zeitlich durchgehend verfügbares Angebot nur wenig hilfreich, wenn die Zugangspunkte sehr weit von den tatsächlichen Ausgangspunkten oder Zielen der Fahrgäste entfernt sind.

Eine Zusammenfassung zu einer Gesamtbewertung ergibt sich damit entsprechend folgender Berechnung:

$$VQS = \frac{VQS_{Verfügbarkeit} + VQS_{Bedienqualität} + VQS_{Zeit}}{3}$$

Wobei gilt

$$VQS_{Verfügbarkeit} = VQS_{V,räumlich} \cdot VQS_{V,zeitlich}$$

$$VQS_{Bedienqualität} = VQS_{Flexibilität} \cdot VQS_{Erfüllungsgrad}$$

$$VQS_{Zeit} = VQS_{relative\ Reisezeit} \cdot VQS_{Pünktlichkeit}$$

Insgesamt sollte bei diesen Angeboten VQS B angestrebt werden und die Bewertungen der einzelnen Indikatoren sollten nicht schlechter als VQS D liegen. Andernfalls würde eine Qualität geboten, die eine derart geringe Nachfrage nach sich zieht, dass die Auslastung den Betrieb des Angebotes bei Weitem nicht rechtfertigen kann.

5.3 Richtwerte

5.3.1 Räumliche Verfügbarkeit

Bei der räumlichen Verfügbarkeit ist zu berücksichtigen, bis zu welcher Entfernung potentielle Fahrgäste einen Fussweg zum Bedienpunkt in Kauf nehmen. In der Arbeit von Walter (1973) wurde dies detailliert untersucht und sogenannte Ansprechbarkeitslinien entwickelt. Daraus lässt sich ableiten, bis zu welcher Entfernung zu einer Haltestelle potentielle Fahrgäste ein ÖV-Angebot nutzen. Es liesse sich nun für alle Wohn- bzw. Aktivitätsorte die Distanz zum nächsten Bedienpunkt bestimmen und daraus ein Mittelwert errechnen. Allerdings wäre dies mit einem sehr grossen Aufwand verbunden, da die Lage und Bewohnerzahl jedes Gebäudes erfasst werden müsste. Dies stünde in keinem Verhältnis zur Qualitätsverbesserung der Auswertung.

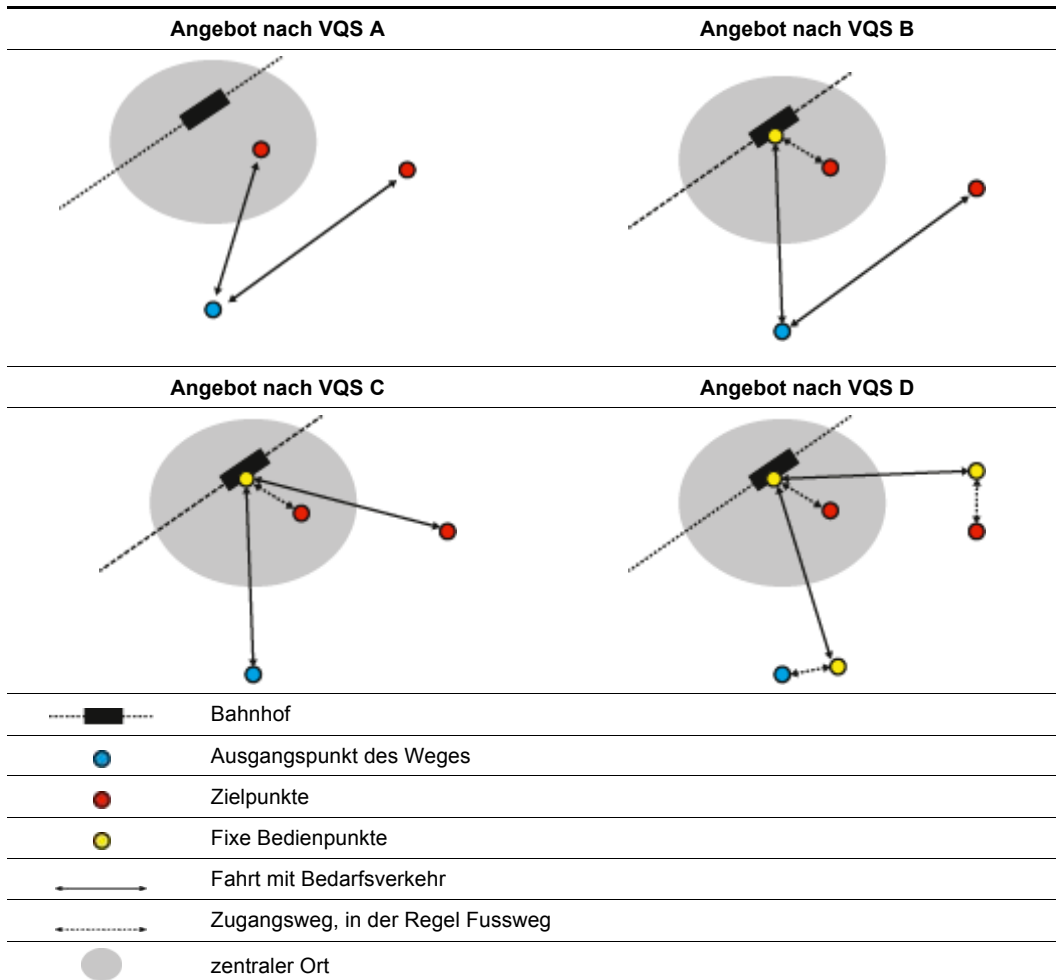
Aus diesem Grund wird für diesen Indikator ein Sonderfall gewählt, der von der sechsstufigen Bewertung abweicht. Stattdessen werden nur vier Fälle unterschieden. Für Bedarfsverkehre ist der Optimalfall als der Fall definiert, bei dem die Abholung am Wunschort geschieht und das Wunschziel angefahren wird. Ein leicht schlechterer Fall, VQS B, ist der, bei dem nur ein Ende der Fahrt nach

Wunsch liegt und das andere bei Fahrten in einen zentralen Ort fest bestimmt ist. Hingegen seien Tangentialfahrten, die nicht über den zentralen Ort gehen nach Wunsch möglich. Dies ist zum Beispiel der Fall bei Angeboten, die von einem Bahnhof aus ein Einzugsgebiet bedienen und diesen im Ort als Fixpunkt definieren. VQS C ist ähnlich, allerdings sind hier Tangentialfahrten nicht möglich. Dadurch ist ein Umsteigen oder eine Fahrt über den Fixpunkt nötig und es sind weniger direkte Wege möglich. Schliesslich wird VQS D vergeben, wenn beide Enden einer Fahrt von fixen Bedienpunkten erfolgen und der Zugang in jedem Fall zu Fuss erfolgen muss. Es ergibt sich daraus die VQS-Skala, wie sie in Abb. 5.98 dargestellt ist. Die einzelnen Fälle sind in Abb. 5.99 illustriert.

Abb. 5.98 VQS für räumliche Verfügbarkeit

VQS	Zustand
A	Abhol- und Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich
B	Abhol- oder Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich, anderes Fahrtenende fix an zentralem Punkt, Tangentialfahrten jedoch möglich.
C	Abhol- oder Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich, anderes Fahrtenende fix an zentralem Punkt, keine Tangentialfahrten möglich
D	Weder Abfahrts- noch Zielpunkt ist frei bestimmbar

Abb. 5.99 Beispiele VQS räumliche Verfügbarkeit



Eine weitere Abstufung ist kaum zweckmässig. Zwar sind im Fall der VQS D nötige Fusswege bis zu 1000 m und mehr möglich, jedoch widersprechen derart lange Zugangswege dem Sinn und Zweck eines Bedarfsverkehrsangebotes. Es wird daher unterstellt, dass ein Angebot, bei dem Bedienpunkte an beiden Enden einer Fahrt fix sind, so geplant ist, dass sich die Fusswegdistanzen in einem akzeptablen Rahmen halten.

5.3.2 Zeitliche Verfügbarkeit

In diesem Fall ist zunächst nach der Art des Bedarfsverkehrsangebotes zu unterscheiden, da die drei Typen der Bedarfsverkehre unterschiedlichen Bedingungen unterliegen. Dabei können Wochenend- und Nachtverkehre zusammengefasst werden, obwohl zwei verschiedene Abdeckungsgrade gemessen werden. Trotzdem kann die gleiche VQS-Skala angewendet werden, da die je Abdeckungsgrad realisierte Qualität vergleichbar ist.

Zunächst wird für normale, tägliche Angebote unterschieden zwischen solchen, die nur werktags und solchen, die werktags und auch samstags und/oder sonntags verkehren. Damit wird berücksichtigt, dass der Aufwand für ein Angebot der gleichen Stundenzahl je Tag am Wochenende zu höheren Kosten führt und die Nachfrage eher geringer und nicht an Geschäftszeiten gebunden ist. Hierbei kann ausserdem auf vorliegende Arbeiten wie das TCQSM (TRB 2003) zurückgegriffen werden, allerdings sind die Grenzwerte teilweise schärfer zu ziehen, um das schweizerische Niveau in der Erschliessung zu berücksichtigen. Als VQS A wird nun die zeitliche Abdeckung definiert, bei der alle häufig auftretenden Fahrtzwecke, bis hin zu regelmässigen Pendelfahrten zu einer Arbeitsstätte, möglich sind. Geringere Abdeckungen bedeuten, dass die verschiedenen Fahrtzwecke, beginnend bei den zeitlich unregelmässigsten, weniger und weniger möglich sind. Bei VQS F schliesslich ist nur noch eine Grundversorgung gegeben, die Personen ohne Zugang zu einem Automobil die Erledigung von unbedingt nötigen Aktivitäten ermöglicht. Dies führt zu der Einteilung der VQS, die in Abb. 5.100 zusammengefasst ist.

Abb. 5.100 VQS für zeitliche Verfügbarkeit (tägliche Verkehre)

VQS	zeitliche Abdeckung in h/d		Erläuterung
	bei 5 Tagen je Woche	bei 6-7 Tagen je Woche	
A	≥ 16 h/d	≥ 12 h/d	Angebot, das alle Fahrtzwecke ermöglicht
B	≥ 12 h/d	≥ 9 h/d	Fast alle Fahrtzwecke werden ermöglicht, lediglich einige Freizeitfahrten liegen ausserhalb des Bedienzeitraums
C	≥ 9 h/d	≥ 6 h/d	Mehrzahl der Arbeitswege, Freizeitaktivitäten tagsüber sowie Erledigungen ⁽¹⁾ möglich,
D	≥ 6 h/d	≥ 4 h/d	Arbeitswege und Freizeitaktivitäten mit Einschränkungen möglich, Erledigungen ⁽¹⁾ möglich
E	≥ 4 h/d	≥ 3 h/d	Arbeitswege und Freizeitaktivitäten kaum möglich, Erledigungen ⁽¹⁾ eingeschränkt möglich
F	< 4 h/d	< 3 h/d	rudimentäre Grundversorgung für Personen ohne anderweitigen Zugang zu Mobilität

⁽¹⁾ **Erledigungen:** z.B. Einkäufe, Arztbesuche, Behördengänge

Bei Wochenend- und Nachtverkehren wurde zunächst untersucht, was ein bestimmter Abdeckungsgrad bedeutet. Dafür wurde für übliche Bedienzeiträume von Tagesverkehren ermittelt, zu welchen Angebotszeiten verschiedene Abdeckungsgrade an Wochenenden führen würden. Für Nachtverkehre wurde untersucht, wie gross der Zeitraum ist, der bei verschiedenen Abdeckungsgraden in der Nacht bedient wird. Beispielsweise würde ein Abdeckungsgrad von 100%

bedeuten, dass die von Bedarfsverkehren während Wochenenden bedienten Zeiträume genauso gross sind wie die werktags von Linienverkehren bedienten Zeiträume und Bedarfsverkehre in der Nacht die gesamte Lücke überbrücken und somit ein 24h-Angebot schaffen.

Abb. 5.101 VQS für zeitliche Verfügbarkeit (Wochenend- und Nachtverkehre)

VQS	Abdeckung ⁽¹⁾	Erläuterung
A	100%	Gleiche Abdeckung wie werktags/tagsüber
B	≥ 90%	Leichte Verkleinerung des Angebotes
C	≥ 75%	Ein Grossteil der Fahrtzwecke ist am Wochenenden möglich / das Nachtangebot deckt einen grossen Teil ab
D	≥ 50%	Alle Erledigungen ⁽²⁾ an Wochenenden möglich, Freizeitverkehre allerdings nur eingeschränkt, in Nächten Hauptnachfragezeiten noch einigermaßen abgedeckt
E	≥ 25%	Erledigungen ⁽²⁾ an Wochenenden und Freizeitaktivitäten nur stark eingeschränkt möglich, in der Nacht lediglich eine Erweiterung des Tagesverkehrs in Randstunden
F	< 25%	Grundversorgung an Wochenenden, reicht kaum für Erledigungen ⁽²⁾ aus bzw. eine minimale Erweiterung des Tagesverkehrs in Randstunden

⁽¹⁾ **Wochenendangebote:** zeitliche Abdeckung in % des regulären Angebotes
Nachtangebote: zeitliche Abdeckung in % der Lücke des regulären Angebotes
⁽²⁾ **Erledigungen:** z.B. Einkäufe, Arztbesuche, Behördengänge

Abb. 5.102 Erläuterung Abdeckungsgrade Wochenend- und Nachtverkehre

		Abdeckungsgrade				
		95%	90%	75%	50%	25%
Linienbetrieb werktags, [h/d]	Beispielzeiträume	Bediente Zeitspanne an Samstagen/Sonntagen [h]				
12	06.00-18.00 06.00-12.00/15.00-21.00	11.40	10.80	9.00	6.00	3.00
13	07.00-20.00 06.00-12.00/15.00-22.00	12.35	11.70	9.75	6.50	3.25
14	06.00-20.00 05.30-12.00/15.00-21.30	13.30	12.60	10.50	7.00	3.50
15	06.00-21.00 05.00-12.00/15.00-23.00	14.25	13.50	11.25	7.50	3.75
16	06.00-22.00 07.00-23.00	15.20	14.40	12.00	8.00	4.00
17	05.00-22.00 06.00-23.00	16.15	15.30	12.75	8.50	4.25
18	05.00-23.00 06.00-24.00	17.10	16.20	13.50	9.00	4.50
Lücke im Linienbetrieb nachts [h]	Beispielzeiträume	Bediente Zeitspanne in der Nacht [h]				
4	00.00-04.00 01.00-05.00	3.80	3.60	3.00	2.00	1.00
5	00.00-05.00	4.75	4.50	3.75	2.50	1.25
6	23.00-05.00 00.00-06.00	5.70	5.40	4.50	3.00	1.50
7	22.00-05.00 23.00-06.00	6.65	6.30	5.25	3.50	1.75
8	22.00-06.00	7.60	7.20	6.00	4.00	2.00

Davon ausgehend wurde die Skala der VQS, wie sie in Abb. 5.101 gezeigt ist, bestimmt. Die Auswirkungen der Abdeckungsgrade wurden aus den Zeiträumen abgeleitet, in denen ein Angebot des öffentlichen Verkehrs besteht und in welchem Umfang in diesen Zeiträumen Aktivitäten möglich sind. Abb. 5.102 zeigt für die als VQS-Grenzen ermittelten Werte beispielhaft die Zeiträume, die unter verschiedenen Randbedingungen (Angebotsdauer werktags bzw. Angebotslücke nachts) mit Bedarfsverkehrsangeboten bedient werden.

5.3.3 Flexibilität

Im Hinblick auf die Flexibilität ist zu bewerten, inwieweit ein Bedarfsverkehrsangebot in der Lage ist, auch auf kurzfristige Verkehrsnachfrage zu reagieren. Dabei erlaubt eine sehr kurze Frist für die Buchung einer Fahrt nahezu alle spontanen Aktivitäten. Diese Schwelle wird bei einer halben Stunde oder weniger erreicht, da dies eine Zeitspanne ist, die Fahrgäste mitunter brauchen, um sich für eine Aktivität vorzubereiten. Auf der anderen Seite wird die Schwelle bei mehr als zwei Tagen gesetzt, da hierbei alle Aktivitäten weit im Voraus fixiert werden müssen und Spontaneität völlig unmöglich ist. Weitere Stufen werden gemäss der Zeit, die eine Aktivität vorausgeplant werden muss, bestimmt und gemäss Abb. 5.103 eingeteilt.

Abb. 5.103 VQS für Flexibilität

VQS	Vorausbuchungsfrist [h]	Erläuterung
A	≤ 0.5	Spontane Fahrten möglich
B	≤ 1	Kurzfristige Anmeldung von Fahrten möglich
C	≤ 6	Fahrten am selben Tag möglich
D	≤ 24	Fahrten am Folgetag möglich
E	≤ 48	Fahrten in zwei Tagen möglich, kurzfristige Aktivitäten kaum möglich
F	> 48	Vorausbuchung von mindestens zwei Tagen, erzwingt sehr hohes Mass an Planung, kurzfristige Aktivitäten unmöglich

*Erläuterungen: z.B. Einkäufe, Arztbesuche, Behördengänge

5.3.4 Erfüllungsgrad

Der Erfüllungsgrad ist für den Erfolg von Bedarfsverkehrsangeboten äusserst wichtig. Erfolgt zu oft eine Ablehnung eines Fahrtwunsches, nehmen potentielle Fahrgäste das Angebot nicht als eine Option wahr. Ausserdem erfüllt ein Angebot seine Ziele nicht, wenn es nachgefragte Fahrten regelmässig nicht anbieten kann. Andererseits kann eine 100%ige Erfüllungsquote kaum erreicht werden, da dies einen auch für Extremfälle ausreichenden Fahrzeugpark und hohe Kosten bedeuten würde. Ein Fahrtwunsch gilt demnach als erfüllt, wenn die tatsächliche Fahrt innerhalb von 30 Minuten vor oder nach der Wunschzeit erfolgt.

Daher wird VQS A bestimmt, wenn 99% aller Fahrtwünsche erfüllt werden können. Unter der Annahme eines Nutzers, der eine Fahrt (hin und zurück) je Woche in Anspruch nimmt, bedeutet dies, dass er höchstens einmal pro Jahr eine Ablehnung seines Fahrtwunsches erfährt. VQS F ist dann erreicht, wenn mehr als ein Viertel aller Fahrtwünsche nicht erfüllt werden kann. Dies würde bedeuten, dass selbst ein Nutzer, der nur einmal je Monat eine Fahrt mit dem Bedarfsverkehrsangebot anfragt, im Schnitt alle zwei Monate eine Fahrt nicht wie gewünscht erhält, da mindestens einer der Wege (Hin- oder Rückweg) abgelehnt wird. Es ergeben sich die weiteren Zwischenschritte der VQS-Skala gemäss Abb. 5.104.

Abb. 5.104 VQS für Erfüllungsgrade

VQS	Erfüllungsgrad der angefragten Fahrten	Erläuterung
A	≥ 99%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt nicht mehr als einmal pro Jahr eine Absage
B	≥ 95%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt alle 10 Wochen eine Absage
C	≥ 90%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt alle 5 Wochen eine Absage
D	≥ 85%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt alle 3 Wochen eine Absage
E	≥ 75%	Ein Nutzer, der das Angebot alle zwei Wochen nutzt, erfährt nicht häufiger als einmal im Monat eine Absage
F	< 75%	Ein Nutzer, der das Angebot alle zwei Wochen nutzt, erfährt häufiger als einmal im Monat eine Absage

Ein Fahrtwunsch gilt als nicht erfüllt, wenn die Abweichung zur Wunschfahrzeit mehr als 30 Minuten beträgt oder der Zweck der Fahrt nicht mehr möglich ist.

5.3.5 Zuverlässigkeit

Hierbei kann ein Pünktlichkeitskriterium angelegt werden, das etwas weniger scharf ist als jenes für Linienverkehre. Zum einen ist der Vergleichswert gerade in ländlichen Regionen eine oftmals starken Reisezeitschwankungen unterliegende Fahrt mit dem Auto, zum anderen ist durch die Vielfältigkeit der Routen eine präzise Ermittlung der Fahrzeiten wie in Linienverkehren kaum möglich. Bei Fahrtzwecken, die eine pünktliche Ankunft erfordern, muss diesem Umstand durch grössere Zuverlässigkeitszuschläge Rechnung getragen werden.

In vorliegenden Bewertungsansätzen (TRB 2003) wird diese Grenze bei 30 Minuten angesetzt. Dies ist jedoch für schweizerische Verhältnisse untragbar, da Linienverkehrsangebote oftmals eine kleinere oder vergleichbare zeitliche Auflösung haben und die Disposition höhere Pünktlichkeitsraten durch eine gute Planung erreichen kann. Die Grenze wird daher auf 10 Minuten festgelegt, da dies auch im Hinblick auf die üblichen Entfernungen und Fahrzeiten der Spanne entspricht, die mit anderen Verkehrsmitteln einzuplanen ist.

Die einzelnen Abstufungen werden ähnlich den Pünktlichkeitsstufen für reguläre ÖV-Angebote bestimmt, haben aber hierbei für die Nutzer eine andere Bedeutung. Abb. 5.105 zeigt die VQS-Einteilung sowie die Auswirkungen der Pünktlichkeitsniveaus auf die Nutzer, unter der Annahme, dass einmal je Woche eine Fahrt (bestehend aus Hin- und Rückfahrt) erfolgt, bei der auf der Hinfahrt ein Anschluss erreicht werden muss.

Abb. 5.105 VQS für die Pünktlichkeit

VQS	% pünktlich	Erläuterung
A	≥ 95%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 1 Mal pro Jahr
B	< 95%, ≥ 90%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 2 Mal pro Jahr
C	< 90%, ≥ 85%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 3 Mal pro Jahr
D	< 85%, ≥ 80%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 5 Mal pro Jahr
E	< 80%, ≥ 75%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als alle zwei Monate
F	< 75%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss mindestens alle zwei Monate

Als pünktlich gilt eine Fahrt, wenn die tatsächliche Ankunft nicht mehr als 10 Minuten nach der geplanten Ankunft erfolgt.

Es wird weiterhin für die Erläuterung angenommen, dass ein Fahrgast einmal pro Woche mit dem Bedarfsverkehrsangebot hin und zurück fährt und bei der Hinfahrt auf ein Linienangebot umsteigt.

5.3.6 Geschwindigkeit (relative Reisezeit)

Die Geschwindigkeit als Reisezeitverhältnis gibt direkt Aufschluss über die Fähigkeit eines Bedarfsverkehrsangebotes, das Angebotsgebiet angemessen zu bedienen. Ein sehr kleines Verhältnis deutet dabei darauf hin, dass nur kleine Umwege gefahren werden, da nur wenige Fahrgäste zu koordinieren sind. Wird berücksichtigt, dass einzelne, direkte Fahrten in der Regel nicht sehr lange dauern, sind auch niedrige relative Reisezeitverhältnisse zwischen ÖV und MIV akzeptabel.

Unter Annahme einer direkten Reisezeit von 15 Minuten würde ein Verhältnis von 0.5 zwar eine Verdoppelung der Fahrzeit bedeuten, allerdings ist die effektive Fahrzeit von 30 Minuten im Hinblick auf die Versorgungsfunktion eines Bedarfsverkehrsangebotes durchaus noch akzeptabel. Als nicht mehr akzeptabel gilt hingegen eine Fahrt, wenn sie mehr als dreimal so lange braucht – unter diesen Umständen ist das Verkehrsangebot kaum mehr als eine rudimentäre Grundversorgung. Die vollständige VQS-Skala ist in Abb. 5.106 zusammengefasst.

Abb. 5.106 VQS für die relative Reisezeit

VQS	Reisezeitverhältnis ÖV/MIV	Erläuterung ⁽¹⁾
A	≤ 1.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr ist genauso schnell oder gar schneller als im MIV
B	> 1.00, ≤ 1.33	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens 33% länger als im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 3.33 Minuten
C	> 1.33, ≤ 1.50	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert maximal 50% länger als im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 5 Minuten
D	> 1.50, ≤ 2.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens doppelt so lange wie im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 10 Minuten
E	> 2.00, ≤ 3.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens dreimal so lange wie im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 20 Minuten
F	> 3.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert mindestens dreimal so lange wie im MIV, eine Fahrt, die direkt 10 Minuten dauern würde dauert mindestens 30 Minuten.

⁽¹⁾absolute Fahrzeitverlängerungen werden hierbei unter Annahme einer MIV-Fahrzeit von 10 Minuten angegeben

5.4 Zusammenfassung

5.4.1 Vorgehen

Das Vorgehen bei der Bewertung von Bedarfsverkehrsangeboten sieht die Erhebung aller sechs Kenngrößen für das gesamte Bedarfsverkehrsangebot vor, wobei als Erhebungszeitraum eine ausreichend lange Bedienperiode zu Grunde zu legen ist. Dabei wird unterstellt, dass für die Benutzung von Bedarfsverkehren keine stark ausgeprägten Schwankungen zwischen Hoch- und Schwachlastzeiten wie im städtischen Linienverkehr vorliegen und damit deren Unterscheidung nicht nötig ist. Da hingegen die Fahrhäufigkeit auch geringer ist, sind die Bedienzeiträume über eine längere Periode auszuwerten und es ist ein Zeitraum von jeweils einem Monat zu untersuchen. Innerhalb dieses Zeitraumes variieren in der Regel nur der Erfüllungsgrad, die Zuverlässigkeit sowie die relative Reisezeit, da die anderen Kriterien festgelegt sind und unterjährig nicht verändert werden sollten.

Bestimmung der VQS der einzelnen Indikatoren

Nach der Ermittlung der Werte der einzelnen Indikatoren und der entsprechenden VQS, wird anhand Abb. 5.107 den VQS die jeweilige Punktzahl zugewiesen.

Abb. 5.107 Punktzahlenäquivalente der VQS

VQS	Umrechnung VQS → Punktzahl	Umrechnung Punktzahl → VQS	
		≤	>
A	1.000	-	0.833
B	0.833	0.833	0.667
C	0.667	0.667	0.500
D	0.500	0.500	0.333
E	0.333	0.333	0.167
F	0.167	0.167	-

Bestimmung der VQS des gesamten Angebotes

Aufgrund der Punktzahlenäquivalente lassen sich die VQS der Aspekte sowie des gesamten Angebotes errechnen:

$$VQS_{\text{Verfügbarkeit}} = VQS_{\text{räumlich}} \cdot VQS_{\text{zeitlich}}$$

$$VQS_{\text{Bedienqualität}} = VQS_{\text{Flexibilität}} \cdot VQS_{\text{Erfüllungsgrad}}$$

$$VQS_{\text{Zeit}} = VQS_{\text{Pünktlichkeit}} \cdot VQS_{\text{relative Reisezeit}}$$

Die äquivalente Punktzahl der VQS für das gesamte Bedarfsverkehrsangebot lässt sich schliesslich errechnen als:

$$VQS = \frac{VQS_{\text{Verfügbarkeit}} + VQS_{\text{Bedienqualität}} + VQS_{\text{Zeit}}}{3}$$

Diese Punktzahl kann schliesslich wieder unter Verwendung von Abb. 5.107 in eine VQS-Note übertragen werden.

5.4.2 Anwendungsbeispiel

Auch hierzu soll ein Anwendungsbeispiel die Vorgehensweise weiter illustrieren. Gegeben sei daher ein Bedarfsverkehrsangebot, bei dem das in Abb. 5.108 gezeigte Betriebsregime gilt:

Abb. 5.108 Betriebsregime Beispielangebot

Indikator	Zustand
räumliche Verfügbarkeit	Abholung erfolgt an Wunschort, Fahrt erfolgt entweder an fixen Bedienpunkt in zentralem Ort oder zu frei wählbaren Bedienpunkten im Angebotsgebiet ausserhalb des zentralen Ortes
zeitliche Verfügbarkeit	7 Tage / Woche, jeweils 06.00-11.00 und 14.00-21.00
Flexibilität	Fahrtwunsch muss 24 Stunden im Voraus angemeldet werden

Weiter sei für den Erhebungszeitraum erfasst worden, wie viele der Fahrtwünsche erfüllt werden konnten, wie pünktlich die Fahrten erfolgten und welche Reisezeiten dabei im Bedarfsverkehr erreicht wurden. Diese Ergebnisse sind in Abb. 5.109 zusammengefasst. Es wird ersichtlich, dass im Schnitt rund 17 Fahrten je Tag angefragt wurden, jedoch nicht mehr als einmal täglich ein Fahrtwunsch nicht erfüllt werden konnte. Weiter bewegen sich die tatsächlichen Fahr-

zeiten zwischen dem 0.9-fachen und dem 2.2-fachen der MIV-Fahrzeiten.

