



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Grundlagen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

Bases pour spécifier le trafic déterminant

Fundamentals for determining the decisive traffic volume

Roland Müller Küsnacht AG
Simon Vogt
Alex Stahel
Conrad Naef
Robert Klemm

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich
Kay W. Axhausen
Sergio Guidon
Georgios Sarlas

**Forschungsprojekt VSS 2017/121 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Juli 2021

1705

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)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Grundlagen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

Bases pour spécifier le trafic déterminant

Fundamentals for determining the decisive traffic volume

Roland Müller Küsnacht AG
Simon Vogt
Alex Stahel
Conrad Naef
Robert Klemm

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich
Kay W. Axhausen
Sergio Guidon
Georgios Sarlas

**Forschungsprojekt VSS 2017/121 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Juli 2021

1705

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Simon Vogt, Roland Müller Küsnacht AG

Mitglieder

Alex Stahel, Roland Müller Küsnacht AG
Conrad Naef, Roland Müller Küsnacht AG
Robert Klemm, Roland Müller Küsnacht AG
Kay W. Axhausen, ETH Zürich
Sergio Guidon, ETH Zürich
Georgios Sarlas, ETH Zürich

Federführende Fachkommission

Fachkommission 1: Verkehr

Begleitkommission

Präsident

Jost Lüking (R+R Burger und Partner)

Mitglieder

Frank Bruns (Ernst Basler + Partner AG)
Dieter Egger (Rapp Trans AG)
Christian Ferres (Stadt Luzern, Tiefbauamt)
Nikolaus Hilty (Bundesamt für Umwelt)
Christoph Lieb (Ecoplan AG)
Michael Neumeister (Stadt Zürich, Tiefbauamt)
Marco Richner (Gruner AG)
Julian Fleury (Transitec)
Doreen Heinzmann (Bundesamt für Strassen, Netzplanung)
Dr. Raimond Wüst (ZHAW School of Engineering)

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage und Zielsetzung	13
1.2 Vorgehen	14
2 Auslegeordnung	15
2.1 Ausgangslage und Herausforderungen	15
2.2 Stand der Ausführungspraxis und der Forschung	22
2.2.1 Bemessung von Strassen: Grundlagen	22
2.2.2 Massgebender Verkehr	23
2.2.3 Erweiterungen des klassischen Ansatzes	23
2.2.4 Kapazität als stochastisches Konzept	24
2.2.5 Multimodales Konzept der Bemessung	24
2.2.6 Bemessung von Knoten	25
3 Entwurf der Methodik	27
3.1 Herleitung Methodik Bestimmung Verkehrsnachfrage	30
3.1.1 Bestimmung Spitzenstunde anhand DTV und Dauerkurve	31
3.1.2 Bestimmung durchschnittliche Spitzenstunde	32
3.1.3 Zukünftige Nachfrage	33
3.2 Herleitung Methodik Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit MIV und ÖV	34
3.2.1 Vereinfachte Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit	34
3.2.2 Detaillierte Abschätzung	38
4 Wirkungsanalyse	39
4.1 Fallbeispiele	39
4.1.1 Fallbeispiel 1: Winterthur, Zürcherstrasse	39
4.1.2 Fallbeispiel 2: Rheinfelden, Autobahnanschluss	44
4.2 Modellszenarien	50
4.2.1 Vorgehen und Aufbau Modellszenarien	50
4.2.2 Ergebnisse Modellszenarien	52
4.2.3 Fazit	60
5 Synthese	61
5.1 Entwurf Schweizer Guideline und Praxistest	61
5.2 Schlussfolgerungen	61
5.3 Weiterer Forschungsbedarf	62
Anhänge	63
Literaturverzeichnis	89
Projektabschluss	91

Zusammenfassung

Der Festlegung des massgebenden Verkehrs kommt in der Verkehrsplanung eine grosse Bedeutung zu. Die Höhe des massgebenden Verkehrs hat einen entscheidenden Einfluss auf die Dimensionierung und Gestaltung der Verkehrsanlage und infolgedessen auch auf das zukünftige Verkehrsgeschehen, das sich im Betrieb der Anlage einstellen wird.

Bisher wird Planenden mit der Norm VSS 40 016a eine Hilfestellung zur Ermittlung des massgebenden Verkehrs angeboten. Der massgebende stündliche Verkehr wird aus dem durchschnittlichen täglichen Verkehr und der Zuordnung zu einem Ganglinientypen bestimmt, wobei auf eine nicht mehr gültige Ausgabe der entsprechenden Norm (VSS 40 005a) verwiesen wird. Aus der Verteilung der Stundenbelastungen über das ganze Jahr (Dauerkurven) werden pro Ganglinientyp Richtwerte für den massgebenden stündlichen Verkehr in Prozent des DTV angegeben, die auf dem Bereich der 30. und 100. Stunde der Dauerkurven beruhen.

Die angegebenen Ganglinientypen basieren jedoch auf einer alten Erhebung der Ganglinien, grösstenteils auf Nationalstrassen, aus dem Jahre 1990 und stimmen mit aktuellen Ganglinien nicht mehr überein. Zudem orientiert sich das Verfahren an einer bestimmten Verkehrsnachfrage und bezieht die Netzwirkung von Angebotsausbauten nicht ein. Die Abwägung zwischen einer nachfrage- und angebotsorientierten Planung sowie die Beurteilung der Belastbarkeit werden nicht berücksichtigt.

Daher bestand das Ziel dieser Forschungsarbeit darin, einen Entwurf einer prozessorientierten Schweizer Guideline (SNG) zu erarbeiten, welcher die Grundlagen und Handlungsanweisungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs enthält und dies auf Basis aktueller Erkenntnisse tut. Diese neue Schweizer Guideline soll die bestehende Norm zum massgebenden Verkehr (VSS 40 016a) ersetzen.

In einem ersten Schritt wurde eine Auslegeordnung vorgenommen. Dabei lag der Fokus auf einer vertieften und breit abgestützten Kenntnis über die Problemstellungen und Bedürfnisse der Anwendenden in der Planungspraxis. Zu diesem Zwecke wurde eine Befragung durchgeführt. Deren Auswertung zeigt, dass die bestehende Norm nur noch selten zur Anwendung kommt und dass bereits heute auch angebotsorientiert geplant wird, obwohl die bisherige Norm dazu keinerlei Aussagen enthält. Ergänzend zu der Befragung wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, welche Forschungsberichte, schweizerische und internationale Standards und Normen umfasst.

Aufbauend auf die Auslegeordnung wurde eine Methodik zur Festlegung des massgebenden Verkehrs entworfen. Folgende Anforderungen an die neue Methodik wurden dabei formuliert:

- Einfache Anwendbarkeit
- Berücksichtigung verbesserter Datenverfügbarkeit
- Einbezug der Belastbarkeiten
- Berücksichtigung aller Verkehrsmittel

Die entworfene Methodik umfasst die in Abb. 1 ersichtlichen vier Schritte.



Abb. 1 Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

In einem ersten Schritt werden die Ausgangslage und Ziele analysiert. Schritt 2 sieht die Bestimmung der Verkehrsnachfrage der einzelnen Verkehrsmittel anhand der verfügbaren Grundlagen vor. Für den MIV und den ÖV wird in Schritt 3 zusätzlich die umfeldbedingte Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit (z.B. Trennwirkung von schnellen E-Bikes) bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da diese vergleichsweise gering ist. In Schritt 4 wird der massgebende Verkehr festgelegt. Beim MIV und ÖV erfolgt dies unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeit.

Der massgebende Verkehr dient anschliessend als Grundlage für den Entwurf bzw. die Beurteilung einer Verkehrsanlage. Da die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit wiederum abhängig vom Entwurf sind, gibt es eine Rückkoppelung. So kann die Belastbarkeit beispielsweise durch die Gestaltung und das Geschwindigkeitsregime verändert werden. Je nach Dimensionierung bzw. Entwurf sind die beschriebenen Schritte somit erneut durchzuführen.

Die Methodik wurde anhand von Modellszenarien und Fallbeispielen überprüft. Anschliessend wurde die Methodik in Form einer Schweizer Guideline dokumentiert. Wichtig waren hierfür eine klare Begriffsdefinition und das Aufzeigen des Zusammenspiels zwischen den Begriffen. Die Praxistauglichkeit wurde anschliessend erprobt, indem der Entwurf der Schweizer Guideline von Entscheidungsträgern und Planenden aus der Praxis geprüft wurde.

Der Entwurf des Leitfadens ist in Anhang I aufgeführt. Damit steht den Planenden künftig eine übersichtliche Hilfestellung zur Verfügung, welche bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs eingesetzt werden kann.

Résumé

Dans la planification des transports, le calcul du trafic déterminant est indispensable. Il a une influence cruciale sur le dimensionnement et la conception des infrastructures de transport et, par conséquent, sur la circulation lors de leur exploitation future.

Jusqu'à présent, ce qui aide les planificateurs à calculer le trafic déterminant, c'est la norme VSS 40 016a. Le trafic horaire déterminant est calculé à partir du trafic journalier moyen et de l'affectation à un type de courbe de variation, la référence étant faite à une édition de la norme correspondante (VSS 40 005a) qui n'est plus valable. A partir de la distribution des charges horaires sur toute l'année (courbes permanentes), des valeurs de référence du trafic horaire déterminant, qui se situent entre la 30e et la 100e heure des courbes permanentes, sont calculées pour chaque type de courbe de variation en pourcentage du trafic quotidien moyen.

Toutefois, les types de courbes de variation indiqués sont basés sur d'anciens comptages de trafic, effectués principalement le long des routes nationales, qui remontent à 1990 et ne concordent pas avec les courbes de variation actuelles. En outre, la procédure repose sur une demande de trafic spécifique et ignore l'effet de réseau des extensions éventuelles des infrastructures. Elle ne tient pas compte du rapport entre la planification axée sur l'offre et celle basée sur la demande ni n'évalue les charges compatibles.

L'objectif de cette étude était donc d'élaborer un projet de directive suisse axée sur les processus (SNG), qui contiendrait les bases et les instructions pour calculer le trafic déterminant, et ce en se fondant sur les connaissances les plus récentes. Cette nouvelle directive suisse doit remplacer la norme existante sur le trafic déterminant (VSS 40 016a).

Tout d'abord, une analyse préliminaire de ce qui est connu a été compilé. Son principal accent a été mis sur la connaissance approfondie et étendue des problèmes et des besoins des utilisateurs dans la pratique de la planification. A cette fin, une enquête a été menée. Son évaluation montre que la norme existante n'est appliquée que rarement et qu'une planification orientée vers l'offre est déjà réalisée aujourd'hui, bien que la norme existante n'en fasse pas mention. En plus de l'enquête, une revue de la littérature a été réalisée, comprenant des rapports de recherche, des normes et des standards suisses et internationaux.

A partir de l'analyse préliminaire, une méthodologie pour calculer le trafic déterminant a été élaborée. Les exigences suivantes ont été formulées pour la nouvelle méthodologie :

- Facilité d'utilisation
- Prise en compte de l'amélioration de la disponibilité des données
- Inclusion des charges compatibles
- Prise en compte de tous les moyens de transport

La méthodologie se compose de quatre étapes, comme indiqué à la Fig. 2.

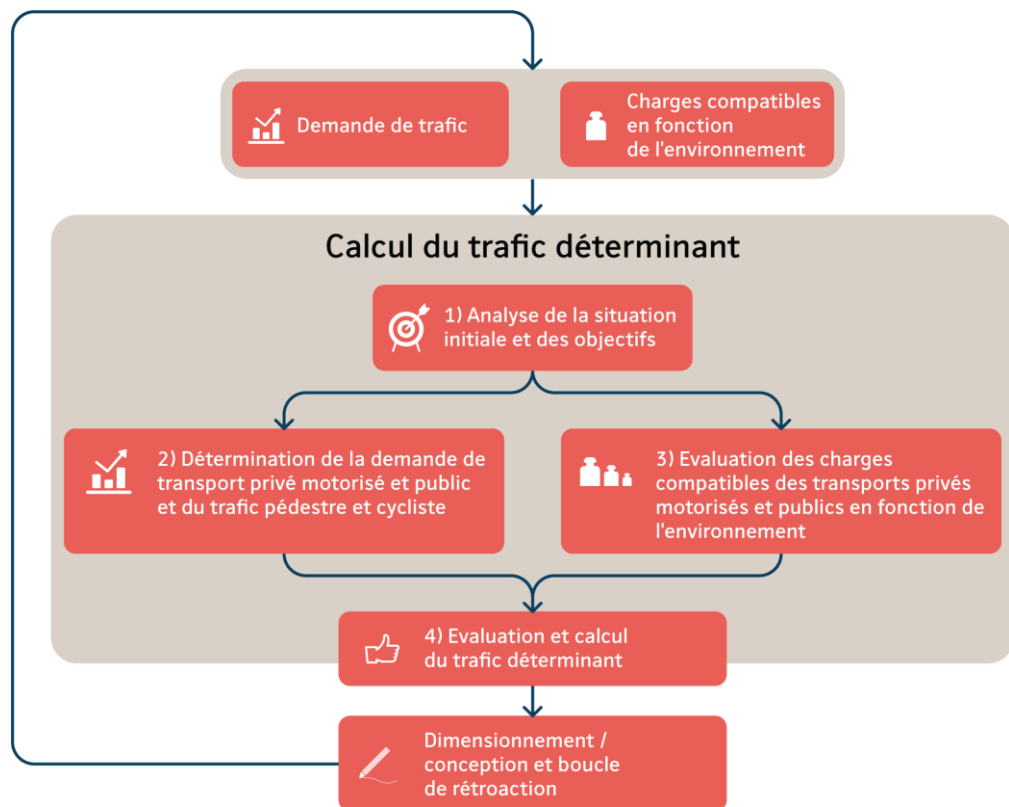


Fig. 2 Procédure pour le calcul du trafic déterminant

Dans un premier temps, la situation initiale et les objectifs sont analysés. La deuxième étape consiste à déterminer la demande des différents moyens de transport sur la base des données disponibles. À la troisième étape, on estime les charges compatibles de la rue en fonction de l'environnement pour les transports privés motorisés et publics, car elles sont largement affectées par ces moyens de transport (par exemple, les émissions atmosphériques et sonores, les effets de séparation). Pour les piétons et les cyclistes, les charges compatibles en fonction de l'environnement (par exemple, les effets de séparation des vélos électriques rapides) sont ignorées lors de l'évaluation du trafic déterminant, car elles sont relativement faibles. La quatrième étape consiste à calculer le volume déterminant. Pour les transports privés motorisés et publics, cela se fait en tenant compte des charges compatibles en fonction de l'environnement.

Le trafic déterminant ne sert que de base pour le développement ou l'évaluation d'une infrastructure de transport. Comme la demande de transport et les charges compatibles en fonction de l'environnement dépendent à leur tour de la conception, il existe une boucle de rétroaction. Par exemple, les charges compatibles peuvent être modifiées par la conception et le régime de vitesse. Ainsi, en fonction du dimensionnement et de la conception, les étapes décrites doivent être répétées.

La méthodologie a été vérifiée à l'aide de scénarios modèles et d'études de cas. Par la suite, elle a été documentée sous la forme d'une directive suisse. À cette fin, il était important de définir clairement les concepts et de montrer comment ils sont liés les uns aux autres. Ensuite, l'applicabilité de la directive suisse a été testée par des décideurs et des planificateurs dans la pratique.

Le projet de directive figure à l'annexe 1. Ainsi, les planificateurs disposeront à l'avenir d'un guide clair pour calculer le trafic déterminant.

Summary

In transport planning, it is crucial to determine decisive traffic volume as it has a critical influence on the dimensioning and design of transport facilities and, consequently, also on the traffic flow during their future operation.

So far it is the VSS 40 016a standard which helps planners to calculate decisive traffic volume. Decisive hourly traffic volume is determined based on average daily traffic volume and the assigned type of traffic variation pattern, with reference being made to an obsolete version of the relevant standard (VSS 40 005a). Based on the distribution of the entire year's hourly traffic counts (permanent curves), reference values of decisive hourly traffic volume, which lie between the 30th and 100th hour of permanent curves, are calculated as a percentage of average daily traffic volume for each type of traffic variation pattern.

The specified types of traffic variation patterns, however, are based on old traffic counts, taken mainly along national roads, which date back to 1990 and do not match today's traffic variation patterns. In addition, the process is defined by how much transport is needed in a specific case and ignores the network effect of any facility expansions. It neither differentiates between demand and supply based planning nor assesses carrying capacity.

Hence, the purpose of this study was to draft a process oriented Swiss Guideline (SNG), which includes guidelines and instructions for the determination of decisive traffic volume, and this based on the latest insights. This new Swiss Guideline should replace the existing standard on decisive traffic volume (VSS 40 016a).

First, an overview of what is known was compiled. Its main focus was on the in-depth and broadly-based knowledge of problems and user needs in planning practice. For this purpose, a survey was conducted. Its evaluation shows that the existing standard is only applied infrequently and already now planning is also based on available facilities, although the existing standard contains no mention of this. In addition to the survey, a review of the literature, consisting of research reports as well as Swiss and international standards and norms, was performed.

The compilation of the overview was followed by developing a methodology to calculate decisive traffic volume. The following requirements for the new methodology were formulated:

- Ease of use
- Consideration of improved data availability
- Inclusion of carrying capacities
- Consideration of all means of transport

The methodology comprises four steps as set out in *Fig 3*.

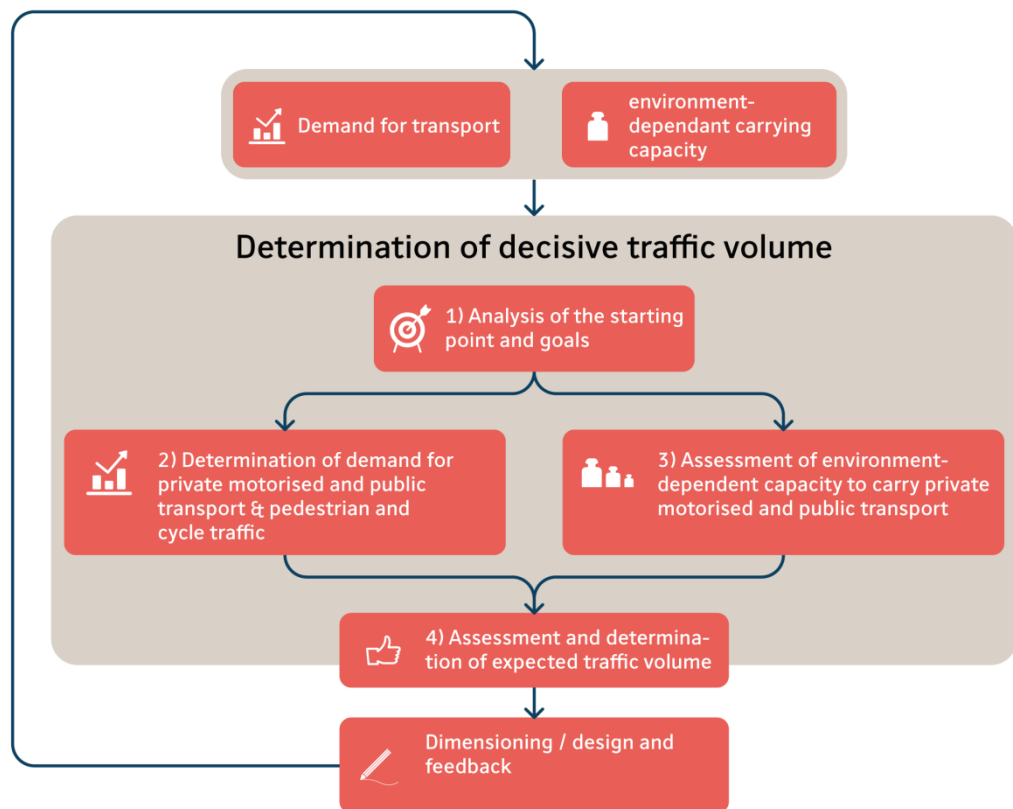


Fig 3 Process for the determination of decisive traffic volume

In the first step, analysis of the starting point and goals is performed. Step 2 involves the determination of how high in demand each means of transport is based on essential data available. In step 3, the environment-dependant carrying capacity of the street is estimated for private motorised and public transport, as it is largely affected by these means of transport (e.g., air and noise emissions, separation effects). For pedestrian and cycle traffic, environment-dependant carrying capacity (e.g., separation effects of fast e-bikes) is ignored when assessing traffic volume as it is relatively low. In step 4, decisive traffic volume is determined. For private motorised and public transport, this is done while taking into account environment-dependant carrying capacity.

Decisive traffic volume serves only as a basis for the development or evaluation of a transport facility. As demand for transport and environment-dependant carrying capacity, in turn, depends on design, there is some feedback. For instance, carrying capacities can be changed through layout and speed limits. Thus, depending on dimensions and design, the said steps have to be repeated.

The methodology was verified using model scenarios and case studies. Subsequently, it was documented in the form of a Swiss Guideline. For this purpose, it was important to clearly define concepts and demonstrate how they are interlinked with each other. Next, the applicability of the Swiss Guideline was tried out by having it practically tested by actual decision makers and planners.