Abb. 5.109 Betriebserhebung Beispielangebot

Indikator	Zustand																					
Erfüllungsquote	500 Fahrten wurden angefragt																					
	<ul style="list-style-type: none"> • 250 Fahrten erfolgten wie gewünscht • 220 Fahrten erfolgten innerhalb der Wunschzeit +/- 30 Minuten • 18 Fahrten erfolgten mehr als 30 Minuten vor oder nach der Wunschzeit • 12 Fahrten waren nicht möglich oder wurden abgelehnt (Termin konnte nicht erreicht werden) 																					
Zuverlässigkeit	479 Fahrten erreichten ihr Ziel nicht mehr als 10 Minuten nach der geplanten Zeit																					
	Es wurden 6 verschiedene Relationen angefragt und folgende Fahrzeiten ermittelt																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relation</th> <th>Fahrzeit ÖV [min]</th> <th>Fahrzeit MIV [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>18</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>14</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>21</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>29</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]	1	11	12	2	18	16	3	14	8	4	21	17	5	13	9	6	29	13
Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]																				
1	11	12																				
2	18	16																				
3	14	8																				
4	21	17																				
5	13	9																				
6	29	13																				
Geschwindigkeit																						

Es sind nun zunächst die VQS für die einzelnen Indikatoren zu ermitteln.

Die *räumliche Verfügbarkeit* entspricht also der VQS B. Weiter bietet die *zeitliche Verfügbarkeit* eine Abdeckung von 12 Stunden je Tag bei einem 7-tägigen Angebot, was VQS A entspricht. Die Anmeldung eines Fahrtwunsches mindestens 24 Stunden im Voraus wird im Hinblick auf die *Flexibilität* mit VQS D bewertet.

Die Erhebungsdaten aus dem Betrieb sind nun rechnerisch zu den zu bewertenden Grössen zusammenzufassen.

Beim *Erfüllungsgrad* ist die Zahl der Fahrten, die genau wie gewünscht oder zur Wunschzeit +/- 30 Minuten erfolgten, 250 + 220 = 470 Fahrten. Dies entspricht einem Erfüllungsgrad von 94%, der mit VQS C bewertet wird. Im Hinblick auf die *Zuverlässigkeit* erreichten 479 Fahrten ihr Ziel weniger als 10 Minuten nach der geplanten Zeit. Dies entspricht einer guten Pünktlichkeitsquote von 96%, die VQS A entspricht. Schliesslich ist das mittlere *Verhältnis der Geschwindigkeiten* zu bewerten. Diese Rechnung erfolgt wie in Abb. 5.110 dargestellt. Es ergibt sich ein mittleres Verhältnis von 1.41, was mit VQS C bewertet wird.

Abb. 5.110 Errechnung Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV Beispielangebot

Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]	Verhältnis ÖV/MIV
1	11	12	0.92
2	18	16	1.13
3	14	8	1.75
4	21	17	1.24
5	13	9	1.44
6	29	13	2.23
Gesamt:	106	75	1.41

Um das gesamte Angebot zu bewerten, sind diese Einzelnoten zunächst gemäss Abb. 5.107 in die äquivalenten VQS-Punktzahlen umzuwandeln und dann die Errechnung der Gesamtbewertung durchzuführen. Abb. 5.111 fasst die einzelnen VQS und die entsprechenden Punktzahlen zusammen

Abb. 5.111 Zusammenfassung VQS und Punktzahlen Beispielangebot

Indikator	VQS	Punkte
räumliche Verfügbarkeit	B	0.833
zeitliche Verfügbarkeit	A	1.000
Flexibilität	D	0.500
Erfüllungsgrad	C	0.667
Zuverlässigkeit	A	1.000
Geschwindigkeit	C	0.667

Diese lassen sich nun schrittweise zusammenfassen:

$$VQS_{\text{Verfügbarkeit}} = 0.833 \cdot 1.000 = 0.833 \text{ (VQS B)}$$

$$VQS_{\text{Bedienqualität}} = 0.500 \cdot 0.667 = 0.334 \text{ (VQS E)}$$

$$VQS_{\text{Zeit}} = 1.000 \cdot 0.667 = 0.667 \text{ (VQS C)}$$

Und schliesslich ist die äquivalente Punktzahl der VQS für das gesamte Bedarfsverkehrsangebot zu errechnen als

$$VQS = \frac{0.833 + 0.334 + 0.667}{3} = 0.611$$

was einer gesamten Qualität von VQS C entspricht. Es liegt zwar keiner der Einzelindikatoren unterhalb VQS D, jedoch wird die Vorgabe, insgesamt VQS B zu erreichen, nicht erfüllt. Das Angebot ist somit zu verbessern.

6 Empfehlungen und Normierungsvorschlag

6.1 Einleitung

Es werden in diesem Kapitel Verfahren gezeigt, mittels derer eine Bemessung von öffentlichen Verkehrsangeboten auf die Verkehrsqualitätsstufen vorgenommen werden kann. Diese sind für die Bemessung von neuen Angeboten als auch für die Optimierung bestehender Angebote geeignet. Sie ersetzen jedoch nicht eine detaillierte Angebots- und Betriebsplanung. Vielmehr wird aufgezeigt, welche Massnahmen für eine Verbesserung bestimmter Indikatoren geeignet sind und welche Anforderungen sich für die übrigen Indikatoren ergeben, wenn ein oder mehrere Indikatoren vorgegeben sind.

Weiter wird der Normierungsvorschlag für eine Schweizerische Norm für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr kurz beschrieben. Der eigentliche Normierungsvorschlag ist in den Anhängen (A III-A IV) zu finden.

6.2 Bemessungsverfahren

Die im Folgenden beschriebenen Verfahren sollen Anwendern eine Hilfe bieten, ÖV-Angebote auf eine bestimmte Verkehrsqualitätsstufe zu dimensionieren oder ein bestehendes Angebot auf eine VQS hin zu optimieren. Als weiterer Ansatzpunkt wird daher für die in der Beurteilung der Verkehrsqualität verwendeten Indikatoren beschrieben, welche Massnahmen geeignet sind, diese gezielt zu beeinflussen.

6.2.1 Ansatz

Es soll hier mit der Übersicht über die Zusammenhänge zwischen den Indikatoren und deren Wirkungen eine Anleitung zur Identifikation der relevanten Indikatoren und damit der relevanten Stellgrössen und anwendbaren Massnahmen gegeben werden. Aus der Bewertung bzw. der Zielqualität kann der anwendende Planer die jeweils sinnvollen Massnahmen ableiten.

6.2.2 Zielsystem

Die Bemessung von Angeboten des öffentlichen Verkehrs erfolgt stets im Spannungsfeld zwischen den Ansprüchen der Fahrgäste und wirtschaftlichen sowie infrastrukturellen Rahmenbedingungen. Das Ziel ist ein Angebot, das eine hohe Qualität bei einem angemessenen Ressourceneinsatz erreicht. Die Definition der Angemessenheit hängt von den Zielen ab, die mit einem ÖV-Angebot erreicht werden sollen. So sind für ein Halten oder Steigern des ÖV-Modal-Split-Anteiles höhere Qualitätsstufen nötig als für eine Grundversorgung.

Wie in Abschnitt 3.6.2 hergeleitet, sind die Verkehrsqualitätsstufen so definiert worden, dass die Stufen C und D analog zum MIV betrachtet und angewendet werden können. Diese stellen die Grundversorgung mit einer ausreichenden Qualität sicher. Wenn jedoch eine verkehrspolitische Strategie vorliegt, den öffentlichen Verkehr zu fördern und dessen Marktanteil zu erhöhen, sind höhere Verkehrsqualitätsstufen anzustreben. Darüber hinaus sind Einzelbewertungen mit VQS F in jedem Fall zu vermeiden, da diese ein völliges Versagen in einer Kategorie bedeutet und das Angebot als Ganzes nahezu unbenutzbar wird. VQS E ist, zumindest ausserhalb der Spitzenzeiten, in den Einzelbewertungen nicht mehr akzeptabel.

6.2.3 Gesamtverkehrsqualität

Die Gesamtverkehrsqualitätsstufe wird auf der Basis der bei den Indikatoren erreichten Verkehrsqualitätsstufen ermittelt. Damit lässt sich aus einer angestrebten Gesamtverkehrsqualitätsstufe ableiten, welche Werte für die einzelnen Indikatoren erforderlich sind. In der Regel ist der Wertebereich einiger Indikatoren durch die Rahmenbedingungen bereits eingeschränkt. Deshalb sind in der Planung vor allem diejenigen Indikatoren von Interesse, bei denen effektiv noch ein Spielraum besteht.

Es lässt sich daraus ein schrittweises Vorgehen (siehe auch Abb. 6.112) konzipieren, nachdem zunächst die insgesamt zu erreichende Verkehrsqualitätsstufe festgelegt wurde:

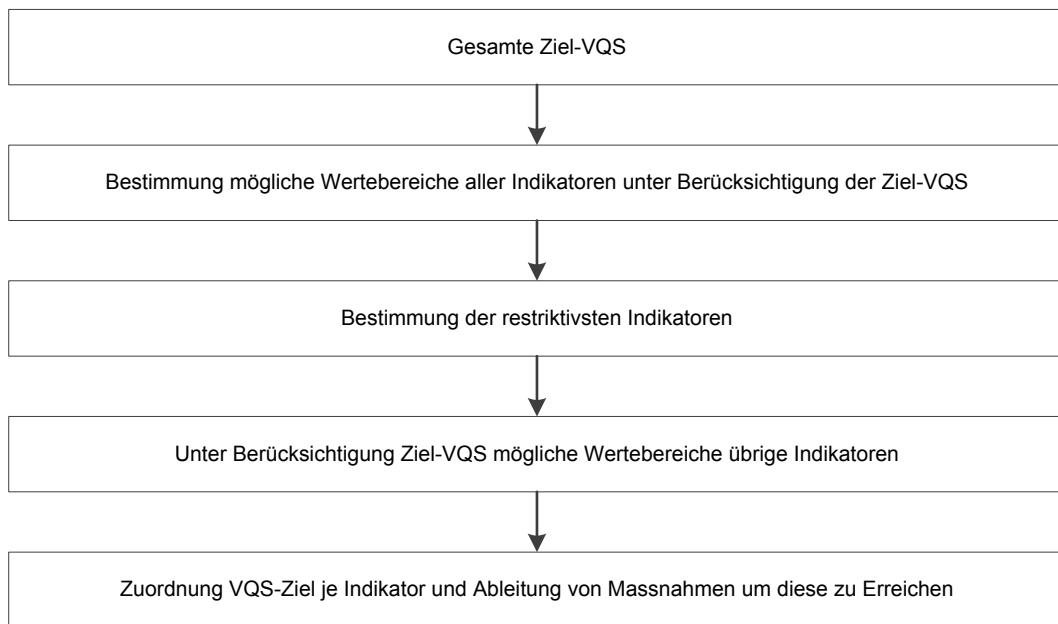


Abb. 6.112 Vorgehen zur Bemessung eines ÖV-Angebotes auf eine VQS

1. Die angestrebte Ziel-VQS ist zu definieren, abgeleitet aus unternehmerischen, kundenorientierten und verkehrspolitische Überlegungen.
2. Für die Ziel-VQS ist zunächst zu ermitteln, welche Wertebereiche unter der Bedingung des Erreichens der Ziel-VQS für die einzelnen Indikatoren jeweils möglich sind.
3. Es sind diejenigen Indikatoren zu bestimmen, bei denen der Wertebereich durch Randbedingungen bereits eingeschränkt ist.
4. Durch den vorangegangenen Schritt werden ein oder mehrere Indikatoren fixiert, woraus sich für die anderen Indikatoren zusätzliche Anforderungen zur Erreichung der Ziel-VQS ergeben. Diese neuen, engeren Wertebereiche sind zu bestimmen.
5. Es sind schliesslich die Ziel-VQS für diese übrigen Indikatoren abzuleiten.

Nachdem auf diese Weise die Ziel-VQS aller Indikatoren bestimmt wurden, ist durch geeignete Massnahmen sicherzustellen, dass diese Verkehrsqualitätsstufen jeweils erreicht werden.

Dieser gesamte Ablauf lässt sich für die Linienverkehre und die dort häufigen

Kursfolgezeiten von 5, 6, 7.5, 10, 15 und 30 Minuten mittels der in Abb. 6.114 bis Abb. 6.125 gezeigten Tabellen zügig abwickeln. Dabei sind jeweils für bis zu zwei Indikatoren die Wertebereiche eingangs zu wählen. Durch die vorgegebene Ziel-VQS kann aus der Tabelle abgelesen werden, welche VQS für die jeweils anderen Indikatoren noch in Frage kommen. Sind etwa Pünktlichkeit und Regelmässigkeit vorgegeben, so sind die VQS für Auslastung und Geschwindigkeit zu bestimmen. Diese können, ohne weitere Berechnungen, aus den folgenden sechs Tabellen abgelesen werden.

Als Beispiel sei ein Fall gegeben, in dem ein Angebot im 5-Minuten Takt verkehrt und aufgrund der Verkehrslage in der Pünktlichkeit VQS B und in der Regelmässigkeit VQS D erreicht wird. Insgesamt soll das Angebot die VQS C erreichen. In Abb. 6.113, kann im entsprechenden Feld nun abgelesen werden, dass die dazu nötigen Bewertungen der Auslastung mindestens VQS D entsprechen muss, wenn die Bewertung der Geschwindigkeit VQS A entspricht, bei schlechteren Bewertungen der Geschwindigkeit sind dann entsprechend bessere Bedingungen im Hinblick auf die Auslastung nötig.

		Auslastung						Pünktlichkeit											
		A			B			C			D			E			F		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Regelmässigkeit	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Geschwindigkeit	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Abb. 6.113 Bestimmung Indikatoren-VQS, Beispiel bei 5-Minuten-Takt, Pünktlichkeit VQS B, Regelmässigkeit VQS D und Ziel VQS C

Für Bedarfsverkehre ist die Zahl der möglichen Fälle aufgrund der zahlreicheren Indikatoren grösser, wodurch eine ähnliche Darstellung nicht mehr praktikabel ist. Das Konzept ist allerdings ähnlich, weshalb die Anwendung trotzdem keinen Mehraufwand bedeutet.

		Pünktlichkeit																																			
		A						B						C						D						E						F					
		Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung											
Regelmässigkeit	A	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
		Geschwindigkeit	A	A	A	B	C	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
	B	Geschwindigkeit	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
		Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
	C	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
		Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
D	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
E	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
F	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				

Abb. 6.114 Bestimmung Indikatoren-VQS, 5-Minuten-Takt, Vorgabe Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

		Pünktlichkeit																																			
		A						B						C						D						E						F					
		Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung											
Regelmässigkeit	A	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
		Geschwindigkeit	A	A	A	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	B	Geschwindigkeit	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
		Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
	C	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
		Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C			
D	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
E	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
F	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				
	Geschwindigkeit	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	C				

Abb. 6.115 Bestimmung Indikatoren-VQS, 6-Minuten-Takt, Vorgabe Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

		Pünktlichkeit																																			
		A						B						C						D						E						F					
		Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung					
Regelmässigkeit	A	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	B	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	C	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
D	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
E	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
F	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	

Abb. 6.116 Bestimmung Indikatoren-VQS, 7.5-Minuten-Takt, Vorgabe Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

		Pünktlichkeit																																			
		A						B						C						D						E						F					
		Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung						Auslastung											
Regelmässigkeit	A	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	B	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	C	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit											
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
D	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
E	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
F	Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit						Geschwindigkeit												
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	

Abb. 6.117 Bestimmung Indikatoren-VQS, 10-Minuten-Takt, Vorgabe Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

Abb. 6.125 Bestimmung Indikatoren-VQS, 30-Minuten-Takt, Vorgabe Auslastung und Geschwindigkeit

6.2.4 Grundlagen zur Bemessung der Indikatoren im Linienverkehr

Im Folgenden werden für die einzelnen Indikatoren die grundlegenden Zusammenhänge zusammengestellt, aufgrund derer die Bemessung erfolgen kann. Abschliessend werden die Massnahmen beschrieben, mittels derer Einfluss auf die Indikatoren genommen werden kann.

Auslastung

Die zu erwartende Auslastung *a* lässt sich direkt quantitativ bestimmen und gemäss Abb. 6.126 auf eine VQS bemessen, da alle Eingangsgrössen bekannt sind.

Abb. 6.126 Grenzwerte Auslastung

VQS	Fahrgastdichte <i>d</i> ⁽¹⁾	Auslastung <i>a</i> ⁽²⁾
A	<i>d</i> ≤ 0.75 P/Sitz	<i>a</i> ≤ 0.311
B	0.75 P/Sitz < <i>d</i> ≤ 1.00 P/Sitz	0.311 < <i>a</i> ≤ 0.409
C	1.00 P/Sitz < <i>d</i> ≤ 1 P/m ²	0.409 < <i>a</i> ≤ 0.557
D	1 P/m ² < <i>d</i> ≤ 2 P/m ²	0.557 < <i>a</i> ≤ 0.719
E	2 P/m ² < <i>d</i> ≤ 3 P/m ²	0.719 < <i>a</i> ≤ 0.844
F	<i>d</i> > 3 P/m ²	<i>a</i> > 0.844

⁽¹⁾ Stehdichten unter Annahme, dass alle Sitzplätze ausgenutzt werden.

⁽²⁾ Auslastung bezogen auf Kapazität bei Vollbelegung Sitzplätze und Stehen mit 4P/m²

Sie ergibt sich aus der Fahrzeugkapazität, den Kursfolgezeiten und der Gesamtzahl der pro Zeiteinheit zu befördernden Fahrgäste. Dabei wird zu Grunde gelegt, dass das Fahrgastaufkommen im Bemessungszeitraum gleichverteilt ist.

$$a = \frac{N_{Fg}}{(N_{Sitz} + N_{Steh}) \cdot \frac{t_b}{t_k}}$$

Wobei gilt

a [-] Auslastung

N_{Fg} [h^{-1}] Anzahl Fahrgäste im Bemessungszeitraum

N_{Sitz} [-] Anzahl Sitzplätze im Fahrzeug

A_{Steh} [m^2] Stehflächen im Fahrzeug

t_k [min] Kursfolgezeit

t_b [min] Bemessungszeitraum

Alternativ kann diese Bemessung auch über die Fahrgastdichte d erfolgen, wobei allerdings zwischen Dichten, bei denen alle Fahrgäste sitzen können (d_{Sitz}) und solchen, bei denen das nicht mehr der Fall ist (d_{Steh}), unterschieden werden muss. Dabei wird angenommen, dass die Fahrgäste zunächst alle Sitzplätze belegen und erst stehen bleiben, wenn keine Sitzplätze mehr frei sind.

$$d_{Sitz} = \frac{N_{Fg}}{N_{Sitz} \cdot \frac{t_b}{t_k}}, \text{ bei } N_{Fg} \leq N_{Sitz} \cdot \frac{t_b}{t_k}$$

$$d_{Steh} = \frac{N_{Fg} - N_{Sitz} \cdot \frac{t_b}{t_k}}{A_{Steh} \cdot \frac{t_b}{t_k}}, \text{ bei } N_{Fg} > N_{Sitz} \cdot \frac{t_b}{t_k}$$

Geschwindigkeit

Die Verkehrsqualitätsstufe für die Beförderungsgeschwindigkeit des ÖV wird mittels des Verhältnisses zur Geschwindigkeit im MIV bestimmt, um Aussagen zur Konkurrenzfähigkeit des ÖV machen zu können. Um eine direktere Ermittlung der im ÖV für eine bestimmte VQS nötige Geschwindigkeit zu erleichtern, sind in Abb. 6.127 diese Werte in Abhängigkeit der MIV-Geschwindigkeit dargestellt.

mittlere Geschwindigkeit MIV [km/h]	mindestens zu erreichende mittlere Reisegeschwindigkeit öV in km/h für VQS				
	A	B	C	D	E
10	10.0	7.8	5.5	3.8	2.5
15	15.0	11.7	8.3	5.7	3.8
20	20.0	15.6	11.0	7.6	5.0
25	25.0	19.5	13.8	9.5	6.3
30	30.0	23.4	16.5	11.4	7.5
35	35.0	27.3	19.3	13.3	8.8
40	40.0	31.2	22.0	15.2	10.0
45	45.0	35.1	24.8	17.1	11.3
50	50.0	39.0	27.5	19.0	12.5
55	55.0	42.9	30.3	20.9	13.8
60	60.0	46.8	33.0	22.8	15.0

Geschwindigkeiten unter 10 km/h sollten vermieden werden.

Werte, die unterhalb derjenigen für VQS E liegen, entsprechen VQS F.

Abb. 6.127 MIV-Geschwindigkeiten und Geschwindigkeiten/VQS im ÖV

Diese Geschwindigkeiten sind als mittlere Geschwindigkeiten zwischen zwei Haltestellen zu erreichen, also unter Berücksichtigung der Haltezeiten an einer Haltestelle und allfälliger Behinderungen im Verkehr.

Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

Diese beiden Indikatoren sind eng verzahnt, da sie beide ein Mass für die Zuverlässigkeit darstellen. Massgeblich ist dabei deren gegenseitige Gewichtung, da diese bestimmt, inwieweit sie jeweils wirken. Diese ist in Abb. 6.128 für die häufigsten Kursfolgezeiten zusammengefasst. Für längere Kursfolgezeiten bleibt die Gewichtung gleich, da ab einer Kursfolgezeit von rund 17 Minuten die Regelmässigkeit keine Rolle mehr spielt.

Abb. 6.128 Gewichtung von Pünktlichkeit und Regelmässigkeit

Kursfolgezeit t_k [min]	2.50	5.00	6.00	6.68	7.50	10.00	12.00	15.00	30.00
Gewichtung Pünktlichkeit	0.00	0.21	0.32	0.39	0.47	0.66	0.78	0.92	1.00
Gewichtung Regelmässigkeit	1.00	0.79	0.68	0.61	0.53	0.34	0.22	0.08	0.00

6.2.5 Empfehlungen zur Beeinflussung der Indikatoren

Nachdem die Ziel-Verkehrsqualitätsstufen für die einzelnen Indikatoren bestimmt wurden, sind die Massnahmen abzuleiten, um diese zu erreichen. Aufgrund der Vielzahl von Einflüssen und deren starker Abhängigkeit von lokalen Gegebenheiten, ist es wenig sinnvoll, quantitative Verfahren vorzuschlagen, da diese für eine ausreichende Genauigkeit so umfangreich sein müssten, dass sie für eine Anwendung im Rahmen einer Norm ungeeignet sind. Diese Aufgabe liegt beim Planer und wird auch in Zukunft dort liegen, da die entsprechende Erfahrung und Ortskenntnis für die Erzielung guter Ergebnisse einbezogen und umgesetzt werden muss.

Als Hilfe dazu wird vielmehr hier eine Übersicht (Abb. 6.129) über geeignete Massnahmen gegeben und deren Wirkungsweise beschrieben. Diese ist analog zu Ausführungen aus dem TCQSM (TRB, 2003), jedoch auf die schweizerischen Verhältnisse angepasst und beinhaltet entsprechend weitere Massnahmen.

Abb. 6.129 Massnahmen zur Beeinflussung der Indikatoren der Verkehrsqualität

Massnahme	Wirkungen
Infrastruktur	
Eigentrassee/eigene Spur	<ul style="list-style-type: none"> • Isolation von Störeinflüssen • Stabilerer Betrieb durch weniger Behinderungen • Höhere Geschwindigkeiten • Grosser Aufwand in Einrichtung • Raum für Spur muss möglicherweise anderen Nutzungen / Verkehrsmitteln entzogen werden
ÖV-Schleuse	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion von Wartezeiten • Erlaubt kürzere Reisezeiten oder stabileren Betrieb • Separate Spur nötig
Bushaltestellen am Fahrbahnrand	<ul style="list-style-type: none"> • Vereinfacht Abfahrt von Haltestelle • Reduktion Haltezeiten • Behinderung MIV möglich
Vermeidung zu kleiner Haltestellenabstände	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Beförderungsgeschwindigkeiten • Möglicherweise Reduktion Nachfrage durch längere Zugangswege
Vermeiden von Hindernissen im Ein- und Ausstiegsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserter Fahrgastfluss • Kürzere Haltestellenaufenthaltszeiten
Verkehrsregelung	
ÖV-Bevorrechtigung an LSA	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion Wartezeiten • Höhere Zuverlässigkeit
Abbiegeverbote für MIV oder ausreichende Abbiegespuren	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Fahrzeugstau und Behinderung ÖV • Reduktion Wartezeiten • Verbesserung Zuverlässigkeit
Parkierungs- oder Halteverbote, Verlagerung von Anlieferverkehren	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion Störung durch Fahrzeuge auf Parkplatzsuche, beim Ein-/Ausparkieren oder durch parkierte Lieferfahrzeuge
Linienführung	
Vermeidung von Strecken mit reduzierter Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Geschwindigkeiten • Höhere Attraktivität
Keine Führung über Knotenpunkte ohne Vortritt für den ÖV	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion Wartezeiten • Erhöhung Betriebsstabilität
Fahrzeug	
Stufenloser Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Haltezeiten
Kurze Türöffnungs- und Türschliesszeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Haltezeiten
Hohes Beschleunigungs- und Bremsvermögen	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Zeitverlust durch Haltestellen und Behinderungen
Fahrzeuginneneinrichtung mit wenig Einbauten im Türraum	<ul style="list-style-type: none"> • Besserer Fahrgastfluss, kürzere Haltezeiten
Tarif	
Förderung der Zeitkartennutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Bedarf an Beratung und Verkauf im Fahrzeug • Kürzere Haltezeiten durch Vermeidung von Käufen kurz vor der Abfahrt
Vermeiden des Billetverkaufs durch das Fahrpersonal	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Haltezeiten
Betrieb	
Grössere Reservezeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Stabilität • Kompensation von Störeinflüssen • Verlängerung Planfahrzeiten
Prüfung der Allokation von Reservezeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Stabilität • Kompensation von Störeinflüssen
Grössere/kleinere Fahrzeuge einsetzen	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung der Auslastung • Bei hoher Belegung Verkürzung Haltezeiten durch grössere Fahrzeuge • Veränderung Betriebskosten durch Fahrzeugkosten
Häufiger/weniger häufig fahren	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung Fahrgäste je Kurs • Verringerung Haltezeiten möglich • Veränderung Betriebskosten durch mehr/weniger Fahrzeugkilometer und Personalstunden

6.3 Normierungsvorschlag

6.3.1 Struktur

Die hergeleiteten Qualitätsstufen und die dazugehörigen Erhebungsmethoden sollen ein standardisiertes Verfahren für die Qualitätsmessung im strassengebundenen öffentlichen Verkehr der Schweiz liefern. Daher sind diese, sowie das beschriebene Verfahren für die Bemessung von Verkehrsangeboten, in einen Normierungsvorschlag zu überführen. Der vollständige Normierungsvorschlag ist im Anhang zu finden. In dieser Form werden bereits die formellen Vorgaben einer SN-Norm erfüllt. Die Normen bestehen aus einer Grundlagennorm (SN 640 0x1) sowie den Normen für den Linien- (SN 640 0x2) und Bedarfsverkehr (SN 640 0x3).

Der Entwurf für die Grundlagennorm liefert zunächst die Bestimmung der relevanten Begriffe, des Geltungsbereiches sowie der Grenzen der Anwendbarkeit. Es folgt eine kurze Erläuterung des zu Grunde liegenden Konzeptes und des Beurteilungsverfahrens. Dazu werden die jeweiligen VQS-Skalen beschrieben und sinnvolle VQS-Niveaus empfohlen. Für die Bemessung von Angeboten wird in den beiden weiteren Normierungsvorschlägen das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren erläutert und Tabellenwerke für die Anwendung mitgeliefert, die eine schnelle Bestimmung der je Indikator zu erreichenden Verkehrsqualitätsstufen erlauben. Schliesslich wird anhand von Beispielen die Anwendung der Norm erklärt.

6.3.2 Kompatibilität zur EN 13816

Die Europäische Norm 13816 ist einer der Eckpfeiler der Qualitätsmessung im öffentlichen Verkehr. Es ist daher wichtig, sicherzustellen, dass die vorliegenden Entwürfe mit der EN 13816 kompatibel sind und für die Anwendung im Rahmen dieser Erhebungen geeignet sind. Die in dieser Arbeit untersuchten Aspekte bewerten vor allem die betriebliche Qualität des öffentlichen Verkehrs. Sie erfassen damit Teile der in der EN 13816 genannten Bewertungen:

Das Kriterium Fahrzeugauslastung (in EN 13816 1.3.3., ein Teil der Bewertung des Betriebs in Kriterium der Ebene 1 „Verfügbarkeit“) wird in der vorliegenden Arbeit im Hinblick auf dessen Wirkung auf die Fahrgastwechselrate erfasst.

Im Kriterium der 1. Ebene „Zeit“, wird innerhalb des Kriteriums der Ebene 2 „Reisezeit“ die Reisezeit im Fahrzeug gemessen. Dies ist analog zur Erhebung der Beförderungsgeschwindigkeit in der vorliegenden Arbeit, allerdings ist dieses Kriterium hier auch auf die Bewertung der Konkurrenzfähigkeit zum Automobil angelegt. Weiterhin findet sich die Bewertung des Kriteriums „Einhaltung des Fahrplans“ in der vorliegenden Arbeit wieder, nämlich durch die Bewertung der gleichen Grössen, Pünktlichkeit und Regelmässigkeit.

Schliesslich findet sich der Indikator „Auslastung“ aus der vorliegenden Arbeit in der Bewertung des Komforts (Komfort->Raumangebot->in Fahrzeugen) der EN 13816 wieder.

Die in dieser Arbeit ermittelten Grössen finden sich also in ebenfalls in der EN 13816 und werden analog verwendet. Darüber hinaus wird aber in der vorliegenden Arbeit und dem Normierungsvorschlag ein Verfahren vorgeschlagen, mittels dessen die für die jeweiligen Indikatoren bzw. Kriterien die Messung und Bewertung erfolgen kann. Dies stellt eine für die Anwendung in der Schweiz sinnvolle Erweiterung dar. Weiterhin lässt sich das in dieser Arbeit vorgeschlagene Konzept für die Zusammenführung und Gewichtung der verschiedenen Indikatoren

auf die in der EN 13816 ermittelten Kriterien und deren Ebenen anwenden, wobei die übergeordneten Ebenen ihre Entsprechung in einem Aspekt dieser Arbeit entsprechen. Bewertungen, die nur auf Netzebene (z. B. die Verfügbarkeit des Netzes) stattfinden kommen in diesem Fall erst auf einer höheren Aggregationsstufe zum Tragen, andere hingegen werden wie in dieser Arbeit von der Elementebene an erfasst und dann aggregiert.

Damit lässt sich die vorliegende Arbeit also im Rahmen der EN 13816 für einige Teilaspekte direkt anwenden, darüber hinaus aber für eine umfassende Bewertung im Rahmen der Europäischen Norm erweitern.

7 Abschluss

7.1 Zusammenfassung

Es wurde in dieser Arbeit bestimmt, wie sich für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr in der Schweiz die Verkehrsqualität ermitteln lässt. Dabei wird zwischen Linienverkehren und Bedarfsverkehren unterschieden. Das so hergeleitete Beurteilungsverfahren basiert auf der Messung von einzelnen Indikatoren auf Ebene eines Einzelelementes (Linienverkehre) oder des Angebotes (Bedarfsverkehre). Diese Indikatoren ermitteln die realisierte Qualität des öffentlichen Verkehrs und messen daher einen „Output“.

Für den Linienverkehr werden die Auslastung der Fahrzeuge, die Geschwindigkeiten relativ zum motorisierten Individualverkehr (MIV), die Pünktlichkeit und die Regelmässigkeit ermittelt, wobei die Pünktlichkeit und die Regelmässigkeit abhängig von der Kursfolgezeit gewichtet werden.

Im Bedarfsverkehr werden als Indikatoren die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit, die Flexibilität des Angebotes, der Erfüllungsgrad der Fahrtenfragen, die Zuverlässigkeit des Angebotes und die Reisezeit relativ zum MIV erhoben.

Für die quantitative Festlegung der Verkehrsqualitätsstufen wurde bei Linienverkehren von Werten aus bereits bestehenden Normenwerken ausgegangen und eine Festlegung der Richtwerte aufgrund einer Erhebung von Messdaten aus dem ÖV-Betrieb in einer grossen schweizerischen Agglomeration vorgenommen. Für die Bewertung der Bedarfsverkehre wurde die Festlegung von Richtwerten primär auf Literaturdaten basiert.

Das Beurteilungsverfahren teilt die gemessenen Werte in eine sechsstufige Skala von „A“ als besten Fall bis „F“ im schlechtesten Fall ein. Damit ist in der Architektur eine Kompatibilität zu den bereits bestehenden normierten Beurteilungsverfahren für die Verkehrsqualität im MIV sowie den in Entwicklung stehenden Normen für den Fuss- und Veloverkehr gegeben.

Das entwickelte Verfahren findet schliesslich Eingang in einen Normierungsvorschlag, der diesem Bericht beiliegt. Dieser Normierungsvorschlag ist ein Schritt hin zu einem Normenwerk, das eine multimodale Bewertung der Verkehrsverhältnisse ermöglicht und für vergleichende Untersuchungen geeignet ist. In weiteren Arbeiten sinnvoll folgende Schritte sind die Ermittlung von Situationen, die als gleichwertig betrachtet werden können und die darauf aufbauende Vereinheitlichung der Qualitätserhebungsmodelle für die verschiedenen Verkehrsmittel.

7.2 Weiterer Forschungsbedarf

Im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit wurde eine Reihe von Feldern festgestellt, auf denen derzeit noch Wissenslücken bestehen, deren Schliessung wertvolle Erkenntnisse für die Planung und Optimierung von ÖV Angeboten liefern kann.

- Eine detailliertere Untersuchung der Einflüsse auf die Wirkung von Priorisierungsmassnahmen würde weitere Erkenntnisse für einen zielgerichteten Einsatz dieser Massnahmen liefern. Die grundsätzliche Wirkungsweise und der positive Einfluss liegen zwar auf der Hand, eine weitere Analyse der genauen Wirkungsweise würde aber Anhaltspunkte liefern, wie

genau solche Massnahmen den grössten Effekt erzielen können bzw. wo sie notwendig für die Qualität des ÖV sind.

- Die Zuverlässigkeit von ÖV-Angeboten ist in der Schweiz zunehmend ein Hauptkriterium für deren Nutzung. Daher sind die Einflüsse darauf weiter vertieft zu untersuchen. Besonders gilt dies für die Allokation von Pufferzeiten, die Wirkungen von Störungen und geeignete Reaktionsstrategien sowie langfristige Massnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von ÖV-Angeboten.
- Die Wahrnehmung der ÖV-Qualität besonders in der Schweiz würde es erlauben, besser auf die Bedürfnisse zugeschnittene Angebote zu entwerfen. Besonders gilt dies für die Bewertung der Faktoren Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit und die Bedeutung von Umstiegen. Die Grundlagen sind bereits vorhanden und es sind im Ausland Studien zu diesen Aspekten durchgeführt worden, allerdings deuten die Erkenntnisse im Rahmen dieser Studie und aus ähnlichen Projekten darauf hin, dass die Bewertung dieser Faktoren in der Schweiz teilweise anders liegt.
- Das Fahrgastwechselverhalten an Haltestellen hat einen massgeblichen Einfluss auf die Abläufe im öffentlichen Verkehr. Grundlagenarbeiten haben bereits die analytischen Zusammenhänge im Detail untersucht. Besonders wertvoll für die Planung im öffentlichen Verkehr wäre nun eine Entwicklung von Modellen aufgrund von Felduntersuchungen und Simulationen, die es erlauben, noch effizienter auf spezifische Gegebenheiten einzugehen.
- Über Bedarfsverkehre in dünn besiedelten Regionen sowie in Randzeiten ist der wissenschaftliche Kenntnisstand derzeit eher gering. Teilweise sind derartige Angebote aber bereits flächendeckend im Einsatz oder sehen ein starkes Wachstum (zum Beispiel bei Nachtverkehrsangeboten). Daher würde eine umfassende Erhebung über Umfang und Nutzung der Angebote sowie die Anforderungen der Fahrgäste eine Wissensbasis schaffen, aufgrund derer weitere Optimierungen vorgenommen werden können. Es ist denkbar, dass sich darauf ein Bedarf ergibt, die Richtwerte für Bedarfsverkehre zu aktualisieren. Wertvoll wären zudem generalisierte Erkenntnisse zu zweckmässigen Übergängen zwischen Bedarfs- und Linienangeboten.
- Für eine sinnvolle Planung von ÖV-Angeboten, die in der Lage sind, Marktanteile vom MIV zu gewinnen, wären neue Kenntnisse über Elastizitäten in Bezug auf die Qualitätsmerkmale in ÖV und MIV, besonders für den städtischen und den Agglomerationsverkehr wertvoll.

Anhänge

I	Fahrzeugkapazitäten	167
II	Übersichtswerte der Auslastungen aus Messwerten	169
III	Normierungsvorschlag Grundlagen öffentlicher Verkehr	171
IV	Normierungsvorschlag Linienverkehre	182
V	Normierungsvorschlag Bedarfsverkehre	204

I Fahrzeugkapazitäten

	Länge ⁽¹⁾ [m]	Sitzplätze	Gesamtkapazität mit Stehen ⁽²⁾	Türen	Sitze/m	Stehkapazität ⁽²⁾ /m	Kapazität ⁽²⁾ /m	Stehplätze ⁽²⁾ /Sitzplätze	Türen/m
Be 4/6 "Tram 2000"	21.00	50	121	4	2.381	3.381	5.762	1.420	0.190
Be 4/8 "Tram 2000 Sänfte"	28.00	68	167	5	2.429	3.536	5.964	1.456	0.179
Be 4/6 "Tram 2000" + Be 2/4 "Tram 2000 Pony"	37.00	85	211	7	2.297	3.405	5.703	1.482	0.189
Be 5/6 "Cobra"	35.93	90	238	7	2.505	4.119	6.624	1.644	0.195
Be 4/6 "Tram 2000" Doppeltraktion	42.00	100	247	8	2.381	3.500	5.881	1.470	0.190
Be 4/8 "Tram 2000 Sänfte" + Be 2/4 "Tram 2000 Pony"	45.00	103	257	8	2.289	3.422	5.711	1.495	0.178
MB O530 Citaro Standardbus	12.00	30	61	3	2.500	2.583	5.083	1.033	0.250
Neoplan N4516 Centroliner Standardbus	11.95	32	65	3	2.678	2.762	5.439	1.031	0.251
MB O530 G Citaro Gelenkbus	18.00	40	106	4	2.222	3.667	5.889	1.650	0.222
Neoplan N4522 Centroliner Gelenkbus	18.72	47	115	4	2.511	3.632	6.143	1.447	0.214
MB O405 GTZ Gelenktrolleybus	17.56	43	108	4	2.449	3.702	6.150	1.512	0.228
Hess Swisstrolley 2 BGT-N2C Gelenktrolleybus	18.70	44	114	4	2.353	3.743	6.096	1.591	0.214
Hess LighTram 2 BBGT-N2C Doppelgelenktrolleybus	24.70	60	151	5	2.429	3.684	6.113	1.517	0.202
Gesamte Flotte	Mittelwert				2.417	3.472	5.889	1.442	0.208
	Median				2.429	3.536	5.889	1.482	0.202
	Normierte Standardabweichung				0.047	0.112	0.062	0.130	0.113
Flotte Tram	Mittelwert				2.379	3.559	5.939	1.495	0.187
	Median				2.381	3.461	5.821	1.476	0.190
	Normierte Standardabweichung				0.031	0.071	0.053	0.048	0.034
Flotte Bus	Mittelwert				2.449	3.396	5.845	1.397	0.226
	Median				2.449	3.667	6.096	1.512	0.222
	Normierte Standardabweichung				0.053	0.136	0.067	0.171	0.076

⁽¹⁾ ohne Puffer / Kupplungen

⁽²⁾ Stehbelegungen zurückgerechnet basierend auf 4 P/m²

II Übersichtswerte der Auslastungen aus Messwerten

Auslastung (basierend auf 4 P/m ²)										
	Mittel	Median	Std.- Abw.	Variations- koeffizient	Quantil					
					5%	10%	25%	75%	90%	95%
Ganzer Tag	0.199	0.167	0.155	0.781	0.000	0.029	0.085	0.277	0.400	0.492
0600-0700	0.142	0.111	0.127	0.895	0.000	0.017	0.048	0.200	0.306	0.377
0700-0900	0.256	0.217	0.198	0.771	0.009	0.042	0.109	0.361	0.522	0.635
1100-1200	0.175	0.160	0.112	0.642	0.015	0.045	0.096	0.235	0.321	0.377
1500-1600	0.225	0.204	0.144	0.640	0.017	0.059	0.123	0.306	0.411	0.491
1700-1800	0.300	0.277	0.193	0.645	0.020	0.074	0.157	0.415	0.557	0.655
1800-1900	0.250	0.226	0.173	0.692	0.009	0.047	0.120	0.345	0.481	0.574
2100-2400	0.122	0.104	0.097	0.795	0.000	0.017	0.050	0.169	0.246	0.306

Auslastungen der Fahrzeuge, jeweils für alle untersuchten Linien und werktags, ohne Ferien- oder Feiertage.

III Normierungsvorschlag Grundlagen öffentlicher Verkehr

INHALTSVERZEICHNIS

A	Allgemeines	173
1	Geltungsbereich.....	173
2	Gegenstand.....	173
3	Zweck.....	173
4	Aufbau der Normengruppe.....	173
5	Kompatibilität zu EN 13816.....	173
B	Begriffe	173
6	Verkehr.....	173
6.1	Qualität.....	173
6.2	Bedarfsverkehre.....	174
7	Qualität.....	174
7.1	Verkehrsqualität.....	174
7.2	Indikator für Verkehrsqualität.....	174
7.3	Verkehrsqualitätsstufe.....	174
7.4	Verkehrsqualitätspunktzahl.....	174
8	Leistungsfähigkeit, Indikatoren.....	174
8.1	Leistungsfähigkeit.....	174
8.2	Zuverlässigkeit.....	174
8.3	Auslastung.....	174
8.4	Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV.....	174
8.5	Räumliche Verfügbarkeit.....	175
8.6	Zeitliche Verfügbarkeit.....	175
8.7	Flexibilität.....	175
8.8	Erfüllungsgrad.....	175
9	Leistungsfähigkeit, Indikatoren.....	175
9.1	Nachfrage.....	175
9.2	Motorisierter Individualverkehr (MIV).....	175
9.3	Langsamverkehr.....	175
9.4	Mischverkehr.....	175
9.5	Eigentrossierung.....	175
9.6	Fahrgastwechselzeit.....	175
9.7	Priorisierung.....	175
9.8	Störungen.....	175
10	Betrieb des öffentlichen Verkehrs.....	176
10.1	Kursfolgezeiten.....	176
10.2	Reservezeiten.....	176
10.3	Beförderungsgeschwindigkeit.....	176
C	Verfahren	176
11	Konzept.....	176
12	Beurteilungsebenen.....	177
13	Beurteilungsmodell.....	177
14	Qualität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr.....	177
D	Anwendung und Beurteilung	178
15	Qualitätsempfehlung.....	178
16	Grundlagen.....	178
17	Linienverkehre.....	179
18	Bedarfsverkehre.....	179
19	Massgebende Erhebungszeiträume.....	179
E	Massnahmen	179

20	Grundlagen	179
21	Massnahmen zur Verbesserung der Qualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs	179
F	Literaturverzeichnis.....	181

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Angebote des öffentlichen Verkehrs, die mit Verkehrsmitteln erbracht werden, welche in der Lage und dazu geeignet sind, im Strassenraum zu verkehren. Dies schliesst teilweise oder gänzlich ausserhalb des Strassenraumes verkehrende Angebote mit ein, sofern sie auf den beschriebenen Verkehrsmitteln basieren.

2 Gegenstand

Die Norm legt die Verfahren und Richtwerte fest, mittels derer die Qualität und Leistungsfähigkeit bewertet werden. Dabei werden vorab diejenigen Indikatoren bewertet, in denen sich die massgeblichen Einflüsse auf die Qualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs auswirken. Diese Qualitätskennwerte werden jeweils bei einer bestimmten Leistungsfähigkeit realisiert, womit die Leistungsfähigkeit in direkten Zusammenhang zum Komfort steht.

Mittels der Norm wird eine einheitliche Bewertung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs ermöglicht. Weiter werden Hilfen zur Bemessung eines Verkehrsangebotes auf die Verkehrsqualitätsstufen hin gegeben.

3 Zweck

Die Norm definiert die Grundlagen für die einheitliche Bewertung der Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs und definiert die verwendeten Begriffe.

4 Aufbau der Normengruppe

Die Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs hat zu unterscheiden zwischen Linienverkehren und Bedarfsverkehren. Die Normengruppe „Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs“ besteht daher aus der vorliegenden Grundlagennorm sowie den Normen für Linienverkehre SN 640 0x2 [1] und Bedarfsverkehre SN 640 0x3 [2].

5 Kompatibilität zu EN 13816

Im Hinblick auf die zunehmende Verbreitung der EN 13816 [3] als Grundlage für die Erhebung der Qualität im öffentlichen Verkehr ist das vorliegende Werk so angelegt, dass es mit dieser möglichst kompatibel ist. Die in der Norm EN 15140 [4] genannten Anforderungen an Messverfahren sind ebenfalls mit der hier vorgeschlagenen Methodik kompatibel.

Das in der vorliegenden Norm vorgestellte Verfahren lässt sich für eine umfassende Bewertung unter Berücksichtigung aller Kriterien aus EN 13816 verallgemeinern.

B Begriffe

6 Verkehr

6.1 Qualität

Verkehrsangebote des öffentlichen Verkehrs (ÖV) gelten im Rahmen der Norm als Linienverkehre, wenn sie

- jedem potenziellen Fahrgast zugänglich sind
- gemäss publizierten Fahrplänen verkehren
- entlang fest definierter Linienverläufe verkehren
- fest definierte Haltestellen bedienen.

6.2 Bedarfsverkehre

Als Bedarfsverkehre gelten im Rahmen der Norm öffentliche Verkehrsangebote, die nicht alle Kriterien eines Linienverkehrs erfüllen. Dies sind zum Beispiel Angebote, welche nur auf Bestellung verkehren und/oder deren Linienführung je nach Bedarf geplant wird.

7 Qualität

7.1 Verkehrsqualität

Unter Verkehrsqualität wird verstanden, wie nutzbar und komfortabel das Verkehrsangebot im ÖV ist und wie dieses Angebot im qualitativen Vergleich zum motorisierten Individualverkehr (MIV) einzuordnen ist.

7.2 Indikator für Verkehrsqualität

Ein Indikator für die Verkehrsqualität ist eine Grösse, anhand derer eine Bewertung der Verkehrsqualität möglich ist.

7.3 Verkehrsqualitätsstufe

Eine Verkehrsqualitätsstufe (VQS) ist ein Bereich der Verkehrsqualität, der zwischen zwei definierten Grenzwerten liegt. Im Rahmen der Norm werden sechs Wertebereiche mit den Bezeichnungen „A“ bis „F“ definiert. Dabei entspricht „A“ der bestmöglichen Qualität.

7.4 Verkehrsqualitätspunktzahl

Den jeweiligen VQS werden Verkehrsqualitätspunktzahlen (VQP) zugeordnet. Dies sind Zahlen im Wertebereich von 0 bis 1, die für die weitere Berechnung der Verkehrsqualitätsstufe benötigt werden.

8 Leistungsfähigkeit, Indikatoren

8.1 Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit gibt die Anzahl an Personen an, die mittels eines gegebenen Verkehrsangebotes je Zeiteinheit in einer definierten Qualität transportiert werden können.

8.2 Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit eines Verkehrsangebotes beschreibt, inwieweit das tatsächliche Angebot von dem geplanten Angebot abweicht.

Die Zuverlässigkeit wird über die Pünktlichkeit und die Regelmässigkeit gemessen. Die Pünktlichkeit beschreibt die Einhaltung der publizierten Abfahrtszeiten, die Regelmässigkeit beschreibt die Einhaltung der geplanten Zeitabstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abfahrten. Es wird dabei vorausgesetzt, dass keine fahrplanmässig publizierten Fahrten ausfallen.

8.3 Auslastung

Die Auslastung ist die Besetzung eines Fahrzeuges relativ zu einem definierten Fassungsvermögen, welches auch Stehplätze einschliessen kann.

8.4 Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV

Das Geschwindigkeitsverhältnis ist der Quotient der mittleren Geschwindigkeit im ÖV (inklusive Halte- und Wartezeiten) und der mittleren Geschwindigkeit im MIV. Verglichen werden die Reisegeschwindigkeiten innerhalb eines Segments für einen vorgegebenen Zeitraum. Bei gleichen Geschwindigkeiten beträgt das Verhältnis 1.0, wenn der ÖV nur halb so schnell wie der MIV wäre, 0.5.

8.5 Räumliche Verfügbarkeit

Die räumliche Verfügbarkeit beschreibt die Abdeckung eines Versorgungsgebietes mit einem ÖV-Angebot, basierend auf einem Erschliessungsstandard.

8.6 Zeitliche Verfügbarkeit

Die zeitliche Verfügbarkeit ist die Zeitspanne, während der ein ÖV-Angebot verfügbar ist bzw. der Anteil einer Lücke in einem Linienangebot (z. B. Nacht oder Wochenende), der mit dem zu beurteilenden Bedarfsangebot abgedeckt wird.

8.7 Flexibilität

Die Fähigkeit eines Verkehrsangebotes, sich nach den individuellen Wünschen eines Fahrgastes zu richten, wird als Flexibilität bezeichnet. Je höher diese ist, desto mehr kann den Wünschen eines Fahrgastes entsprochen werden.

8.8 Erfüllungsgrad

Bei Fahrten, die auf Bedarf und per Anmeldung erfolgen, beschreibt der Erfüllungsgrad, inwieweit den Fahrtwünschen entsprochen werden kann und wie gross der Anteil ist, der abgelehnt werden muss.

9 Leistungsfähigkeit, Indikatoren

9.1 Nachfrage

Die Verkehrsnachfrage gibt die Zahl der Fahrgäste an, die das öffentliche Verkehrsangebot je Zeiteinheit nutzen möchten.

9.2 Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Er umfasst den Verkehr mit Motorfahrzeugen (Mfz), ausgenommen die Busse des öffentlichen Verkehrs. [z. B. 5].

9.3 Langsamverkehr

Unter dem Begriff Langsamverkehr werden im Rahmen der Norm der Fussgänger- und Veloverkehr zusammengefasst.

9.4 Mischverkehr

Als Mischverkehr werden Verkehrsverhältnisse bezeichnet, in denen der öffentliche Verkehr über keine separaten Spuren verfügt.

9.5 Eigentrassierung

Eigentrassierte Abschnitte sind Strecken, auf denen der ÖV über eigene Fahrwege verfügt, welche physisch vom Strassenraum abgetrennt sind.

9.6 Fahrgastwechselzeit

Die Zeit, die an einer Haltestelle für das Öffnen der Türen, Aus- und Einsteigen der Fahrgäste und Schliessen der Türen benötigt wird, wird als Fahrgastwechselzeit bezeichnet.

9.7 Priorisierung

Als Priorisierung wird die betriebliche Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs gegenüber anderen Verkehrsarten bezeichnet. Dies kann zum Beispiel mittels einer Vorrangschaltung an Lichtsignalanlagen geschehen.

9.8 Störungen

Im Kontext der Norm werden Störungen als Ereignisse verstanden, die den Verkehrsfluss aufhalten und damit für den öffentlichen Verkehr eine Abweichung vom geplanten Fahrtverlauf nach sich ziehen können. abgelehnt werden muss.

10 Betrieb des öffentlichen Verkehrs

10.1 Kursfolgezeiten

Die Zeitabstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abfahrten einer Linie an einer Haltestelle werden als Kursfolgezeiten bezeichnet.

10.2 Reservezeiten

Reservezeiten sind Aufschläge auf die technische Fahrzeit, um kleinere Störungen auszugleichen und deren Einfluss auf die Fahrplaneinhaltung zu mindern.

10.3 Beförderungsgeschwindigkeit

Als Beförderungsgeschwindigkeit wird die Geschwindigkeit bezeichnet, die im öffentlichen Verkehr zwischen zwei Haltestellen unter Berücksichtigung der Haltezeit an einer Haltestelle erreicht wird.

C Verfahren

11 Konzept

Das Verfahren zur Bestimmung der Verkehrsqualität basiert auf Indikatoren, aufgrund derer sich die Verkehrsqualität eines Verkehrsangebotes oder eines Elements davon in Form einer Verkehrsqualitätsstufe beschreiben lässt. In diesen Indikatoren manifestieren sich die relevanten Einflüsse auf die wahrgenommene Verkehrsqualität. Die Indikatoren unterscheiden sich zwischen Linien- und Bedarfsverkehren. Aus diesen Indikatoren wird eine Verkehrsqualitätsstufe bestimmt. Die Qualität wird jeweils unter den Randbedingungen der jeweiligen Nachfrage, der Verkehrsqualität im MIV und der Leistungsfähigkeit einer ÖV-Linie ermittelt.

Die Abbildung 1 stellt den Ablauf der Planung im ÖV vereinfacht dar und zeigt, an welcher Stelle die Norm sinnvoll angewendet werden kann.

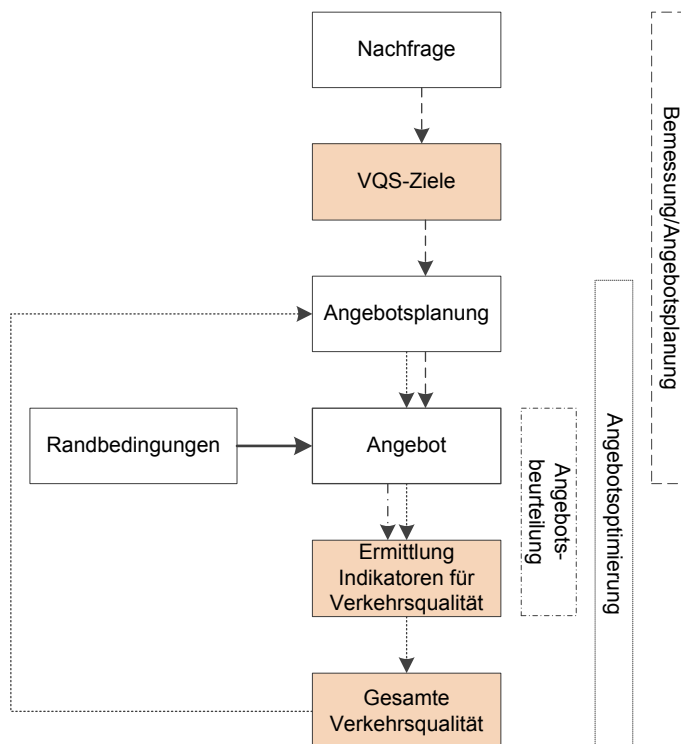


Abb. 1 Anwendung der Norm für Bemessung, Optimierung und Beurteilung eines ÖV-Angebots

Die Norm beurteilt die Qualität des resultierenden Verkehrsangebotes, nicht jedoch die des Planungsprozesses. Eine methodisch qualifizierte Angebotsplanung wird vorausgesetzt.

12 Beurteilungsebenen

Die Beurteilung der Verkehrsqualität unterscheidet zwischen verschiedenen Ebenen eines öffentlichen Verkehrsangebotes. Es werden drei Stufen unterschieden:

- Einzelemente: Dies kann eine Haltestelle oder ein Streckenabschnitt zwischen zwei Haltestellen sein, auf dem Fahrzeuge des ÖV gemäss einem publizierten Fahrplan verkehren
- Liniensegmente: Eine zusammenhängende Abfolge von Einzelementen
- Netzteile oder Netze: Mengen, in denen Einzelemente mehrerer Linien enthalten sind.

13 Beurteilungsmodell

Das Beurteilungsmodell basiert auf der Gruppierung der einzelnen Indikatoren in „Dimensionen“. Darin sind diejenigen Indikatoren zusammengefasst, deren Wahrnehmung in der Regel eng zusammenhängt. Zum Beispiel hat die Verfügbarkeit eines ÖV-Angebotes sowohl einen räumlichen als auch einen zeitlichen Aspekt.

Innerhalb einer Dimension werden zunächst die VQS für die einzelnen Indikatoren bestimmt und diesen die entsprechenden Verkehrsqualitätspunktzahlen (VQP) zugeordnet. Auf Basis der VQP lassen sich die Einzelbewertungen rechnerisch zusammenfassen. Dies geschieht multiplikativ, da innerhalb einer Dimension die Minderung eines Indikators die Nützlichkeit der jeweils anderen mit herabsetzt.