Appendix 1 shows a draft of the Guideline, which in the future will provide planners with a concise reference guide helping them determine decisive traffic volume.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Für den Entwurf und die Dimensionierung von Verkehrsanlagen kommt der Festlegung des massgebenden Verkehrs hohe Bedeutung zu. Dessen Höhe hat entscheidenden Einfluss auf die Dimensionierung und Gestaltung der Verkehrsanlage und infolgedessen auch auf das zukünftige Verkehrsgeschehen, das sich im Betrieb der Anlage einstellen wird.

Die Festlegung des massgebenden Verkehrs ist durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren geprägt. Das Verkehrsaufkommen auf einer Strecke oder an einem Knoten variiert im Verlauf einer Stunde, eines Tages, einer Woche und eines Jahres stark. Je nach Lage sowie Nachfragestrukturen des Netzes verlaufen die Jahres-, Wochen- und Tagesganglinien unterschiedlich. Zudem müssen Verkehrsinfrastrukturen auch langfristig unter veränderten Rahmenbedingungen (insbesondere der Verkehrsnachfrage) ihre Anforderungen erfüllen. Deshalb ist es notwendig, Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrsnachfrage anzustellen, was aber mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist. Es gilt, die Kosten der später möglicherweise notwendigen Erweiterung der Anlage gegen die Vorteile, aber auch Vorhaltekosten und Externalitäten einer zuerst überdimensionierten Anlage abzuwägen.

Dabei besteht die Herausforderung, dass Angebot und Nachfrage sich gegenseitig beeinflussen. Die zukünftige Verkehrsnachfrage ist abhängig von Dimensionierung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur heute und umgekehrt. Die Verkehrsmengen sind somit kein fixes Entwurfs-element, das aufgrund von aktuellen Messungen eindeutig zu bestimmen ist. Vielmehr muss die Festlegung des massgebenden Verkehrs aufgrund planerischer Überlegungen erfolgen. Neben den rein verkehrlichen Aspekten (Kapazitäten, Verkehrsqualität, Auswirkungen im Netz etc.) sind auch die raumplanerischen und ökonomischen Auswirkungen der Dimensionierung zu beachten.

Von Bedeutung ist zudem, dass bei der Dimensionierung alle Verkehrsteilnehmenden berücksichtigt werden. So sind neben den Anforderungen des MIV, ÖV und des Schwerverkehrs auch jene des Fuss- und Veloverkehrs zu erfüllen, wobei insbesondere diese Gruppen sehr heterogen zusammengesetzt sind.

In der Norm VSS 40 016a wird den Planenden heute eine Hilfestellung zur Ermittlung des massgebenden Verkehrs angeboten. Der massgebende stündliche Verkehr wird aus dem durchschnittlichen täglichen Verkehr und der Zuordnung zu einem Ganglinientypen bestimmt, wobei auf eine nicht mehr gültige Ausgabe der entsprechenden Norm (VSS 40 005a) verwiesen wird. Aus der Verteilung der Stundenbelastungen über das ganze Jahr (Dauerkurven) werden pro Ganglinientyp Richtwerte für den massgebenden stündlichen Verkehr in Prozent des DTV angegeben, die auf dem Bereich der 30. und 100. Stunde der Dauerkurven beruhen. Die angegebenen Ganglinientypen basieren jedoch auf einer alten Erhebung der Ganglinien, grösstenteils auf Nationalstrassen, aus dem Jahre 1990 und stimmen mit aktuellen Ganglinien nicht mehr überein. Zudem orientiert sich das Verfahren an einer bestimmten Verkehrsnachfrage und bezieht die Netzwirkung von Angebotsausbauten nicht ein. Die Abwägung zwischen einer nachfrage- und angebotsorientierten Planung sowie die Beurteilung der Belastbarkeit, wie sie in der SN 640 017a «Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit» dargestellt ist, wird ausgeblendet (siehe Abb. 4).

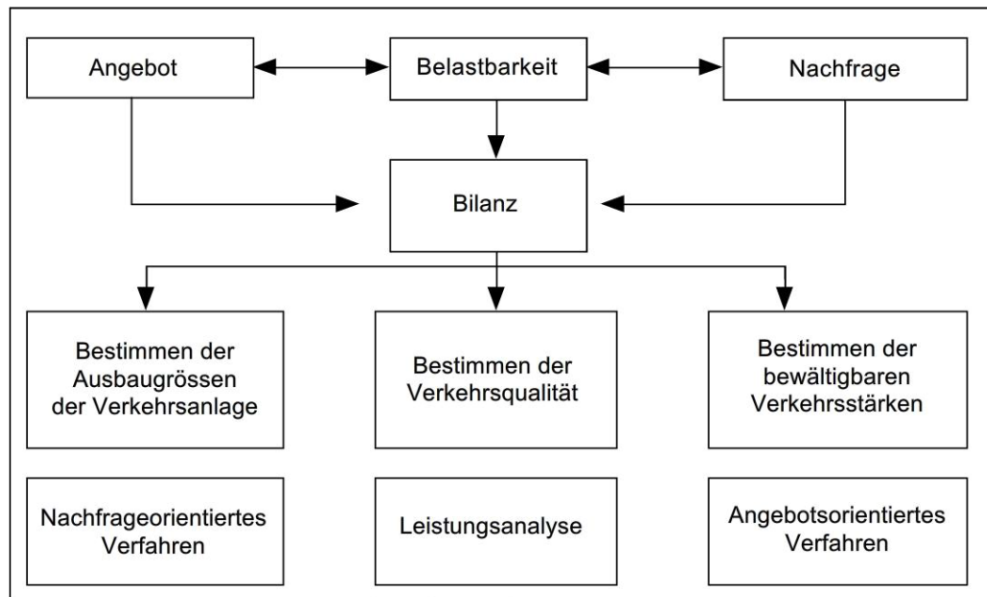


Abb. 4 Schema Abwägung Angebot, Belastbarkeit und Nachfrage
(Quelle: SN 640 017a)

Aus diesen Gründen soll das Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs überarbeitet werden. Folgende Aspekte sollen dabei berücksichtigt werden:

- Abwägung zwischen nachfrage- und angebotsorientierter Planung
- Betrachtung von Wechselwirkungen zwischen Angebot und Nachfrage
- Festlegung des Verkehrsmengengerüsts
- Differenzierte Betrachtung der verkehrlichen Funktion der Strasse
- Differenzierte Betrachtung von Innerorts- und Ausserortsstrecken
- Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmenden und weiterer Funktionen der Strassenanlage resp. des Strassenraumes
- Kostenfolgen für alle Beteiligten und Betroffenen
- Raumplanerische Folgen und Wechselwirkungen der Dimensionierung von Strassenverkehrsinfrastrukturen
- Auswirkungen einzelner Verkehrsanlagen im Strassennetz und deren Abstimmung
- Einfluss neuer Datengrundlagen und Technologien
- Beizug internationaler Grundlagen («state of the art») für die Festlegung des massgebenden Verkehrs

Ziel der Forschungsarbeit ist der Entwurf einer prozessorientierten Schweizer Guideline (SNG), welche die Grundlagen und Handlungsanweisungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs enthält. Diese neue Schweizer Guideline soll die bestehende Norm zum massgebenden Verkehr (VSS 40 016a) ersetzen.

1.2 Vorgehen

Das für die Forschungsarbeit gewählte Vorgehen widerspiegelt sich im Aufbau des Forschungsberichts. In einem ersten Schritt wurde eine Auslegeordnung erarbeitet, welche die Ausgangslage und Herausforderungen darlegt sowie eine Übersicht der bestehenden Methoden und Standards zeigt (Kapitel 2). Darauf aufbauend wurde eine Methodik zur Festlegung des massgebenden Verkehrs entworfen. Deren Herleitung ist im Kapitel 3 beschrieben. Anhand von Modellszenarien und Fallbeispielen wurde die Methodik überprüft (Kapitel 4). In einem abschliessenden Syntheseschritt wurde die Methodik in Form einer Schweizer Guideline dokumentiert und der Entwurf dieser Leitfadens auf Basis der Wirkungsanalyse und der Überprüfung der Praxistauglichkeit optimiert und definitiv festgelegt (Kapitel 5).

2 Auslegeordnung

2.1 Ausgangslage und Herausforderungen

Um eine vertiefte und breit abgestützte Kenntnis über die Problemstellungen und Bedürfnisse der Anwender in der Planungspraxis zu erhalten, wurde eine Befragung durchgeführt. Ziel dieser Befragung war es herauszufinden, wie die bestehenden Normen derzeit angewendet werden, ob auch andere Verfahren zur Anwendung kommen und wo die Probleme und Herausforderungen für die Zukunft liegen. Der Kreis der Befragten wurde hinsichtlich der Anspruchsgruppen (Bund, Kantone, Gemeinden und private Ingenieur-/Planungsbüros) sowie der geographischen Lage möglichst breit gehalten, so dass ein umfassendes Bild der gängigen Praxis in der Schweiz erstellt werden konnte.

Aus der Schweiz nahmen 18 Personen an der Umfrage teil, ein Teilnehmender aus Österreich und zwei weitere Teilnehmende aus Deutschland rundeten das Feld ab. Unter den Teilnehmenden waren Personen, welche für Verwaltungen (Städte und Kantone), Ingenieur-/Planungsbüros und Hochschulen tätig sind. Eine genauere Aufschlüsselung nach Tätigkeit der Teilnehmenden ist nicht möglich, da auch eine anonyme Teilnahme an der Umfrage möglich war.

Die Umfrage wurde in 4 Abschnitte unterteilt, deren Fragestellungen und Antworten im Folgenden erläutert werden.

Teil A: Fragen zum massgebenden Verkehr im motorisierten Strassenverkehr (inkl. strassengebundenem ÖV)

Zum Einstieg in diesen Themenbereich wurde abgefragt, ob und wie häufig die bestehende Norm 640 016a bei den Befragten Anwendung findet. Dabei zeigte sich, dass die Norm nur noch selten bzw. nie angewendet wird. Keiner der Befragten gab an, die Norm gelegentlich, regelmässig oder gar oft anzuwenden.

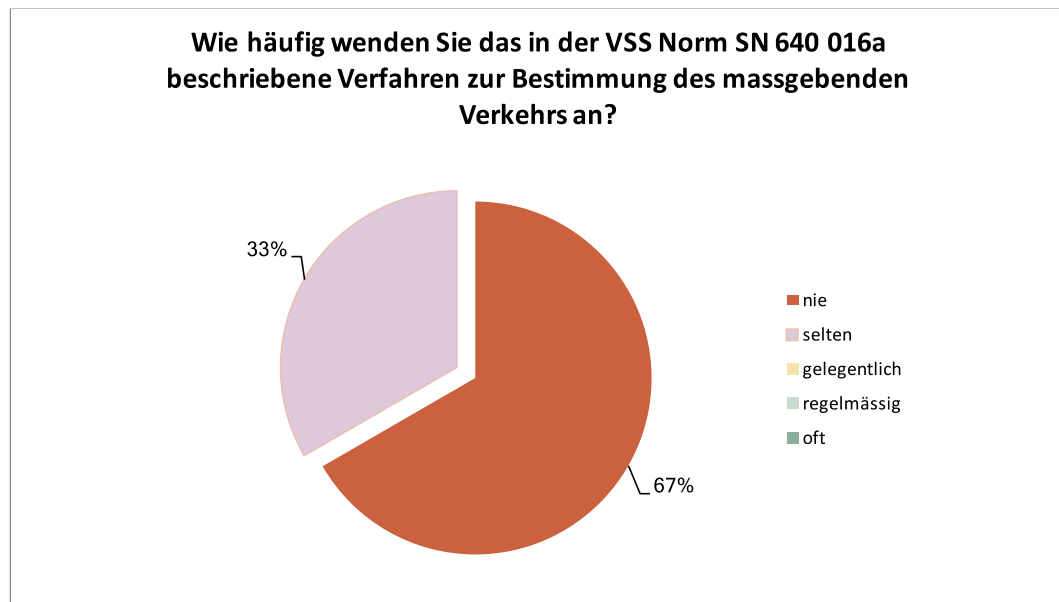


Abb. 5 Frage zur Verwendungshäufigkeit der bestehenden VSS Norm SN 640 016a in der Umfrage

Bei der Frage nach der verwendeten Stunde der Dauerkurven zur Dimensionierung zeigte sich ein sehr diverses Bild. So gaben 38% an, keine explizite Wahl auf Basis der Dauerkurve zu treffen. 19% passen den Wert je nach Situation an und verwenden nicht eine immer gleichbleibende Stunde zur Dimensionierung.

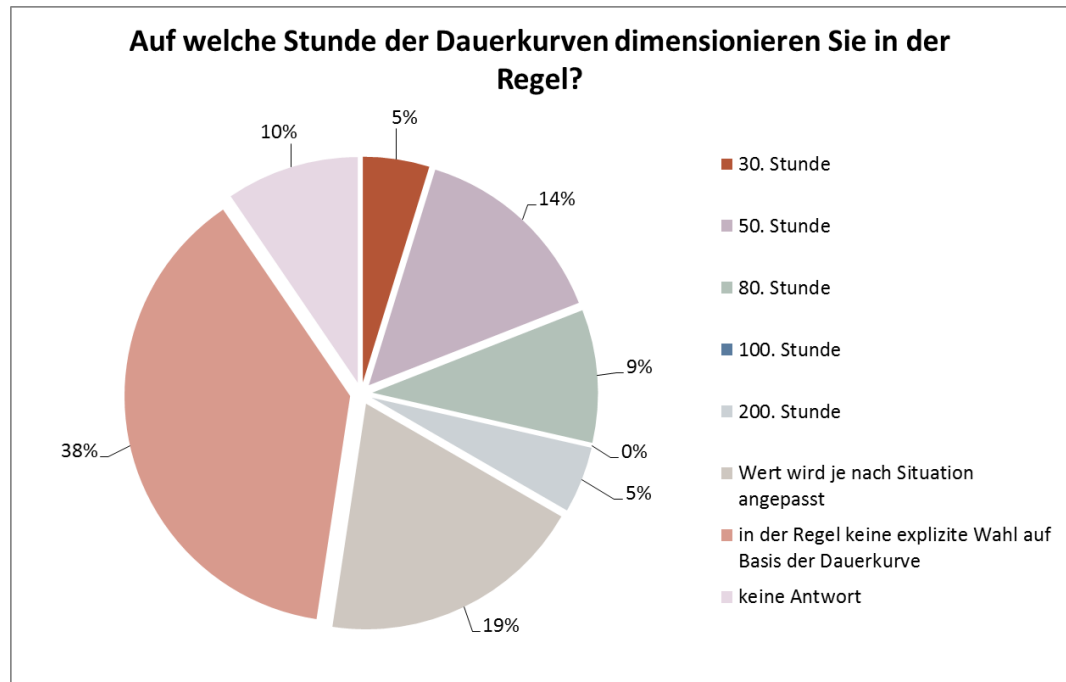


Abb. 6 Frage zur verwendeten Stunde der Dauerkurven bei der Dimensionierung in der Umfrage

Da die bestehende Norm kaum noch Anwendung findet, werden andere Grundlagen zur Bestimmung des massgebenden Verkehrs genutzt. Die Befragten gaben an, eher nur selten oder nie auf ihre persönlichen Erfahrungswerte zurückzugreifen. Stattdessen werden häufig Datengrundlagen aus temporären Zählstellen und Dauerzählstellen genutzt. Etwas seltener finden auch Modelldaten Anwendung.

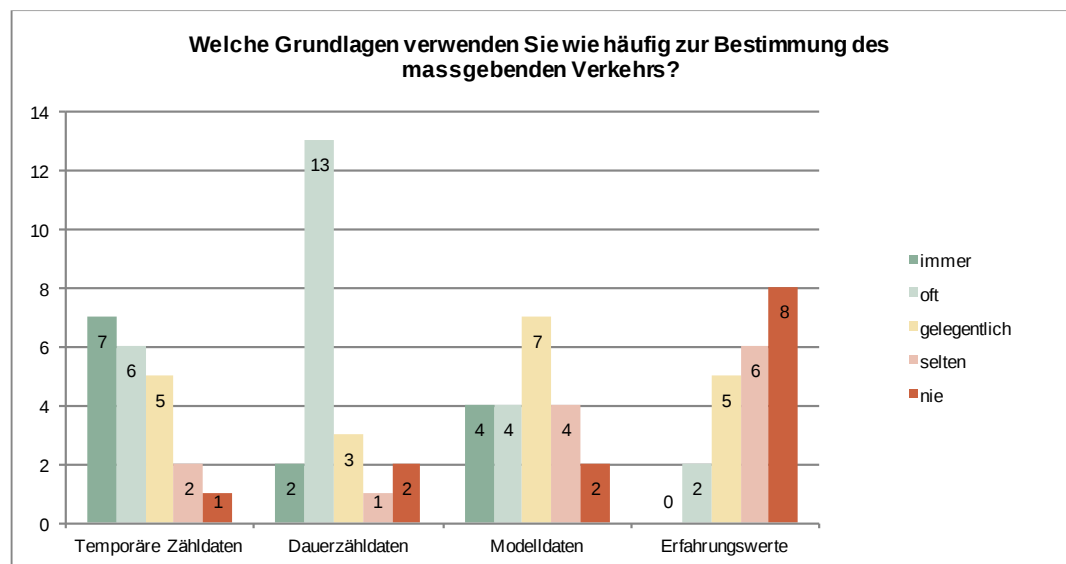


Abb. 7 Frage zu den verwendeten Grundlagen bei der Bestimmung des massgebenden Verkehrs in der Umfrage

Bei der Frage nach der Planungsmethode für die Dimensionierung des MIV zeigte sich ein geteiltes Bild. Ein Teil der Befragten gab an, immer oder oft angebotsorientiert zu dimensionieren, der andere Teil nachfrageorientiert.

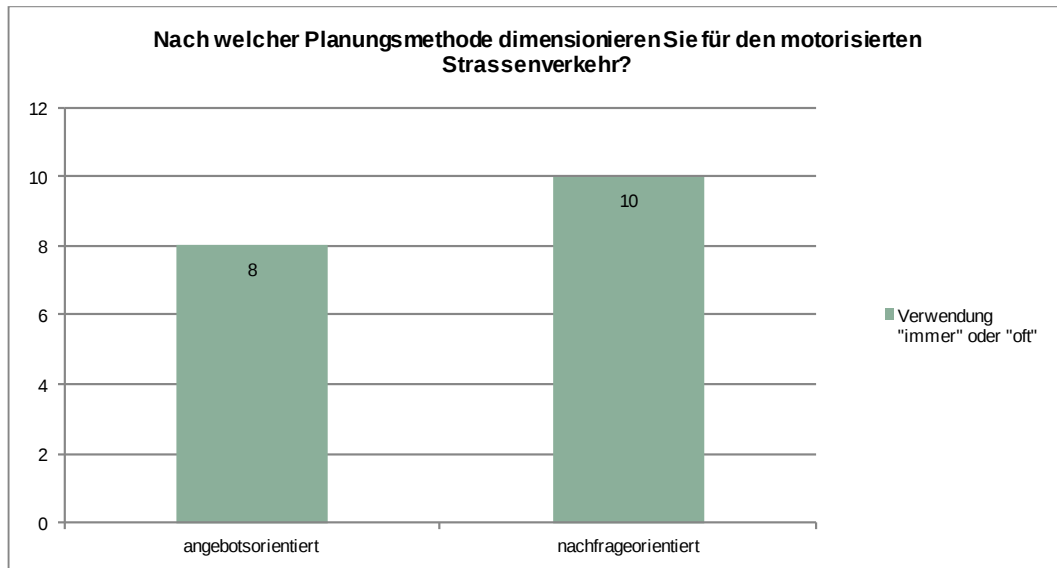


Abb. 8 Frage nach der Planungsmethode bei der Dimensionierung des MIV in der Umfrage

Ein wichtiger Bestandteil zur Ermittlung des massgebenden Verkehrs ist die zu erwartende künftige Nachfrage. Hier zeigte sich, dass sich die Befragten entweder an planerischen Festlegungen orientieren oder an spezifischen Wachstumsfaktoren auf Basis der bisherigen Verkehrsentwicklung (Trends). Am häufigsten wird bei dieser Frage allerdings auf Modellrechnungen zurückgegriffen.

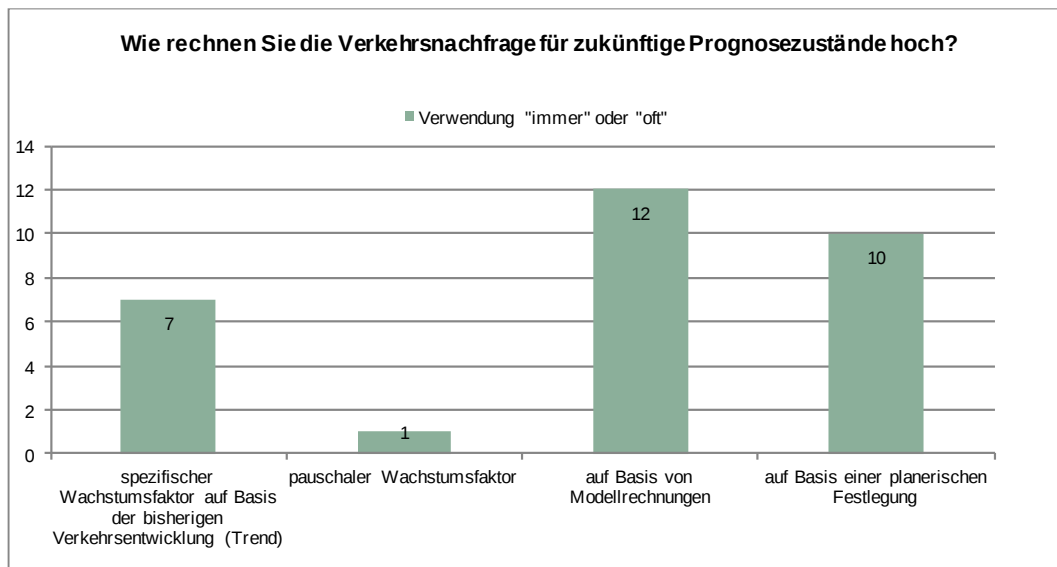


Abb. 9 Frage nach den verwendeten Prognosezuständen bei der Nachfrage in der Umfrage

Teil B: Fragen zum massgebenden Veloverkehr

Teil B der Umfrage konzentriert sich auf die Rolle des Veloverkehrs bei der Dimensionierung von Verkehrsanlagen. In der ersten Frage wurde dementsprechend abgefragt, ob der massgebende Veloverkehr für die Befragten bei der Dimensionierung überhaupt von Relevanz ist. Dabei gab über die Hälfte an, dass sie den massgebenden Veloverkehr selten bis nie bei der Dimensionierung berücksichtigt. Nur 5% gaben an, diesen immer zu berücksichtigen.

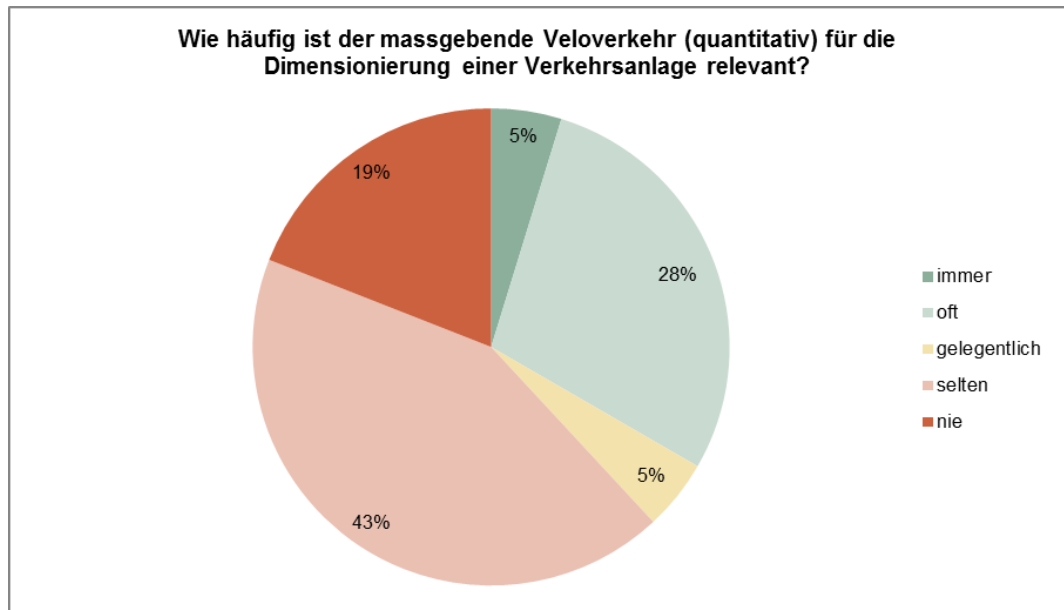


Abb. 10 Frage nach der Häufigkeit mit der der massgebende Veloverkehr bei der Dimensionierung berücksichtigt wird in der Umfrage

Auf die Frage, in welchen Situationen der massgebende Veloverkehr quantitativ bestimmt wird, antworteten 8 Befragte, dass sie dies tun würden, wenn es sich um spezifische Anlagen des Veloverkehrs handeln würde, welche sie dimensionieren. Dies bei Berechnungen in Bezug auf Knotenkapazität (v.a. bei Lichtsignalanlagen) zu tun, gaben insgesamt 5 der Befragten an. Einzelne Nennungen waren zudem bei «hohen Velofrequenzen», «bei wichtigen Velorouten» und «im innerstädtischen Bereich».

Wenn der massgebende Veloverkehr berücksichtigt wird, gaben die Befragten an, meistens temporäre Zählraten als Grundlagen zu verwenden. Eher selten bis nie verwenden sie Dauerzählraten und Modelldaten. Teilweise wird auch auf Erfahrungswerte zurückgegriffen.

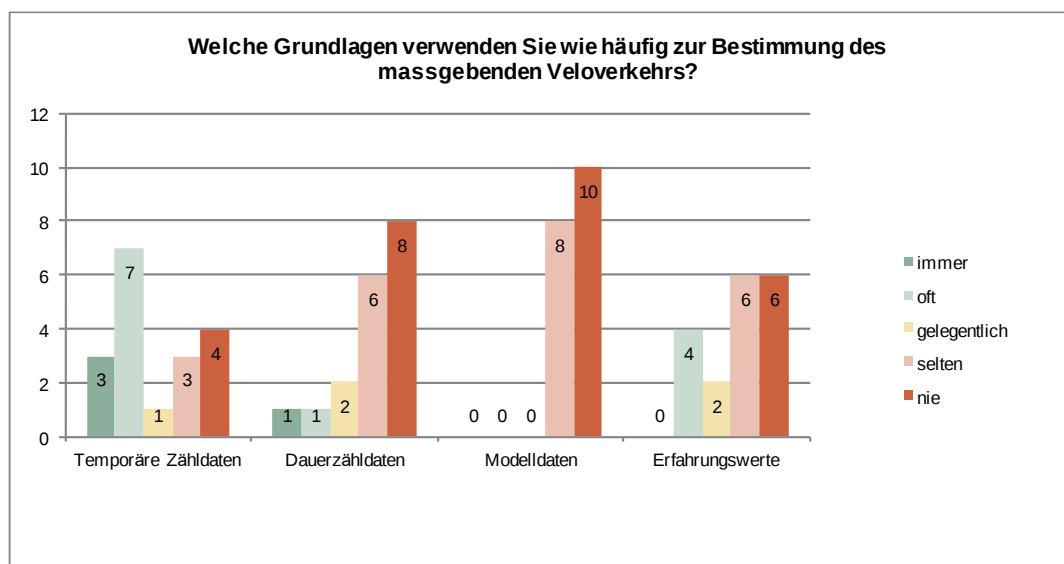


Abb. 11 Frage nach den Grundlagen, welche für die Bestimmung des massgebenden Veloverkehrs verwendet werden in der Umfrage

Ähnlich wie bei Teil A wurden die Teilnehmenden zur Planungsmethode befragt, nach welcher sie die Anlagen für den Veloverkehr dimensionieren. Anders als beim MIV zeigt

sich hier ein klareres Bild: die Mehrzahl der Befragten gab an, die Anlagen immer oder oft angebotsorientiert und nicht nachfrageorientiert zu dimensionieren.

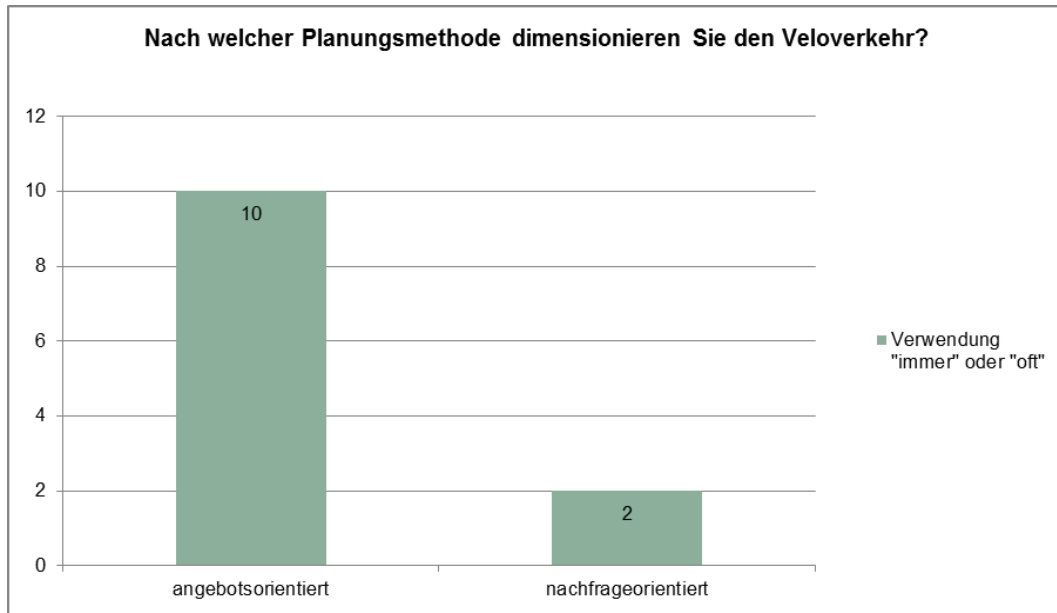


Abb. 12 Frage zur Planungsmethode bei der Dimensionierung für den Veloverkehr in der Umfrage

Bei der Abschätzung der künftigen Veloverkehrsnachfrage vertrauen die Befragten auf temporäre Zähldaten, Dauerzähldaten und Erfahrungswerte.

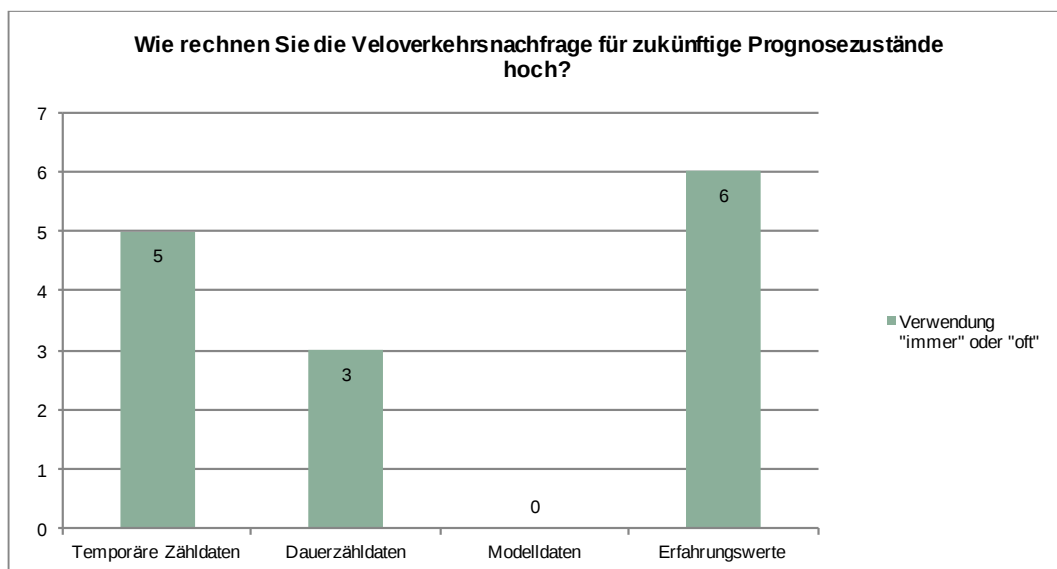


Abb. 13 Frage zur Hochrechnung der Veloverkehrsnachfrage für zukünftige Prognosezustände in der Umfrage

Teil C: Fragen zum massgebenden Fussverkehr

Auch zum Thema Fussverkehr wurden den Teilnehmenden vergleichbare Fragen gestellt. Demnach gaben nur 11% der Befragten an, regelmässig den massgebenden Fussverkehr bei der Dimensionierung einer Verkehrsanlage zu berücksichtigen. Für 50% der Befragten hat der massgebende Fussverkehr keine Relevanz bei der Dimensionierung. Dies ist sicherlich auch stark von den Fragestellungen abhängig, die von den befragten

Personen bearbeitet werden. Je nach Situation ist der Fussverkehr durchaus eine massgebende Grösse.

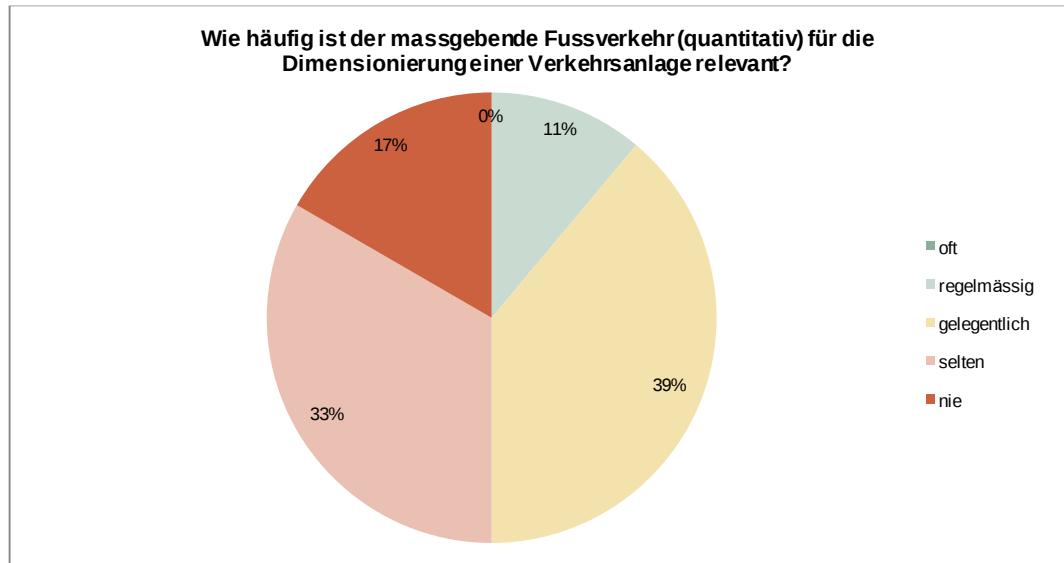


Abb. 14 Frage zur Relevanz des massgebenden Fussverkehrs bei der Dimensionierung von Verkehrsanlagen in der Umfrage

In den in Abb. 15 dargestellten Situationen bestimmen die Befragten den massgebenden Fussverkehr quantitativ. Es zeigt sich, dass sie dies vor allem dann tun, wenn Belange des Fussverkehrs direkt betroffen sind bzw. Auswirkungen durch die Dimensionierung auf den Fussverkehr erwartet werden.

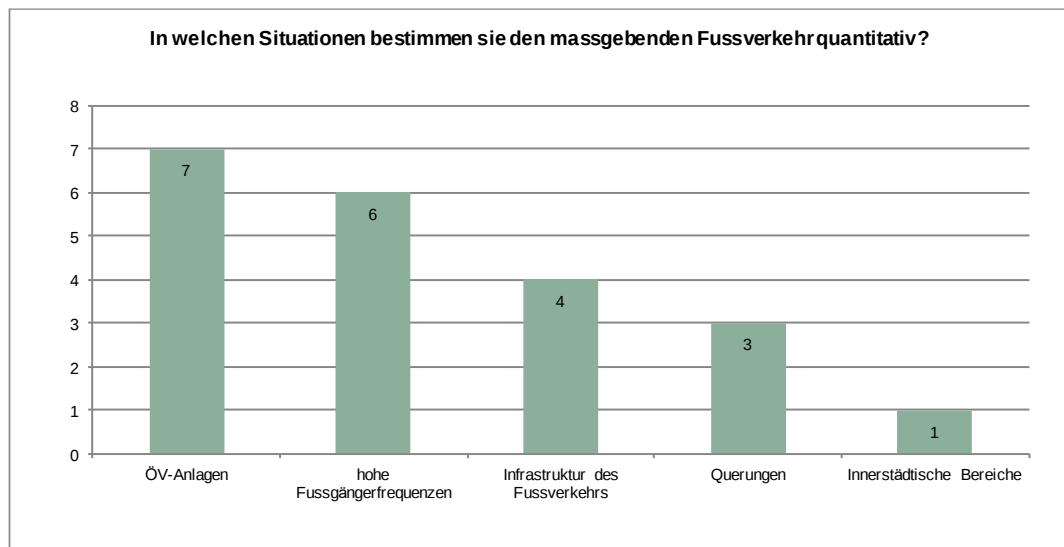


Abb. 15 Frage zu den Situationen, in denen der massgebende Fussverkehr durch die Befragten quantitativ bestimmt wird in der Umfrage

Wenn der massgebende Fussverkehr bestimmt wird, dann hauptsächlich auf der Grundlage von Dauerzählstellen und in geringerem Umfang auch auf Basis von temporären Zählstellen, wie in Abb. 16 ersichtlich.

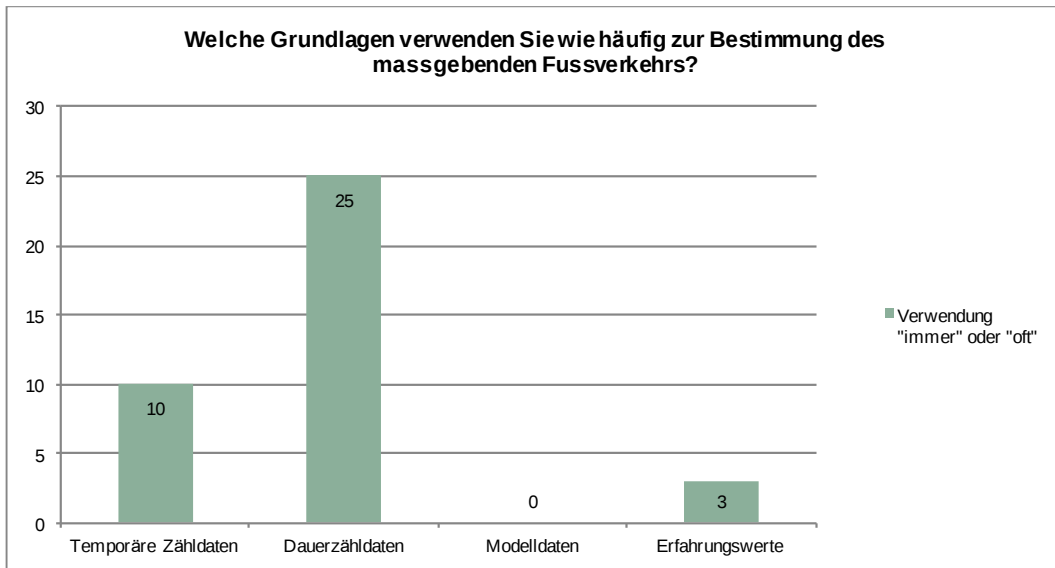


Abb. 16 Frage nach der Häufigkeit, mit der verschiedene Grundlagen zur Bestimmung des massgebenden Fussverkehrs verwendet werden in der Umfrage

Ebenfalls wie beim Veloverkehr gaben die Befragten auch beim Fussverkehr an, diesen immer oder oft angebotsorientiert zu dimensionieren (8 Nennungen "angebotsorientiert" gegenüber 2 Nennungen "nachfrageorientierter").

Teil D: Allgemeine Fragen

Abschliessend wurden die Teilnehmenden nach Aspekten befragt, welche sie über die Verkehrsnachfrage hinausgehend bei der Dimensionierung von Verkehrsanlagen berücksichtigen. Dabei wurde am häufigsten die städtebauliche Situation im Umfeld genannt, gefolgt vom verfügbaren Platz und dem Fuss- und Veloverkehr.