Die Verkehrsqualität wird als Mittel zwischen den verschiedenen Dimensionen errechnet, da hier durchaus eine niedrige Qualität in einer Dimension durch eine hohe Qualität in einer anderen kompensiert werden kann. Diese kann schliesslich für (Teil-)Netzbetrachtungen über alle untersuchten Elemente zusammengefasst werden.

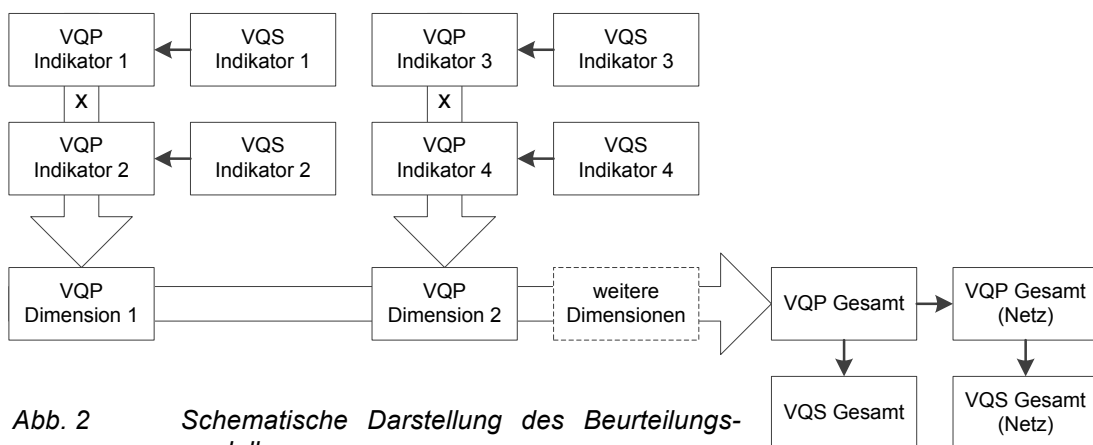


Abb. 2 Schematische Darstellung des Beurteilungsmodells

14 Qualität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr

Für die Beurteilung der Qualität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr werden sechs Verkehrsqualitätsstufen („A“ bis „F“) definiert.

VQS A

Es besteht ein qualitativ hochwertiges Angebot, das eine zuverlässige, schnelle und bequeme Reise ermöglicht. Darüber hinaus erlaubt die hohe Betriebsqualität eine zuverlässige Integration mit dem Fernverkehr. Die Qualität ist insbesondere im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr so hoch, dass der ÖV einen hohen Anteil am Modal Split zu

gewinnen vermag.

VQS B

Die Qualität im strassengebundenen ÖV ist hoch, jedoch können in einzelnen Indikatoren oder an einzelnen Stellen leichte Einbussen vorkommen. Insgesamt besteht ein Angebot, das für alle Nutzungszwecke geeignet ist und eine bezogen auf den MIV zumindest vergleichbare Attraktivität bietet. Für gut planbare und wiederkehrende Fahrten bleibt der ÖV ein attraktives Verkehrsmittel, werden nicht alle Anforderungen an Komfort, Reisezeit oder Zuverlässigkeit erfüllt. Für die Versorgung insbesondere von städtischen Regionen ist dieses Qualitätsniveau geeignet.

VQS C

Die Angebotsqualität im ÖV ist substanziell akzeptabel, es liegen aber in einigen Bereichen Mängel vor. Dennoch ist das Angebot für alle Fahrtzwecke geeignet und daher attraktiv und konkurrenzfähig, wenn beim motorisierten Individualverkehr Kapazitäts- und Qualitätsmängel vorliegen. Für städtische Gebiete stellt dieses Niveau eine akzeptable Qualität dar, es sind jedoch Anstrengungen nötig, um die Qualität zu halten und langfristig zu verbessern.

VQS D

Das ÖV-Angebot ist mangelhaft, da es wesentliche Qualitätsanforderungen nicht erfüllt. Es wird nur von Fahrgästen genutzt, die keine Alternativen haben und darüber hinaus regelmässige, gut planbare Wege zurücklegen. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität des ÖV unterlegen, deshalb ist der Modal Split-Anteil des ÖV gering, wenn im MIV eine akzeptable Qualität erreicht wird. Die Qualitätsmängel wirken sich grundsätzlich negativ auf die Produktivität des ÖV aus. Ohne Verbesserungsmaßnahmen ist mit weiteren Marktanteilsverlusten zu rechnen.

VQS E

Die Angebotsqualität im öffentlichen Verkehr erfüllt in allen Bereichen nur Minimalanforderungen. Damit ist das Angebot inakzeptabel und es können nur Nutzer gewonnen werden, die keine Alternative haben. Im Vergleich zum MIV ist die Qualität im ÖV nicht annähernd konkurrenzfähig. Das Angebot erfüllt selbst die Anforderungen einer Grundversorgung nicht und es ist daher umgehend zu verbessern.

VQS F

Das Angebot verletzt alle Qualitätsanforderungen und ist sehr unproduktiv. Es ist in jeder Hinsicht substanziell schlechter als der MIV.

D Anwendung und Beurteilung

15 Qualitätsempfehlung

Für die Bemessung von Angeboten werden als Minimalkriterien für die Tagesspitzenstunde die Gesamt-VQS D und für die übrigen Zeiten die VQS C empfohlen. Darüber hinaus sollte kein einzelner Indikator schlechter als VQS E bewertet werden. Soll das Verkehrsangebot mehr als nur eine Grundversorgung darstellen, sollten höhere Qualitätsziele in Betracht gezogen werden.

Zu berücksichtigen ist zudem, dass es aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll sein kann, auf das Erreichen einer Gesamt-VQS A zu verzichten.

16 Grundlagen

Es sind, wie in Abschnitt B beschrieben, grundsätzlich drei Anwendungsfälle zu unterscheiden. Dies sind die Angebotsplanung, die Angebotsoptimierung und die Angebotsbeurteilung.

Für die Angebotsplanung werden zunächst die Ziele in Form einer gesamten Ziel-VQS definiert und somit die VQP und schliesslich VQS der Einzelindikatoren bestimmt. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen sind aus der gesamten Ziel-VQS die Ziel-VQS für einzelne Indikatoren abzuleiten. Dies geschieht auf Basis der jeweils restriktivsten

Randbedingungen (wenn zum Beispiel die Geschwindigkeit relativ zum MIV nicht über einen bestimmten Wert hinaus gesteigert werden kann), da diese den Wertebereich vorgeben. Schliesslich kann das Angebot so geplant werden, dass die jeweiligen Ziele je Indikator und Element erfüllt sind. Kann dies nicht erreicht werden, ist zu prüfen, inwieweit die Randbedingungen in Einzelfällen verändert werden können.

17 **Linienverkehre**

Für Linienverkehre werden die Indikatoren Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV, Auslastung, Regelmässigkeit und Pünktlichkeit verwendet. Die Beschreibung der empfohlenen Verfahren kann SN 640 0x2 [1] entnommen werden.

18 **Bedarfsverkehre**

Für Bedarfsverkehre werden die Indikatoren Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV, Pünktlichkeit, räumliche Verfügbarkeit, zeitliche Verfügbarkeit, Flexibilität und Erfüllungsgrad verwendet. Die Beschreibung der empfohlenen Verfahren kann SN 640 0x3 [2] entnommen werden.

19 **Massgebende Erhebungszeiträume**

Die Zeiträume, in denen die für die Beurteilung massgeblichen Erhebungen durchzuführen sind, werden in den jeweiligen Normen der Verkehrsarten (SN 640 0x2 [1] und SN 640 0x3 [2]) festgelegt. Die Zeiträume sind so bestimmt, dass die Erhebung und Auswertung mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden kann. Für die Erhebung selbst sind jeweils passende Verfahren auszuwählen.

E **Massnahmen**

20 **Grundlagen**

Mittels der in der Norm beschriebenen Verfahren lässt sich die Qualität des strassengebundenen Verkehrs bei gegebener Leistungsfähigkeit und Randbedingungen ermitteln. Weiterhin lassen sich für eine Bemessung Qualitätsziele festlegen und für verschiedene Teilaspekte ableiten.

Wird ein Angebot geplant, überarbeitet, oder hat eine Beurteilung unbefriedigende Qualitätsstufen ermittelt, ergibt sich ein Bedarf, Massnahmen zu planen, um die Qualitätsziele zu erreichen.

21 **Massnahmen zur Verbesserung der Qualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs**

Die jeweils sinnvollen Massnahmen sind zwar stark von der jeweils vorliegenden Situation abhängig, es lassen sich jedoch die gebräuchlichsten dieser Massnahmen gemäss Tabelle III.1 zusammenfassen und ihre Wirkungen beschreiben. Diese Aufstellung ist nicht abschliessend.

Tab. 1: Massnahmen zur Steigerung der ÖV-Qualität und deren Wirkungen

Massnahme	Wirkungen
Infrastruktur	
Eigentrassee/eigene Spur	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation von Störeinflüssen - Stabilerer Betrieb durch weniger Behinderungen - Höhere Geschwindigkeiten - Grosser Aufwand in Einrichtung - Raum für Spur muss möglicherweise anderen Nutzungen / Verkehrsmitteln entzogen werden
ÖV-Schleuse	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion von Wartezeiten - Erlaubt kürzere Reisezeiten oder stabileren Betrieb - Separate Spur nötig
Bushaltestellen am Fahrbahnrand	<ul style="list-style-type: none"> - Vereinfacht Abfahrt von Haltestelle - Reduktion der Haltezeiten - Behinderung MIV möglich
Vermeidung zu kleiner Haltestellenabstände	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Beförderungsgeschwindigkeiten - Möglicherweise Reduktion der Nachfrage aufgrund längerer Zugangswege
Vermeiden von Hindernissen im Ein- und Ausstiegsbereich	<ul style="list-style-type: none"> - Verbessertes Fahrgastfluss - Kürzere Haltestellenaufenthaltszeiten
Verkehrsregelung	
ÖV-Bevorrechtigung an LSA	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion der Wartezeiten - Höhere Zuverlässigkeit
Abbiegeverbote für MIV oder ausreichende Abbiegespuren	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von Fahrzeugstau und Behinderung ÖV - Reduktion der Wartezeiten - Verbesserung Zuverlässigkeit
Parkierungs- oder Halteverbote, Verlagerung von Anlieferverkehren	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion Störung durch Fahrzeuge auf Parkplatzsuche, beim Ein-/Ausparkieren oder durch parkierte Lieferfahrzeuge
Linienführung	
Vermeiden von Strecken mit reduzierter Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Geschwindigkeiten - Höhere Attraktivität
Keine Führung über Knotenpunkte ohne Vortritt für den ÖV	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion der Wartezeiten - Erhöhung Betriebsstabilität
Fahrzeug	
Stufenloser Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> - Kürzere Haltezeiten
Kurze Türöffnungs- und Türschliesszeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Kürzere Haltezeiten
Hohes Beschleunigungs- und Bremsvermögen	<ul style="list-style-type: none"> - Weniger Zeitverlust durch Haltestellen und Behinderungen
Fahrzeuginneneinrichtung mit wenigen Einbauten im Türraum	<ul style="list-style-type: none"> - Besseres Fahrgastfluss, kürzere Haltezeiten
Tarif	
Förderung der Zeitkartennutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Weniger Bedarf an Beratung und Verkauf im Fahrzeug - Kürzere Haltezeiten durch Vermeidung von Käufen kurz vor der Abfahrt
Vermeiden des Billettverkaufs durch das Fahrpersonal	<ul style="list-style-type: none"> - Kürzere Haltezeiten
Betrieb	
Grössere Reservezeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Stabilität - Kompensation von Störeinflüssen - Verlängerung Planfahrzeiten
Prüfung der Allokation von Reservezeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Stabilität - Kompensation von Störeinflüssen - Anpassung der Auslastung
Grössere/kleinere Fahrzeuge einsetzen	<ul style="list-style-type: none"> - Bei hoher Belegung Verkürzung Haltezeiten durch grössere Fahrzeuge - Veränderung Betriebskosten durch Fahrzeugkosten
Häufiger/weniger häufig fahren	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassung Fahrgäste je Kurs - Verringerung Haltezeiten möglich - Veränderung Betriebskosten durch mehr/weniger Fahrzeugkilometer und Personalstunden

F Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 0x2 Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs; Linienverkehre
- [2] SN 640 0x3 Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs; Bedarfsverkehre
- [3] EN 13816 Transport – Logistik und Dienstleistungen – öffentlicher Personenverkehr – Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität
- [4] EN 15140 Öffentlicher Personenverkehr – Grundlegende Anforderungen und Empfehlungen für Systeme zur Messung der erbrachten Dienstleistungsqualität
- [5] SN 640 064 Führung des leichten Zweiradverkehrs aus Strassen mit öffentlichem Verkehr

IV Normierungsvorschlag Linienverkehre

INHALTSVERZEICHNIS

A	Allgemeines	183
1	Geltungsbereich.....	183
2	Gegenstand	183
3	Zweck	183
B	Begriffe	183
4	Einzelement	183
5	Netzteil	183
C	Qualitätsempfehlungen	183
D	Beurteilung der Verkehrsqualität	183
6	Konzept	183
7	Indikatoren und deren Beurteilung.....	184
7.1	Erhebungszeiträume und -spannen.....	184
7.2	Erhebungszeiträume und -spannen.....	185
7.3	Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV	186
7.4	Pünktlichkeit.....	187
7.5	Regelmässigkeit	187
7.6	Verkehrsqualitätspunktzahlen.....	188
7.7	Zuverlässigkeit.....	189
8	Beurteilung eines Einzelements.....	189
9	Beurteilung von Netzteilen und Netzen	190
E	Bemessung von Angeboten	190
10	Konzept	190
11	Vorgehen	190
12	Einwirkungen	198
12.1	Auslastung	198
12.2	Geschwindigkeitsverhältnis	198
12.3	Pünktlichkeit.....	198
12.4	Regelmässigkeit	198
F	Anwendungsbeispiele	198
13	Beurteilung eines Angebots.....	198
14	Bemessung eines Angebots	201
G	Literaturverzeichnis	203

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Anwendung auf Linienverkehre gemäss der Grundlagennorm SN 640 0x1 «Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs» [1].

2 Gegenstand

Die Norm beschreibt für Linienverkehre, wie eine Beurteilung eines bestehenden Angebotes erfolgen soll und gibt Empfehlungen zur Bemessung eines neuen oder bestehenden Angebotes auf eine Zielverkehrsqualitätsstufe hin. Diese Verfahren basieren auf SN 640 0x1 [1].

3 Zweck

Mit der Norm wird ein vereinheitlichtes Verfahren zur Verfügung gestellt, mittels dessen die Beurteilung von Angeboten des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs (im Folgenden auch ÖV) erfolgen kann und wie bei der Bemessung die Qualitätsziele einheitlich vorgegeben werden können.

Darüber hinaus ist das Verfahren geeignet, in einer ersten Stufe eine Identifizierung des Handlungsbedarfes durchzuführen und eine grobe Anleitung für die Planung und Optimierung von Systemen zu liefern.

B Begriffe

Hier sind nur diejenigen Begriffe aufgeführt, die nicht in [1] enthalten sind.

4 Einzelement

Für die Norm werden Linien des ÖV als Abfolge von Haltestellen und Streckenabschnitten betrachtet. Dabei stellt jeweils eine Haltestelle bzw. ein Streckenabschnitt zwischen zwei Haltestellen ein Einzelement dar. Die Erhebung der Indikatoren bezieht sich dann jeweils auf dieses Einzelement.

5 Netzteil

Ein Netzteil ist im Kontext der Norm ein Teil eines ÖV-Netzes, das aus einer Menge von Einzelementen besteht. Dabei kann ein Netzteil in seiner grössten Ausdehnung auch das gesamte Netz beinhalten.

C Qualitätsempfehlungen

Es gelten für die Ziel-VQS die in SN 640 0x1 [1] beschriebenen Ziele. Das bedeutet, dass in der Tagesspitzenstunde VQS D erreicht werden sollte und in den übrigen Zeiten VQS C. Weiter soll keine Einzelindikatorbewertung schlechter als VQS E sein. Es sind darüber hinaus höhere Bewertungen in Betracht zu ziehen, wenn das Angebot so attraktiv sein soll, dass der ÖV damit Marktanteile hinzugewinnen kann.

Unter bestimmten Umständen kann eine strengere Vorgabe für einen Einzelindikator notwendig sein. Beispielsweise ist bei knapp geplanten Anschlüssen mit Übergangszeiten von 4 Minuten oder weniger der Mindestwert VQS E für die Pünktlichkeit völlig unzureichend.

D Beurteilung der Verkehrsqualität

6 Konzept

Es wird anhand von vier Indikatoren, auf Ebene der Einzelemente, eine Beurteilung für die jeweiligen Indikatoren ermittelt. Für eine weitere Zusammenfassung werden diese zu

einer Gesamtbewertung des jeweiligen Elementes verknüpft. Zur Bewertung von mehreren Einzelementen bis hin zu ganzen Netzen werden die einzelnen Bewertungen gemittelt.

Die Beurteilung erfolgt somit anhand der realisierten Verkehrsqualität und erfasst das Ergebnis aller auf die Verkehrsqualität wirkenden Einflüsse.

7 Indikatoren und deren Beurteilung

Es werden vier Indikatoren unterschieden: Die Auslastung eines Fahrzeuges, das Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV, die Pünktlichkeit und die Regelmässigkeit. Dabei sind sowohl die Pünktlichkeit als auch die Regelmässigkeit Masse für die Zuverlässigkeit. Die Regelmässigkeit eignet sich besonders für die Beurteilung von Angeboten mit kurzen Kursfolgezeiten, während die Pünktlichkeit vor allem für die Beurteilung von Angeboten mit langen Kursfolgezeiten genutzt werden kann. Diese beiden Grössen sind daher bei einer zusammengefassten Bewertung abhängig von der Kursfolgezeit zu gewichten.

7.1 Erhebungszeiträume und -spannen

Es wird für die Beurteilung zwischen drei täglichen Zeiträumen unterschieden:

- Spitzenstunden
- Übrige Zeiten
- Randzeiten

Aus den Messwerten innerhalb dieser Zeiträume sind jeweils die Mittelwerte zu bilden. Dieses Verfahren ist bei den Betreibern bereits etabliert, bedeutet einen vertretbaren Aufwand und es können ausserdem die Daten für weitere Beurteilungen zusammengefasst werden. Ausserdem ist nach Tagtypen zu unterscheiden, es also zum Beispiel Werktagen von Samstagen, Sonn- und Feiertagen zu unterscheiden.

Als Spitzenstunde wird jener Zeitraum mit der Dauer einer Stunde definiert, in dem über die Erhebungszeitspanne hinweg die höchste Belastung anliegt. Aus praktischen Gründen wird empfohlen, dabei den Beginn jeweils zur vollen, halben oder Viertelstunde zu setzen.

Übrige Zeiten sind die Zeiträume ausserhalb dieser Spitzenstunden, in denen ein gleichbleibender Angebotsumfang besteht. Dies gilt besonders in Bezug auf die Bedienungshäufigkeiten.

Die Randzeiten sind die Zeiträume, in der Regel am Betriebsbeginn und -ende, in denen eine Ausdünnung des Angebotes stattfindet.

Weiterhin kann die Erhebung über verschiedene Zeitspannen hinweg erfolgen. Sinnvoll sind dabei

- Ganze Fahrplanjahre, um ein Gesamtangebot zu untersuchen
- Quartale für zeitlich begrenzte Untersuchungen, die zum Beispiel jahreszeitliche Effekte berücksichtigen sollen
- Anders definierte Zeiträume, z.B. Ferienzeiten oder Zeiten mit und ohne Hochschulbetrieb in Gebieten mit grossem Verkehrsaufkommen für Hochschulen

Es wird empfohlen, zumindest die Bewertungen für Fahrplanjahre und Quartale durchzuführen, um einheitliche Zeiträume zu untersuchen und somit eine Vergleichbarkeit zwischen mehreren Anbietern zu ermöglichen.

Es ergeben sich aus den Erhebungszeiträumen und Zeitspannen also 6 mögliche Kombinationen, zum Beispiel etwa die Beurteilung für die Spitzenstunde über ein Quartal hinweg.

7.2 Erhebungszeiträume und -spannen

Die Auslastung beschreibt das Mass der Besetzung eines ÖV-Fahrzeuges relativ zur Kapazität. Die Bezugskapazität ist hierbei die massgebliche Kapazität, die sich aus der Summe der Sitzplätze sowie der Stehflächen ergibt, wenn eine Stehdichte von 4 Personen pro Quadratmeter angesetzt wird:

$$K = N_{\text{Sitz}} + A_{\text{Steh}} \cdot 4$$

K Massgebliche Kapazität des ÖV-Fahrzeugs [-]

N_{Sitz} Anzahl der Sitzplätze [-]

A_{Steh} Verfügbare Stehfläche im Fahrzeug [m^2]

4 Massgebliche Belegung der Stehfläche [$1/\text{m}^2$]

Damit lässt sich die Auslastung bestimmen:

$$a = \frac{N_{\text{Fg,F}}}{K}$$

a Auslastung [-]

$N_{\text{Fg,F}}$ Anzahl der Fahrgäste im Fahrzeug [-]

Alternativ kann auch die Dichte der Fahrgäste ermittelt werden. Sind weniger Fahrgäste im Fahrzeug als Sitzplätze vorhanden sind, wird die Zahl der Fahrgäste je Sitz ermittelt, sind mehr Fahrgäste im Fahrzeug als Sitze vorhanden sind, wird die Stehdichte ermittelt:

$$d_{\text{Sitz}} = \frac{N_{\text{Fg,F}}}{N_{\text{Sitz}}}, N_{\text{Fg,F}} \leq N_{\text{Sitz}}$$

$$d_{\text{Steh}} = \frac{N_{\text{Fg,F}} - N_{\text{Sitz}}}{A_{\text{Steh}}}, N_{\text{Fg,F}} > N_{\text{Sitz}}$$

d_{Sitz} Dichte der sitzenden Fahrgäste [-]

d_{Steh} Dichte der stehenden Fahrgäste [-]

Die ermittelten Werte werden gemäss Tabelle 1 einer Verkehrsqualitätsstufe zugeordnet. Dabei wird jeweils die Auslastung bei Abfahrt an einer Haltestelle erhoben. Diese Richtwerte basieren auf dem Einfluss hoher Auslastungen auf die Fahrgastwechselraten sowie bei niedrigeren Auslastungen auf den Komfort. Die komfortorientierten Richtwerte (Stufen A-D) sind dabei aus [2] und [3] abgeleitet, die auf den Fahrgastwechsel bezogenen aufgrund von [4] und [5].

Tab. 1: VQS für die Auslastung

VQS	Fahrgastdichte $d^{(1)}$	Auslastung $a^{(2)}$	Erläuterung
A	$d \leq 0.75 \text{ P/Sitz}$	$a \leq 0.31$	Bequemes Sitzen, freier Nebenplatz für mindestens ein Drittel der Fahrgäste
B	$0.75 \text{ P/Sitz} < d \leq 1.00 \text{ P/Sitz}$	$0.31 < a \leq 0.41$	Verfügbarer Sitzplatz für jeden Fahrgast
C	$1.00 \text{ P/Sitz} < d \leq 1 \text{ P/m}^2$	$0.41 < a \leq 0.56$	Bequemes Stehen mit viel Freiraum
D	$1 \text{ P/m}^2 < d \leq 2 \text{ P/m}^2$	$0.56 < a \leq 0.72$	leichtes Gedränge, Fahrgäste stehen auch in Gängen
E	$2 \text{ P/m}^2 < d \leq 3 \text{ P/m}^2$	$0.72 < a \leq 0.84$	enges Stehen, auch Gänge voll ausgenutzt
F	$d > 3 \text{ P/m}^2$	$a > 0.84$	sehr enges Stehen, Türräume überfüllt, Bewegung in Gängen behindert, Fahrgastwechselzeiten durch gegenseitige Behinderung stark beeinträchtigt

⁽¹⁾ Stehdichten unter Annahme, dass alle Sitzplätze ausgenutzt werden.

⁽²⁾ Auslastung bezogen auf Kapazität bei Vollbelegung Sitzplätze und Stehen mit 4 P/m^2

7.3 Geschwindigkeitsverhältnis ÖV/MIV

Die Beförderungsgeschwindigkeit des ÖV wird als die Geschwindigkeit von der Ankunft an einer Haltestelle bis zur Ankunft an der darauffolgenden Haltestelle, inklusive der Haltezeiten und weiterer allfälliger Standzeiten ermittelt:

$$v_{\text{Bef}} = \frac{d_{1,2}}{t_{1,2}}$$

v_{Bef} Beförderungsgeschwindigkeit zwischen den Haltestellen 1 und 2 in [km/h]

$d_{1,2}$ Entfernung zwischen den Haltestellen 1 und 2 in [km]

$t_{1,2}$ Zeit zwischen der Ankunft an Haltestelle 1 und Ankunft an der darauf folgenden Haltestelle 2 in [h]

Die Bewertung erfolgt analog zu [6] anhand des Geschwindigkeitsverhältnisses zwischen ÖV und MIV.

$$r_{\text{ÖV,MIV}} = \frac{v_{\text{Bef}}}{v_{\text{MIV}}}$$

$r_{\text{ÖV,MIV}}$ Beförderungsgeschwindigkeit des ÖV relativ zum MIV [-]

v_{MIV} Mittlere Geschwindigkeit des MIV auf dem untersuchten Abschnitt [km/h]

Tab.2: VQS für die Beförderungsgeschwindigkeit

VQS	Beförderungsgeschwindigkeit ÖV relativ zur MIV	Erläuterung
A	$r_{\text{ÖV,MIV}} \geq 1.00$	Fahrt mit ÖV ist gleich schnell oder sogar schneller als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 60%
B	$0.78 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 1.00$	Fahrt mit ÖV dauert kaum länger als mit MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 40%
C	$0.55 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.78$	Fahrt mit ÖV dauert ein wenig länger als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 20%
D	$0.38 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.55$	Fahrt mit ÖV dauert deutlich länger als per MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 10%
E	$0.25 \leq r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.38$	Fahrt mit ÖV dauert viel länger als der MIV, Modal Split Anteil ÖV mindestens 5%
F	$r_{\text{ÖV,MIV}} < 0.25$	Fahrt mit ÖV dauert ein Vielfaches des Fahrt mit MIV, Modal Split Anteil ÖV nicht höher als 5%

Die ermittelten Werte werden gemäss Tabelle 2 einer Verkehrsqualitätsstufe zugeordnet. Dabei wird bei der Definition der Grenzen Bezug genommen auf den Marktanteil für den ÖV, der bei entsprechenden Geschwindigkeitsverhältnissen möglich ist. Die entsprechenden Grenzen basieren auf [7].

Die in der Erläuterungsspalte von Tabelle 2 genannten Modal Split-Anteile sind theoretische Werte und dienen vorrangig zur Orientierung. Besonders bei Bewertungen auf Elementebene sind diese mit Vorsicht zu handhaben, da der ÖV-Anteil auf einem schnellen Streckenabschnitt kaum höher als auf den angrenzenden, langsameren Abschnitten liegen wird.

7.4 Pünktlichkeit

Die Pünktlichkeit beschreibt die Einhaltung der publizierten Zeiten an den Haltestellen und ist damit ein Mass für die Zuverlässigkeit eines Angebotes. Besonders wichtig ist die Pünktlichkeit, wenn Anschlüsse gewährleistet werden müssen. Als pünktlich gilt eine Fahrt, wenn sie im Zeitraum zwischen 30 Sekunden vor und 180 Sekunden nach der planmässigen Ankunft an einer Haltestelle ankommt. Die Pünktlichkeit wird ermittelt als der Anteil der Fahrten aus einer Gesamtmenge an Fahrten, der pünktlich verkehrt.

Die jeweils erreichte Pünktlichkeit wird schliesslich anhand der Grenzen in Tabelle 3 einer VQS zugeordnet. Die Werte sind in Schritten zu 5% abgestuft und basieren auf [2]. Allerdings wird berücksichtigt, dass die dort angegebenen Grenzen für die Anforderungen im ÖV der Schweiz nicht streng genug sind.

In dem Fall, dass an einer zu beurteilenden Haltestelle Anschlüsse zu gewährleisten sind, ist eine strengere Beurteilung nötig, da das Verpassen eines Anschlusses in der Regel eine deutliche Verlängerung der Reisezeit, im schlimmsten Fall sogar die Verhinderung eines Weges, bedeuten kann. In diesem Fall werden nur die VQS A und B als akzeptabel angesehen und folglich die Messwerte der VQS C bis F mit F bewertet.