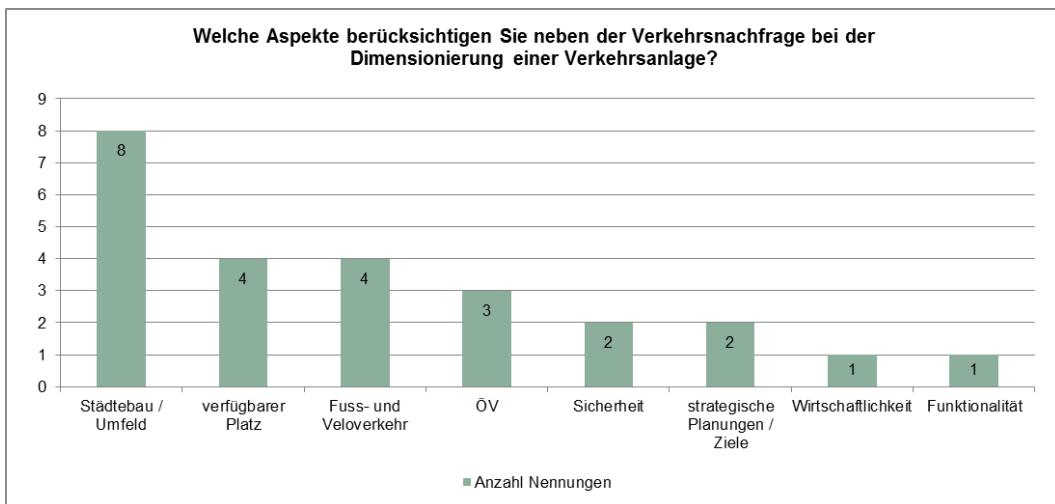


Abb. 17 Abschliessende Frage zu den berücksichtigten Aspekten neben der Verkehrsnachfrage

Als bestehende und zukünftige Herausforderungen für die Festlegung des massgebenden Verkehrs gaben die Befragten folgende Themen an:

- Städtebau / Umfeld
- Aufenthaltsqualität
- wenig verfügbarer Platz
- Autonome Fahrzeuge
- wirtschaftliche Ausnutzung Infrastruktur
- nachvollziehbare Herleitung des massgebenden Verkehrs
- Fuss- und Veloverkehr
- gesellschaftliche Veränderungen
- lange Dauer der Planungen von Grossprojekten
- Wandel zu einer vermehrt angebotsorientierte Planung
- neue Technologien
- Verflechtungsstrecken als eine wichtige Einflussgrösse des massgebenden Verkehrs
- Umgang mit bewältigbarem Verkehr
- Ganzjahresprognose statt Betrachtung eines Zustands
- Ansprüche ÖV sowie Fuss- und Veloverkehr
- Auslegung auf "richtige" Verkehrsmenge
- Betrachtung / Korridor / Netz

Fazit Umfrage

Zusammenfassend kann formuliert werden, dass die bestehende Norm von den Befragten nur noch selten verwendet wird. Auch die Dauerkurven werden eher selten verwendet. Für die Bestimmung der massgebenden Stunde der Dauerkurve zeigte sich bei der Umfrage kein einheitliches Bild, es werden unterschiedliche Stunden verwendet.

Beim MIV wird sowohl angebots- als auch nachfrageorientiert geplant, wohingegen beim Fuss- und Veloverkehr von den Befragten überwiegend angebotsorientiert geplant wird. Beim Fuss- und Veloverkehr werden dafür im Gegenteil zum MIV nur selten quantitative Erhebungen als Grundlage für den Anlagenentwurf verwendet.

Insgesamt zeigte sich, dass der Städtebau und das Umfeld eine häufig verwendete Einflussgrösse auf die Dimensionierung der Verkehrsanlage darstellt.

2.2 Stand der Ausführungspraxis und der Forschung

Es wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die Forschungsberichte (publizierte Artikel und graue Literatur) und schweizerische und internationale Standards und Normen umfasste. Der Fokus der Recherche lag einerseits auf klassischen Methoden der Festlegung des massgebenden Verkehrs und andererseits auf Arbeiten, die eine Kritik und Weiterentwicklung der traditionellen Methoden zum Ziel hatten. Eine Durchsicht der internationalen Normen diente dazu, ein Bild des Stands der Ausführungspraxis zu vermitteln. Die Ergebnisse der Recherche wurden zudem für den Entwurf der Methodik genutzt.

2.2.1 Bemessung von Strassen: Grundlagen

Generell liegt der Fokus klassischer Methoden der Beurteilung und Dimensionierung von Strassen auf drei Faktoren: dem für die Dimensionierung massgebenden Verkehr, der Leistungsfähigkeit oder Kapazität der Anlage und der daraus folgenden Verkehrsqualität [2]. Aufbauend auf diesen Faktoren wurden verschiedene Verfahren zur Bemessung und Beurteilung von Strassen entwickelt.

In der Schweizer Norm 640 017a wird ein Verfahren beschrieben, das drei Fälle unterscheidet: nur die Nachfrage ist vorhanden, nur das Angebot ist vorhanden und das Angebot und die Nachfrage sind vorhanden. Im ersten Fall handelt es sich um ein nachfrageorientiertes Verfahren, im zweiten um ein angebotsorientiertes Verfahren und im dritten Fall um eine Leistungsanalyse. In allen Fällen ist die Belastbarkeit eine wichtige Kontroll-

grösse. Die Belastbarkeit setzt sich dabei aus drei Teilen zusammen: der umfeldbedingten Belastbarkeit, der sicherheitsbedingten Belastbarkeit und der unterhaltsbedingten Belastbarkeit. Zur Bestimmung von Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität können unterschiedliche Verkehrsstärken massgebend sein: der massgebende stündliche Verkehr, die Spitzenstunden oder der vierfache Wert der Spitzenviertelstunde (abhängig vom Element der Verkehrsanlage) [3]. Für zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung und freie Strecken auf Autobahnen stehen die durchschnittliche Abendspitzenstunde (ASP) und der aus Dauerkurven abgeleitete massgebende Verkehr im Vordergrund [5] [6]. Einfahrten in Hochleistungsstrassen werden angebots- oder nachfrageorientiert dimensioniert mit der Qualitätsstufe D als Dimensionierungsgrundlage [7].

2.2.2 Massgebender Verkehr

In der Ausführungspraxis basiert der massgebende Verkehr oftmals auf Dauerkurven der (erwarteten) stündlichen Verkehrsstärke. Der massgebende stündliche Verkehr (MSV) wird dabei jeweils als Anteil des zu erwartenden durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) angegeben (dieser Anteil wird in internationalen Normen als «K-Faktor» bezeichnet). Dieser grundlegende Ansatz wird sowohl in der Schweizer Norm (SN) 640 016a [8] als auch in einer Reihe von internationalen Normen verfolgt [9]–[12]. Die deutsche Norm sieht zusätzlich die Berücksichtigung des Schwerverkehrsanteils vor [9].

Die Wahl der spezifischen Stunde der Dauerkurve bewegt sich dabei typischerweise im Bereich der 30. und 100. Stunde und ist in den Normen festgelegt. Der Grund für die Wahl dieses Bereiches liegt darin, dass damit der Übergang von der starken zur flachen Steigung der Dauerkurve berücksichtigt wird. In einigen neueren Handbüchern wurde diese Praxis durch standardisierte K-Faktoren ergänzt oder ersetzt, welche den Urbanisierungsgrad berücksichtigen [11] [13]. Die Einführung standardisierter K-Faktoren wurde vorgenommen, da erkannt wurde, dass die Dimensionierung von Strassen basierend auf der 30. Stunde der Dauerkurve in urbanen Gebieten nicht kosteneffizient ist. Die standardisierten K-Faktoren zur Dimensionierung einer Anlage basieren nach diesem Ansatz auf dem spezifischen Strassentyp und dem Urbanisierungsgrad [11] [13] [14].

Durch die Einführung standardisierter K-Faktoren wird zwar der Aspekt der Kosteneffizienz mitberücksichtigt, eine gesamtheitliche Abwägung von ökonomischen Aspekten, Grundsätzen der nachhaltigen Entwicklung und Auswirkungen auf die Umwelt ist jedoch nach wie vor nicht Teil von aktuellen Handbüchern und Normen. Ebenso nicht berücksichtigt sind Interaktionen zwischen Angebot und Nachfrage (induzierter Verkehr und Veränderungen in der Verkehrsmittel- und Routenwahl).

2.2.3 Erweiterungen des klassischen Ansatzes

Ein erster technischer Kritikpunkt am klassischen Ansatz ist die separate Betrachtung von Nachfrage, Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität. Brilon (2000) schlagen daher die Effizienz als Mass zur Beurteilung von Verkehrsanlagen vor. Die Effizienz ist definiert als Produkt der durchschnittlichen Geschwindigkeit (ein Indikator der Verkehrsqualität), dem Fluss und der Dauer des Zeitintervalls (mit der Einheit $\left[\frac{\text{veh} \cdot \text{km}}{h}\right]$) und kann für eine Analyse von diskontinuierlichen Flüssen (wie z.B. Kreuzungen) erweitert werden [1]. Die Effizienz kann somit als Anzahl Fahrzeugkilometer interpretiert werden, die von einem bestimmten Strassensegment «produziert» wird. Der Verkehrszustand der maximalen Effizienz kann als Grenze zwischen den Verkehrsqualitätsstufen D und E nach dem amerikanischen «Highway Capacity Manual» (HCM) verstanden werden (Durchschnittsgeschwindigkeit unter 33% der Geschwindigkeit des freien Verkehrsflusses). Dies entspricht näherungsweise der Grenze zwischen den Stufen E und F der schweizerischen Normen. Die Methode erlaubt daher eine objektive Festlegung der Grenzen der Verkehrsqualitätsstufen, welche als Dimensionierungsgrundlagen dienen. Brilons Effizienz fand Eingang in die australischen Leistungsindikatoren für Autobahnen und in das Handbuch zur Planung und Bemessung von Strassen des australischen Bundesstaates Victoria [15]–[17].

Eine weitere mögliche Verbesserung betrifft die detailliertere Betrachtung der Variabilität der Nachfrage über das ganze Jahr. Nach der Wahl der massgebenden Stunde der Dauerkurve (zum Beispiel der 30. Stunde) werden ökonomische Verluste während der dreissig überlasteten Stunden nicht betrachtet. Falls ganzjährige Zählzeiten vorhanden sind, wird deren Informationsgehalt somit nicht vollständig ausgenutzt. Dasselbe Problem tritt auch bei der Verwendung standardisierter K-Faktoren auf. Brilon (2000) schlagen daher eine ganzjährige Analyse von Zählzeiten vor [1].

Die technische Kritik am klassischen Ansatz wird ergänzt durch das Fehlen von Leistungsindikatoren, welche Ziele der nachhaltigen Entwicklung miteinbeziehen. Brilon (2000) nennen den Einbezug von Leistungsindikatoren der nachhaltigen Entwicklung daher als substantielle Aufgabe der zukünftigen Weiterentwicklung von Normen und Handbüchern [1]. Auch die Schweizer Normen berücksichtigen mit dem Konzept der Belastbarkeit lediglich Grenzwerte in verschiedenen Kategorien, es findet jedoch keine systematische Abwägung im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse oder einer Nutzwertanalyse statt.

2.2.4 Kapazität als stochastisches Konzept

Das Konzept der Kapazität oder Leistungsfähigkeit spielt eine entscheidende Rolle in der Bemessung von Verkehrsanlagen. Die Definition der Kapazität und dessen Quantifizierung ist Teil angewandter Verkehrsforschung. In der klassischen Definition, die unter anderem dem amerikanischen HCM sowie der Schweizer Norm 640 017a zugrunde liegt, wird Kapazität als ein fester Wert verstanden, bei dessen Überschreitung ein Verkehrszusammenbruch auftritt (ein Übergang von staufreiem zu gestautem Fluss) [3] [11]. Neuere Forschung deutet jedoch darauf hin, dass der Verkehrszusammenbruch auch bei Flüssen eintreten kann, die niedriger oder höher sind als der Fluss, der bis anhin als (fixe) Kapazität verstanden wurde. Der Verkehrszusammenbruch wird daher als Resultat eines Zufallsprozesses betrachtet, in dem bestimmte Arten von Verkehrsflüssen mit einer Wahrscheinlichkeit des Zusammenbruchs assoziiert sind [18] [19]. Brilon et al. (2005) definieren die Kapazität als Verkehrsstärke, bei deren Unterschreitung der Verkehr frei fließt und bei deren Überschreitung stockender oder stehender Verkehr auftritt [20]. Eine empirische Untersuchung der Autoren hat gezeigt, dass diese Art der Kapazität einer Weibull-Verteilung folgt.

Das Verständnis der Kapazität als stochastisches Konzept hat Auswirkungen auf die Dimensionierung von Verkehrsanlagen und verlangt nach einer differenzierteren Bemessung. Eine solche Methode wurde in einer Forschungsarbeit für den schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) im Jahre 2008 für den Fall von Hochleistungsstrassen entwickelt [19]. Zeitverluste, die durch kurzfristige Zusammenbrüche des Verkehrs entstehen, werden mit dem Verfahren berechnet. Die Wahrscheinlichkeit eines Verkehrszusammenbruchs wird durch das Produkt der Wahrscheinlichkeitsverteilung des Querschnitts und der Wahrscheinlichkeitsverteilung des momentanen Verkehrsflusses ermittelt. Als Teil des Verfahrens wird die Verlustzeit ermittelt und nach den Schweizer Normen zur Kosten-Nutzen-Analyse (SN 641 820 ff.) monetarisiert.

2.2.5 Multimodales Konzept der Bemessung

Die multimodale Dimensionierung von Strassen wurde im Zuge der Aktualisierung der österreichischen Richtlinie zur Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Strassen im Jahre 2001 untersucht. Das daraus entstandene Konzept beinhaltet zwei wesentliche Weiterentwicklungen: Als grundlegende Einheit dienen Personen- und Güterflüsse statt Verkehrsstärken und der Fokus der Analyse wurde von Strassen auf Korridore verschoben. Als Korridor wird dabei ein Strassensegment und sämtliche parallelen Arten der Verkehrsabwicklung verstanden. Die multimodale Bemessung setzt die Modellierung des Modalsplits voraus und macht die Entwicklung entsprechender Modelle notwendig [21]. Eine multimodale Betrachtung ist daher zu diesem Zeitpunkt nicht Teil der österreichischen Richtlinie [22].

2.2.6 Bemessung von Knoten

Die Bemessung von Knoten ohne Lichtsignalanlagen für den MIV basiert ebenfalls auf Verkehrsstärken, unterscheidet sich aber von der Bemessung von Strecken dadurch, dass zu erwartende Wartezeiten zur Ermittlung der Qualitätsstufe verwendet werden. Aktuelle Verfahren verwenden die Grenz- und Folgezeitlücken zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit [19] [23].

Die massgebenden Verkehrsstärken für Knoten mit Lichtsignalanlagen und Knoten mit Kreisverkehr sind die durchschnittliche Abendspitzenstunde und der aus Dauerkurven ermittelte massgebende Verkehr. Die Beurteilung von Knoten mit Lichtsignalanlagen soll gemäss Norm auf Zählraten im Viertelstundenintervall basieren. In den schweizerischen Normen sind für beide Typen von Knoten eigene Verkehrsqualitätsstufen definiert [24] [25].

3 Entwurf der Methodik

Auf Basis der Auslegeordnung wurde eine neue Methodik zur Festlegung des massgebenden Verkehrs entworfen. In einem ersten Schritt wurde eine klare Begriffsdefinition eingeführt. Diese orientiert sich an den bestehenden Normen. Die Verkehrsmittel werden wie folgt abgegrenzt:

- **Motorisierter Individualverkehr (MIV)**
Unter dem Sammelbegriff motorisierter Individualverkehr wird der Verkehr von privaten Motorfahrzeugen verstanden. Zu den privaten Motorfahrzeugen zählen gemäss der Zusammenfassungsstufe 2b nach VSS 40 001: Motorräder, leichte und schwere Personenwagen, Lieferwagen, Busse, Gesellschaftswagen, schwere Lastfahrzeuge, landwirtschaftliche Arbeits- und andere Fahrzeuge. Ausdrücklich nicht beinhaltet sind Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs und der Veloverkehr (vgl. unten).
- **Öffentlicher Verkehr (ÖV)**
Als öffentlicher Verkehr wird in diesem Rahmen nur der strassengebundene öffentliche Verkehr berücksichtigt. Dazu zählen Trams und Busse. Diese können auf einer separaten Spur oder auf einer mit anderen Verkehrsmitteln geteilten Spur verkehren.
- **Veloverkehr**
In diese Verkehrsmittelkategorie fällt der Verkehr von Fahrrädern, explizit enthalten sind auch Motorfahrräder (inkl. schnelle E-Bikes) und Elektrotrottinette.
- **Fussverkehr**
Zu diesem Verkehrsmittel zählen die Fussgänger. Verkehre mit fahrzeugähnlichen Geräten (fäG), also alle mit Rädern oder Rollen ausgestatteten Fortbewegungsmittel, die ausschliesslich durch eigene Körperkraft angetrieben werden, werden auch eingerechnet. Als fäG gelten insbesondere Rollschuhe, Inline-Skates, Skateboards, Trottinette sowie Einräder, Laufräder und Kinderräder (Art. 1 Abs. 10 der Verkehrsregelverordnung).

In Tab. 1 ist eine Übersicht zur Definition der Verkehrsmittel ersichtlich.

Tab. 1 Übersicht Definition Verkehrsmittel		
Verkehrsmittel	Fahrzeuge gemäss Zusammenfassungsstufe 2b gemäss VSS 40 001	Grundbegriffe
MIV	(private) Motorfahrzeuge	Motorräder, leichte und schwere Personenwagen, Lieferwagen, Busse, Gesellschaftswagen, schwere Lastfahrzeuge, landwirtschaftliche Arbeits- und andere Fahrzeuge
ÖV	Motorfahrzeuge (des ÖV)	Busse
	Tram (Strassenbahn)	Tram (Strassenbahn)
Veloverkehr	Fahrräder	Fahrräder, Motorfahrräder, Elektrotrottinette
Fussverkehr	Fussgänger	Fussgänger, fahrzeugähnliche Geräte, die ausschliesslich durch eigene Körperkraft angetrieben werden

Für die Festlegung des massgebenden Verkehrs werden die folgenden Begriffe auf Basis der Definitionen nach SN 640 017a und VSS 40 210 verwendet:

- **Verkehrsstärke**
Unter Verkehrsstärke wird die Verkehrsbelastung (Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstromes) je Zeitintervall an einem Querschnitt der Verkehrsanlage verstanden.
- **Verkehrsdichte**
Unter Verkehrsdichte wird die Verkehrsbelastung (Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstromes) je Streckenabschnitt (Länge) zu einem bestimmten Zeitpunkt verstanden.
- **Verkehrsangebot**
Unter Verkehrsangebot werden die dem Verkehr zur Verfügung stehenden Flächen und Einrichtungen mit den zugehörigen Merkmalen (z.B. Grünzeitangebot bei einer LSA) für einen tatsächlich vorhandenen oder für einen geplanten Zustand verstanden.
- **Verkehrsnachfrage:**
Unter Verkehrsnachfrage wird jene Verkehrsstärke verstanden, welche eine Verkehrsanlage benützt oder benützen möchte. Die Verkehrsnachfrage kann sich auf einen bestehenden oder zukünftigen Zustand beziehen.
- **Belastbarkeit**
Unter der Belastbarkeit wird diejenige Verkehrsstärke verstanden, die aus Sicht der Umwelt (z.B. Lärm, Luftschadstoffe, Trennwirkung etc.) und der Verkehrstechnik (Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Unterhalt) nicht überschritten werden soll. Es können somit zwei Aspekte der Belastbarkeit unterschieden werden:
 - **Umfeldbedingte Belastbarkeit**
Unter der umfeldbedingten Belastbarkeit wird die grösste Verkehrsstärke verstanden, bei der die Grenzwerte aus Sicht der Umweltschutzgesetzgebung (Lärm, Luftschadstoffe) eingehalten sind und die auch bezüglich anderer Umwelt- bzw. Umfeldkriterien (z.B. Trennwirkung in Siedlungen) noch verträglich ist.
 - **Verkehrstechnische Belastbarkeit**
Unter der verkehrstechnischen Belastbarkeit wird die grösste Verkehrsstärke verstanden, die bei einem gegebenen Verkehrsangebot mit einer vorgegebenen Verkehrsqualität bewältigt werden kann. Es handelt sich somit um diejenige Verkehrsstärke, die aus Gründen der Leistungsfähigkeit, der Sicherheit und des Unterhalts nicht überschritten werden soll.
- **Massgebender Verkehr**
Unter massgebendem Verkehr wird jene Verkehrsstärke verstanden, die der Beurteilung von Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage einer Verkehrsanlage unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeiten zu Grunde gelegt wird. Um der Dimensionierung nicht vorzugreifen, wird die verkehrstechnische Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs nicht einbezogen.
- **Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)**
Der durchschnittliche tägliche Verkehr stellt die über ein Jahr gemittelte Verkehrsstärke pro Tag dar. Es wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Tagen des Jahres gebildet.
- **Angebotsorientierte Planung**
Bei einer angebotsorientierten Planung wird das Verkehrsangebot unter Berücksichtigung der verkehrstechnischen und umfeldbedingten Belastbarkeit der bestehenden Anlage festgelegt.

- **Nachfrageorientierte Planung**

Bei einer nachfrageorientierten Planung wird das Verkehrsangebot auf die aktuelle oder künftig erwartete Verkehrsnachfrage – unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeit – ausgelegt.

In Abb. 18 ist der Zusammenhang zwischen den Begriffen ersichtlich.

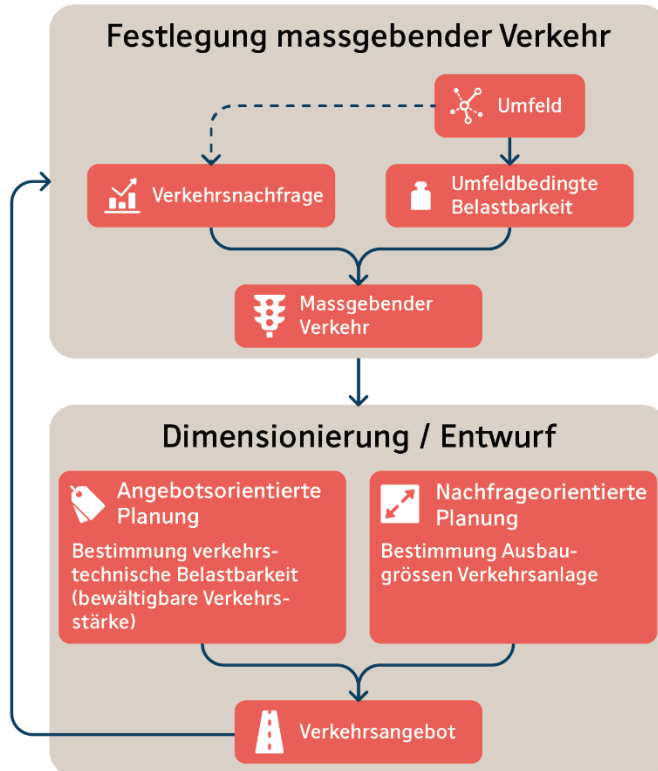


Abb. 18 Zusammenhang zwischen den Begriffen

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Analyse der Herausforderungen und Bedürfnissen der Planungspraxis wurden folgende Anforderungen an die Methodik gestellt:

- **Einfache Anwendbarkeit:** Es soll ein möglichst einfach anwendbares Ablaufschema für die Planungspraxis entwickelt werden.
- **Berücksichtigung verbesserter Datenverfügbarkeit:** Die Verfügbarkeit von Verkehrsdaten (Zählungen etc.) hat sich in den letzten Jahren stetig verbessert, die neue Methodik soll dieser Entwicklung Rechnung tragen.
- **Einbezug der Belastbarkeiten:** Unter massgebendem Verkehr wird gemäss Definition nach SN 640 017a jene Verkehrsstärke verstanden, die der Beurteilung von Angebot und Nachfrage einer Verkehrsanlage unter Berücksichtigung der Belastbarkeiten zu Grund gelegt wird. In der bestehenden Norm zum massgebenden Verkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit bisher nicht einbezogen, stellt jedoch (bereits definitionsgemäss) eine wichtige Grundlage für die Festlegung des massgebenden Verkehrs dar.
- **Berücksichtigung aller Verkehrsmittel:** Es sollen auch Aussagen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs für den Fuss- und Veloverkehr ergänzt werden.

Um diese Anforderungen zu berücksichtigen, wurde das in Abb. 19 ersichtliche Ablaufschema entworfen.



Abb. 19 Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

Gemäss diesem Ablaufschema wird der massgebende Verkehr in vier Schritten bestimmt. In einem ersten Schritt werden die Ausgangslage und Ziele analysiert. Schritt 2 sieht die Bestimmung der Verkehrsnachfrage der einzelnen Verkehrsmittel anhand der verfügbaren Grundlagen vor. Für den MIV und den ÖV wird in Schritt 3 zusätzlich die Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da diese vergleichsweise gering ist. In Schritt 4 wird der massgebende Verkehr bestimmt. Beim MIV und ÖV erfolgt dies unter Berücksichtigung der Belastbarkeit. Der massgebende Verkehr dient anschliessend als Grundlage für den Entwurf bzw. die Beurteilung einer Verkehrsanlage.

Da die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit wiederum abhängig vom Entwurf sind, gibt es eine Rückkoppelung. So kann die Belastbarkeit beispielsweise durch die Gestaltung und das Geschwindigkeitsregime verändert werden. Je nach Dimensionierung bzw. Entwurf sind die beschriebenen Schritte somit erneut durchzuführen.

Gemäss der neu entworfenen Methodik sind somit einerseits die Verkehrsnachfrage und andererseits die Belastbarkeit die entscheidenden Grundlagen für die Festlegung des massgebenden Verkehrs. Nachfolgend wird die Herleitung der Methodik zur Bestimmung dieser beiden Grundlagen erläutert.

3.1 Herleitung Methodik Bestimmung Verkehrsnachfrage

Unter der Verkehrsnachfrage wird die bestehende oder zu erwartende (zukünftige) Verkehrsstärke verstanden, welche eine Verkehrsanlage benützt oder benützen möchte.

Die Verkehrsnachfrage wird im Normalfall auf Grundlage von stündlichen Verkehrsstärken festgelegt. Die Verkehrsstärken können dafür innerhalb einer Stunde beobachtet sein

oder aber auf dieses Intervall umgerechnet werden. Bei grossen Schwankungen in der Verkehrsstärke und bei hoher Empfindlichkeit der Verkehrsanlage für schwankende Verkehrsstärken und deren Auswirkungen, soll das Zeitintervall einer Messung oder einer Prognose kleiner als eine Stunde gewählt werden. Dabei gilt, je grösser die Schwankungen bzw. die Empfindlichkeit für diese, desto kleiner soll das Zeitintervall gewählt werden. Welche Zeiteinheit für die Beurteilung zweckmässig ist, wird in den Einzelnormen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit festgelegt. Bei der Festlegung des Zeitintervalls ist zwischen einer kurzzeitigen Überlastung (z.B. in der Spitzenviertelstunde) und Überkapazitäten ausserhalb der absoluten Spitze abzuwägen. Die Festlegung des Zeitintervalls ist ausserdem abhängig von der Projektstufe, für die der massgebende Verkehr bestimmt wird. So genügen auf Ebene der Vorstudie in der Regel stündliche Werte. Mit höherem Detaillierungsgrad der Planung können eher kürzere Zeitintervalle zweckdienlich sein.

Bei der Bestimmung der Verkehrsnachfrage ist zu überprüfen, ob die Verkehrsanlage in einem gesättigten Verkehrssystem liegt. Wenn sich das System an der Kapazitätsgrenze bewegt, zeigen Verkehrszählungen nicht die effektive Verkehrsnachfrage auf, sondern das vom System bewältigbare Verkehrsaufkommen. Es wird empfohlen, projektspezifisch zu entscheiden, wie mit solchen Effekten umgegangen werden soll. Mögliche Ansätze zur Bestimmung der effektiven Verkehrsnachfrage sind:

- Analyse der Verkehrsnachfrage im freien Zufluss ausserhalb des gesättigten Systems, wo davon ausgegangen wird, dass das Verkehrssystem die Verkehrsnachfrage vollumfänglich abwickeln kann. Allenfalls lassen sich der Verlauf der Ganglinien resp. Dauerkurven auf das gesättigte System relativ übertragen.
- Erhebung der Verkehrsdichte und/oder der vorhandenen Rückstaulängen der Zu- und Ablaufstrecken im gesättigten Netz und entsprechende Korrektur der Verkehrsnachfrage.
- Erzeugung eines Makrofundamentaldiagramms für das betrachtete Verkehrssystem mittels Mikrosimulationsmodell und Überlagerung mit realen Zählraten (Verkehrsstärke, Verkehrsdichte, Geschwindigkeiten). Aus der Überlagerung kann auf den Zustand des Verkehrssystems und die latente Verkehrsnachfrage geschlossen werden.

Weitere und detailliertere Hinweise zu diesen Ansätzen und zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage für überlastete Strassen werden in der sich im Abschluss befindlichen Forschungsarbeit SVI 2016/003 gegeben [1].

Es wird vorgeschlagen, bei der Festlegung der Verkehrsnachfrage abhängig von der Datenverfügbarkeit zwischen zwei Methoden zu unterscheiden. Wenn auf Dauerzählungen zurückgegriffen werden kann, wird empfohlen, die Verkehrsnachfrage anhand der Dauerkurve zu bestimmen. Wenn keine Dauerzählung verfügbar ist, wird angeraten, die Verkehrsnachfrage mittels temporären Zählungen abzuschätzen und durchschnittlichen Spitzenstunde zu bestimmen.

3.1.1 Bestimmung Spitzenstunde anhand DTV und Dauerkurve

In der bestehenden Norm VSS 40 016a wird der massgebende stündliche Verkehr aus dem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) ermittelt. Dafür kommen Ganglinientypen zum Einsatz, welche nach Verkehrsart bzw. -zweck differenziert sind. Somit erhielten die Anwender bisher Prozentangaben, welche angewendet auf den DTV-Wert die massgebliche stündliche Verkehrsnachfrage ergeben.

Es wird grundsätzlich empfohlen, an der bisherigen Praxis festzuhalten und die Verkehrsstärke aus dem Bereich zwischen der 30. und 100. Stunde der Dauerkurve situativ zu wählen. Aufgrund der mittlerweile verbesserten Datengrundlagen wird die Anwendung von Prozentangaben für bestimmten Ganglinientypen als nicht mehr notwendig erachtet. Es besteht ein relativ dichtes Netz an Dauerzählstellen, das für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage von MIV und ÖV genutzt werden kann.

Dabei können zwei Fälle unterschieden werden. Im ersten Fall ist die Dauerzählung direkt anwendbar, weil die Dauerzählung für die betrachtete Verkehrsanlage vorliegt und

somit die Verkehrsnachfrage direkt aus der Dauerkurve abgelesen werden kann. Im zweiten Fall ist nur der DTV der Verkehrsanlage verfügbar und in einem benachbarten Streckenabschnitt – dessen Verkehrsgeschehen als funktional vergleichbar eingeschätzt wird – steht eine Dauerzählung zur Verfügung. In diesem Fall wird analog der bestehenden Norm wie folgt vorgegangen: Aus der Dauerzählstelle wird die Dauerkurve in Prozent des DTV ausgewertet. Anschliessend kann ein Prozentwert zwischen der 30. und 100. Stunde ausgewählt werden und mit dem bekannten DTV-Wert der Verkehrsanlage multipliziert werden.

Bei der Auswertung der Dauerzählungen ist darauf zu achten, welche Verkehrsmittel durch die Zählstelle erhoben werden. Auf dem Hochleistungsstrassennetz verkehren nur MIV- und ÖV-Fahrzeuge, die Dauerkurven zeigen die Verkehrsstärke des MIV und ÖV. Auf dem übrigen Strassennetz wird auch der Veloverkehr durch Dauerzählungen erfasst (wenn der Veloverkehr auf der Fahrbahn geführt wird). Dabei entsteht eine gewisse Unschärfe, da der Veloverkehr oft nur teilweise erhoben wird. Sofern der Veloverkehr getrennt ausgewertet werden kann, ist dies entsprechend auszuführen. Andernfalls ist abzuschätzen, wie hoch der Veloverkehr ist. Bei geringen Veloverkehrsstärken kann dieser bei der Auswertung der Dauerzählstellen für den MIV und ÖV vernachlässigt werden. Andernfalls können die Veloverkehrsstärken anhand von Stichproben abgeschätzt und die Dauerzählungen entsprechend korrigiert werden, wenn die Verkehrsnachfrage des MIV- und ÖV ohne den Veloverkehr bestimmt werden soll.

Für den Fuss- und Veloverkehr liegen Dauerzählungen bedeutend weniger vor. In den letzten Jahren wurden – vor allem in einigen grösseren Städten – grössere Messstellennetze aufgebaut. Die Datenverfügbarkeit wird zukünftig weiter steigen. Es wird zunehmend möglich sein, die Verkehrsnachfrage auch für den Fuss- und Veloverkehr anhand des oben beschriebenen Vorgehens für Dauerzählungen zu bestimmen. Auch beim Fuss- und Veloverkehr wird empfohlen, den massgebenden Verkehr im Bereich der 30. bis 100. Stunde zu wählen.

3.1.2 Bestimmung durchschnittliche Spitzenstunde

Stehen keine Dauerzählstellen als Grundlage zur Verfügung, so wird die Verkehrsnachfrage für die durchschnittliche Spitzenstunde bestimmt. Beim MIV und ÖV, aber auch beim Fuss- und Veloverkehr wird empfohlen, die Verkehrsnachfrage anhand von (temporären) Zählungen zu bestimmen und gegebenenfalls spezifische Erhebungen durchzuführen. Somit kann sichergestellt werden, dass möglichst verlässliche Werte für die Verkehrsnachfrage in die gesamte Methodik zur Bestimmung des massgebenden Verkehrs einfließen.

Bei der Durchführung einer Erhebung ist darauf zu achten, dass eine verlässliche Stichprobengrösse erzielt wird. Dies kann bedeuten, dass die Zählung an mehreren Tagen durchgeführt werden sollte. Mögliche Streuungen in den erhobenen Werten sollten auf ihre Ursachen überprüft werden, da sonst die Mittelung der Erhebungswerte falsche Ergebnisse liefern kann. Wenn die Spitzenstunde im Tagesverlauf (auf Basis von Ortskenntnissen oder Zählungen im Umfeld der Anlage) nicht bekannt ist, wird empfohlen, den Erhebungszeitraum auszudehnen (Morgen- und Abendspitze jeweils mindestens 2 Stunden, allenfalls auch Mittagsspitze). Beim Fuss- und Veloverkehr ist ausserdem die grössere Witterungsabhängigkeit als beim MIV und ÖV zu beachten. Aus diesem Grund wird empfohlen, Erhebungen für den Fuss- und Veloverkehr nicht in der kalten Jahreszeit durchzuführen.

Wenn keine Angaben aus Zählungen genutzt werden können, wie beispielsweise beim Neubau von Verkehrsanlagen, können Verkehrsmodelldaten genutzt werden. Die Modellergebnisse müssen jedoch zwingend interpretiert und plausibilisiert werden. Dies gilt vor allem dann, wenn relativ kleinräumige Daten (z.B. Knotenströme) aus den Modellen entnommen werden. Falls lediglich Verkehrsstärken für den gesamten Tag bekannt sind (z.B. aus dem Verkehrsmodell), können die Ganglinien nach VSS 40 005b als Grundlage für die Umrechnung in Spitzenstundenwerte dienen.

3.1.3 Zukünftige Nachfrage

Um auch die zukünftige Verkehrsnachfrage abschätzen zu können, muss diese prognostiziert werden. Generell wird eine pauschale Hochrechnung der Verkehrsstärken unter Annahme eines jährlichen, prozentualen Verkehrswachstums oder die vereinfachte Fortschreibung des Trends der letzten Jahre als nicht empfehlenswert erachtet, da dies der Komplexität der Aufgabe nicht gerecht wird. Dies wird durch die Verkehrsentwicklung der letzten Jahre verdeutlicht. Während die Verkehrsbelastungen auf dem Hochleistungsstrassennetz und teilweise auch noch im ländlichen Raum zum Teil stark zunehmen, verzeichnen die Hauptverkehrsstrassen in den Städten und Agglomerationen teils eine Stagnation oder sogar Abnahmen, da die Verkehrssysteme in den Spitzenstunden an der Leistungsgrenze betrieben werden und Staueffekte auftreten, aber auch weil sich das Mobilitätsverhalten teilweise verändert. Ein weiteres Verkehrswachstum ist aufgrund der begrenzten Kapazitäten kaum mehr möglich. Grossflächig kann in ausgelasteten Netzen eine Verflachung oder zeitliche Verbreiterung der Spitzenbelastungen beobachtet werden. Eine isolierte Betrachtung der Nachfrageentwicklung ist deshalb nicht sinnvoll, vielmehr bestehen starke Wechselwirkungen mit dem Angebot. So zieht eine leistungsfähige Anlage Verkehr an, während potenzielle Nutzer einer stark ausgelasteten Anlage eher Alternativen in Betracht ziehen.

Es wird angeraten die Prognose unter Berücksichtigung folgender Aspekte vorzunehmen:

- **Netzentwicklung und Kapazitäten der umliegenden Netzelemente**
 - Wie stark ist das Verkehrsnetz im Umfeld der Verkehrsanlage ausgelastet?
 - Welche Knoten und Strecken sind leistungsbestimmend?
 - Gibt es noch Kapazitätsreserven?
 - Gibt es relevante Verkehrsprojekte im Umfeld der Verkehrsanlage mit Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage oder das Verkehrsangebot?
- **Bevölkerungs-/ Arbeitsplatzentwicklung**
 - Welche Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung wird prognostiziert?
 - Gibt es grössere Entwicklungsprojekte im Umfeld der Verkehrsanlage?
 - Wie wahrscheinlich ist die Realisierung dieser Projekte?
- **Politische und planerische Zielsetzungen**
 - Welche verkehrliche und städtebauliche Funktion soll die Verkehrsanlage in Zukunft übernehmen?
 - Welche Ansprüche an den Strassenraum bestehen heute und in Zukunft?
 - Wie soll sich das Umfeld in Zukunft entwickeln?

Als weitere, wichtige Grundlage können zudem Prognosen aus Verkehrsmodellen verwendet werden. Unter der Annahme des künftigen Verkehrsangebots, der Entwicklung der Bevölkerung und Beschäftigten sowie des (heutigen) Verkehrsverhaltens (z.B. Verkehrsmittelpräferenzen) berechnen die Verkehrsmodelle das Verkehrsaufkommen für Prognosezustände. Die Modellergebnisse müssen jedoch stets mit Bedacht interpretiert und verwendet werden. In der Regel kann aus den Modellen ein bestimmter Wert der Verkehrsnachfrage abgelesen werden (z.B. DTV = 16'850). Dabei handelt es sich um eine Punktschätzung der Zielgrösse, die mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet ist. Die Validität und die Konfidenzintervalle müssen beachtet werden. Modelle basieren zwangsweise auf einem vereinfachten Abbild der Wirklichkeit. Insbesondere die Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen ist schwierig. Während die Routenwahl in ausgelasteten Netzen gut abgebildet werden kann (zumindest für die Betrachtung einer Stunde), fehlen verlässliche, statistische Grundlagen für das Modellieren der Auswirkungen von Kapazitätsengpässen auf die Verkehrserzeugung, -verteilung und -mittelwahl. Zudem ist die Modellierung der Verkehrsabläufe an Knoten sehr schwierig. Diese sind jedoch häufig leistungsbestimmend.

Es wird empfohlen, bei Modellprognosen jeweils die absoluten oder relativen Differenzen zwischen dem Ist-Modellzustand und dem Prognosemodellzustand zu verwenden und nicht mit den absoluten Werten des Prognosemodellzustands zu arbeiten.

3.2 Herleitung Methodik Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit MIV und ÖV

Für den MIV und den ÖV wird die umfeldbedingte Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da deren Belastungen im Regelfall für das Umfeld vergleichsweise gering sind. In gewissen Fällen, beispielsweise entlang von Gewässern oder bei anderen wertvollen Naturräumen, können die umfeldbedingten Belastungen des Fuss- und Veloverkehr durchaus relevant werden und sind situationsspezifisch zu berücksichtigen.

Die umfeldbedingte Belastbarkeit bezieht sich immer auf einen Streckenquerschnitt (Summe beider Fahrtrichtungen). Bei einem Knoten sind deshalb immer die zuführenden Strassenquerschnitte zu betrachten.

Die Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit ist grundsätzlich sehr komplex und von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig. Die Bestimmung basiert einerseits auf gesetzlichen Grundlagen (z.B. für die Luft- und Lärmbelastungen) und andererseits auf weiteren Kriterien, die neben fachlichen Erkenntnissen auch auf politischen Absichten und Vorstellungen beruhen. Die Festlegung der Belastbarkeit hat in der Regel unter Einbezug der betroffenen Verkehrsteilnehmenden, Anstossenden und Entscheidungstragenden zu erfolgen.

Damit der Aspekt der Belastbarkeit dennoch vereinfacht bei der Bestimmung des massgebenden Verkehrs berücksichtigt werden kann, wurde ein vereinfachtes Verfahren für die Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit von Hauptverkehrs-, Verbindungs-, Sammel- und Erschliessungsstrassen im Innerortsbereich definiert. Die Herleitung dieses Verfahrens ist in Kapitel 3.2.1 aufgezeigt.

Für die detaillierte Abschätzung, auch für Hochleistungsstrassen und ausserörtliche Strassen, wurden aus der Literatur und den bestehenden Normen Beurteilungskriterien und Indikatoren zusammengetragen. Diese sind in Kapitel 0 aufgeführt.

3.2.1 Vereinfachte Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit

Das vereinfachte Verfahren zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit ist anwendbar auf allen innerörtlichen Strassentypen (Haupt-, Verbindungs-, Quartiersammel- und Quartierserschliessungsstrasse). Nicht verwendet werden kann das Verfahren bei Hochleistungsstrassen und im Ausserortsbereich. Hier muss eine detaillierte Abschätzung erfolgen, da die Bandbreite der konkreten Anwendungsfälle sehr gross ist und daher eine Verallgemeinerung, wie es im vereinfachten Verfahren angewendet wird, nicht zielführend ist.

Die Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit für die geeigneten Strassentypen basiert zum einen auf Werten, welche in den gültigen VSS-Normen festgeschrieben sind. Da in den VSS-Normen nicht für alle Strassentypen bereits Belastbarkeitswerte angegeben sind, muss zusätzlich eine Herleitung von Belastbarkeiten erfolgen. Nach dem Literaturstudium zeigte sich, dass es keine anwendbare und aktuelle Methodik gibt, welche sich für diese Herleitung adaptieren liesse. Daher erfolgt die Herleitung ausgehend von den bestehenden Lärmgrenzwerten in der Schweiz. Dieses Vorgehen wurde gewählt, weil bei der Berechnung der Lärmimmissionen auf quantifizierbare Grundlagen zurückgegriffen werden kann.

In Tab. 2 sind die gültigen Lärmgrenzwerte zu den entsprechenden Empfindlichkeitsstufen gezeigt.