Tab. 3: VQS für die Pünktlichkeit

VQS	% pünktlich	Erläuterung
A	≥ 95%	Fast alle Fahrten pünktlich, Pendler erfahren unpünktliche Fahrt nicht häufiger als alle zwei Wochen
B	< 95%, ≥ 90%	Einige verspätete Fahrten, Pendler erfahren Verspätungen aber nicht häufiger als einmal pro Woche
C	< 90%, ≥ 85%	Pendler erfahren Verspätung 1-2 Mal pro Woche.
D	< 85%, ≥ 80%	Häufige Verspätungen, Pendler erfahren Verspätungen bis zu drei Mal je Woche
E	< 80%, ≥ 75%	Häufige Verspätungen, Pendler erfahren unpünktliche Fahrten bis zu vier Mal pro Woche
F	< 75%	Sehr häufige Verspätungen, mindestens jeden zweiten Tag erfahren Pendler eine Verspätung

¹Als pünktlich gilt eine Fahrt, wenn die tatsächliche Abfahrt innerhalb des Zeitraums von 30 Sekunden vor der geplanten Abfahrt und 180 Sekunden nach der geplanten Abfahrt erfolgt.

²An Haltestellen, an denen ein Umstieg gewährleistet werden muss, sind deutlich schärfere Kriterien anzulegen, da eine Verspätung dort bereits eine Verunmöglichung des Weges oder zumindest eine beträchtliche Verspätung bedeuten kann. Es wird daher empfohlen, dort VQS B anzustreben und ein Unterschreiten bereits als VQS F einzuordnen.

Die Pünktlichkeit wird dabei jeweils innerhalb der Beurteilungszeiträume als Anteil über alle Kurse, die in diesem Zeitraum jeweils an einem Einzelelement verkehren, erhoben.

7.5 Regelmässigkeit

Die Regelmässigkeit beschreibt, inwieweit der Betrieb nach dem geplanten Muster abläuft. Messen lässt sich dies durch die Kursfolgezeiten, also die Zeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abfahrten auf derselben Linie in derselben Richtung. Bei besonders kurzen Kursfolgezeiten (also hohen Frequenzen) verlassen sich Fahrgäste zunehmend darauf, nicht mehr als eine bestimmte Zeit zu warten und erscheinen nicht für eine spezifische Abfahrt an einer Haltestelle.

Als Mass für die Regelmässigkeit wird analog zu [2] der Variationskoeffizient der Kursfolgezeiten, die auf die den Mittelwert normierte Standardabweichung, bezogen auf die geplanten Kursfolgezeiten gewählt. Es gilt also

$$c_{v,tk} = \frac{\sigma_{tk}}{\mu_{tk,p}}$$

$c_{v,tk}$	Variationskoeffizient der Kursfolgezeit [-]
σ_{tk}	Standardabweichung der Kursfolgezeiten im Beurteilungszeitraum [s]
$\mu_{tk,p}$	Geplante Kursfolgezeit im Beurteilungszeitraum in [s]. Bei wechselnder Kursfolgezeit Mittelwert der geplanten Kursfolgezeiten.

Für verschiedene Variationskoeffizienten ergeben sich unter der Annahme einer Normalverteilung verschiedene Streuungen der Kursfolgezeiten, aus denen sich bei gleichverteilter Ankunft der Fahrgäste an den Haltestellen ermitteln lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit bestimmte Wartezeiten überschritten werden. Bei kurzen Kursfolgezeiten kann eine vollständig zufällige Ankunft der Fahrgäste an den Haltestellen angenommen werden. Auf dieser Grundlage ergibt sich eine mittlere Wartezeit von 50% der Kursfolgezeit.

Die Verkehrsqualitätsstufen sind auf die Wahrscheinlichkeit bezogen, dass die tatsächliche Wartezeit um mehr als 50% von diesem theoretischen Mittelwert abweicht. Dies führt zu den Grenzen, wie sie in Tabelle 4 dargestellt sind und den entsprechenden Verkehrsqualitätsstufen.

Tab. 4: VQS für die Regelmässigkeit

VQS	Variationskoeffizient $c_{v,tk}$	Erläuterung	
		Fall A: Abweichung von der geplanten Kursfolgezeit von über 50%	
		Fall B: Eine Fahrgast wartet mehr als die halbe Kursfolgezeit + 50%	
		Wahrscheinlichkeit $p(A)$	Wahrscheinlichkeit $p(B)$
A	$c_{v,tk} \leq 0.18$	$p(A) \leq 0.005$	$p(B) \leq 0.004$
B	$0.18 < c_{v,tk} \leq 0.25$	$0.005 < p(A) \leq 0.05$	$0.004 < p(B) \leq 0.034$
C	$0.25 < c_{v,tk} \leq 0.30$	$0.05 < p(A) \leq 0.10$	$0.034 < p(B) \leq 0.08$
D	$0.30 < c_{v,tk} \leq 0.39$	$0.10 < p(A) \leq 0.20$	$0.08 < p(B) \leq 0.15$
E	$0.39 < c_{v,tk} \leq 0.48$	$0.20 < p(A) \leq 0.30$	$0.15 < p(B) \leq 0.22$
F	$c_{v,tk} > 0.48$	$p(A) > 0.30$	$p(B) > 0.22$

Die Messung erfolgt analog zur Erhebung der Pünktlichkeiten innerhalb der Beurteilungszeiträume jeweils über alle im jeweiligen Beurteilungszeitraum verkehrenden Kurse. Hierbei ist sicherzustellen, dass in diesen Zeiträumen jeweils keine Änderung der planmässigen Kursfolgezeiten stattfindet. Ist dies der Fall, sind die Beurteilungszeiträume entsprechend weiter zu unterteilen und die Ergebnisse der verschiedenen Zeiträume zu mitteln.

7.6 Verkehrsqualitätspunktzahlen

Um die Bewertung der einzelnen Indikatoren zu einer Gesamtbewertung eines Einzelelementes und weiter von Netzteilen zusammenzufassen, ist eine Umwandlung der VQS in numerische Werte, genannt Verkehrsqualitätspunktzahlen (VQP), nötig. Dies geschieht gemäss Tabelle 5.

Tab. 5: Punktzahlenäquivalente der VQS

VQS	Umrechnung VQS → Punktzahl	Umrechnung Punktzahl → VQS	
		≤	>
A	1.000	-	0.833
B	0.833	0.833	0.667
C	0.667	0.667	0.500
D	0.500	0.500	0.333
E	0.333	0.333	0.167
F	0.167	0.167	-

7.7 Zuverlässigkeit

Die Pünktlichkeit ist besonders bei langen Angeboten mit geringer Häufigkeit wichtig, da hier die Fahrgäste auf eine bestimmte Abfahrt an der Haltestelle erscheinen. Bei Angeboten mit kurzer Kursfolgezeit hingegen ist die Regelmässigkeit wichtig, da hierbei eine Mehrzahl der Fahrgäste zufällig an der Haltestelle ankommt [4], [8].

Daher wird zur Bewertung der Zuverlässigkeit eine von der Kursfolgezeit abhängige Gewichtung zwischen den Indikatoren Regelmässigkeit und Pünktlichkeit vorgenommen:

$$VQP_Z = VQP_R^{1-w} \cdot VQP_P^w$$

Dabei dient der Exponent w der Gewichtung beider Anteile:

$$w = \begin{cases} 0 & t_K < t_{K,\min} \\ 0.65151 \cdot \ln(t_K) - 0.84259 & t_K \in [t_{K,\min}, t_{K,\max}] \\ 1 & t_K > t_{K,\max} \end{cases}$$

- VQP_Z Verkehrsqualitätspunktzahl für die Zuverlässigkeit [-]
- VQP_R Verkehrsqualitätspunktzahl für die Regelmässigkeit [-]
- VQP_P Verkehrsqualitätspunktzahl für die Pünktlichkeit [-]
- w Gewichtungsexponent zwischen Regelmässigkeit und Pünktlichkeit [-]
- t_K Kursfolgezeit [min]
- $t_{K,\min}$ Kursfolgezeit, unterhalb derer die Pünktlichkeit keine Rolle mehr spielt:
 $t_{K,\min} = 4 \text{ min}$
- $t_{K,\max}$ Kursfolgezeit, oberhalb derer die Regelmässigkeit keine Rolle mehr spielt:
 $t_{K,\max} = 16.5 \text{ min}$

8 Beurteilung eines Einzelements

Für eine Gesamtbeurteilung eines Einzelementes sind die Bewertungen der einzelnen Indikatoren zusammenzufassen. Dieses Verfahren ist in Abbildung 1 dargestellt.

Dazu werden das auf eine Haltestelle folgende Segment und die entsprechende Geschwindigkeitsbeurteilung sowie die Auslastung bei Abfahrt an einer Haltestelle zu dieser gezählt. Für eine Endhaltestelle existiert kein folgendes Segment, daher entspricht die Elementbewertung in diesem Fall der Bewertung der Zuverlässigkeit.

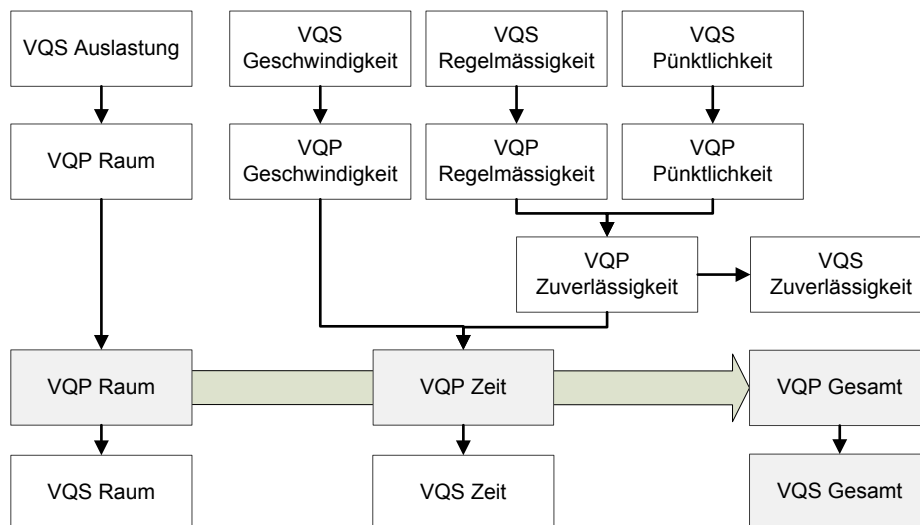


Abb. 1 Schematische Darstellung der Beurteilung eines Einzelements

Dazu werden die einzelnen VQS gemäss Tabelle 5 in VQP überführt und mit diesen zunächst die Beurteilung der Aspekte «Raum» und «Zeit» bestimmt. Die Bewertung des Aspektes «Raum» entspricht der Bewertung der Auslastung, die Bewertung des Aspektes «Zeit» ergibt sich aus der Zuverlässigkeit und der Geschwindigkeit

$$VQP_{\text{Element}} = \frac{VQP_{\text{Raum}} + VQP_{\text{Zeit}}}{2}$$

wobei gilt

$$VQP_{\text{Raum}} = VQP_{\text{Auslastung}}$$

$$VQP_{\text{Zeit}} = VQP_Z \cdot VQP_V$$

VQP_{Element}	Verkehrsqualitätspunktzahl für das Element [-]
VQP_{Raum}	Verkehrsqualitätspunktzahl für den Aspekt «Raum» [-]
VQP_{Zeit}	Verkehrsqualitätspunktzahl für den Aspekt «Zeit» [-]
$VQP_{\text{Auslastung}}$	Verkehrsqualitätspunktzahl für die Auslastung [-]
VQP_Z	Verkehrsqualitätspunktzahl für die Zuverlässigkeit [-]
VQP_V	Verkehrsqualitätspunktzahl für die Beförderungsgeschwindigkeit [-]

Bei Endhaltestellen gilt entsprechend

$$VQP_{\text{Element}} = VQP_{\text{Zeit}} = VQP_Z$$

Die Beurteilung der Aspekte sowie des gesamten Elements kann dabei gemäss Tabelle 5 wieder in eine Verkehrsqualitätsstufe überführt werden.

9 Beurteilung von Netzteilen und Netzen

Für eine Beurteilung von Netzteilen oder Netzen, wird der Mittelwert aus den Bewertungen der in dieser Menge enthaltenen Elemente gebildet.

E Bemessung von Angeboten

10 Konzept

Die Norm schlägt für die Bemessung ein Verfahren vor, das als Zielgrösse die Verkehrsqualität vorgibt. Die Wahl der zum Erreichen der Ziele nötigen Massnahmen sowie die entsprechende Planung weist die Norm dem Aufgabenbereich des Planers zu. Da die Planungsansätze zur Erreichung der Zielgrössen nicht vorgegeben sind, hat der Planer die Möglichkeit, seine Erfahrung und Kenntnis der örtlichen Lage uneingeschränkt einzusetzen und so die jeweils optimale Lösung zu wählen. Dies gilt insbesondere für die Planung im Hinblick auf die Kriterien der Zuverlässigkeit.

11 Vorgehen

Das Vorgehen beschreibt den gesamten Prozess der Planung und Bemessung eines Angebotes auf das vorliegende Qualitätsbeurteilungsverfahren hin. Die Beurteilung eines bestehenden Angebotes sowie auch die Identifikation von Schwächen und Definition entsprechender Verbesserungsmassnahmen sind dabei Teil dieses Prozesses. Der gesamte Ablauf ist vereinfacht in Abbildung 2 dargestellt.

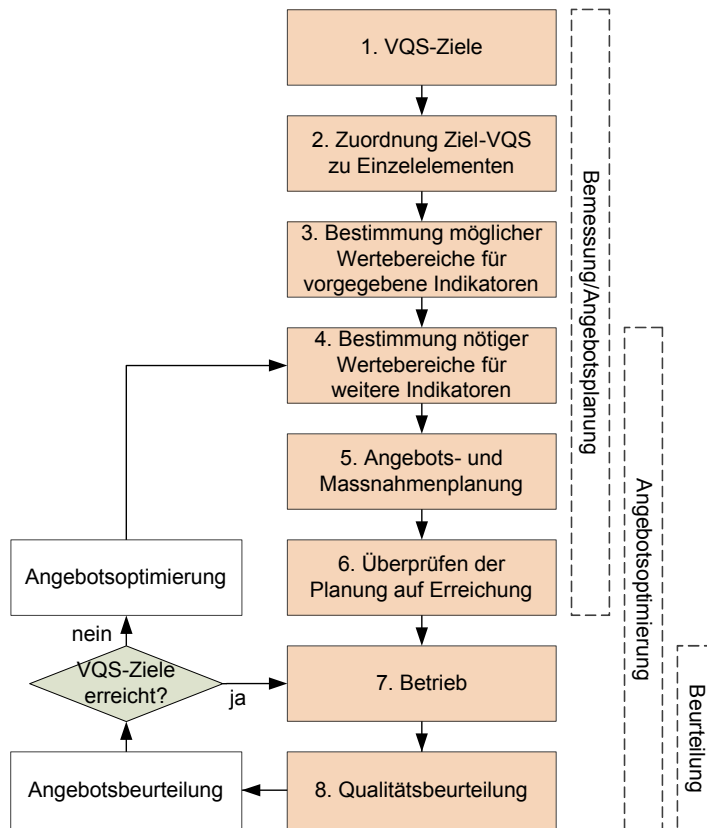


Abb. 2 Bemessungs- und Planungsverfahren und Anwendungsstufen der Norm

Nachfolgend werden die einzelnen Schritte des Bemessungsverfahrens kurz erläutert:

1. Festlegen der Zielgrössen als VQS für eine ÖV-Linie. Dies ist aus unternehmerischen, kundenorientierten und verkehrspolitischen Überlegungen abzuleiten.
2. Zuordnung der Zielgrössen zu Einzelementen. Im Normalfall sollten alle Einzelemente auf die Ziel-VQS bemessen werden. Es kann jedoch sein, dass durch äussere Umstände lokal die Ziel-VQS nicht erreicht werden kann. In diesem Fall müssen andere Einzelemente entsprechend eine höhere Qualität liefern, um dies zu kompensieren.
3. Bestimmung der möglichen Wertebereiche an den Einzelementen für die restriktivsten Indikatoren, soweit dies im Vorhinein möglich ist. In der Regel kann dies für die Auslastung oder die Beförderungsgeschwindigkeit am besten erfolgen, da sich diese Werte relativ gut analytisch bestimmen lassen.
4. Bestimmung der nötigen übrigen Wertebereiche. Unter der Vorgabe der Wertebereiche, die sich aus Schritt 2 ergeben, ist zu bestimmen, in welchen Werte die übrigen Indikatoren jeweils erreichen müssen, um die Ziel-VQS für das gesamte Element zu erreichen. Für diesen Schritt kann auf die Abbildungen 3 bis 15 zurückgegriffen werden.
5. Planung des Angebots auf diese Grössen hin.
6. Überprüfung der Planung auf Erreichen der VQS-Ziele.
7. Betrieb des Angebots
8. Qualitätsbeurteilung

		Auslastung																																																																							
		A												B												C												D												E												F											
		Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit																																									
Geschwindigkeit	Regelmässigkeit	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F																														
		A	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	C	C	C	C	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	C	C	D	D	E	E																									
B	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
C	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
D	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
E	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
F	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												

Abb. 12 Bestimmung der VQS der Indikatoren, 10-min-Takt, Vorgabe Auslastung und Geschwindigkeit

		Auslastung																																																																							
		A												B												C												D												E												F											
		Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit						Pünktlichkeit																																									
Geschwindigkeit	Regelmässigkeit	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F																														
		A	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	C	C	C	C	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	C	C	D	D	E	E																									
B	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
C	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
D	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
E	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												
F	Regelmässigkeit	A	A	A	A	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	C	D	B	B	C	C	D	D	C	C	C	C	D	D	E	E	C	D	D	D	E	E																												

Abb. 13 Bestimmung der VQS der Indikatoren, 15-min-Takt, Vorgabe Auslastung und Geschwindigkeit

12 Einwirkungen

Eine Übersicht über Massnahmen, die für eine Verbesserung der Qualität des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs geeignet sind, kann SN 640 0x1 [1] entnommen werden. Weiter werden die einzelnen Indikatoren und die massgeblichen Zusammenhänge dazu kurz zusammengefasst.

12.1 Auslastung

Die Auslastung der Fahrzeuge lässt sich sehr direkt und genau über die Fahrthäufigkeit und Fahrzeuggrösse steuern. Weitere Effekte können sich allerdings ergeben, wenn der Betrieb gestört ist. Wenn die Zeit zwischen zwei Abfahrten deutlich grösser ist als geplant, kommen in dieser Zeit mehr Fahrgäste an der Haltestelle an und die Auslastung steigt entsprechend.

12.2 Geschwindigkeitsverhältnis

Die Beförderungsgeschwindigkeit als Basis für das Geschwindigkeitsverhältnis hängt nur zum Teil von der zulässigen Geschwindigkeit auf der Strasse ab. Kurze Haltestellenabstände und lange Haltezeiten verlangsamen den Betrieb weiter. Ist keine eigene Spur oder ein eigenes Trasse vorhanden, kann ausserdem ein hohes Verkehrsaufkommen zu weiteren Verzögerungen führen. Ähnliches gilt für Priorisierungsmassnahmen.

12.3 Pünktlichkeit

Eine hohe Pünktlichkeit kann vor durch einen zuverlässigen Betrieb einerseits und ausreichende Reserven andererseits sichergestellt werden. Um einen zuverlässigeren Betrieb zu erreichen, ist der ÖV-Betrieb nach Möglichkeit von externen Einflüssen, wie dem Verkehrsaufkommen des MIV, zu isolieren. Reservezeiten wirken sich weiter sehr direkt auf die Pünktlichkeit aus, allerdings führen grosse Reservezeiten zu einer Verlangsamung des Betriebes.

12.4 Regelmässigkeit

Für die Regelmässigkeit gelten ähnliche Randbedingungen wie für die Pünktlichkeit. Hinzu kommt aber, dass bei Angeboten mit hoher Frequenz die Gefahr einer „Pulkbildung“ besteht: Fällt ein Fahrzeug im Fahrplan zurück, so sammeln sich mehr Fahrgäste an einer Haltestelle, bis das Fahrzeug ankommt. Dadurch wird die Fahrgastwechselzeit verlängert und die Verspätung vergrössert. Dies verstärkt sich, wenn dem nicht entgegen gewirkt wird, von einer Haltestelle zur nächsten. Das darauffolgende Fahrzeug hingegen verkehrt in einem kürzeren zeitlichen Abstand als geplant und es sind bei dessen Ankunft weniger Fahrgäste an einer Haltestelle. Die Haltestellenaufenthaltszeit ist damit geringer und dieses Fahrzeug holt weiter auf. Insgesamt liegt hier also ein sich selbst verstärkendes Phänomen vor, das zu verhindern ist.

F Anwendungsbeispiele

Anhand zweier Anwendungsbeispiele soll die Anwendung der Norm erläutert werden. Dazu wird unter Verwendung der hier definierten Verfahren ein fiktives Angebot beurteilt sowie in einem weiteren Beispiel ein Angebot bemessen.

13 Beurteilung eines Angebots

Es sei ein Angebot des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs gegeben, an dem in der Spitzenstunde die in Tabelle 6 dargestellten Werte für die einzelnen Indikatoren gemessen worden sind.

Tab. 6: Messdaten der Beispiellinie

	Halte- stelle*	Pünktlichkeit [%]	Variationskoeffizient der Kursfolgezeit [-]	Geschwindigkeits- verhältnis [-]	Auslastung [-]
Richtung 1	1	98.00	0.23	0.55	0.13
	2	95.00	0.22	0.54	0.15
	3	95.00	0.23	0.53	0.21
	4	85.00	0.25	0.59	0.30
	5	85.00	0.23	0.43	0.45
	6	75.00	0.23	0.50	0.57
	7	65.00	0.22	0.45	0.58
	8	80.00	0.23	1.20	0.40
	9	80.00	0.24	1.05	0.34
	10	85.00	0.30	-	-
	Halte- stelle*	Pünktlichkeit [%]	Variationskoeffizient der Kursfolgezeit [-]	Geschwindigkeits- verhältnis [-]	Auslastung [-]
Richtung 2	1	95.00	0.18	0.95	0.39
	2	98.00	0.12	1.03	0.38
	3	96.00	0.23	1.06	0.41
	4	87.00	0.25	0.80	0.40
	5	91.00	0.35	0.60	0.56
	6	87.00	0.35	0.88	0.50
	7	88.00	0.28	0.70	0.24
	8	84.00	0.40	0.64	0.19
	9	79.00	0.45	0.55	0.17
	10	81.00	0.40	-	-

*Haltestelle, an der gemessenes Segment beginnt für Geschwindigkeitsverhältnis

Damit lassen sich für die einzelnen Indikatoren die in Tabelle 7 gezeigten VQS und zugehörigen VQP bestimmen.

Tab. 7: VQS und VQP der Einzelindikatoren

	Halte- te- stelle	Pünktlichkeit		Variationskoeffizient der Kursfolgezeit		Geschwindigkeits- verhältnis		Auslastung	
		VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte
Richtung 1	1	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	2	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	3	A	1.000	B	0.833	D	0.500	A	1.000
	4	C	0.667	C	0.667	C	0.667	A	1.000
	5	C	0.667	B	0.833	D	0.500	C	0.667
	6	E	0.333	B	0.833	D	0.500	D	0.500
	7	F	0.167	B	0.833	D	0.500	D	0.500
	8	D	0.500	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	9	D	0.500	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	10	C	0.667	D	0.500	-	-	-	-
	Halte- stelle	Pünktlichkeit		Variationskoeffizient der Kursfolgezeit		Geschwindigkeits- verhältnis		Auslastung	
		VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte
Richtung 2	1	A	1.000	A	1.000	B	0.833	B	0.833
	2	A	1.000	A	1.000	A	1.000	B	0.833
	3	A	1.000	B	0.833	A	1.000	B	0.833
	4	C	0.667	B	0.833	B	0.833	B	0.833
	5	B	0.833	D	0.500	C	0.667	D	0.500
	6	C	0.667	D	0.500	B	0.833	C	0.667
	7	C	0.667	C	0.667	C	0.667	A	1.000
	8	D	0.500	E	0.333	C	0.667	A	1.000
	9	E	0.333	E	0.333	C	0.500	A	1.000
	10	D	0.500	E	0.333	-	-	-	-

*Haltestelle, an der gemessenes Segment beginnt für Geschwindigkeitsverhältnis

Es sind nun die Beurteilungen der einzelnen Elemente (Haltestellen) zu ermitteln. Dafür sind zunächst die Bewertungen der Kursfolgezeit und der Pünktlichkeit zu gewichten. Das Angebot verkehre mit einer Kursfolgezeit $t_K = 7.5$ min. Damit wird w berechnet als

$$w = 0.65151 \cdot \ln(t_K) - 0.84259$$

$$w = 0.65151 \cdot \ln(7.5) - 0.84259 = 0.47$$

Am Beispiel der dritten Haltestelle in Richtung 1 ergibt sich die Bewertung der Zuverlässigkeit damit zu

$$VQP_Z = VQP_R^{1-w} \cdot VQP_P^w$$

$$VQP_Z = 0.833^{1-0.47} \cdot 1.000^{0.47} = 0.908$$

Die Zuverlässigkeit wird hier also mit der VQS A bewertet (vgl. Tabelle 5). Es lässt sich hier nun die Bewertung des Aspektes „Zeit“ bestimmen als

$$VQP_{Zeit} = VQP_Z \cdot VQP_v$$

$$VQP_{Zeit} = 0.908 \cdot 0.500 = 0.454$$

was der VQS D entspricht. Für das Element ergibt sich weiter die Bewertung als

$$VQP_{\text{Element}} = \frac{VQP_{\text{Raum}} + VQP_{\text{Zeit}}}{2}$$

$$VQP_{\text{Element}} = \frac{1.000 + 0.454}{2} = 0.727$$

Dies entspricht der VQS B. Es sei hier an den Sonderfall der Endhaltestellen erinnert, für den gilt:

$$VQP_{\text{Element}} = VQP_{\text{Zeit}} = VQP_Z$$

Alle weiteren Bewertungen, die mehrere Einzelemente einbeziehen, errechnen sich als Mittelwert der VQP der in der Menge enthaltenen Elemente. Es ergibt sich somit eine Bewertung der Linie je Richtung und der gesamten Linie wie in Tabelle 8 dargestellt.

Tab. 8: VQS und Punktzahlen der Elemente der Beispiellinie

Haltestelle	Richtung 1						Richtung 2						
	VQS Zeit		VQS Raum		VQS Gesamt		VQS Zeit		VQS Raum		VQS Gesamt		
	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	Punkte	VQS	
1	0.454	D	1.000	A	0.727	B	0.833	B	0.833	B	0.833	B	
2	0.454	D	1.000	A	0.727	B	1.000	A	0.833	B	0.917	A	
3	0.454	D	1.000	A	0.727	B	0.908	A	0.833	B	0.870	A	
4	0.445	D	1.000	A	0.722	B	0.625	C	0.833	B	0.729	B	
5	0.375	D	0.667	B	0.521	C	0.424	D	0.500	D	0.462	D	
6	0.271	E	0.500	D	0.385	D	0.477	D	0.667	B	0.572	C	
7	0.196	E	0.500	D	0.348	D	0.445	D	1.000	A	0.722	B	
8	0.655	C	0.833	B	0.744	B	0.269	E	1.000	A	0.634	C	
9	0.655	C	0.833	B	0.744	B	0.222	E	1.000	A	0.583	C	
10	0.573	C	-	-	0.573	C	0.403	D	-	-	0.403	D	
Gesamtbewertung Richtung 1					Punkte	VQS	Gesamtbewertung Richtung 2					Punkte	VQS
					0.622	C						0.675	B
Gesamtbewertung Linie							Punkte	VQS					
							0.649	C					

14 Bemessung eines Angebots

Es soll an einem Beispiel konzeptionell gezeigt werden, wie ein Angebot auf die in der Norm definierten VQS hin bemessen werden kann. Es wird dabei vereinfacht eine ÖV-Linie mit 4 Haltestellen angenommen, die nur in einer Richtung verkehrt. Bekannt sind folgende Eckdaten:

Das Aufkommen beträgt 300 P/h, wobei der Saldo je Haltestelle wie folgt geschätzt wird:

- Haltestelle 1: 100 P/h (100 Einsteiger)
- Haltestelle 2: 55 P/h (80 Ein-, 25 Aussteiger)
- Haltestelle 3: 90 P/h (120 Ein-, 30 Aussteiger)
-

Das Angebot soll im 15-Minuten-Takt verkehren.