Tab. 2 Lärmgrenzwerte gemäss Lärmschutz-Verordnung (LSV)

Empfindlichkeitsstufe	Nutzung	Planungswert (PW) Tag, in dB(A)	Immissionsgrenzwert (IGW) Tag, in dB(A)	Alarmwert (AW) Tag, in dB(A)
I	Erholung	50	55	65
II	Wohnen	55	60	70
III	Wohnen/ Gewerbe	60	65	70
IV	Industrie	65	70	75

Die Herleitung der Belastbarkeit setzt bei den Immissionsgrenzwerten (IGW) der Empfindlichkeitsstufen II, III und IV an. Bewusst wurden die Grenzwerte für den Tag gewählt, da angenommen wurde, dass die Spitzenstunden nicht in der Nacht auftreten. Es wurden nicht die Planungswerte verwendet, da bei einem Grossteil der Projekte Gebäude im Bestand durch den Verkehrslärm betroffen sind.

Ausgehend von den Immissionsgrenzwerten kann von der Lärmberechnung auf ein maximal möglicher durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) zurückgerechnet werden. Unter der Annahme, dass die Spitzenstunde zumeist in etwa 10% der DTV beträgt, die Anzahl Fahrzeuge pro Spitzenstunde abgeschätzt werden, welche unter Einhaltung des Lärmgrenzwertes verkehren können. Diese kann als Annäherung an die umweltbedingte Belastbarkeit eines Strassenabschnitts interpretiert werden.

Bei der Lärmberechnung kommen verschiedene Faktoren zum Tragen. Die wesentlichen sind:

- Abstand von Fassade zur Strassenmitte
- LKW-Anteil
- signalisierte Geschwindigkeit
- Randbebauung

Um nun konkrete Belastbarkeitswerte zu erhalten, wurden fiktive Beispiele mit unterschiedlich ausgeprägten Faktoren definiert. Dabei wurden vier unterschiedliche Strassenbreiten betrachtet, wovon sich zwei annähernd eher ländlichen Gebieten und die zwei weiteren eher den städtischen Bereichen zuordnen lassen. Die Strassenbreiten wurden mit den in der Rast06 angegebenen Strassentypen abgeglichen. So ergaben sich für die ländlichen Gebiete Strassenbreiten von 14 und 20 Metern von Fassade zu Fassade und für die grosszügigen städtischen Bereiche von 30 und 40 Metern. Die weiteren angenommenen Werte der Faktoren sind in **Tab. 3** zusammengefasst.

Tab. 3 Angenommene Werte für die fiktiven Beispiele zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit

	LKW-Anteil	Signalisierte Geschwindigkeit	Randbebauung
Berücksichtigte Werte	1.5%	30 km/h	Lockere Bebauung
	3.0%	50 km/h	Lockere Bebauung, hohe Stockwerkzahl
	6.0%	60 km/h	Geschlossene Bebauung, niedrige Stockwerkzahl
	12.0%		Geschlossene Bebauung, hohe Stockwerkzahl

Die einzelnen Werte wurden untereinander kombiniert, um mögliche Minima und Maxima herauszufinden. So ergibt sich bei der Kombination der Werte aus der ersten Zeile entsprechend ein Minima, wenn nur ein geringer LKW-Anteil, eine niedrige Geschwindigkeit und eine lockere Bebauung angenommen wird (geringer bzw. kein Reflexionszuschlag). Eine sehr geringe Belastbarkeit, also ein Minima, ergibt sich dagegen bei der Annahme von hoher LKW-Belegung und Geschwindigkeit sowie einer sehr dichten und hohen Bebauung. Zur Verdeutlichung ist in Tab. 4 beispielhaft dargestellt, wie die Faktoren für die Strassenraumbreite von 30 Metern mit einander kombiniert wurden.

Tab. 4 Beispiel der Kombination von Faktoren zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit

				DTV für die Empfindlichkeitsstufe II (Wohnen) bei einem IGW von 60 dB(A) am Tag	
Strassenraumbreite	LW-Anteil	Geschwindigkeit	Bebauung		10% DTV
30 m	1.50%	30 km/h	Lockere Bebauung	11'000	1'100
30 m	3%	30 km/h	Lockere Bebauung, hohe Stockwerkzahl	7'300	730
30 m	6%	50 km/h	Geschlossene Bebauung, niedrige Stockwerkzahl	2'900	290
30 m	12%	60 km/h	Geschlossene Bebauung, hohe Stockwerkzahl	1'460	146

Hierbei zeigt sich deutlich, wie stark die Belastbarkeitswerte schwanken können, je nach Annahme der Faktoren. Nun bestand die Herausforderung darin, aus den fiktiven Beispielwerten allgemein gültige Belastbarkeitswerte abzuleiten. Ziel war es, eine möglichst übersichtliche Darstellung zu finden, welche es den Anwendern erlaubt, die Belastbarkeit für den zu untersuchenden Strassenabschnitt möglichst einfach zu bestimmen. Aus den fiktiven Beispielen heraus bot sich eine Unterteilung in zwei Situationstypen an: ländliches Gebiet und regionales Zentrum/ Stadt. Ebenfalls aus den Beispielrechnungen ergab sich die Unterteilung der Nutzungen, welche sich an die drei betrachteten Empfindlichkeitsklassen anlehnt. Schliesslich folgt die Unterteilung nach Strassentypen, um die Belastbarkeitswerte aus den vorhandenen Normen angemessen berücksichtigen zu können. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist Tab. 5 gezeigt.

Tab. 5 Grobe Richtwerte für die umfeldbedingte Belastbarkeit des MIV und ÖV
(Fahrzeuge pro Stunde im Querschnitt)

Situations- typ	Nutzung	HVS & VS	Haupt- sammel- strasse	Quartier- sammel- strasse	Quartier- erschlies- sungsstr.
ländliches Gebiet	Wohnen	500 - 900	500 - 800	300 - 500	100 - 150
	Wohnen/ Gewerbe	600 - 1200			
	Industrie	800 - 1500			
regionales / städtisches Zentrum	Wohnen	700 - 1100	600 - 900	400 - 600	150 - 200
	Wohnen/ Gewerbe	900 - 1500			
	Industrie	1000 - 1900			

Die Belastbarkeitswerte für Haupt-, Quartiersammel- und Quartiererschliessungsstrassen wurden mit den Normen VSS 40 044 und VSS 40 045 abgeglichen. Die Werte für die Hauptverkehrs- und Verbindungsstrassen sind den Beispielrechnungen aus der Lärmbeurteilung entnommen. So entspricht zum Beispiel der Belastbarkeitswert von 1100 Fahrzeugen pro Stunde für Wohnnutzungen in einer Stadt dem Maxima aus Tab. 4. Dieser zeigte sich als plausible Obergrenze für die Nutzung und den Situationstyp. Analog wurde bei der Bestimmung der anderen Maxima und der Minima verfahren.

Die Angabe von Bandbreiten bei der Belastbarkeit erfolgt, um den Anwendern die Rolle der verschiedenen Einflussfaktoren zu verdeutlichen. So können sie direkten Einfluss in der Planung auf die mögliche Belastbarkeit nehmen, indem sie Anpassungen beim LKW-Anteil, der Höchstgeschwindigkeit und bedingt auch bei der Strassenraumbreite vornehmen. Darüber hinaus gibt es weitere Faktoren, welche die Belastbarkeit eines Strassenabschnittes positiv oder negativ beeinflussen können und entsprechend berücksichtigt werden sollten. Dazu zählen unter anderem die Art der Führung des Veloverkehrs und die Gestaltung der Strasse. Eine ansprechende Gestaltung und der Einsatz von Grünelementen können die Belastbarkeit ebenfalls erhöhen [3].

3.2.2 Detaillierte Abschätzung

Für die detaillierte Abschätzung wurden mögliche Beurteilungskriterien und Indikatoren aus der Forschungsarbeit SVI 2004/058 [28] und den bestehenden Normen zusammengetragen, die als Grundlage für die Abschätzung der Belastbarkeit verwendet werden können. Es wird empfohlen, die umfeldbedingte Belastbarkeit anhand der Immissionsgrenzwerte für die Lärm- und Luftbelastung im konkreten Einzelfall zu berechnen. Die Immissionsgrenzwerte sind in der Lärmschutzverordnung (LSV) bzw. Luftreinhalteverordnung (LRV) des Bundes definiert. Um die Lärmbelastung abzuschätzen, stehen verschiedene Berechnungsverfahren und –modelle zur Verfügung. Detaillierte Hinweise zur Berechnung der Lärmbelastung können dem Leitfaden Strassenlärm (BAFU-Vollzugshilfe für die Sanierung, Stand 2006) entnommen werden. Die Berechnung der Luftbelastung erfolgt anhand des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA), das im Auftrag der Umweltbundesländer von Deutschland, der Schweiz und Österreich entwickelt wurde. Für den Innerortsbereich soll anschliessend geprüft werden, ob die ermittelte umfeldbedingte Belastbarkeit aufgrund eines anderen Kriteriums noch weiter zu reduzieren ist. In **Tab. 6** sind mögliche Kriterien sowie entsprechende Indikatoren und Messgrössen angegeben.

Tab. 6 Mögliche Kriterien zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit, neben der Lärm- und Luftimmissionsgrenzwerte (Quelle: SN 640 017a, VSS 40 210 und Forschungsprojekt SVI 2004/058)

Beurteilungskriterien	Indikatoren	Messgrössen
Lärmbelastung	Lärmbelastung Seitenbereiche	Akustische Raumqualität (qualitative Einschätzung, umfasst nicht nur Lärm-pegel, sondern auch qualitative Aspekte wie Art und Reichhaltigkeit der Klänge und Geräusche, z.B. können die Hörbarkeit von fliessendem Wasser oder Vogelgezwitscher die akustische Raumqualität verbessern)
Belastung durch Erschütterungen	Erschütterungen	Erschütterungen durch Schwerverkehr
Umfeldnutzung und Bezug zur Strasse	Erlebniswerte (Empfindlichkeit der baulichen Nutzung)	Bezug der Gebäude zum Strassenraum, Art der Nutzung
	Grünelemente	Fläche bzw. Anzahl Bäume je Streckenabschnitt
	Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums	Aufenthaltsverhalten
Trennwirkung	Querungsbedürfnis	Querungsfrequenzen
	Umwege für den Fussverkehr	Distanz zwischen den Querungshilfen, Anteil wild querender Zu Fuss Gehender
	Anhaltebereitschaft	Anteil Fahrzeuglenkende, die Zu Fuss Gehende am FGS den Vortritt gewähren
Strassenraumgestaltung	Flächenaufteilung im Querschnitt	Verhältnis Fahrbahnbreite zu Seitenbereichen
	Strassenverlauf, Erscheinungsbild	Trassierungselemente und Erscheinungsbild des Strassenabschnitts
Attraktivität Handel und Gewerbe	Nutzung	Zufriedenheit Handel und Gewerbe
	Leerstand	Leerstandsquote von Gewerberäumen

4 Wirkungsanalyse

Im Rahmen der Wirkungsanalyse wurde der Entwurf der Methodik zur Festlegung des massgebenden Verkehrs einerseits modellhaft mittels konkreter Fallbeispiele und andererseits anhand verschiedener Modellszenarien untersucht. Nachfolgend sind die Erkenntnisse aus diesen Analysen beschrieben.

4.1 Fallbeispiele

Das Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs wurde beispielhaft anhand zweier konkreter Fallbeispiele durchgespielt:

- Fallbeispiel 1: Winterthur, Zürcherstrasse
- Fallbeispiel 2: Rheinfelden, Autobahnanschluss Rheinfelden Ost

Nachfolgend werden die beiden Fallbeispiele beschrieben.

4.1.1 Fallbeispiel 1: Winterthur, Zürcherstrasse

Die Zürcherstrasse ist eine innerörtliche Hauptverkehrsstrasse. Aus Richtung Zürich stellt sie die zentrale Einfallsachse in die Innenstadt Winterthurs dar. Der untersuchte Abschnitt ist rund 400 m lang und liegt am östlichen Ende der Strasse in der Innenstadt, zwischen dem Knoten Neuwiesenstrasse und der SBB-Unterführung (vgl. rot markierter Kreis in Abb. 20).

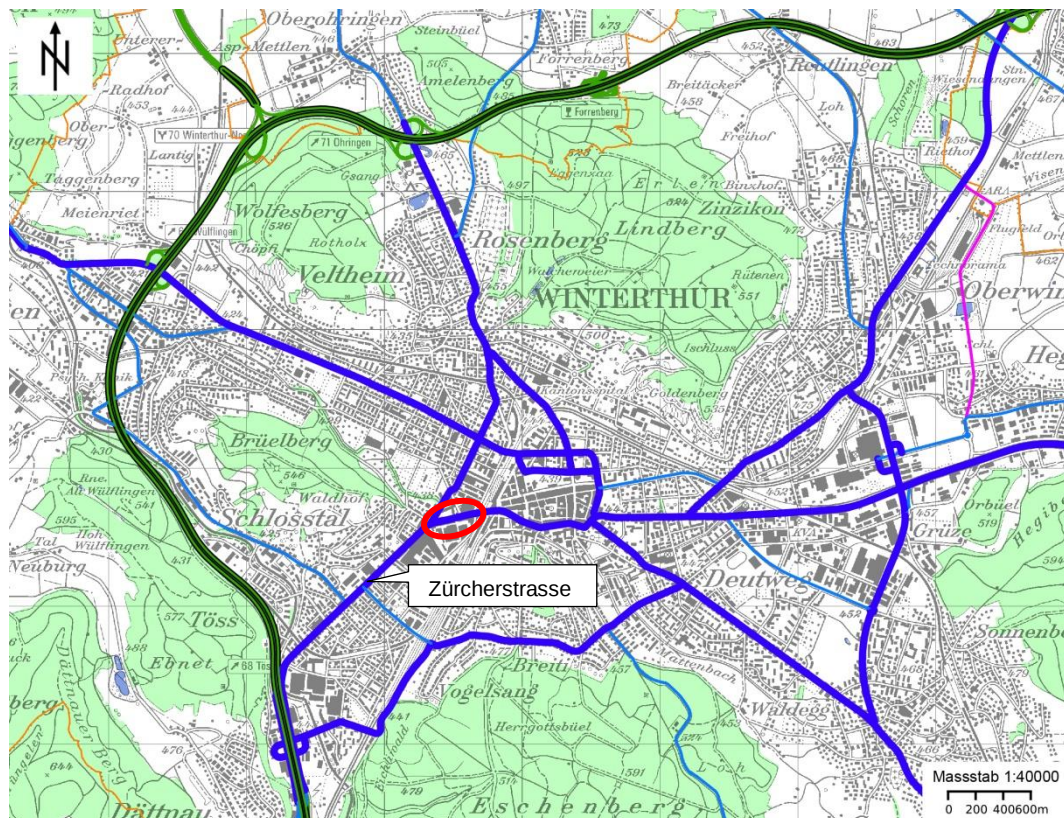


Abb. 20 Lage der Zürcherstrasse in Winterthur, Perimeter des Fallbeispiels rot markiert, Quelle: map.zh.ch mit eigener Bearbeitung

Schritt 1: Analyse Ausgangslage und Ziele

Projektauftrag und Planungsprozess

Der Projektauftrag lautet den massgebenden Verkehr für den Querschnitt der Zürcherstrasse im Abschnitt zwischen den Knoten Neuwiesenstrasse und der SBB-Unterführung zu bestimmen. Dabei sollen alle Verkehrsmittel betrachtet werden.

Verkehrsanlage

In Abb. 21 ist ein Luftbild der betrachteten Verkehrsanlage ersichtlich.

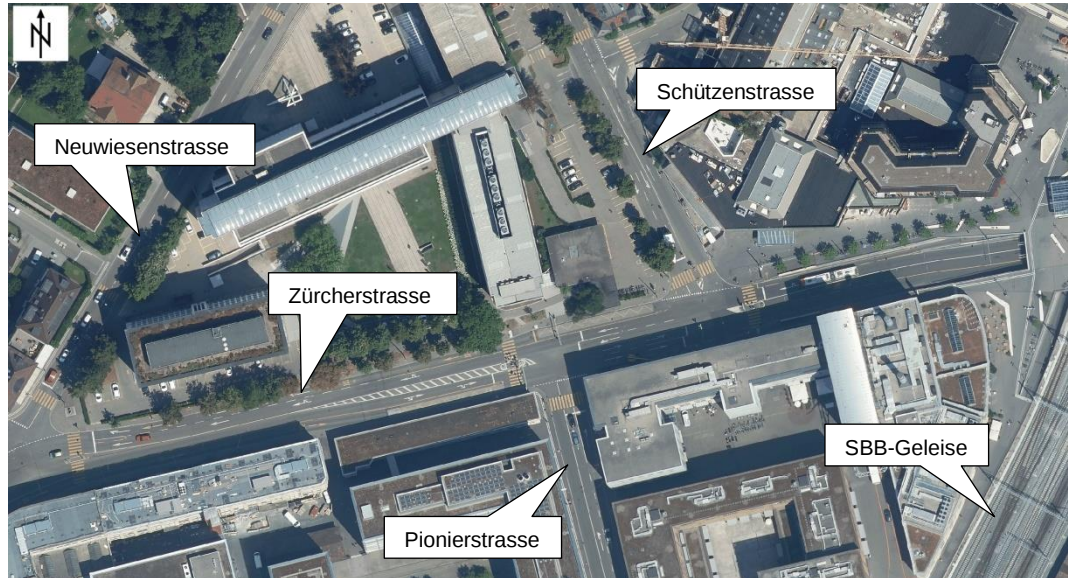


Abb. 21 Luftbild der Zürcherstrasse, Winterthur vom Knoten Neuwiesenstrasse (linker Bildrand) bis SBB-Unterführung (rechter Bildrand). Quelle: maps.zh.ch mit eigener Bearbeitung (Strassennamen)

Im Abschnitt zwischen Neuwiesen- und Pionierstrasse gibt es pro Richtung jeweils eine Fahrspur für den MIV und eine separate Busspur. Im kurzen Abschnitt zwischen Pionier- und Schützenstrasse besteht die Busspur nur in Richtung Töss (bzw. Richtung links auf der Abb. 21). Für die Linksabbieger in die Pionierstrasse und Schützenstrasse steht jeweils eine separate Abbiegespur zur Verfügung. Zwischen der Schützenstrasse und SBB-Unterführung gibt es stadteinwärts eine mittig angelegte Busspur für den ÖV und eine separate Fahrspur für den MIV. Stadtauswärts verkehren der MIV und ÖV auf einer gemeinsam genutzten Fahrspur.

Der Veloverkehr wird abwechselungsweise entweder auf einem Velostreifen oder auf der Busspur im Mischverkehr mit dem ÖV geführt. Zur Querung der SBB-Geleise steht in beide Richtungen ein separater Radweg parallel zur Unterführung des MIV/ÖV zur Verfügung.

Für den Fussverkehr gibt es ein beidseitiges Trottoir. Die Fussgängerübergänge sind lichtsignalgeregt.

Gemäss den kommunalen Richtplänen für die einzelnen Verkehrsmittel lässt sich die Funktion der Zürcherstrasse ablesen. Sie weist für den MIV als kantonale Hauptverkehrsstrasse (HVS) eine wichtige Verbindungsfunktion auf. Für den ÖV ist die Zürcherstrasse eine zentrale Busachse. Für den Veloverkehr ist im Perimeter durch eine übergeordnete Festlegung eine Radroute geplant. Für den Fussverkehr stellt die Zürcherstrasse im Perimeter eine wichtige Infrastruktur zur Erschliessung der zahlreichen Arbeitsplätze und des Hochschulstandorts auf dem Sulzerareal dar. Ein übergeordneter

kommunaler Fuss- oder Wanderweg führt indes nicht über die Zürcherstrasse in diesem Perimeter, sondern wird parallel über das Sulzerareal geführt.

Umliegende Nutzungen

Das umliegende Gebiet ist in der Richtplanung als Zentrumszone ausgewiesen. Das Sulzerareal südlich der Zürcherstrasse ist ein bedeutender Verwaltungsstandort, welcher ergänzt ist mit weiteren Nutzungen im Dienstleistungssektor. Ebenfalls auf dem Sulzerareal befindet sich ein Campus der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Nördlich an die Zürcherstrasse anschliessend befindet sich ein Bürokomplex mit weiteren Arbeitsplätzen. Im Bereich des Kesselhausplatzes in direkter Umgebung der SBB-Geleise befindet sich das Einkaufszentrum Neuwiesen. Die angrenzende Bebauung ist in Blockrandart erstellt.

Zielsetzungen

Zu den Zielsetzung macht das städtische Gesamtverkehrskonzept (sGVK) der Stadt Winterthur Aussagen. So werde angestrebt, einen Anstieg der Gesamtleistungsfähigkeit des Verkehrssystems bei gleichzeitiger Erhöhung der Transporteffizienz zu erreichen [29]. Sie soll durch die Einrichtung von sogenannten ÖV-Hochleistungskorridoren erreicht werden, welche gleichzeitig als sogenannte Urban Boulevards ausgestaltet werden sollen. Ziel ist es, den MIV-Anteil am Verkehrsaufkommen von heute 40% auf 32% im Jahr 2025 zugunsten des öffentlichen Verkehrs sowie des Fuss- und Radverkehrs zu senken [29].