Zwischen den Haltestellen 1 und 2 (Segment 1) beträgt die zulässige Geschwindigkeit 30 km/h und der MIV erreicht im Mittel 25 km/h. Auf diesem Segment liegt ausserdem eine Fussgängerquerung mit hohem Aufkommen, die zu unregelmässigen Reisezeiten führen kann.

Zwischen den Haltestellen 2 und 3 (Segment 2) beträgt die zulässige Geschwindigkeit 50 km/h und der MIV erreicht im Mittel 35 km/h.

Zwischen den Haltestellen 3 und 4 (Segment 3) beträgt die zulässige Geschwindigkeit 50 km/h und der MIV erreicht im Mittel 20 km/h, da eine Kreuzung mit Lichtsignalanlage und langen Wartezeiten auf diesem Segment liegt.

1. Schritt: Festlegen der Zielgrössen

Es wird festgelegt, dass das Angebot im Ganzen auf VQS C bemessen werden soll.

2. Schritt: Zuordnung VQS zu Elementen

Voraussichtlich ist auf Segment 1 aufgrund der Fussgängerquerung VQS C nicht erreichbar und es wird an Haltestelle 2 aufgrund der niedrigeren Zuverlässigkeit VQS D angesetzt. Um dies für das gesamte Angebot zu kompensieren, wird auf Segment 3 VQS B verlangt, die mit einer Vorrangschaltung für den ÖV an der Kreuzung erreicht werden soll. An den weiteren Elementen wird auf VQS C bemessen.

3. Schritt: Wertebereich bekannter Einflüsse

Bei einem 15-Minuten-Takt und dem Aufkommen werden Standardbusse mit je 75 Plätzen (Sitzen + Stehen bei $4P/m^2$) eingesetzt. Es ergeben sich damit die Auslastungen und VQS entsprechend Tabelle 9.

Tab. 9: Bestimmung der VQS für die Auslastung

Haltestelle	Besetzung (Stunde)	Besetzung (je Fahrt)	Auslastung	VQS _{Auslastung}
1	100	25.00	0.333	B
2	155	38.75	0.517	C
3	245	61.25	0.817	E
4	0	-	-	-

Weiter ergibt sich aus den Haltestellenabständen, dem Fahrgastaufkommen und den Verkehrsverhältnissen ein mögliches Geschwindigkeitsverhältnis wie in Tabelle 10 dargestellt.

Tab. 10: Bestimmung der VQS für die Geschwindigkeit

Segment	V_{MIV}	$V_{\text{ÖV,möglich}}$	$r_{\text{ÖV,MIV}}$	VQS _v
1	25	15	0.600	C
2	35	20	0.571	C
3	20	20	1.000	A

4. Schritt: Übrige Wertebereiche

Es lassen sich nun unter Verwendung der Abbildungen 13 und 15 die Mindestanforderungen an die Regelmässigkeit und Pünktlichkeit ermitteln. So muss zum Beispiel an der dritten Haltestelle die Regelmässigkeit mindestens VQS C und die Pünktlichkeit VQS D erreichen, oder die Pünktlichkeit muss mindestens VQS C entsprechen.

5. Schritt: Planung und Massnahmen

Es wird nun das Angebot so geplant, dass die jeweils hergeleiteten VQS-Ziele und entsprechenden Kennwerte wie in Tabelle 11 dargestellt erreicht werden. Im Rahmen dieser Aufgabe findet die detaillierte Schätzung der Fahrzeiten statt und es sind Massnahmen, wie etwa Priorisierungen zu berücksichtigen und deren Effekte abzuschätzen.

Tab. 11: Bemessungswerte der Beispiellinie

Segment	Auslastung [-]	VQS _{Auslastung}	r _{ÖV,MIV} [-]	VQS _v	Regelmässigkeit, c _v [-]	VQS _R	Pünktlichkeit [%]	VQS _P
1	0.333	B	0.600	C	0.27	D	85%	C
2	0.517	C	0.571	C	0.20	B	90%	B
3	0.817	E	1.000	A	0.20	B	90%	B
	-	-	-	-	0.22	B	85%	C

6. Schritt: Überprüfung

Die für das Angebot abgeschätzten Kennwerte werden zusammengestellt und auf die Erreichung der VQS-Ziele überprüft. In diesem Beispiel ergeben sich die Gesamtbeurteilungen gemäss Tabelle 12. Diese zeigen, dass die eingangs definierten Ziele für die VQS erreicht

Tab. 12: Überprüfung der Bemessungswerte für die Beispiellinie

Segment	VQP _{Zuv}	VQS _{Zuv}	VQP _{Zeit}	VQS _{Zeit}	VQP _{Raum}	VQS _{Raum}	VQP _{Element}	VQS _{Element}
1	0.652	C	0.435	D	0.833	B	0.634	C
2	0.833	B	0.556	C	0.500	C	0.528	C
3	0.833	B	0.833	B	0.333	E	0.583	C
4	0.688	B	0.688	B	-	-	0.688	B
							VQP_{Linie}	VQS_{Linie}
							0.608	C

7. Schritt: Betrieb

Der Betrieb des Angebots wird aufgenommen.

8. Schritt: Qualitätsbeurteilung

Das realisierte Angebot wird einer Qualitätsbeurteilung unterzogen. Hierbei wird geprüft, ob die definierten Ziele der Verkehrsqualität erreicht werden und daraus allfällige Verbesserungsbedarfe und neue Massnahmen abgeleitet.

G Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 0x1 Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs; Grundlagennorm
- [2] Transportation Research Board TRB; Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2003
- [3] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV); Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, Fassung 2005
- [4] Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV; U. Weidmann, H. Orth, R. Dorbritz, N. Carrasco, M. Schwertner, VSS-Forschungsbericht, 2012
- [5] Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit; U. Weidmann; Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) 106, Zürich 1995
- [6] A New Performance Index for Evaluating Transit Quality of Service; L. Fu, Y. Xin; Journal of Public Transportation, 10, No. 3, pp. 47-69
- [7] ITP Intraplan Consult GmbH, VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH; Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006, München, Stuttgart 2006
- [8] Die Fahrplanabhängigkeit der Fahrgastankunft an Haltestellen; U. Weidmann, M. Lüthi; Der Nahverkehr 12/2006, S. 16-19

V Normierungsvorschlag Bedarfsverkehre

INHALTSVERZEICHNIS

A	Allgemeines	205
1	Geltungsbereich.....	205
2	Gegenstand	205
3	Zweck	205
B	Begriffe	205
C	Qualitätsempfehlungen	205
D	Qualitätsempfehlungen	205
4	Konzept	205
5	Indikatoren und deren Beurteilung.....	205
5.1	Räumliche Verfügbarkeit	206
5.2	Zeitliche Verfügbarkeit	207
5.3	Flexibilität.....	208
5.4	Erfüllungsgrad.....	209
5.5	Zuverlässigkeit.....	209
5.6	Geschwindigkeit.....	210
6	Bewertung des gesamten Angebots.....	210
E	Bemessung von Angeboten	211
7	Konzept	211
8	Vorgehen	211
9	Einwirkungen	214
9.1	Einwirkungen	214
9.2	Zuverlässigkeit.....	214
9.3	Geschwindigkeit.....	214
F	Anwendungsbeispiele	215
10	Beurteilung eines Angebots	215
11	Bemessung eines Angebots	217
G	Literaturverzeichnis	217

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Anwendung auf Bedarfsverkehre gemäss der Grundlagennorm SN 640 0x1 «Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs» [1].

2 Gegenstand

Die Norm beschreibt für Bedarfsverkehre, wie eine Beurteilung eines bestehenden Angebotes erfolgen und wie die Bemessung eines neuen oder bestehenden Angebotes auf eine Zielverkehrsqualitätsstufe hin erfolgen soll. Diese Verfahren basieren auf SN 640 0x1 [1].

3 Zweck

Die Norm stellt ein einheitliches Verfahren zur Verfügung, mittels dessen die Beurteilung von Angeboten des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs (im Folgenden auch ÖV) erfolgen kann und bei der Bemessung die Qualitätsziele einheitlich vorgegeben werden können.

Darüber hinaus ist das Verfahren geeignet, in einer ersten Stufe eine Identifizierung von Handlungsbedürfnissen durchzuführen und eine grobe Anleitung für die Planung und Optimierung von Systemen zu liefern.

B Begriffe

Die Begriffe sind in SN 640 0x1 [1] definiert.

C Qualitätsempfehlungen

Bei Bedarfsverkehren wird empfohlen, analog zu Linienverkehren in der Gesamtbewertung VQS C (D in Spitzenzeiten) anzustreben, wobei nach Möglichkeit zudem kein einzelner Indikator schlechter als VQS E bewertet worden sein darf.

Niedrigere VQS würden einer Qualität entsprechen, die eine so geringe Nachfrage erwarten lässt, dass die Auslastung den Betrieb des Angebots bei weitem nicht rechtfertigen kann.

D Qualitätsempfehlungen

4 Konzept

Die Verkehrsqualität des Bedarfsverkehrsangebots wird mittels sechs Indikatoren bewertet. Wegen der Charakteristik des Angebots ist eine abschnittsweise Betrachtung nicht sinnvoll, weshalb das Netz in seiner Gesamtheit zu bewerten ist. Die meist geringen Fahrhäufigkeiten bedingen zudem, Daten eines längeren Zeitraums, beispielsweise eines ganzen Monats, auszuwerten.

Die Bewertungen der Indikatoren lassen sich anschliessend zu einer Gesamtnote zusammenfassen.

5 Indikatoren und deren Beurteilung

Es werden sechs Indikatoren unterschieden: Die räumliche sowie zeitliche Verfügbarkeit, die Flexibilität, der Erfüllungsgrad, die Zuverlässigkeit und die Geschwindigkeit (als relative Reisezeit).

5.1 Räumliche Verfügbarkeit

Die räumliche Verfügbarkeit beschreibt, in welchem Ausmass das Bedarfsangebot die Nutzerwünsche berücksichtigen kann. Abweichend von den anderen Indikatoren kommt hier nur eine vierstufige Bewertung zur Anwendung, siehe Tabelle 1.

Tab. 1: VQS für die räumliche Verfügbarkeit

VQS	Zustand
A	Abhol- und Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich
B	Abhol- oder Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich, anderes Fahrtende fix an zentralem Punkt, Tangentialfahrten jedoch möglich
C	Abhol- oder Zielort nach Wunsch im Bedienungsbereich, anderes Fahrtende fix an zentralem Punkt, keine Tangentialfahrten möglich
D	Weder Abfahrts- noch Zielpunkt ist frei bestimmbar

Zur Erläuterung sind die in Tabelle 1 aufgeführten Beschreibungen in Abbildung 1 nochmals skizzenhaft dargestellt.

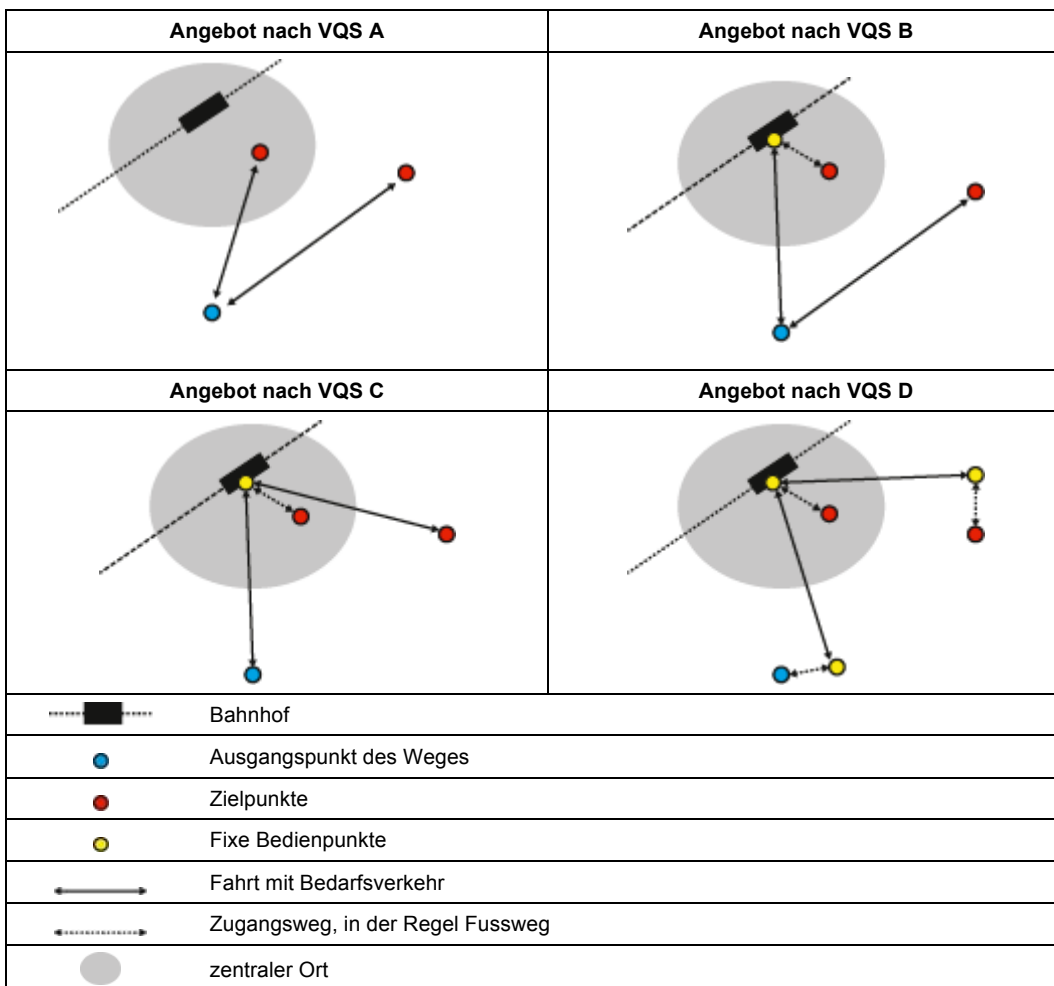


Abb. 1 Beispielhafte Darstellung der VQS für die räumliche Verfügbarkeit

5.2 Zeitliche Verfügbarkeit

Durch die zeitliche Verfügbarkeit wird ausgedrückt, innerhalb welchen Zeitraums das Angebot den Nutzern zur Verfügung steht. Es ist dabei nach der Art zu unterscheiden:

- Tägliche Verkehre
- Wochenendverkehre
- Nachtverkehre

Zur Vereinfachung werden die beiden letzteren auf Basis desselben Schemas bewertet.

Tabelle 2 enthält die VQS für tägliche Verkehre. Man beachte, dass eine Unterscheidung in Verkehre, die nur Mo-Fr sowie in solche, die zusätzlich Sa und/oder So angeboten werden, erforderlich ist.

Tab. 2: VQS für die zeitliche Verfügbarkeit täglicher Verkehre

VQS	zeitliche Abdeckung in h/d		Erläuterung
	bei 5 Tagen je Woche	bei 6-7 Tagen je Woche	
A	≥ 16 h/d	≥ 12 h/d	Angebot, das alle Fahrtzwecke ermöglicht
B	≥ 12 h/d	≥ 9 h/d	Fast alle Fahrtzwecke werden ermöglicht, lediglich einige Freizeitfahrten liegen ausserhalb des Bedienzeitraums
C	≥ 9 h/d	≥ 6 h/d	Mehrzahl der Arbeitswege, Freizeitaktivitäten tagsüber sowie Erledigungen ⁽¹⁾ möglich,
D	≥ 6 h/d	≥ 4 h/d	Arbeitswege und Freizeitaktivitäten mit Einschränkungen möglich, Erledigungen ⁽¹⁾ möglich
E	≥ 4 h/d	≥ 3 h/d	Arbeitswege und Freizeitaktivitäten kaum möglich, Erledigungen ⁽¹⁾ eingeschränkt möglich
F	< 4 h/d	< 3 h/d	rudimentäre Grundversorgung für Personen ohne anderweitigen Zugang zu Mobilität

⁽¹⁾ **Erledigungen:** z.B. Einkäufe, Arztbesuche, Behördengänge

Für Wochenend- und Nachtverkehre bedarf es einer angepassten Bewertungsskala, da deren Bedienungszeiträume kürzer als diejenigen der täglichen Verkehre sind. Es wurde eine relative Skala, welche auf das reguläre Angebot bezogen wird, gewählt (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: VQS für die zeitliche Verfügbarkeit von Wochenend- und Nachtverkehren

VQS	Abdeckung ⁽¹⁾	Erläuterung
A	100%	gleiche Abdeckung wie werktags/tagsüber
B	≥ 90%	Leichte Verkleinerung des Angebotes
C	≥ 75%	Ein Grossteil der Fahrtzwecke ist am Wochenenden möglich / das Nachtangebot deckt einen grossen Teil ab
D	≥ 50%	Alle Erledigungen ⁽²⁾ sind an Wochenenden möglich, allerdings sind Freizeitverkehre nur eingeschränkt möglich, in Nächten sind die Hauptnachfragezeiten noch einigermaßen abgedeckt
E	≥ 25%	Erledigungen ⁽²⁾ an Wochenenden und Freizeitaktivitäten sind nur stark eingeschränkt möglich, in der Nacht wird lediglich eine Erweiterung des Tagesverkehrs in Randstunden geboten
F	< 25%	Grundversorgung an Wochenenden, reicht kaum für Erledigungen ⁽²⁾ aus bzw. eine minimale Erweiterung des Tagesverkehrs in Randstunden

⁽²⁾ **Wochenendangebote:** zeitliche Abdeckung in % des regulären Angebotes

Nachtangebote: zeitliche Abdeckung in % der Lücke des regulären Angebotes

⁽²⁾ **Erledigungen:** z.B. Einkäufe, Arztbesuche, Behördengänge

Zur Veranschaulichung sind in Tabelle 4 verschiedene, beispielhafte Werte und die zugehörigen Abdeckungsgrade zusammengestellt.

Tab. 4: Beispiele für Abdeckungsgrade im Wochenend- und Nachtverkehr

		Abdeckungsgrade				
		95%	90%	75%	50%	25%
Linienbetrieb werktags, [h/d]	Beispielzeiträume	Bediente Zeitspanne an Samstagen/Sonntagen [h]				
12	06.00-18.00 06.00-12.00 und 15.00-21.00	11.40	10.80	9.00	6.00	3.00
13	07.00-20.00 06.00-12.00 und 15.00-22.00	12.35	11.70	9.75	6.50	3.25
14	06.00-20.00 05.30-12.00 und 15.00-21.30	13.30	12.60	10.50	7.00	3.50
15	06.00-21.00 05.00-12.00 und 15.00-23.00	14.25	13.50	11.25	7.50	3.75
16	06.00-22.00 07.00-23.00	15.20	14.40	12.00	8.00	4.00
17	05.00-22.00 06.00-23.00	16.15	15.30	12.75	8.50	4.25
18	05.00-23.00 06.00-24.00	17.10	16.20	13.50	9.00	4.50
Lücke im Linienbetrieb nachts [h]	Beispielzeiträume	Bediente Zeitspanne in der Nacht [h]				
4	00.00-04.00 01.00-05.00	3.80	3.60	3.00	2.00	1.00
5	00.00-05.00	4.75	4.50	3.75	2.50	1.25
6	23.00-05.00 00.00-06.00	5.70	5.40	4.50	3.00	1.50
7	22.00-05.00 23.00-06.00	6.65	6.30	5.25	3.50	1.75
8	22.00-06.00	7.60	7.20	6.00	4.00	2.00

5.3 Flexibilität

Im Hinblick auf die Flexibilität ist zu bewerten, inwieweit ein Bedarfsverkehrsangebot in der Lage ist, auch auf kurzfristige Verkehrsnachfrage zu reagieren.

Eine sehr kurze Frist für die Buchung einer Fahrt ermöglicht es, nahezu alle spontanen Aktivitäten abzudecken. Diese Schwelle wird bei einer Vorausbuchungsfrist von einer halben Stunde oder weniger erreicht, da dies eine Zeitspanne ist, die Fahrgäste meist ohnehin benötigen, um sich für eine Aktivität vorzubereiten.

Die Obergrenze wird bei einer Vorausbuchungsfrist von mehr als zwei Tagen gesetzt, da hierbei die Nutzung des Bedarfsangebots nur noch für weit im Voraus geplante Aktivitäten möglich ist.

In Tabelle 5 sind die VQS für die Flexibilität zusammengestellt.

Tab. 5: VQS für die Flexibilität

VQS	Vorausbuchungsfrist [h]	Erläuterung
A	≤ 0.5	Spontane Fahrten möglich
B	≤ 1	Kurzfristige Anmeldung von Fahrten möglich
C	≤ 6	Fahrten am selben Tag möglich
D	≤ 24	Fahrten am Folgetag möglich
E	≤ 48	Fahrten in zwei Tagen möglich, kurzfristige Aktivitäten kaum möglich
F	> 48	Vorausbuchung von mindestens zwei Tagen, erzwingt sehr hohes Mass an Planung, kurzfristige Aktivitäten unmöglich

5.4 Erfüllungsgrad

Angebote, die auf Anmeldung gefahren werden, unterliegen dem Risiko, dass zu viele oder sich gegenseitig ausschliessende Fahrtwünsche angemeldet werden, sodass nicht alle Anfragen bedient werden können. Erfolgt häufiger eine Ablehnung eines Fahrtwunsches, so nehmen potentielle Fahrgäste das Angebot nicht als eine Option wahr und die Nachfrage ist sehr niedrig.

Für dieses Kriterium wird ermittelt, welcher Anteil der Anfragen wunschgemäss ausgeführt werden kann. Eine Ausführung mit Änderungen wird dabei ebenfalls als „erfüllt“ angesehen, wenn die Abweichung von der Wunschabfahrtszeit höchstens 30 Minuten beträgt. Tabelle 6 beschreibt die Skaleneinteilung.

Tab. 6: VQS für den Erfüllungsgrad

VQS	Erfüllungsgrad der angefragten Fahrten	Erläuterung
A	≥ 99%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt nicht häufiger als einmal pro Jahr eine Absage
B	≥ 95%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt im Mittel alle 10 Wochen eine Absage
C	≥ 90%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt im Mittel alle 5 Wochen eine Absage
D	≥ 85%	Ein wöchentlicher Nutzer erfährt im Mittel alle 3 Wochen eine Absage
E	≥ 75%	Ein Nutzer, der das Angebot alle zwei Wochen nutzt, erfährt nicht häufiger als einmal im Monat eine Absage
F	< 75%	Ein Nutzer, der das Angebot alle zwei Wochen nutzt, erfährt häufiger als einmal im Monat eine Absage

Ein Fahrtwunsch gilt als nicht erfüllt, wenn die Abweichung zur Wunschfahrzeit mehr als 30 Minuten beträgt oder der Zweck der Fahrt nicht mehr möglich ist.

5.5 Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit wird mittels eines Pünktlichkeitskriteriums bewertet. Es wird hierfür angenommen, dass der Fahrgast das Bedarfsangebot nutzt, um auf ein Linienverkehrsmittel umzusteigen.

Basis ist die Ankunftsverspätung, die maximal 10 min betragen darf, damit die Fahrt noch als pünktlich gewertet wird. Die Einteilung kann der Tabelle 7 entnommen werden.

Tab. 7: VQS für die Zuverlässigkeit

VQS	% pünktlich	Erläuterung
A	≥ 95%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 1 Mal pro Jahr
B	< 95%, ≥ 90%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 2 Mal pro Jahr
C	< 90%, ≥ 85%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 3 Mal pro Jahr
D	< 85%, ≥ 80%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als 5 Mal pro Jahr
E	< 80%, ≥ 75%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss nicht häufiger als alle zwei Monate
F	< 75%	Ein Fahrgast verpasst einen Anschluss mindestens alle zwei Monate

Als pünktlich gilt eine Fahrt, wenn die tatsächliche Ankunft nicht mehr als 10 Minuten nach der geplanten Ankunft erfolgt.

Es wird weiterhin für die Erläuterung angenommen, dass ein Fahrgast einmal pro Woche mit dem Bedarfsverkehrsangebot hin und zurück fährt und bei der Hinfahrt auf ein Linienangebot umsteigt.

5.6 Geschwindigkeit

Die Angabe der Geschwindigkeit als Absolutwert ist wenig anschaulich, da sie nur bei genauer Kenntnis der örtlichen Verhältnisse aussagekräftig ist. Deshalb wird stattdessen die Geschwindigkeit indirekt bewertet, und zwar als Verhältnis der Reisezeiten vom ÖV zum MIV. Dies ermöglicht zudem, die Wettbewerbsfähigkeit des Bedarfsangebots im Hinblick auf den MIV besser einzuschätzen. Die Wertebereiche der VQS zeigt Tabelle 8.

Tab. 8: VQS für die Geschwindigkeit

VQS	Reisezeitverhältnis ÖV/MIV	Erläuterung ⁽¹⁾
A	≤ 1.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr ist genauso schnell oder gar schneller als im MIV
B	> 1.00, ≤ 1.33	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens 33% länger als im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 3.33 Minuten
C	> 1.33, ≤ 1.50	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert maximal 50% länger als im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 5 Minuten
D	> 1.50, ≤ 2.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens doppelt so lange wie im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 10 Minuten
E	> 2.00, ≤ 3.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert höchstens dreimal so lange wie im MIV, Fahrzeitverlängerung von weniger als 20 Minuten
F	> 3.00	Die Fahrt im öffentlichen Verkehr dauert mindestens dreimal so lange wie im MIV; eine Fahrt, die direkt 10 Minuten dauern würde, dauert mindestens 30 Minuten.

⁽¹⁾ absolute Fahrzeitverlängerungen werden hierbei auf eine MIV-Fahrzeit von 10 Minuten bezogen

6 Bewertung des gesamten Angebots

Nachdem die VQS aller sechs Indikatoren ermittelt wurden, sind sie zur Gesamt-VQS zusammenzufassen. Dazu ist zuerst jeder VQS gemäss Tabelle 9 (Spalte „Umrechnung VQS -> Punktzahl“) die entsprechende Punktzahl zuzuweisen.

Tab. 9: Punktzahlenäquivalente der VQS

VQS	Umrechnung VQS → Punktzahl	Umrechnung Punktzahl → VQS	
		≤	>
A	1.000	-	0.833
B	0.833	0.833	0.667
C	0.667	0.667	0.500
D	0.500	0.500	0.333
E	0.333	0.333	0.167
F	0.167	0.167	-

Nun werden jeweils zwei VQS zu einem übergeordneten Aspekt mittels Multiplikation zusammengefasst:

$$VQS_{\text{Verfügbarkeit}} = VQS_{\text{V,räumlich}} \cdot VQS_{\text{V,zeitlich}}$$

$$VQS_{\text{Bedienqualität}} = VQS_{\text{Flexibilität}} \cdot VQS_{\text{Erfüllungsgrad}}$$

$$VQS_{\text{Zeit}} = VQS_{\text{Pünktlichkeit}} \cdot VQS_{\text{Geschwindigkeit}}$$

Der Mittelwert dieser drei Aspekte bildet schliesslich die VQS für das gesamte Bedarfsverkehrsangebot:

$$VQS = \frac{VQS_{\text{Verfügbarkeit}} + VQS_{\text{Bedienqualität}} + VQS_{\text{Zeit}}}{3}$$

Schliesslich ist noch die so ermittelte Punktzahl mittels Tabelle 9 in die VQS-Note umzurechnen.

E Bemessung von Angeboten

7 Konzept

Das Bemessungsverfahren kann vor allem wegen der Vielgestaltigkeit der möglichen Verkehrsgebiete keine detaillierte Planungsanleitung liefern. Stattdessen wird dem Planer ein Hilfsmittel gegeben, diejenigen Ausprägungen der Indikatoren zu wählen, mit denen dem geforderten Qualitätsniveau entsprochen werden kann. Erreicht wird dies, indem die Tabellen des Bewertungsverfahrens „rückwärts“ angewendet werden.

Der Indikator *Erfüllungsgrad* ist in der Bemessungsphase schwer abzuschätzen. Deshalb nimmt das Bemessungsverfahren den Weg über die Ebene der drei Aspekte *Verfügbarkeit*, *Bedienqualität* und *Zeit*.

8 Vorgehen

Die notwendigen Schritte für eine Angebotsbemessung sind in der Abbildung 2 dargestellt.

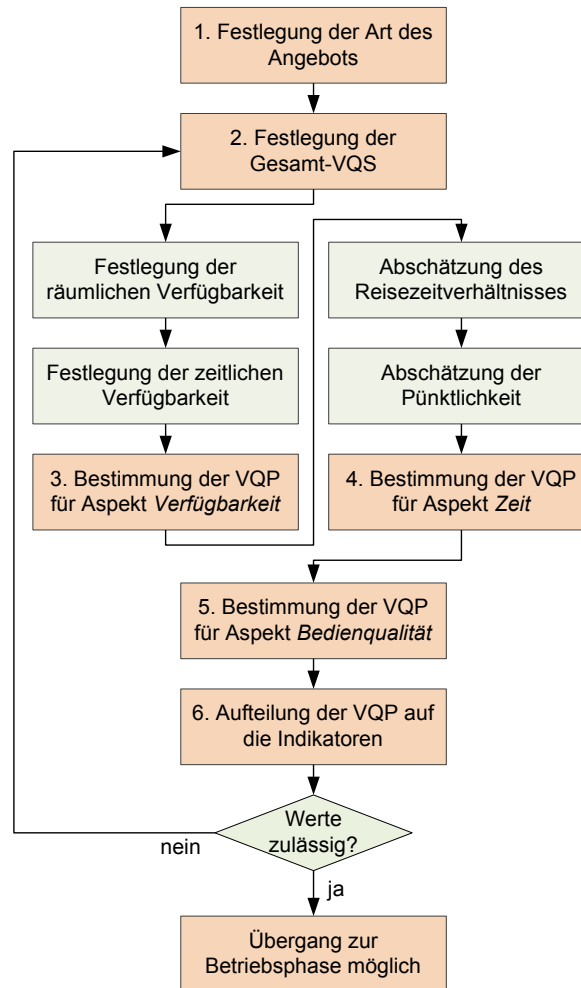


Abb. 2 Bemessungsverfahren für Bedarfsverkehre

Im Einzelnen beinhalten die Schritte Folgendes:

1. Festlegung der Art des Angebots. Dies ist notwendig, da die Bewertung der zeitlichen Verfügbarkeit abhängig davon ist, ob es sich um ein tägliches oder ein Wochenend- bzw. Nachtangebot handelt.
2. Festlegung des insgesamt zu erreichenden Qualitätsniveaus. Das Bemessungsverfahren impliziert, dass kein Indikator schlechter als VQS D geplant wird.
3. Festlegung der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit unter Verwendung der Tabellen 1 bis 3. Die aus der Zusammenfassung zum Aspekt *Verfügbarkeit* (gemäss Abbildung 3) resultierende Punktzahl dient als Basis für die Abschätzung der beiden anderen Aspekte.
4. Festlegung des Aspekts *Zeit*. Hier sind sowohl das zu erwartende Reisezeitverhältnis zum MIV (auf Basis der Tabelle 8) als auch die zu erwartende Pünktlichkeit (siehe Tabelle 7) abzuschätzen. Mittels Abbildung 3 wird wieder die Punktzahl des Aspekts bestimmt.
5. Bestimmung des Aspekts *Bedienqualität*. Die zuvor ermittelten Punktzahlen ermöglichen nun, den Wert der Bedienqualität, welcher zum Erreichen des festgelegten Qualitätsniveaus nötig ist, aus der Abbildung 4 abzulesen. Findet sich kein passender Wert, entsprechen die gewählten Vorgaben einer zu niedrigen Qualität und müssen nachgebessert werden.

6. Aufteilung der VQP Bedienqualität auf die zugehörigen Indikatoren. Aus der abgelesenen Punktzahl lassen sich in Abbildung 3 die Mindestwerte der VQS ablesen. Da üblicherweise die Flexibilität als wichtiges Kriterium für die Fahrgäste schon am Anfang festzulegen ist, ergibt sich direkt die Mindest-VQS für den Erfüllungsgrad.

VQS des Indikators		Punktzahl		Ergebnis
I ₁	I ₂	P ₁	P ₂	P ₁ *P ₂
A	A	1.000	1.000	1.000
A	B	1.000	0.833	0.833
A	C	1.000	0.667	0.667
A	D	1.000	0.500	0.500
B	A	0.833	1.000	0.833
B	B	0.833	0.833	0.694
B	C	0.833	0.667	0.556
B	D	0.833	0.500	0.417
C	A	0.667	1.000	0.667
C	B	0.667	0.833	0.556
C	C	0.667	0.667	0.445
C	D	0.667	0.500	0.334
D	A	0.500	1.000	0.500
D	B	0.500	0.833	0.417
D	C	0.500	0.667	0.334
D	D	0.500	0.500	0.250

Abb. 3 Ableitung der Punktzahl für einen Aspekt aus den VQS der zugehörigen Indikatoren

		Bedienqualität											
		1.000	0.833	0.694	0.667	0.556	0.500	0.445	0.417	0.334	0.250		
Verfügbarkeit	1.000	Zeit	1.000	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B
		0.833	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
		0.694	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	C
		0.667	A	A	B	B	B	B	B	B	C	C	C
		0.556	A	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
		0.500	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
		0.445	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C
		0.417	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C
		0.334	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
	0.250	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.833	Zeit	1.000	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
		0.833	A	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C
		0.694	A	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
		0.667	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
		0.556	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C
		0.500	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
		0.445	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C
		0.417	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D
0.334		B	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
0.250	B	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D		
0.694	Zeit	1.000	A	A	B	B	B	B	B	B	B	C	
	0.833	A	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	
	0.694	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	
	0.667	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	
	0.556	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.500	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.445	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.417	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.334	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	
0.250	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D		
0.667	Zeit	1.000	A	A	B	B	B	B	B	B	C	C	
	0.833	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	
	0.694	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	
	0.667	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	
	0.556	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.500	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.445	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.417	B	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	
	0.334	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	
0.250	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D		
0.556	Zeit	1.000	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C	
	0.833	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	
	0.694	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.667	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.556	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.500	B	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	
	0.417	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	
	0.334	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	
0.250	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D		

		Bedienqualität										
		1.000	0.833	0.694	0.667	0.556	0.500	0.445	0.417	0.334	0.250	
Verfügbarkeit	0.500	Zeit	1.000	A	B	B	B	B	C	C	C	C
		0.833	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C
		0.694	B	B	B	C	C	C	C	C	C	D
		0.667	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D
		0.556	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D
		0.500	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D
		0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D
		0.417	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D
		0.334	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
	0.250	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	
	0.445	Zeit	1.000	B	B	B	B	C	C	C	C	C
		0.833	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C
		0.694	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D
		0.667	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D
		0.556	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D
		0.500	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D
		0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D
		0.417	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D
0.334		C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	
0.250	C	C	D	D	D	D	D	D	D	E		
0.417	Zeit	1.000	B	B	B	B	C	C	C	C	C	
	0.833	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	
	0.694	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.667	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.556	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.500	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.417	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	
	0.334	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	
0.250	C	C	D	D	D	D	D	D	D	E		
0.334	Zeit	1.000	B	B	B	C	C	C	C	C	C	
	0.833	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	
	0.694	B	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.667	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.556	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.500	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.417	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	
	0.334	C	D	D	D	D	D	D	D	D	E	
0.250	C	D	D	D	D	D	D	D	D	E		
0.250	Zeit	1.000	B	B	C	C	C	C	C	C	C	
	0.833	B	B	C	C	C	C	C	C	D	D	
	0.694	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.667	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.556	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.500	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.445	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	
	0.417	C	D	D	D	D	D	D	D	D	E	
	0.334	C	D	D	D	D	D	D	D	D	E	
0.250	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E		

Abb. 4 Ableitung der Gesamt-VQS anhand der Punktzahlen der drei Aspekte

9 Einwirkungen

Hier wird in knapper Form aufgezeigt, welche Abhängigkeiten seitens der Qualität zwischen den Indikatoren bestehen.

9.1 Einwirkungen

Die räumliche Verfügbarkeit hat direkte Auswirkungen auf die Geschwindigkeit. Nicht jedem Fahrtwunsch kann mit einer separaten Fahrt entsprochen werden, sodass eine Fahrt meist mehrere Fahrtwünsche erfüllt. Je besser aber die räumliche Verfügbarkeit ist, desto mehr Punkte müssen während einer Fahrt angefahren werden. Damit reduziert sich die Reisegeschwindigkeit.

9.2 Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit wird mittels eines Pünktlichkeitskriteriums gemessen. Somit kann die Zuverlässigkeit einen Gegenpol zur Geschwindigkeit bilden, wenn zum Erreichen einer grösseren Pünktlichkeit Fahrzeiten verlängert werden müssen.

9.3 Geschwindigkeit

Hier gilt sinngemäss das bei der räumlichen Verfügbarkeit Gesagte.

F Anwendungsbeispiele

10 Beurteilung eines Angebots

Ein (fiktives) Beispiel soll die Anwendung des Bewertungsverfahrens veranschaulichen. Das Betriebsregime dieses Beispielangebots ist in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tab. 10: Betriebsregime des Beispielangebots

Indikator	Zustand
räumliche Verfügbarkeit	Abholung erfolgt am Wunschort, Fahrt erfolgt entweder zu fixem Bedienpunkt in zentralem Ort oder zu frei wählbaren Bedienpunkten im Angebotsgebiet ausserhalb des zentralen Ortes
zeitliche Verfügbarkeit	7 Tage je Woche, jeweils 06.00-11.00 und 14.00-21.00
Flexibilität	Fahrtwunsch muss 24 Stunden im Voraus angemeldet werden

Während eines Monats wurde erhoben, wie viele der Fahrtwünsche erfüllt werden konnten, wie pünktlich die Fahrten erfolgten und welche Reisezeiten dabei im Bedarfsverkehr erreicht wurden.

Aus Tabelle 11 wird ersichtlich, dass im Schnitt rund 17 Fahrten je Tag angefragt wurden, jedoch nicht mehr als einmal täglich ein Fahrtwunsch nicht erfüllt werden konnte. Weiter bewegen sich die tatsächlichen Fahrzeiten zwischen dem 0.9-fachen und dem 2.2-fachen der MIV-Fahrzeiten.

Tab. 11: Betriebsdatenerhebung des Beispielangebots

Indikator	Zustand																					
Erfüllungsquote	500 Fahrten wurden angefragt <ul style="list-style-type: none"> – 250 Fahrten erfolgten wie gewünscht – 220 Fahrten erfolgten innerhalb der Wunschzeit +/- 30 Minuten – 18 Fahrten erfolgten mehr als 30 Minuten vor oder nach der Wunschzeit – 12 Fahrten waren nicht möglich oder wurden abgelehnt (Termin konnte nicht erreicht werden) 																					
Zuverlässigkeit	479 Fahrten erreichten ihr Ziel nicht mehr als 10 Minuten nach der geplanten Zeit																					
	Es wurden 6 verschiedene Relationen angefragt und folgende Fahrzeiten ermittelt																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Relation</th> <th>Fahrzeit ÖV [min]</th> <th>Fahrzeit MIV [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>18</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>14</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>21</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>29</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]	1	11	12	2	18	16	3	14	8	4	21	17	5	13	9	6	29	13
Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]																				
1	11	12																				
2	18	16																				
3	14	8																				
4	21	17																				
5	13	9																				
6	29	13																				
Geschwindigkeit																						

Nun sind die VQS der einzelnen Indikatoren zu ermitteln. Zuerst werden die drei durch das Betriebsregime gegebenen Indikatoren bewertet. Gemäss Tabelle 1 entspricht die gebotene *räumliche Verfügbarkeit* der VQS B. Die *zeitliche Verfügbarkeit* ist gemäss Tabelle 2 zu ermitteln, da es sich um ein tägliches Angebot handelt; man liest VQS A ab. Hinsichtlich der *Flexibilität* lässt sich anhand Tabelle 5 erkennen, dass hier nur VQS D erreicht wird.

Im nächsten Schritt sind die verbleibenden drei Indikatoren aus den erhobenen Daten zu bestimmen. Den *Erfüllungsgrad* erhält man, indem die Fahrten, die innerhalb der Toleranz von 30 min zur Wunschzeit erfolgten, zur Gesamtzahl in Beziehung gesetzt werden:

$$(250 + 220) / 500 = 0.94$$

Somit liegt der Erfüllungsgrad bei 94%, was gemäss Tabelle 6 VQS C entspricht. 479 Fahrten erreichten das Ziel nicht später als 10 min nach der geplanten Zeit, womit die Pünktlichkeit bei knapp 96% lag, sodass die *Zuverlässigkeit* anhand Tabelle 7 mit VQS A bewertet wird.

Die Bewertung des Indikators *Geschwindigkeit* erfolgt, indem die Reisezeitverhältnisse der sechs angebotenen Relationen gemittelt werden (Tabelle 12). Der Mittelwert von 1.41 ergibt gemäss Tabelle 8 VQS C.

Tab. 12: Bestimmung des mittleren Reisezeitverhältnisses für das Beispielangebot

Relation	Fahrzeit ÖV [min]	Fahrzeit MIV [min]	Verhältnis ÖV/MIV
1	11	12	0.92
2	18	16	1.13
3	14	8	1.75
4	21	17	1.24
5	13	9	1.44
6	29	13	2.23
Summe:	106	75	1.41

In Tabelle 9 können nun die zu den ermittelten VQS gehörigen Punktzahlen abgelesen werden, die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tab. 13: Zusammenfassung der Indikatorenwertung des Beispielangebots

Aspekt	Indikator	VQS	Punkte
Verfügbarkeit	räumliche Verfügbarkeit	B	0.833
	zeitliche Verfügbarkeit	A	1.000
Bedienqualität	Flexibilität	D	0.500
	Erfüllungsgrad	C	0.667
Zeit	Zuverlässigkeit	A	1.000
	Geschwindigkeit	C	0.667

Jetzt sind mittels der im Abschnitt 6 eingeführten Formeln die drei Aspekte zu bestimmen:

$$VQS_{\text{Verfügbarkeit}} = 0.833 \cdot 1.000 = 0.833$$

$$VQS_{\text{Bedienqualität}} = 0.500 \cdot 0.667 = 0.334$$

$$VQS_{\text{Zeit}} = 1.000 \cdot 0.667 = 0.667$$

Die Punktzahl des gesamten Beispielangebots erhält man schliesslich zu:

$$VQS = \frac{0.833 + 0.334 + 0.667}{3} = 0.611$$

Konsultiert man abermals Tabelle 9, so erhält man aus der Punktzahl 0.611 die zugehörige VQS C.

Misst man dieses Ergebnis an der im Abschnitt C gegebenen Empfehlungen, so erkennt man zwar, dass kein Indikator schlechter als VQS D bewertet wurde, das Gesamtergebnis aber nicht den empfohlenen Wert VQS B erreicht. Somit wäre das Beispielangebot nachzubessern und anschliessend einer abermaligen Bewertung zu unterziehen.

11 Bemessung eines Angebots

Das ländlich geprägte Umland einer Mittelstadt soll mittels eines Bedarfsangebots erschlossen werden. Anhand des geschätzten Fahrgastpotenzials wurden die Parameter gemäss Tabelle 14 festgelegt.

Zudem wurde entschieden, der Qualitätsempfehlung zu folgen, weshalb VQS B als Gesamtwert zu erreichen ist.

Tab. 14: Vorgesehene Parameter des Beispielangebots

Indikator	Zustand
räumliche Verfügbarkeit	Abholung erfolgt am Wunschort, Fahrt erfolgt zu fixem Bedienpunkt in zentralem Ort
zeitliche Verfügbarkeit	5 Tage je Woche, jeweils von 06.00-18.00 Uhr
Flexibilität	Fahrtwunsch muss mindestens 1 Stunde im Voraus angemeldet werden

Nun ist die Abschätzung des Aspekts Zeit nötig. Anhand der MIV-Daten (mittlere Geschwindigkeiten und durchschnittliches Verkehrsaufkommen) kann ermittelt werden, dass das Angebot eine Zuverlässigkeit von mindestens 90% erreichen wird und die Reisezeiten voraussichtlich nicht mehr als 30% über denen des MIV liegen werden.

Hiermit sind fünf der sechs Indikatoren bestimmt. Nun sind die VQS der Indikatoren und anschliessend die Punktzahlen der Aspekte zu bestimmen (siehe Tabelle 15).

Tab. 15: Ermittlung der Punktzahlen für die Aspekte Verfügbarkeit und Zeit

Indikator	VQS	Bestimmung mittels	Aspekt	Punktzahl (gemäss Abbildung 3)
räumliche Verfügbarkeit	C	Tabelle 1	Verfügbarkeit	0.556
zeitliche Verfügbarkeit	B	Tabelle 2 *)		
Geschwindigkeit	B	Tabelle 8	Zeit	0.694
Zuverlässigkeit	B	Tabelle 7		

*) Bei Bemessung eines Wochenend- oder Nachtverkehrsangebots sind stattdessen die Tabellen 3 und 4 zu konsultieren.

Beide Punktzahlen gestatten die Ablesung der in Frage kommenden Werte für den Aspekt Bedienqualität in Abbildung 4. In der Zeile „Verfügbarkeit 0.556“ -> „Zeit 0.694“ finden sich zwei Einträge mit VQS B, für die Bedienqualität kommen also nur die Punktzahlen 0.833 sowie 1.000 in Betracht, um insgesamt noch VQS B erreichen zu können.

Aus Tabelle 5 entnimmt man, dass die vorgesehene Flexibilität VQS B entspricht. Damit muss der Erfüllungsgrad zwingend VQS A erreichen (s. Abbildung 3), um wenigstens der Punktzahl 0.833 zu entsprechen.

Das Ergebnis ist, dass das Beispielangebot grundsätzlich der Qualitätsvorgabe genügen würde.

An diesem Punkt wäre zu prüfen, ob das Angebot mit diesen Parametern etabliert werden kann oder ob gewisse Einschränkungen bei der Qualität akzeptabel sind, sodass die Anforderungen etwas weniger streng ausfallen können.

G Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 0x1 Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs; Grundlagennorm

Glossar

Begriff	Erklärung	Quelle
Auslastungsgrad eines Fahrzeugs	Anzahl der tatsächlich beförderten Reisenden im Vergleich zur Gesamtkapazität des Fahrzeugs	(EN 13816)
Bedarfsverkehr	Betriebsform, bei welcher sich die Vorprogrammierung auf den generellen örtlichen und zeitlichen Einsatz beschränkt (Bedienungsraum und Betriebszeit).	(Wichser 2005)
Beförderungsgeschwindigkeit	Mittlere Geschwindigkeit eines ÖV-Fahrzeugs als Quotient aus zurückgelegtem Weg und benötigter Fahrdauer einschliesslich der Haltestellenaufenthaltszeiten	(FGSV 2005)
Beförderungsgeschwindigkeit	Durchschnittliche Geschwindigkeit des Verkehrsmittels von der Ausgangs- bis zur Zielhaltestelle (inkl. Zwischenaufenthalte, exklusive Endaufenthalte)	(Wichser 2005)
Beförderungsqualität	Qualitätsniveau, das den Insassen von ÖV-Verkehrsmitteln geboten wird. Diese wird anhand der Verfügbarkeit von Sitz- und Stehplätzen im Fahrzeug gemessen.	(FGSV 2005)
Betreiber	Leistungsanbieter oder Teil des Leistungsanbieters, der die «Kession» innehat	(EN 13816)
Betriebliche Leistungsfähigkeit	Die betriebliche Leistungsfähigkeit ist die durch Berücksichtigung von Stabilitätsaspekten (Pufferzeiten) geminderte theoretische Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage.	(Anderhub 2008)
Betriebsbedingungen	Alle Anordnungen zur Steuerung oder Regelung des Verkehrsablaufs	(SN 640 017a)
Betriebszeiten	Tägliche Zeitspanne, in der Leistungen angeboten werden	(EN 13816)
Busfahrbahnen	Für den öffentlichen Busverkehr bestimmte Fahrbahnen, vorbehalten signalisierter Ausnahmen (z.B. Radverkehr)	(SN 640 064)
Busstreifen	Für den öffentlichen Busverkehr bestimmte Fahrstreifen, vorbehalten signalisierter oder markierter Ausnahmen (z.B. Radverkehr)	(SN 640 064)
Dienstleistungsanbieter	Organisation, die an der Erbringung einer ÖPV-Leistung beteiligt ist	(EN 13816)
Dienstleistungsqualität	Reihe von Qualitätskriterien und geeigneten Massnahmen, für die der Dienstleistungsanbieter verantwortlich ist.	(EN 13816)
Einflussgrössen	Jene Merkmale der Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen, die sich unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit und die den VQS zugeordneten Verkehrsstärken auswirken.	(SN 640 017a)
Fahrplan	Veröffentlichte Darstellung der angebotenen Fahrten, nach Betriebszeiten und Linien geordnet	(EN 13816)
Fahrplanabhängige Ankünfte (an Haltestelle)	Fahrgäste, die den Fahrplan und die Abfahrtszeit des zu erreichenden Kurses kennen (modellierbar als Shifted Johnson S_B Verteilung)	(Lüthi 2007)
Fahrplanunabhängige Ankünfte (an Haltestelle)	Fahrgäste, die den Fahrplan nicht kennen oder die genaue Abfahrtszeit des zu erreichenden Kurses nicht kennen (\rightarrow modellierbar als Uniformverteilung)	(Lüthi 2007)
Fahrt	Ortsveränderung mit einem Verkehrsmittel (\rightarrow Weg)	(Hessen 2007a)
Fahrt eines Fahrzeugs	Planmässige Bewegung eines Fahrzeuges auf einer Linie.	(EN 13816)
Fahrt eines Reisenden	Zurücklegen einer Strecke durch einen Reisenden in einem Fahrzeug, ohne dass er aus- oder umsteigen muss.	(EN 13816)
Fahrtzeit	Zeit, die ein Reisender in einem bestimmten ÖPV-Fahrzeug verbringt	(EN 13816)
Fahrzeug	Einzelnes Fahrzeug oder Gruppe von miteinander verbundenen Fahrzeugen, die zusammen betrieben werden, die eine Anzahl von Reisenden gemeinsam befördern.	(EN 13816)
Floating Car Data (FCD)	Messungen mittels im Verkehrsstrom mitschwimmender Fahrzeuge. So lassen sich empirisch erreichte Geschwindigkeitsregime erfassen.	
Flächenbedienung	Fahrgastbedienung ohne Beschränkung auf vorgegebene, ausgeschilderte Haltestellen und auf vorgegebene Fahrwege	(Nickel 2010)
Folgezeitlücke	Die Folgezeitlücke ist die Zeitlücke zwischen einem ersten und zweiten Fahrzeug des Nebenstroms, welche direkt nacheinander ohne Behinderung durch den Hauptstrom den entsprechenden	(Bischofberger 1997)

Begriff	Erklärung	Quelle
	Verkehrsvorgang ausführen können.	
Grenzzeitlücke	Die Grenzzeitlücke ist jene Zeitlücke im Hauptstrom, welche von gleich vielen Fahrzeugen des Nebenstroms für den Vollzug des angestrebten Verkehrsvorgangs angenommen wie abgelehnt wird.	(Bischofberger 1997)
Haltestellenaufenthaltszeit	Zeitdauer zusammengesetzt aus Wartezeit vor einer Haltestelle, Fahrgastwechselzeit und Wartezeit bis zum Verlassen der Haltestelle	(FGSV 2005)
Haltezeit	Die Haltezeit beginnt mit dem Anhalteruck und endet mit dem Anfahrdruck. Sie setzt sich zusammen aus der Fahrgastwechselzeit und den fahrgastwechselunabhängigen Latenzzeiten.	(Weidmann 2008b)
Häufigkeit	Anzahl von Fahrten zum gleichen Ziel von einem bestimmten Punkt in einer angegebenen Zeit	(EN 13816)
Hauptverkehrszeit (HVZ)	Zeiten des Spitzenverkehrsaufkommens, mindestens 7 Prozent des Tagesverkehrs werden innerhalb von 60 Minuten bewältigt	(SBB 1998), (VDV 2001)
Indikator	Quantitativer Ausdruck eines Qualitätskriteriums als Ergebnis eines Messprozesses	(EN 15140)
Information	Systematisches Bereitstellen vom Wissen über ein ÖV-System, um die Planung und Durchführung von Reisen zu erleichtern.	(EN 13816)
Kapazität	Mass, in dem ein ÖPV-Fahrzeug alle Reisenden entsprechend deren Erwartungen aufnehmen kann, die zu einer bestimmten Zeit mitfahren wollen	(EN 13816)
Komfort	Leistungselemente, die eingeführt wurden, um Fahrten mit dem ÖPV erholsamer und angenehmer zu machen	(EN 13816)
Komfort-orientierte Leistungsfähigkeit	Die komfort-orientierte Leistungsfähigkeit reduziert die betriebliche Leistungsfähigkeit durch die Berücksichtigung von Komfortansprüchen der Fahrgäste, die je nach Verkehrszeit variieren können.	(Anderhub 2008)
Kunde	Person, die daran interessiert ist, ein persönliches Mobilitätsbedürfnis durch die Nutzung einer ÖPV-Dienstleistung zu befriedigen, und zwar vom Augenblick der Reiseplanung bis zum Erlöschen des Vertrags mit dem Leistungsanbieter.	(EN 13816)
Langsamverkehr (LV)	Velo- und Fussverkehr	
Leistungsanalyse	Bestimmung der Verkehrsqualität bei gegebener Verkehrsstärke und -anlage	(SN 640 017a)
Leistungsfähigkeit	Die grösste Anzahl Fahrzeuge, die einen bestimmten Punkt in einer bestimmten Zeit unter wohldefinierten Bedingungen überfahren kann.	(Potthoff 1970)
Leistungsfähigkeit	Die grösstmögliche Verkehrsstärke, von der erwartet werden kann, dass sie einen Abschnitt dieser Anlage innerhalb eines gegebenen Intervalls bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren werden kann	(SN 640 017a)
Leistungsfähigkeit im Mischverkehr	Die um die Einflüsse anderer Verkehrssysteme geminderte Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems für eine bestimmte Verkehrsanlage oder ein gesamtes Verkehrsnetz	(Anderhub 2008)
Linie	Fahrt eines ÖPV-Fahrzeugs zwischen vorab festgelegten Anfangs- und Endhaltestellen, einschliesslich aller planmässigen Zwischenhaltestellen.	(EN 13816)
Linie	Alle durchgehenden Fahrten von Kursen mit gleichem Anfangs- und Endpunkt, eingeschlossen einzelne Verstärkungs-, Früh- und Spätkurse auf Teilstrecken. Anfangs- und Endpunkte sind auch Knotenpunkte und Punkte, an denen sich die Erschliessungsfunktion ändert. Angebote mit unterschiedlicher Erschliessungsfunktion auf derselben Strecke gelten als eigene Linie.	(Wichser 2005)
Linienverkehr	ÖV-Angebot, das auf festen Linien, die gemäss publizierten Fahrplänen verkehren, aufbaut	
Messprozess	Reihe von Arbeitsschritten zur Bestimmung des Wertes eines gemessenen Qualitätskriteriums.	(EN 15140)
Mischverkehr	Vorhandensein verschiedener Verkehrsmittel auf der gleichen Strecke.	(Wichser 2005)
Mobilitätsbehinderung	Eigenschaft von Personen mit körperlicher oder geistiger Behinderung oder anderweitiger Belastung, die ihre Mobilität einschränkt	(EN 13816)
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	Verkehr mit Motorfahrzeugen, ausgenommen Busse des öffentlichen Verkehrs	(SN 640 064)