Die Zürcherstrasse ist einer dieser vorgesehenen ÖV-Hochleistungskorridore und gehört zur ersten Priorität, welche in der 1. Etappe umgesetzt werden soll.

Obwohl die übergeordneten Fuss- und Veloverkehre gemäss Richtplanung über andere Korridore in der Umgebung geführt werden sollen, ist die Zürcherstrasse auch für den Fuss- und Veloverkehr eine bedeutende Verbindung. Für den Veloverkehr wird dem Rechnung getragen, in dem eine neue Nebenverbindung auf der Zürcherstrasse geplant ist. Sie stellt schliesslich für den Veloverkehr aus Richtung Töss die direkteste Verbindung zur Winterthurer Innenstadt und dem Bahnhof her. Für den Fussverkehr übernimmt die Zürcherstrasse in Zukunft vor allem Funktionen im Quell- und Zielverkehr aufgrund der vielen Arbeitsplätze im Umfeld. Für beide Verkehrsmittel werden neben der Nutzbarkeit längs der Zürcherstrasse auch die Querungsmöglichkeiten wichtig sein.

Schritt 2: Bestimmung Verkehrsnachfrage

Die Verkehrsnachfrage von MIV und ÖV in der Zürcherstrasse wurde auf Basis von Detektordaten aus dem April 2014 bestimmt. Ergänzend wurden an mehreren Tagen zur Spitzenstunde temporäre Zählungen durchgeführt, um Ungenauigkeiten und/ oder Unschärfen aus den Detektordaten zu korrigieren. Anschliessend wurden die Ergebnisse auf das Jahr hochgerechnet. Die Auswertungen erfolgten im Rahmen der Erarbeitung des Steuerungs- und Dosierungskonzepts der Stadt Winterthur. Die ermittelte Verkehrsnachfrage ist in **Tab. 7** dargestellt.

Tab. 7 Übersicht der Verkehrsnachfrage MIV und ÖV in der Zürcherstrasse

Abschnitt	Verkehrsnachfrage 2014 (Querschnitt, Abendspitzenstunde)
Knoten Neuwiesenstrasse – Knoten Pionierstrasse	965 Fahrzeuge
Knoten Pionierstrasse – Knoten Schützenstrasse	1'255 Fahrzeuge
Knoten Schützenstrasse – SBB-Unterführung	1'625 Fahrzeuge

Bei der Bestimmung der zukünftigen Verkehrsnachfrage durch MIV und ÖV zeigte sich, dass gemäss des Steuerungs- und Dosierungskonzepts die Zürcherstrasse bzw. das Verkehrsnetz in diesem Bereich bereits ihre Kapazitätsgrenze erreicht hat. Da somit kei-

ne Nachfragezunahme möglich (und politisch erwünscht) ist, fliesst die aktuell bestimmte Verkehrsnachfrage von MIV und ÖV folgend in die weitere Betrachtung ein.

Für die Verkehrsnachfragen des Velo- und Fussverkehrs wird auf temporäre Zählungen zurückgegriffen, welche im Rahmen des Steuerungs- und Dosierungskonzepts auf der Achse durchgeführt wurden. Die Verkehrsnachfragen sind in der folgenden **Tab. 8** aufzeigt.

Tab. 8 Übersicht der Verkehrsnachfrage Fuss- und Veloverkehr in der Zürcherstrasse

Abschnitt	Verkehrsnachfrage Fussverkehr 2014 (Querschnitt, Abendspitzenstunde)	Verkehrsnachfrage Veloverkehr 2014 (Querschnitt, Abendspitzenstunde)
Knoten Neuwiesenstrasse – Knoten Pionierstrasse	200 Personen	195 Velofahrende
Knoten Pionierstrasse – Knoten Schützenstrasse	200 Personen	195 Velofahrende
Knoten Schützenstrasse – SBB-Unterführung	250 Personen	230 Velofahrende

Schritt 3: Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit durch MIV und ÖV

In diesem Schritt wird die vereinfachte Methodik zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit durch MIV und ÖV angewendet. Auf Basis der *Tab. 5* wird der grobe Richtwert für die Grundbelastbarkeit abgelesen. Wie bereits in den vorherigen Schritten analysiert, handelt es sich bei Winterthur um ein städtisches Zentrum. Die Zürcherstrasse liegt im Zentrumsbereich und ist eine Hauptverkehrsstrasse. Die umliegenden Nutzungen fallen in die Kategorie «Wohnen/ Gewerbe». Somit ergibt sich ein Bereich von 900 bis 1500 Fahrzeugen in der Spitzenstunde im Querschnitt in dem die umfeldbedingte Belastbarkeit durch MIV und ÖV liegt.

Um einen Wert im genannten Streubereich zu wählen, wurden die verschiedenen Einflussfaktoren näher betrachtet:

- **Gefahrene Geschwindigkeit**
Die signalisierte Geschwindigkeit im gesamten Perimeter beträgt 50 km/h. Es wird eine gefahrene Geschwindigkeit von etwa 30 bis 40 km/h auf Basis der aktuellen Ausgestaltung der Strasse abgeschätzt, in den Spitzenstunden dürfte dieser Wert noch tiefer liegen. Daher empfiehlt sich eher eine Belastbarkeit im oberen mittleren Streubereich.
- **Schwerverkehrsanteil**
Der Schwerverkehrsanteil liegt im gesamten Perimeter mit 3 bis 4% eher niedrig. Daher empfiehlt sich auf dieser Basis die Annahme einer umfeldbedingten Belastbarkeit im mittleren bis oberen Bereich.
- **Strassenraumaufteilung**
Im westlichen Teil der Zürcherstrasse dominieren Fahrbahnen und Parkplatzflächen den Raum zwischen der Randbebauung, daher ist in diesem Abschnitt zwischen Neuwiesen- und Schützenstrasse eher eine Belastbarkeit zwischen dem Mittelwert und der unteren Grenze anzunehmen. Im östlich anschliessenden Abschnitt dagegen ist ein breiter Bereich zwischen den Fassaden den Fussgängern vorbehalten und somit ist hier aufgrund der gleichmässigen Aufteilung der Fläche von einer Belastbarkeit zwischen dem Mittelwert und der oberen Grenze auszugehen.
- **Art der Randbebauung**
Die Blockrandbebauung in der Zürcherstrasse führt zu einer unter diesem Gesichtspunkt betrachteten Belastbarkeit, die zwischen dem Mittelwert und dem unteren Grenzwert liegt.
- **Gestaltung und Grün**
Grün und gestalterische Elemente sind im gesamten Perimeter der Zürcherstrasse vorhanden. Stark prägend sind diese jedoch nicht. Nur im östlichen Abschnitt, wo auch die Strassenraumaufteilung zugunsten des Fussverkehrs positiver ausfällt, prägen Grün und gestalterische Elemente den Strassenraum mehr. In diesem Abschnitt kann aufgrund dessen ein Belastbarkeitswert gewählt werden, der über dem Mittel-

wert liegt. Im westlichen Abschnitt empfiehlt sich eine Belastbarkeit im Bereich des Mittelwerts.

Aufgrund der teils unterschiedlichen Ausprägung der Einflussfaktoren wird die Belastbarkeit für den westlichen Abschnitt zwischen Neuwiesen- und Schützenstrasse, sowie für den östlichen Abschnitt zwischen Schützenstrasse und SBB-Unterführung unterschiedlich abgeschätzt:

- **Abschnitt Neuwiesenstr. – Schützenstrasse**

In diesem Abschnitt ist aufgrund der Beurteilung der Einflussfaktoren Strassenraumaufteilung und Randbebauung eine Belastbarkeit unterhalb des Mittelwerts empfohlen. Der relativ tiefe Schwerverkehr hat einen positiven Einfluss. Im Zusammenspiel aller Einflussfaktoren wird die Belastbarkeit dieses Abschnitts auf rund 1100 Fahrzeuge pro Spitzenstunde abgeschätzt.

- **Abschnitt Schützenstr. - SBB-Unterführung**

Im zweiten Teil der Zürcherstrasse empfehlen neben der Beurteilung des Einflussfaktors Schwerverkehr auch noch die Faktoren Strassenraumaufteilung und Gestaltung und Grün eine Belastbarkeit oberhalb des Mittelwerts. Einzig die Randbebauung wurde so beurteilt, dass eine Belastbarkeit unterhalb des Mittelwerts gewählt werden sollte. Unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren wird für den östlichen Abschnitt der Zürcherstrasse eine Belastbarkeit von rund 1300 Fahrzeugen pro Spitzenstunde abgeschätzt. Der Einfluss der Blockrandbebauung wurde dabei etwas stärker gewichtet und die Gestaltung und Grünaufprägung in diesem Abschnitt wurden nicht als so stark belastbarkeitserhöhend eingestuft.

Schritt 4: Beurteilung und Festlegung massgebender Verkehr

Auf Basis der Verkehrsnachfrage und der vereinfacht abgeschätzten Belastbarkeit kann nun der massgebende Verkehr bestimmt werden. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die ermittelte Verkehrsnachfrage als massgebender Verkehr bestimmt. Es ergeben sich die in **Tab. 8**gezeigten Werte.

Beim MIV und ÖV werden die Werte aus der vereinfachten Abschätzung der umfeldbedingte Belastbarkeit und die Verkehrsnachfrage herangezogen und in **Abb. 22** gegenübergestellt.

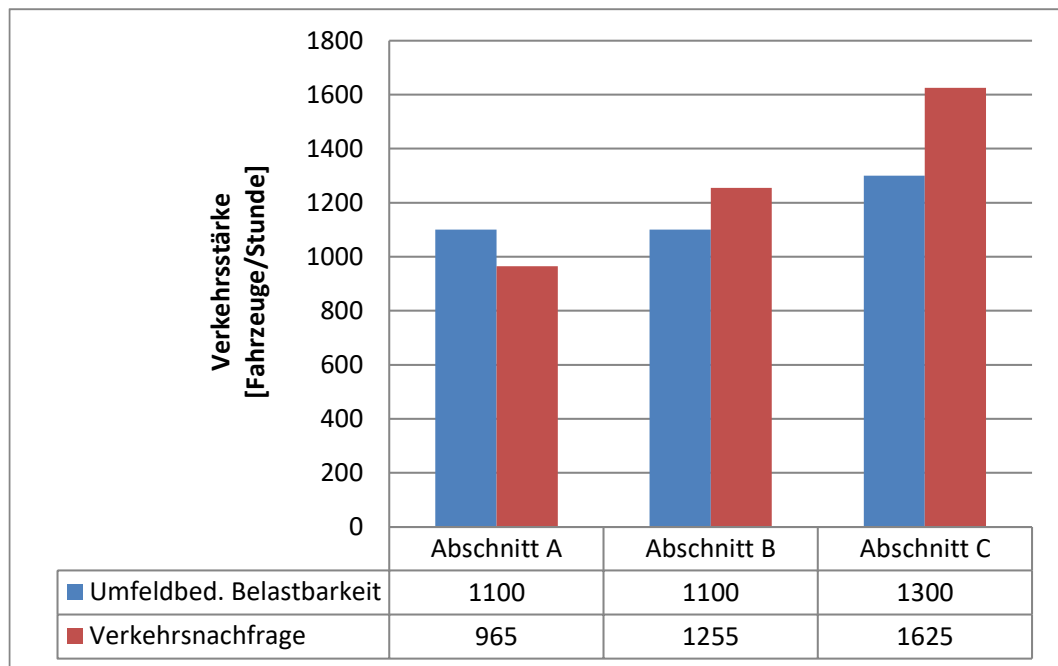


Abb. 22 Gegenüberstellung der Verkehrsnachfrage und der abgeschätzten, umfeldbedingte Belastbarkeit nach vereinfachtem Verfahren

Im westlichen Teil der Zürcherstrasse zwischen Neuwiesen- und Pionierstrasse (Abschnitt A) liegt die Verkehrsnachfrage unterhalb der abgeschätzten umfeldbedingten Belastbarkeit. Hier wird die Verkehrsnachfrage als massgebender Verkehr gewählt. Im östlichen Teil (Abschnitt B und C) übersteigt die Verkehrsnachfrage die abgeschätzte Belastbarkeit um ca. 150-300 Fahrzeuge in der Spitzenstunde. Aufgrund der relativ geringen Überschreitung und der Bedeutung des Abschnittes für das Netz, wird auch hier die Verkehrsnachfrage als massgebender Verkehr bestimmt. Die Abschätzung der Belastbarkeit hat jedoch aufgezeigt, dass sich die Verkehrsnachfrage im Grenzbereich der Verträglichkeit bewegt, weshalb entsprechende Massnahmen empfohlen werden (z.B. Erhöhung der Belastbarkeit und Stabilisierung bzw. Reduktion der Verkehrsnachfrage mittels Verkehrsmanagement).

4.1.2 Fallbeispiel 2: Rheinfelden, Autobahnanschluss

Als zweites Fallbeispiel wurde der Autobahnanschluss Rheinfelden gewählt. Diesem schliesst sich die Riburgerstrasse an, welche die Verbindung zwischen der Autobahn A3 und Rheinfelden herstellt. Der untersuchte Strassenabschnitt der Riburgerstrasse ist rund 1 km lang und liegt zwischen den Knoten mit der Dr. Max-Wütherich-Strasse und der Zürcherstrasse.

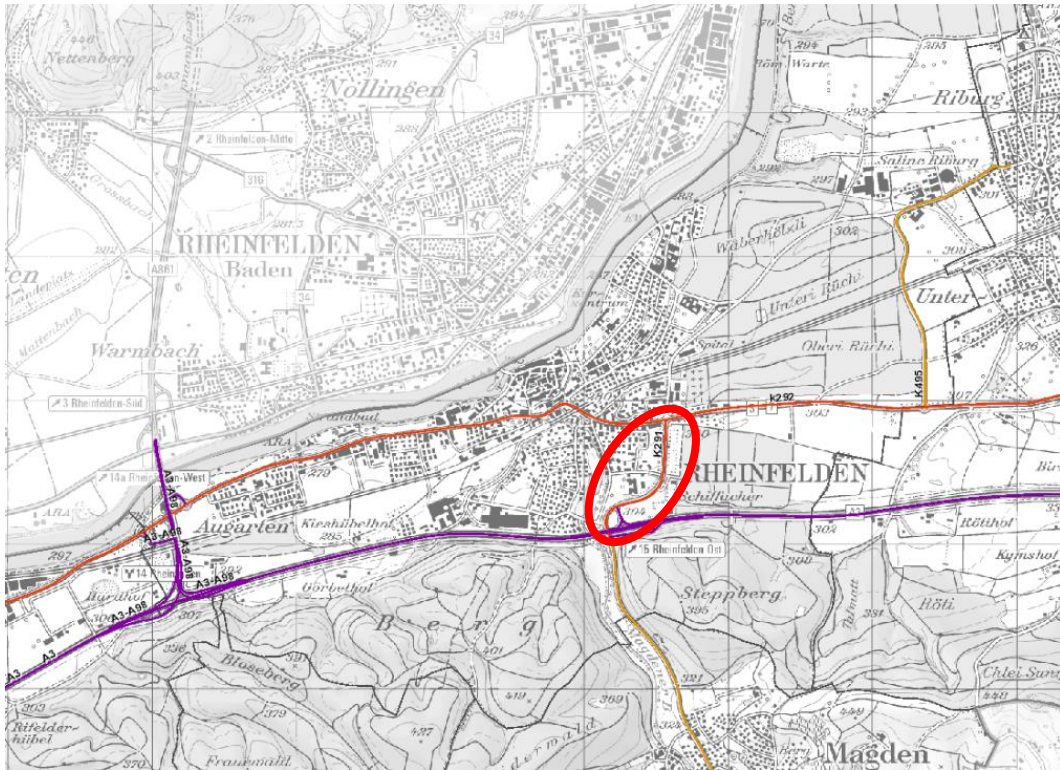


Abb. 23 Ausschnitt aus dem Kantons- und Nationalstrassennetz im Bereich Rheinfelden (Riburgerstrasse markiert), Quelle: ag.ch/agis

Schritt 1: Analyse Ausgangslage und Ziele

Projektauftrag und Planungsprozess

Der Projektauftrag ist es, den massgebenden Verkehr des MIV und ÖV für den genannten Abschnitt der Riburgerstrasse zu bestimmen.

Verkehrsanlage

Wie in Abb. 23 ersichtlich ist, erfüllt die Riburgerstrasse aus grösserer Netzsicht zwei verkehrliche Aufgaben. Zum einen soll sie vom MIV genutzt werden, um das Zentrum Rheinfeldens über die Autobahn A3 zu umfahren. Zum anderen stellt sie die Verbindung zwischen dem Zentrum und der Autobahn A3 für den Quell- und Zielverkehr dar.

Bei kleinteiligerer Betrachtung zeigen sich weitere Funktionen, welche die Riburgerstrasse übernimmt. So hat sie die Erschliessungsfunktion für die östlich gelegenen Freizeitanlagen inne und erschliesst das westlich gelegene Wohnquartier. Ausserdem wird das Berufsbildungszentrums (BZF) in der Engerfeldstrasse über die Riburgerstrasse regional angeschlossen.



Abb. 24 Luftbild der Riburgerstrasse, Rheinfelden vom Knoten Dr. Max-Wütherich-Strasse (unten) bis zum Knoten Zürcherstrasse (oben), Quelle: map.geo.admin.ch mit eigener Bearbeitung (Strassennamen)

Die Riburgerstrasse ist grundsätzlich mit einer Fahrspur pro Richtung ausgelegt. In den Knotenbereichen ist der Strassenbereich aufgeweitet. Die Knoten Riburgerstrasse/Autobahnanschluss und Riburgerstrasse/Zürcherstrasse sind lichtsignalgesteuert. Der Knoten mit der Dr. Max-Wütherich-Strasse und der Knoten mit der Engerfeldstrasse sind vortritts geregelt.

Im gesamten Perimeter verfügt die Riburgerstrasse über keinerlei Infrastruktur für den Fuss- und Veloverkehr.

Umliegende Nutzungen

Die umliegenden Nutzungen sind geprägt von Landwirtschaft und Freizeiteinrichtungen. Im Bereich zwischen Riburgerstrasse und Engerfeldstrasse befindet sich das Berufsbildungszentrum Fricktal. Es stellt die naheliegendste Nutzung in Umgebung der Strasse dar, hat jedoch keinen direkten Bezug zu ihr, sondern ist durch eine dichte Bepflanzung mit Bäumen und Gehölz von ihr abgegrenzt.

Zielsetzungen

In Bezug auf die Nutzung der Flächen im Umfeld der Riburgerstrasse sind in der Zonenplanung einige Veränderungen zur aktuellen Nutzung hinterlegt. So ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche westlich der Riburgerstrasse zwischen Zürcher- und Engerfeldstrasse als «Wohnzone B» ausgezeichnet, wobei diese durch eine Schutzbepflanzung von 15 Metern Breite von der Riburgerstrasse abgeschirmt werden soll. Im Bereich zwischen Riburgerstrasse und Autobahn A3 ist die aktuelle Landwirtschaftsfläche als «Arbeitszone I: Dienstleistungen» mit Sondernutzungsplanung festgelegt. Je nach künftiger Entwicklung des Areals sind auch Auswirkungen auf die Riburgerstrasse zu erwarten, welche die Hapterschliessung des Areals übernehmen würde.

Verkehrliche Zielsetzungen sind im kantonalen Richtplan des Kantons Aargau, wie auch im kommunalen Gesamtplan Verkehr (KGV) der Stadt festgehalten. Aus ersterem geht

hervor, dass die Riburgerstrasse eine Hauptverkehrsstrasse (HVS) im Kantonsstrassennetz ist. Im KGV sind weitergehend Ziele formuliert, welche aus der «Agenda 21» – einem Leitbild beider Rheinfelden – entnommen sind:

- Die einzelnen Verkehrsmittel sollen so eingesetzt werden, dass Ziele innert nützlicher Frist gut zu erreichen sind.
- Umweltverträgliche Verkehrsmittel sollen zur Steigerung der Lebensqualität mit oberster Priorität gefördert werden.
- Der Verkehr, insbesondere auch der Freizeitverkehr soll umweltfreundlich, attraktiv und sicher gestaltet werden.
- Der öffentliche Verkehr soll kundenorientiert und bedarfsorientiert ausgebaut werden.
- Die Infrastruktur für Fussgänger und Radfahrer soll bedarfsorientiert und sicher ausgebaut und gepflegt werden [30].

Konkret ist ausserdem im KGV das Ziel formuliert, den MIV möglichst direkt auf das übergeordnete Netz zu lenken und den Durchgangsverkehr direkt auf die Autobahn zu bringen [30]. Der Riburgerstrasse kommt dabei, als zubringende Hauptverkehrsstrasse, eine besondere Rolle zu.

Für den Fuss- und Veloverkehr sind gemäss KGV weiterhin keine Routen im Verlauf der Riburgerstrasse innerhalb des Perimeters vorgesehen.

Schritt 2: Bestimmung Verkehrsnachfrage

Für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage für den MIV und ÖV konnte auf temporäre Zählungen als Grundlage zurückgegriffen werden, welche im Rahmen einer Vorstudie Netzstrategie für das Gebiet Engerfeld erstellt wurden. Im Rahmen dieser Vorstudie wurden diverseste Querschnitts- und Knotenstromzählungen durchgeführt und diese mit dem multimodalen Gesamtverkehrsmodell der Region Basel (GVM Region Basel) plausibilisiert.