Begriff	Erklärung	Quelle
Multimodal	Fragen oder Aktivitäten, die mehr als einen Verkehrsträger betreffen, einschliesslich Verkehrsverbindungen, Auswahlmöglichkeiten, Zusammenarbeit und Koordinierung verschiedener Verkehrsträger	(EN 13816)
Multimodale Schnittstellen	Schnittstellen, an denen von einem Verkehrsmodus auf einen anderen Verkehrsmodus gewechselt wird (beispielsweise Haltestellen, Parkieranlagen)	(Scherer 2010)
Netz	Umfang und Ausdehnung der angebotenen ÖPV-Leistung im Hinblick auf Zeit, Geographie und Verkehrsträger	(EN 13816)
Nebenverkehrszeit (NVZ)	Zeiten zwischen und nach den Verkehrsspitzen an den Werktagen, Samstag während der Geschäftsöffnungszeiten, zwischen 3 und 7 Prozent der Tagesnachfrage werden innerhalb von 60 Minuten bewältigt	(SBB 1998), (VDV 2001)
nichtmotorisierter Individualverkehr	Velo- und Fussverkehr	
Öffentlicher Busverkehr	Konzessionierter Linienverkehr (fahrplan-, betriebs-, tarif- und beförderungspflichtig) in Bussen	(SN 640 064)
Öffentlicher Personenverkehr	Dienstleistungen, die allen Nutzern offen stehen, öffentlich bekannt gemacht werden, über feststehende Fahrzeiten oder -takte und Betriebszeiten verfügen, über feststehende Strecken und Haltestellen verfügen, durchgehend erbracht werden sowie öffentlich bekanntgegebene Fahrpreise aufweisen.	(EN 13816)
Priorisierung	Beeinflussung der LSA-Steuerung, so dass die Fahrzeuge des ÖPNV mit möglichst geringen Wartezeiten an den LSA passieren können.	(Hessen 2007b)
Pufferzeit	Zeitzuschlag zum Mindestfahrzeugfolgeabstand zur Kompensation von Folgeverspätungen im Fahrplanbetrieb.	(Wichser 2005)
Pünktlichkeit	Mass, inwieweit Fahrzeuge sich an die veröffentlichten Fahrpläne halten	(EN 13816)
Qualitätskriterium	Darstellung der Sicht des Kunden auf die erbrachte Dienstleistung	(EN 15140)
Randverkehrszeit (RVZ)	Zeiten nach Ende der NVZ bis Betriebsschluss, von Betriebsbeginn bis morgendliche HVZ, Sonnabend ausserhalb der Geschäftsöffnungszeiten, Sonn- und Feiertag, weniger als 3 Prozent des Tagesverkehrs innerhalb von 60 Minuten	(SBB 1998), (VDV 2001)
Regelmässigkeit	Mass, inwieweit Fahrzeuge sich an die veröffentlichten Fahrpläne halten	(EN 13816)
Reise	Gesamtreise eines Reisenden vom Ausgangspunkt zum Reiseziel einschliesslich aller Fahrten, Umsteigebehandlungen und Verspätungen	(EN 13816)
Reisegeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen Start- und Zielpunkt einschliesslich Anmarsch, Umsteigen, Warten etc.	(Wichser 2005)
Reisender	Kunde, der ein persönliches Mobilitätsbedürfnis durch die Nutzung des ÖPV befriedigt	(EN 13816)
Reisezeit	Zeit, die für die Durchführung einer Reise erforderlich ist	(EN 13816)
Reisezeit	Gesamte Reisezeit, also Summe aus Fahrzeit, Umsteigezeit, Anmarschzeit und Wartezeit.	(Wichser 2005)
Richtungsbandbetrieb	Mindestens am Start und Ziel werden auf der Hauptstrecke Fixpunkthaltestellen ausgeschildert; diese fährt ein Bus bei jeder Fahrt fahrplanmässig an - die ausgeschilderten Bedarfshaltestellen beiderseits der Linie werden nur bedient, wenn vorher ein Fahrtwunsch angemeldet wurde.	(Nickel 2010)
Rufbus	Angebot im ÖV, das ohne Fahrplan betrieben wird, sondern auf individuellen Zeitwunsch und in der Regel über Voranmeldung funktioniert. Beispiel dazu ist « Publi-Car ». In der Regel wird gegenüber liniengebundenen Busverkehren ein Zuschlag erhoben.	(VÖV 2010)
Sicherheit	Der vom Kunden erfahrene Eindruck persönlicher Sicherheit, entstanden einerseits aus den tatsächlich getroffenen Sicherheitsvorkehrungen und andererseits aus den Massnahmen, die dafür sorgen, dass die Kunden diese Sicherheitsvorkehrungen wahrnehmen.	(EN 13816)
Sitzplatzverfügbarkeit	Verhältnis der vorhandenen Sitzplätze zur Anzahl der zu einem Zeitpunkt anwesenden Fahrgäste	(FGSV 2005)
Stehfläche	Verbleibende Fläche nach Abzug der Flächen für Sitzplätze, Ein- und Ausstiegsszonen, Fahrerbereich und technische Einrichtungen	(FGSV 2005)

Begriff	Erklärung	Quelle
Stehflächenverfügbarkeit	Verhältnis der vorhandenen Stehfläche zur Anzahl der zu einem Zeitpunkt stehenden Fahrgäste	(FGSV 2005)
Strassenbedingungen	Geometrische Eigenschaften und die baulichen Ausprägungen eines Strassenabschnitts sowie Strassenzustands- und Witterungsverhältnisse	(SN 640 017a)
Systemleistungsfähigkeit	Die Systemleistungsfähigkeit ist die durch die Berücksichtigung anderer Linien eines Verkehrssystems reduzierte komfort-orientierte Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage oder eines gesamten Verkehrsnetzes.	(Anderhub 2008)
Theoretische Leistungsfähigkeit	Die theoretische Leistungsfähigkeit ist die allein aufgrund der Fahrdynamik und der sicherungstechnischen Ausrüstung einer Strecke dichteste Zugfolge, welche in der Praxis kaum erreicht werden kann.	(Bischofberger, 1997)
Umsteigen	Wechsel eines Reisenden von einem ÖPV-Fahrzeug in ein anderes, unabhängig vom Verkehrsträger	(EN 13816)
Verfügbarkeit	Umfang der angebotenen Dienstleistung im Hinblick auf geographisches Gebiet, Intervalle und Verkehrsmittel	(EN 13816)
Verfügbarkeit	Zeitraum, während welchem Fahrtmöglichkeiten angeboten werden	(Weidmann 2008a)
Verkehrsangebot	Die dem Verkehr zur Verfügung stehenden Flächen und Einrichtungen mit den zugehörigen Merkmalen für einen tatsächlich vorhandenen oder geplanten Zustand.	(SN 640 017a)
Verkehrsbedingungen	Zusammensetzung des Verkehrsstromes aus Fahrzeugen unterschiedlicher Art sowie die Aufteilung auf Verkehrsstreifen und Richtung des Verkehrsstroms	(SN 640 017a)
Verkehrsdichte	Verkehrsbelastung je Streckenabschnitt zu einem bestimmten Zeitpunkt	(SN 640 017a)
Verkehrsmittel	Technische Hilfsmittel für die Ortsveränderung von Personen und Gütern	(Hessen 2007a)
Verkehrsnachfrage	Jene Verkehrsstärke, welche eine Verkehrsanlage benutzt oder benutzen möchte.	(SN 640 017a)
Verkehrsqualität	Unter Verkehrsqualität wird der Grad der gegenseitigen Behinderungen der Verkehrsteilnehmer verstanden.	(SN 640 017a)
Verkehrsqualität	Die Qualität des Verkehrsablaufs ist die zusammenfassende Gütebeurteilung des Verkehrsflusses aus der Sicht der Verkehrsteilnehmer. Um diese zu messen, müssen geeignete Kriterien festgelegt und quantifiziert werden, die entweder die Bewegungsfreiheit der einzelnen Elemente in einem Verkehrsstrom oder deren Grad der Behinderung beschreiben.	(FGSV 2005)
Verkehrsqualität	Bei der Beurteilung der multimodalen Verkehrsqualität steht der Grad der Erfüllung der spezifischen Anforderungen dieser Verkehrsart im Vordergrund.	(Simon 2006)
Verkehrsqualität	Verkehrsqualität im Sinne einer Dienstleistung kann auch als Dienstleistungsqualität verstanden werden. Diese ist das Resultat aus der Beurteilung einer Reihe von Qualitätskriterien und geeigneter Massnahmen, für die der Dienstleistungsanbieter verantwortlich ist.	(EN 13816)
Verkehrsqualität	Die Verkehrsqualität ist die vom Verkehrsteilnehmer wahrgenommene und beurteilte Güte des Verkehrsablaufs.	(Scherer 2010)
Verkehrsqualitätsstufe	Eine bestimmte VQS wird durch einen (oberen) Wert des Masses der Verkehrsqualität definiert.	(SN 640 017a)
Verkehrsqualitätsstufe	Das Resultat der Beurteilung der Verkehrsqualität ist ein Zahlenwert, der auf eine festgelegte Skala angewendet werden kann. Die Abstufungen der Verkehrsqualität dienen dem vereinfachten Verständnis der Verkehrsqualität und als Dimensionierungsgrundlage.	(Scherer 2010)
Verkehrsstärke	Verkehrsbelastung (Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstroms) je Zeitintervall an einem Querschnitt einer Verkehrsanlage	(SN 640 017a)
Verkehrssystem	Gesamtheit von Fahrzeugen, Einrichtungen, Betrieb und Management	(EN 13816)
Weg	Jede Ortsveränderung mit einem Verkehrsmittel (→ Fahrt)	(Hessen 2007a)
Wendezeit	Die Wendezeit bezeichnet die Aufenthaltszeit eines Fahrzeugs an der Endhaltestelle. Sie bezeichnet damit den Zeitraum zwischen dem Abschluss der Hinfahrt und dem Beginn der Rückfahrt.	(Weidmann 2008b)

Begriff	Erklärung	Quelle
Zugänglichkeit	Zugang zum ÖPV-System einschliesslich Schnittstellen zu anderen Verkehrsmitteln des ÖPV	(EN 13816)
Zugangszeit	Zeit, die man benötigt, um vom Ausgangspunkt der Reise zum Eintrittspunkt ins ÖPV-Netz zu gelangen	(EN 13816)
Zuverlässigkeit	Mass, inwieweit der Kunde sicher sein kann, dass die Leistungen so erbracht werden, wie sie angekündigt / veröffentlicht sind	(EN 13816)

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AFAZ	Automatisches Fahrgastzählsystem
EN	Europäische Norm
FG	Fussgänger
Fz.	Fahrzeug
GPS	Global Positioning System
HBS	Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (FGSV 2005)
HCM	Highway Capacity Manual (TRB 2000)
Hrsg.	Herausgeber
HST	Haltestelle
HVZ	Hauptverkehrszeit
LF	Leistungsfähigkeit
LKW	Lastkraftwagen
LOS	Level of Service, deutsch: Verkehrsqualitätsstufen (→ VQS)
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Langsamverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NVZ	Nebenverkehrszeit
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P	Personen
PW	Personenwagen
RF	Radfahrer
RVZ	Randverkehrszeit
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SN	Schweizerische Norm
SVI	Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten
TCRP	Transit Cooperative Research Program (St Jacques 1997)
TCQSM	Transit Capacity and Quality of Service Manual (TRB 2003)
TRB	Transportation Research Board
VBG	Verkehrsbetriebe Glattal
VBZ	Verkehrsbetriebe Zürich
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VM	Verkehrsmittel
VQ	Verkehrsqualität
VQS	Verkehrsqualitätsstufen, englisch: Level of Service (→ LOS)
VS	Verkehrssystem
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
ZE	Zeiteinheit, beispielsweise eine Stunde, ein Tag
ZVV	Zürcher Verkehrsverbund

Literaturverzeichnis

-
- Anderhub 2008 Anderhub, G., R. Dorbritz, U. Weidmann (2008) Leistungsfähigkeitsbestimmung öffentlicher Verkehrssysteme, IVT-Schriftenreihe **139**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
-
- Bachmann 1943 Bachmann, E. (1943) Die Verkehrsleistung von Kreuzung und Kreiselpunkt, Landes-, Regional- und Ortsplanung, Beilage zu Strasse und Verkehr, **12**, 1/1943.
-
- Becker 2005 Becker, J. (2005) *Qualitätsbewertung und Gestaltung von Stationen des regionalen Verkehrs*, Schriftenreihe des Instituts für Verkehr, Fachgebiet Bahnsysteme und Bahntechnik, Heft **B5**, ISSN 1614 – 9300, Darmstadt 2005.
-
- Bendrien 2010 Bendrien, S. (2010) *Ergänzen, nicht ersetzen – Bürgerbusse im Angebot*, ÖPNV aktuell, Spezial 1/2010 – ÖPNV in der Fläche, 18 – 19.
-
- Bischofsberger 1997 Bischofsberger, N. (1997) Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen, IVT-Schriftenreihe **113**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
-
- Connect 2006 Connect-Consortium (2006) Future vehicle Requirements for flexible transport services, deliverable 13, Research report funded by the European Commission under the FP 6 programme, Brussels, 2006.
-
- Csikos 2008 Csikos, D. und C. Graham (2008) *Investigating Consistency of Transit passenger Arrivals*, Transportation Research Record, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., Nr. 2042, S.12-19,
-
- Dorbritz 2006 Dorbritz, R., M. Lüthi, U. Weidmann (2006) Betriebsstabilität bei Buslinien mit Fahrausweisverkauf durch Fahrer – Vorstudie, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
-
- EN 13816 Europäische Norm 13816 (2002) Transport – Logistik und Dienstleistungen – öffentlicher Personenverkehr – Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität
-
- EN 15140 Europäische Norm 15140 (2006) Öffentlicher Personennahverkehr – Grundlegende Anforderungen und Empfehlungen für Systeme zur Messung der erbrachten Dienstleistungsqualität.
-
- Fan 2009 Fan, W und R. Machemehl (2009) *Do Transit Users Just Wait for Buses or Wait with Strategies?*, Transportation Research Record, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., Nr. 2111, S.169-176,
-
- FGSV 2005 Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) (2005) Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, Fassung 2005
-
- Fu 2003 Fu, L. (2003) Analytical Model for Paratransit Capacity and Quality-of-Service Analysis, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 1841, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 81-89.
-
- Fu 2007 Fu, L., Y. Xin (2007) A New Performance Index for Evaluating Transit Quality of Service, Journal of Public Transportation, **10**, No.3, pp. 47-69.
-
- Grabe 1954 Grabe, W. (1954) Leistungsermittlung von nicht lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten des Strassenverkehrs, Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen, Neue Folge **1**, Bielefeld, 1954.
-
- Harders 1976 Harders, J. (1976) Grenz- und Folgezeitlücken als Grundlage für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Landstrassen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, **216**, Bonn, 1976.
-
- Hessen 2007a Hessische Strassen- und Verkehrsverwaltung (2007) Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, **53**, Ausgabe 1 – 2007, Hessisches Landesamt für Strassen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Wiesbaden.
-
- Hessen 2007b Hessische Strassen- und Verkehrsverwaltung (2007) Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, **53**, Ausgabe 2 – 2007, Hessisches Landesamt für Strassen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Wiesbaden.
-
- Hondius 2006 Hondius, H. (2006) Perspektiven der Grossraumbusse, Der Nahverkehr, 3/2006, Seite 25ff.
-
- ITP (2006) ITP Intraplan Consult GmbH, VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH (2006): Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2006, München, Stuttgart
-
- Klementschitz, 2006 Klementschitz, R. (2006) Ansprüche an Fahrzeuge für flexible Bedienungsformen im öffentlichen Verkehr, Verkehr und Technik, 2006, **8**, 296 – 299.
-
- Köhler 1991 Köhler, U. (1991) Capacity of Transit Lanes, in: Brannolte, U. (Hrsg.) Highway Capacity and

	Level of Service, Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity, Karlsruhe, S.203-210, Balkema, Rotterdam
Köhler 1998	Köhler, U., S. Strauss, S. Wichmann (1998) Auswirkungen von Haltestellen auf Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität innerstädtischer Hauptverkehrsstrassen, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Verkehrstechnik 57 , 1998.
Köhler 2005	Köhler, U. (2005) Umdruck zur Vorlesung Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Skript zur Vorlesung, Institut für Verkehrswesen, Gruppe Verkehrssysteme und -planung, Universität Kassel, Kassel.
Köhler 2009	Köhler, U., T. Bertocchi (2009) Planung und Betrieb verschiedener Betriebsformen im ÖPNV, Schriftenreihe direkt „Urbane Mobilität“, Heft 65, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 225 – 244.
Lapp 2010	Lapp, U. (2010) Busverkehrssystem – Hochwertige Haltestellen unverzichtbar, Bus & Bahn, 3/2010, 14 – 15.
Litra 2007	Litra (2007) Verkehrs-Informationen, Nachrichten, Berichte, Tendenzen und Kommentare über den öffentlichen Verkehr, 3 , Litra – Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr, 22.03.2007, 1-4.
Litra 2007b	Litra (2007), Bereits 262 Bedarfsangebote, Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr, http://www.litra.ch/Bereits_262_Bedarfsangebote.html
Lüthi 2007	Lüthi, M., U. Weidmann, A. Nash (2007) <i>Passenger Arrival Rates at Public Transport Stations</i> , 86th Transportation Research Board Annual Meeting 2007, Washington D.C., USA.
McLeod 2000	McLeod, D.S. (2000) Multimodal Arterial Level of Service, Transportation Research Circular, E-C018, Fourth International Symposium on Highway Capacity Proceedings, S. 221 – 233, TRB, National Research Council, Washington D.C., USA.
Möller 2010	Möller, A. (2010) <i>Bus per Anruf oder Knopfdruck</i> , ÖPNV aktuell, Spezial 1/2010 – ÖPNV in der Fläche, 20 – 21.
Nickel 2010	Nickel, B. E. (2010) Nicht nur Bahnen und Linienbus, Der Nahverkehr, 4/2010, 56 – 61.
O'Flaherty 1970	O'Flaherty, C.A. und D.O. Mangan (1970) <i>Bus Passenger Waiting Times in Greater Manchester</i> , Traffic Engineering and Control, Ausgabe 11, Nr.9, S. 419-421
OECD 1974	OECD (1974) Capacity of at-grade junctions, Report prepared by an OECD Road Research Group. Paris, 1974.
Pitzinger 1982	Pitzinger, P. (1982) Konflikte mit Vortritt: Leistung, Stau, Wartezeit, Strassenverkehrstechnik, 5 / 1982, 158 – 161.
Potthoff 1970	Potthoff, G. (1957) Verkehrsströmungslehre, Band 1: Die Zugfolge auf Strecken und in Bahnhöfen, 2., überarbeitete Auflage, Berlin, 1970.
Postauto 2010	Publicar-Webpräsenz, http://www.postauto.ch/pag-startseite/pag-taeglich-unterwegs/pag-fahrplan-und-linienverkehr/pag-publicar-angebot.htm , Abgerufen am 21.05.2010
R, 2011	The R Project for Statistical Computing, http://www.r-project.org/ , Abgerufen am 16.08.2011
Rapp 1954	Rapp, H.J. (1954) Die Leistungsfähigkeit von ungesteuerten Verkehrsknotenpunkten, Mitteilungen aus dem Institut für Strassenbau der ETH Zürich 5 , ETH Zürich, Zürich.
Rennspiess 2010	Rennspiess, U. (2010) <i>Differenziertes Bild bei differenzierter Bedienung</i> , ÖPNV aktuell, Spezial 1/2010 – ÖPNV in der Fläche, 13 – 15.
SBB 1998	Schweizerische Bundesbahnen SBB (1998) Weisung über den Rollmaterialeinsatz im regionalen Personenverkehr, Weisung SBB – PV/TZ 1/1998.
Scherer 2010	Scherer, M., P. Spacek, U. Weidmann (2010) Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr – Vorstudie, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Forschungsauftrag SVI 2007/005, Februar 2010.
Schüller 2007	Schüller, H., K.-H. Schäfer (2007) Sicherheitspotenziale von unterschiedlichen Haltestellenformen in Stadtstrassen, Strassenverkehrstechnik, Heft 9+10/2007.
Schwanhäuser 1987	Schwanhäuser, W. (1987) Qualitätsmassstäbe für Leistungsuntersuchungen bei Bahnanlagen, in Schwanhäuser, W., P. Wolf (Hrsg.): Leistungsfähigkeit und Bemessung von Bahnanlagen, Beiträge zum Eisenbahn-betriebswissenschaftlichen Kolloquium, 23. – 25.07 1986, Aachen, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen, Aachen.
Shioda 2008	Shioda, R, M. Shea, L. Fu (2008) Performance Metrics and Data Mining for Assessing Schedule Qualities in Paratransit, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 2072, Transportation Research Board of the National Academies, , Washington, D.C., pp. 139-147
Schofer 2003	Schofer, J.L., B.L. Nelson, R. Eash, Y. Yang, H. Wan, J. Yan (2003) TCRP Report 98 : Resource Requirements for Demand-Responsive Transportation Services, Transportation Re-

	search Board of the National Academies, , Washington, D.C.
Simon 2006	Simon, M. (2006) Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts, SVI 2003/003.
SN 640 017a	VSS (1999) SN 640 017a – Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Grundlagen-norm, VSS, Zürich.
SN 640 020a	VSS (2010) SN 640 020a – Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung, VSS, Zürich.
SN 640 064	VSS (2000) SN 640 064 – Führung des leichten Zweiradverkehrs auf Strassen mit öffentlichem Verkehr, VSS, Zürich.
SN 641 145	VSS (1973) SN 641 145 -
Steierwald 1961	Steierwald, G. (1961) Die Leistungsfähigkeit von Knotenpunkten des Strassenverkehrs, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 11, Bonn, 1961.
Steinwede 2010	Steinwede, F. (2010) Busverkehrssystem – Kommt der Bus voran, oder bleibt er auf der Strecke?, Bus & Bahn, 4/2010, 2010.
St. Jacques 1997	St. Jacques, K., H. Levinson, TCRP Report 26: Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials, TRB, National Academic Press, Washington, DC, USA.
TRB 1991	Transportation Research Board TRB (1991) Interim Materials on Unsignalized Intersection Capacity, Transportation Research Circular, 373, 1991.
TRB 2000	Transportation Research Board TRB (2000) Highway Capacity Manual
TRB 2003	Transportation Research Board TRB (2003) Transit Capacity and Quality of Service Manual
TRB 2008	Transportation Research Board TRB (2008) Multimodal Level of Service, Analysis for Urban Streets, NCHRP Report, 616, Washington D.C., USA.
TRB 2010	Transportation Research Board TRB (2010) Highway Capacity Manual, 2010 Edition
VBZ 2011a	Verkehrsbetriebe Zürich VBZ, Übersicht über die Fahrzeuge, http://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/die_vbz/fahrzeuge.html (Zugriff 12.10.2011)
VBZ 2011b	Verkehrsbetriebe Zürich VBZ, Aussenwerbung Tram, Fahrzeugpläne, http://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/produkte_dienstleistungen/vbz_traffic_media/tram_dachwerbung1.html
VDV 2001	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen VDV (2001) Verkehrserschliessung und Verkehrsangebot im ÖPNV, VDV-Schriften 4, 6/2001, Köln.
VÖV 2010	ÖV-Glossar: Definitionen, http://www.voev.ch/oV-Glossar.html (19.05.2010)
Walter 1973	Walter, K. (1973) Nachfrageorientierte Bewertung der Streckenführung im öffentlichen Personennahverkehr, Dissertation, TH Aachen, Westdeutscher Verlag, Opladen 1973
Wagner 2007	Wagner, P.-J. (2007) Alternative Bedienung sichert den ÖPNV in ländlichen Räumen Brandenburgs, Verkehr und Technik 2007, 6, 221 – 223.
Wagner 2010	Wagner, P.-J. (2010) <i>Bestellt und abgeholt – alternative öffentliche Mobilität</i> , ÖPNV aktuell, Spezial 1/2010 – ÖPNV in der Fläche, 22 – 24.
Wehner 1939	Wehner, B. (1939) Die Leistungsfähigkeit von Strassen, Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen, Volk und Reich, Berlin, 1939.
Weidmann, 1994	Weidmann, U. (1994) <i>Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Verkehr</i> , Dissertation ETH Zürich Nr. 10630, Zürich
Weidmann, 1995	Weidmann, U. (1995) <i>Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit</i> , Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) Nr. 106, ETH Zürich, Zürich
Weidmann 2006	Weidmann, U., M. Lüthi (2006) Die Fahrplanabhängigkeit der Fahrgastankunft an Haltestellen, in DER NAHVERKEHR, 12/2006, S. 16-19
Weidmann 2008a	Weidmann, U. (2008) <i>System- und Netzplanung – Band 1.1</i> , Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
Weidmann 2008b	Weidmann, U. (2008) <i>Systemdimensionierung und Kapazität – Band 2.1</i> , Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
Wichser 2005	Wichser, J., H. Schneebeil, S. Bollinger (2005) <i>Fachbegriffe des öffentlichen Verkehrs</i> , IVT-Schriftenreihe 130, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
Zündorf 2011	Zündorf, D. (2011) <i>Einsatz von Bedarfsverkehrssystemen in der Schweiz</i> , Projektarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 20.03.2013

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2007/305
 Projekttitel: Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV
 Enddatum: 31.03.2013

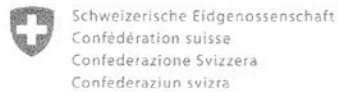
Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Für die Erarbeitung der Grundlagen zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit und zur Erstellung eines Normierungsentwurfes waren die bestehenden Kenntnisse zusammenzustellen und die relevanten Indikatoren zu identifizieren. Darauf aufbauend wurden ein Konzept für die Qualitätsmessung und schliesslich eine Norm für die Beurteilung und Bemessung der Verkehrsqualität entwickelt.

Da die Verkehrsqualität im öffentlichen Verkehr, anders als im Individualverkehr, nicht eindimensional in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit entsteht, sind für eine Beurteilung weitere Kriterien, auch solche, die nicht unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit einwirken, einzubeziehen. Es wurden für Linien- und Bedarfsverkehre jeweils diese für eine Qualitätsmessung relevanten Kriterien identifiziert und Empfehlungen für die Beurteilung und Einteilung in Verkehrsqualitätsstufen (VQS) erstellt. Weiter wurde ein systematisches Verfahren für das Zusammenführen von VQS verschiedener Indikatoren zu einer Gesamtverkehrsqualität entwickelt.

Mit dieser Arbeit steht ein Ansatz für eine einheitliche Beurteilung der erbrachten Qualität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr zur Verfügung. Dieser ist sowohl mit der europäischen Norm EN 13816 kompatibel als auch so angelegt, dass er als Baustein für eine multimodale Qualitäts- und Leistungs-fähigkeitsbeurteilung des strassengebundenen Verkehrs in der Schweiz verwendet werden kann.



Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Ziel war die Entwicklung eines Verfahrens, mittels dessen die im schweizerischen strassengebundenen ÖV erreichte Qualität gemessen werden kann. Weiter war aufgrund dieses Beurteilungskonzeptes ein Normentwurf zu erstellen, der Empfehlungen für Bemessungsaufgaben enthält. Diese Ziele wurden mit der vorliegenden Arbeit erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Ergebnisse dieser Arbeit und insbesondere der Normentwurf können für eine einheitliche Beurteilung von öffentlichen Verkehrsangeboten in der Schweiz verwendet werden. Weiter liefern die Ergebnisse wichtige Beiträge für die Entwicklung von verkehrsmittelübergreifenden Beurteilungsverfahren.

Der Normentwurf an sich kann in ein Vernehmlassungsverfahren übernommen werden, um wichtige Rückmeldungen zu erhalten und damit am Ende eine einheitliche und anerkannte Methodik für die Qualitätsmessung zu entwickeln.

Publikationen:

Weidmann, U., H. Orth, R. Dorbritz, N. Carrasco, M. Schwertner (2013) Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV, Schlussbericht VSS 2007/305, Schriftenreihe, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Weidmann, Prof. Vorname: Ulrich

Amt, Firma, Institut: Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Ziel, eine Methodik für eine ganzheitliche Qualitätsmessung im strassengebundenen öffentlichen Verkehr zu erstellen, wurde erreicht. Im Laufe der Arbeit hat sich gezeigt, dass eine Bewertung von Einflussgrössen ausgehend dem Ziel der Qualitätsbeurteilung nicht angemessen gerecht werden kann. Daher wird in dem vorgeschlagenen Verfahren die schliesslich realisierte Qualität gemessen. Dieses Verfahren ist aufgrund der Auswahl der Indikatoren gut anwendbar und liefert bei angemessenem Erhebungsaufwand Erkenntnisse zur Verkehrsqualität im ÖV.

Umsetzung:

Für die Umsetzung und Anwendung des Beurteilungskonzeptes und der entwickelten Norm sind Fachkenntnisse in Planung und Betrieb von Angeboten des öffentlichen Verkehrs nötig. Mit diesem Hintergrund ausgestattet, kann der Anwender eine Qualitätsbeurteilung für einzelne Angebotsteile, oder auch gesamte Netze durchführen. Weiter erlaubt diese Methodik nationale Qualitätsvergleiche und somit die Identifikation von Best-Practice Fällen.

weitergehender Forschungsbedarf:

Es wird auf das entsprechende Kapitel im Schlussbericht verwiesen.

Einfluss auf Normenwerk:

Es wurden Grundlagen für eine schweizerische Norm gelegt, die eine Beurteilung die Betriebsqualität im ÖV erlaubt. Weiter ist dieser Normentwurf mit der EN13816 kompatibel und stellt einen ersten Schritt hin zu einer multimodalen Qualitätsmessung im strassengebundenen Verkehr dar.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Koy Vorname: Thorsten

Amt, Firma, Institut: Rapp Trans AG, Güterstrasse 137, 4018 Basel

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Stand: 31.10.2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labor-massstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeughaltensysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrropsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisell	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeurückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauphosphat in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlag-schutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009