Ausserdem wurde die Verkehrsnachfrage prognostiziert. Das Vorgehen war dabei zweistufig. Im ersten Schritt wurde das prozentuale Wachstum im Modell für diesen Bereich analysiert und auf den Ist-Zustand gemäss den temporären Zählungen angewendet. Im zweiten Schritt wurden die Entwicklungen im Strassenumfeld abgeschätzt, bzw. deren zu erwartendes Fahrtenaufkommen. Das Fahrtenaufkommen wurde anschliessend auf die Riburgerstrasse verteilt. Im Fall des Gebiets zwischen Riburgerstrasse und der Autobahn A3 wurde beispielsweise angenommen, dass 2/3 der Fahrten ab dem Knoten Engerfeldstrasse in Richtung Autobahn und 1/3 der Fahrten in Richtung Zürcherstrasse stattfinden. Somit ergeben sich die prognostizierten Verkehrsnachfragen in Tab. 9 für das Jahr 2030.

Tab. 9 Übersicht der prognostizierten Verkehrsnachfrage MIV und ÖV für das Jahr 2030 in der Riburgerstrasse bei Entwicklung des Umfelds

Abschnitt	Prognostizierte Verkehrsnachfrage (Querschnitt, Abendspitzenstunde)
Knoten Dr. Max-Wütherich-Strasse – Knoten Anschluss A3 (von Zürich/ nach Basel)	1'925 Fahrzeuge
Knoten Anschluss A3 (von Zürich/ nach Basel) – Knoten Engerfeldstrasse	2'560 Fahrzeuge
Knoten Engerfeldstrasse – Knoten Zürcherstrasse	2'510 Fahrzeuge

Auf Basis der Verkehrsnachfrage kann die Riburgerstrasse in die in Abb. 25 gezeigten 3 Abschnitte eingeteilt werden.



Abb. 25 Luftbild der Riburgerstrasse mit Abschnittseinteilung, Hinweis: die Riburgerstrasse überquert mit einer Brücke die Engerfeldstrasse

Quelle: map.geo.admin.ch mit eigener Bearbeitung (Strassennamen)

Schritt 3: Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit durch MIV und ÖV

In diesem Schritt wird die vereinfachte Methodik zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit angewendet. Auf Basis der Tab. 5 wird der grobe Richtwert für die Grundbelastbarkeit abgelesen. Wie bereits in den vorherigen Schritten analysiert, handelt es sich bei der Riburgerstrasse um eine Hauptverkehrsstrasse in einem regionalen Zentrum. Gemäss Nutzungsplanung ist in Zukunft von einer gemischten Wohn- und Gewerbenutzung im Umfeld der Strasse auszugehen, weshalb die vereinfachte Abschätzung für den Innerortsbereich angewendet wird.

Der grobe Richtwert für die umfeldbedingte Belastbarkeit des MIV und ÖV liegt somit gemäss Tab. 5 bei 900 bis 1500 Fahrzeugen pro Stunde im Querschnitt. Nachfolgend werden die Einflussfaktoren betrachtet:

- Gefahrene Geschwindigkeit**
 Die signalisierte Geschwindigkeit im gesamten Perimeter beträgt 60 km/h. Auf Basis der aktuellen Ausgestaltung der Strasse wird eine mittlere gefahrene Geschwindigkeit von etwa 45-50 km/h abgeschätzt. Dieses relativ hohe Geschwindigkeitsniveau führt in der Regel dazu, dass sich eine Belastbarkeit gegen den unteren Grenzwert des Wertebereichs empfiehlt.
- Schwerverkehrsanteil**
 Der Schwerverkehrsanteil liegt im gesamten Perimeter bei 6% daher empfiehlt sich eine Belastbarkeit im Bereich des Mittelwertes der Wertebereichs.
- Strassenraumaufteilung**
 Da die Strasse über keine Randbebauung verfügt, ist die Beurteilung der Strassenraumaufteilung nicht möglich. In Bezug auf diesen Einflussfaktor kann ein hoher Wert gewählt werden, da durch den Strassenquerschnitt kein negativer Einfluss auf die Umgebung besteht.
- Art der Randbebauung**
 Die Riburgerstrasse verfügt grösstenteils über keine Randbebauung. In gewissen Abschnitten gibt es eine offene Randbebauung. Auch in Zukunft möglicherweise zu er-

stellende Randbauten werden durch eine Schutzbepflanzung von 15 Metern Breite von der Riburgerstrasse abgegrenzt erstellt (Wohnzone B). Daher ist eine Belastbarkeit im oberen Abschnitt des Wertebereichs für diesen Einflussfaktor anzunehmen.

- **Gestaltung und Grün**

Die Gestaltung der Strasse ist verkehrsorientiert und geprägt durch seitliche Schutzbepflanzungen. Letztes trägt dazu bei, dass aus diesem Einflussfaktor die Annahme einer Belastbarkeit oberhalb des Mittelwertes resultiert.

Nach gesamthafter Betrachtung der aus den Einflussfaktoren resultierenden Belastbarkeiten, wird die umfeldbedingte Belastbarkeit für die Riburgerstrasse abgeschätzt. Es wird der obere Grenzwert von 1500 Fahrzeugen pro Stunde im Querschnitt als Belastbarkeit festgelegt. Dies liegt darin begründet, dass die Riburgerstrasse heute und auch künftig von angrenzenden Nutzungen abgegrenzt ist, was die umfeldbedingte Belastbarkeit erhöht.

Schritt 4: Beurteilung und Festlegung massgebender Verkehr

Beim MIV und ÖV zeigt sich im Vergleich von prognostizierter Verkehrsnachfrage und umfeldbedingter Belastbarkeit (gem. vereinfachtem Verfahren), dass im gesamten Perimeter die prognostizierte Nachfrage über der Belastbarkeit liegt, wie in Abb. 26 ersichtlich ist.

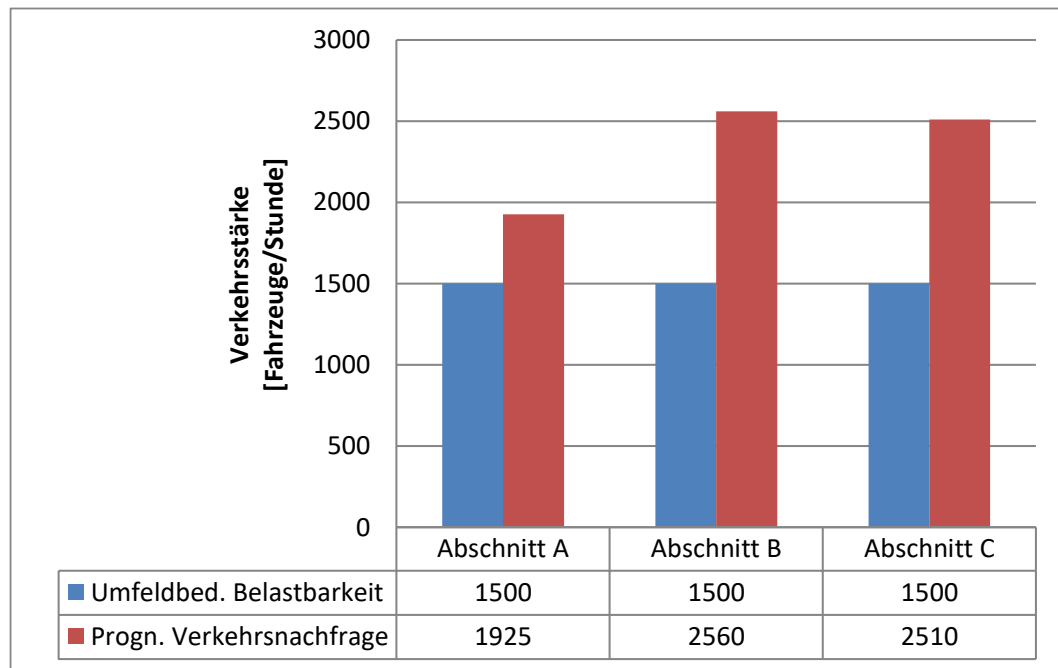


Abb. 26 Gegenüberstellung der prognostizierten Verkehrsnachfrage und der abgeschätzten, umfeldbedingten Belastbarkeit nach vereinfachtem Verfahren

Nun muss bestimmt werden, welche Werte als massgebender Verkehr festgelegt werden. Dabei ist die Bedeutung der Riburgerstrasse als Hauptverkehrsstrasse mit Zubringerfunktion zur Autobahn zu berücksichtigen. Die Riburgerstrasse übernimmt somit im Strassenetz die wichtige Funktion Durchgangsverkehr möglichst aus der Stadt Rheinfelden herauszuhalten, in dem sie diesen auf die Autobahn lenkt. Des Weiteren ist bei einer Reduktion der Kapazität auf dieser Strasse auch Ausweichverkehr in das direkt umliegende Quartier zu erwarten. Beides widerspräche eindeutig dem Ziel des KGV den Durchgangsverkehr auf die Autobahn zu leiten und so Stadt und Quartiere zu entlasten. Somit wird die prognostizierte Nachfrage jeweils als massgebender Verkehr bestimmt. Es wird empfohlen, die künftige Siedlungsentwicklung darauf abzustimmen und Nutzungen entlang Strasse anzustreben, die mit der hohen Verkehrsbelastung besser verträglich sind.

4.2 Modellszenarien

Mithilfe von Modellszenarien wurde untersucht, welche Auswirkungen verschiedene Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs und damit verbunden unterschiedliche Entwürfe aufweisen. Dabei standen die Unterschiede hinsichtlich Reisezeiten und Verkehrsverlagerungen im Vordergrund. Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Untersuchung sind in Kapitel 4.2.3 zusammengefasst.

4.2.1 Vorgehen und Aufbau Modellszenarien

Als Anwendungsfälle für die Modellszenarien wurden die Birmensdorferstrasse und die Überlandstrasse in Zürich ausgewählt. Bei beiden Strassen handelt es sich um Hauptverkehrsstrassen. Die Birmensdorferstrasse verläuft von Uitikon bis nach Zürich, wo sie im Bereich des Stauffachers auf die Badenerstrasse trifft. Der gewählte Perimeter der Birmensdorferstrasse liegt zwischen Triemli und Goldbrunnenplatz und ist in Abb. 27 ersichtlich. Der betrachtete Streckenabschnitt ist rund 1.4 km lang.

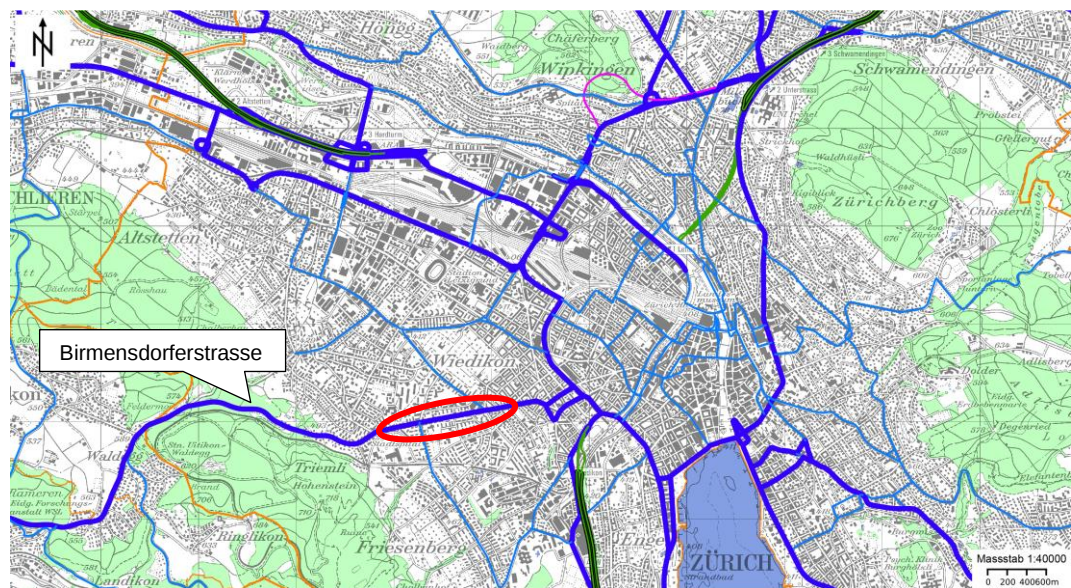


Abb. 27 Lage der Birmensdorferstrasse, Perimeter zwischen Triemli und Goldbrunnenplatz rot markiert, Quelle: maps.zh.ch

Die Überlandstrasse verläuft zwischen der Autobahn A1 auf Zürcher Stadtgebiet und der Heidenrietstrasse an der östlichen Ortsgrenze Dübendorfs. Der gewählte Perimeter schliesst den Stadtzürcher Teil der Überlandstrasse ein und ist in Abb. 28 ersichtlich. Die Länge des betrachteten Streckenabschnitts beträgt rund 1.9 km.

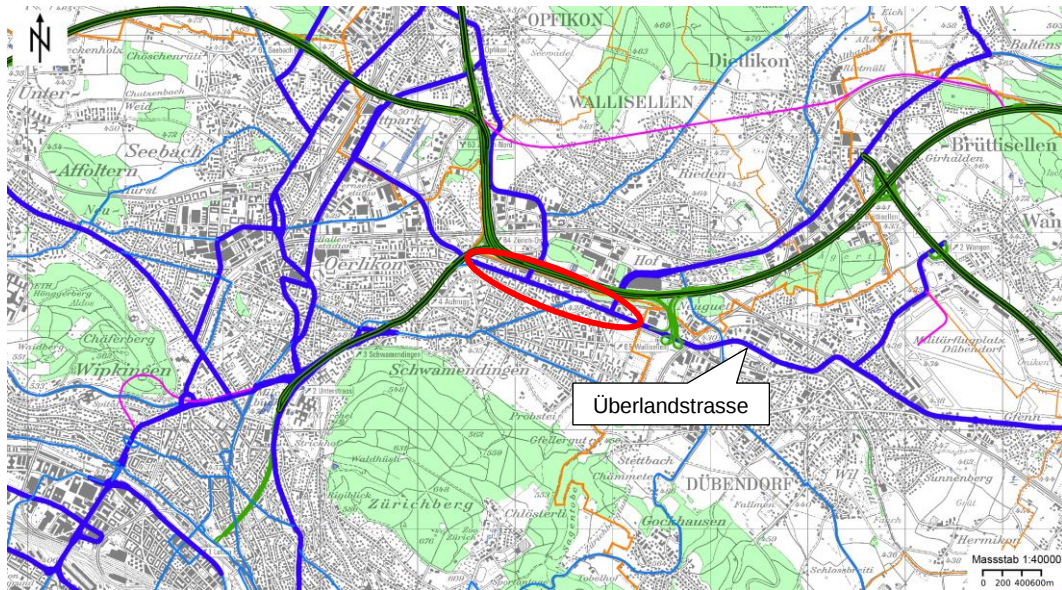


Abb. 28 Lage der Überlandstrasse, Perimeter zwischen Autobahn A1L und Stadtgrenze Zürich rot markiert, Quelle: maps.zh.ch

Die Auswirkungen wurden mit dem kantonalen Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich für die Abendspitzenstunde (Modellzustand 2016) untersucht. Abb. 29 zeigt das im Modell untersuchte Teilnetz mit den Strecken der Anwendungsfälle in roter Farbe. Die politische Grenze der Stadt Zürich ist ebenfalls dargestellt.

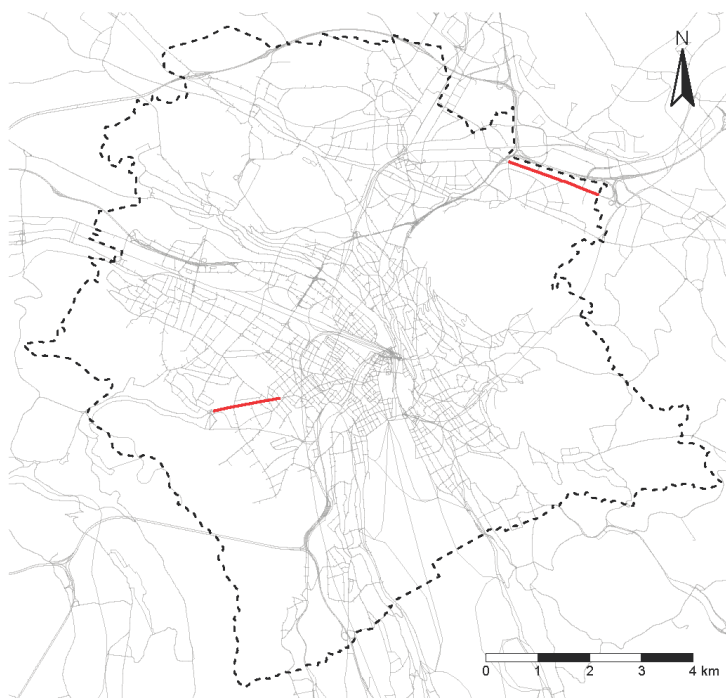


Abb. 29 Übersicht über das Teilnetz und die Strecken der Anwendungsfälle (rot markiert)

Für die Analyse wurden pro Anwendungsfall zwei Modellszenarien definiert:

- **Szenario A – Prognose GVM 2040**
 - Nachfrageorientierter Entwurf des Strassenraums, der auf die Verkehrsnachfrageprognose 2040 des kantonalen Gesamtverkehrsmodells des Kantons Zürich dimensioniert ist
- **Szenario B – Belastbarkeit**
 - Angebotsorientierter Entwurf des Strassenraums, der auf die umfeldbedingte Belastbarkeit ausgelegt ist. Beide Strassenräume sind als Hauptverkehrsstrassen ausgewiesen und sind entsprechend der Nutzungsplanung durch «Wohnen/ Gewerbe» geprägt. Somit ergibt sich nach der in Kapitel 4.1 angewendeten Methodik eine umfeldbedingte Belastbarkeit im Bereich von 900 bis 1500 Fahrzeugen pro Spitzenstunde im Querschnitt.

In **Tab. 10** sind die für die Modellszenarien hergeleiteten Werte des massgebenden Verkehrs ersichtlich. Diese werden jeweils mit dem Referenzzustand, dem Ist-Zustand 2016 des kantonalen Gesamtverkehrsmodells des Kantons Zürich, verglichen.

Tab. 10 Szenarien des massgebenden Verkehrs für die Birmensdorfer- und Überlandstrasse

Szenarien für den massgebenden Verkehr	Massgebender Verkehr (Fahrzeuge pro Stunde im Querschnitt)	
	Birmensdorferstrasse	Überlandstrasse
Referenzzustand (GVM 2016)	600	2200
Szenario A – Prognose GVM 2040	860	3020
Szenario B – Belastbarkeit	1200	1500

Unter der Annahme, dass die Kapazität der Strecken im Entwurfsprozess auf die unterschiedlichen Werte des massgebenden Verkehrs dimensioniert wird, wurden die Kapazitätswerte der Strecken im Verkehrsmodell entsprechend angepasst. Anschliessend wurde die Umlegung neu berechnet bis das Modell konvergierte.

Für den Anwendungsfall der Birmensdorferstrasse zeigte sich, dass die Belastbarkeit deutlich höher liegt als die Verkehrsnachfrage, zudem liegt auch der Prognosewert gemäss dem kantonalen Gesamtverkehrsmodell deutlich unter der im Modell zugrunde gelegten Streckenkapazität von 2'600 Fahrzeugen pro Stunde im Querschnitt. Die Anpassung der Kapazitätswerte der Strecken im Modell auf die Belastbarkeit und auf den Prognosewert würde zu keinen zweckmässigen Resultaten führen. In der Praxis würden die Kapazitäten nicht reduziert werden, wenn die Verkehrsnachfrage deutlich unter der Belastbarkeit liegt. Und solange die bestehenden Streckenkapazitäten deutlich über dem Prognosewert der Verkehrsnachfrage liegen, würde auch keine Erhöhung der Kapazitäten umgesetzt werden. Aus diesem Grund wurde für die Birmensdorferstrasse vereinfachende Szenarien definiert und angenommen, dass in Szenario A die Streckenkapazität um 10% erhöht und im Szenario B um 10% reduziert wird.

4.2.2 Ergebnisse Modellszenarien

Nachfolgend werden die lokalen Auswirkungen in den betroffenen Streckenabschnitten und die Effekte im gesamten Verkehrsnetz beschrieben.

Lokale Auswirkungen

In den Abbildungen 21 und 22 sind die relativen Differenzen der Verkehrsstärken für die Modellszenarien der Birmensdorferstrasse ersichtlich. Die einzelnen Punkte stellen jeweils die einzelnen Segmente der betrachteten Strecke dar. Für die Birmensdorferstrasse zeigen sich bei beiden Szenarien kaum Veränderungen bei den Verkehrsstärken. Die Kapazitätserhöhung in Szenario A führt im Modell zu keiner Zunahme der Verkehrsstärke. Bei einer Kapazitätsreduktion um 10% (Szenario B) ergeben sich nur sehr geringfügige Zu- und Abnahmen (<1%).

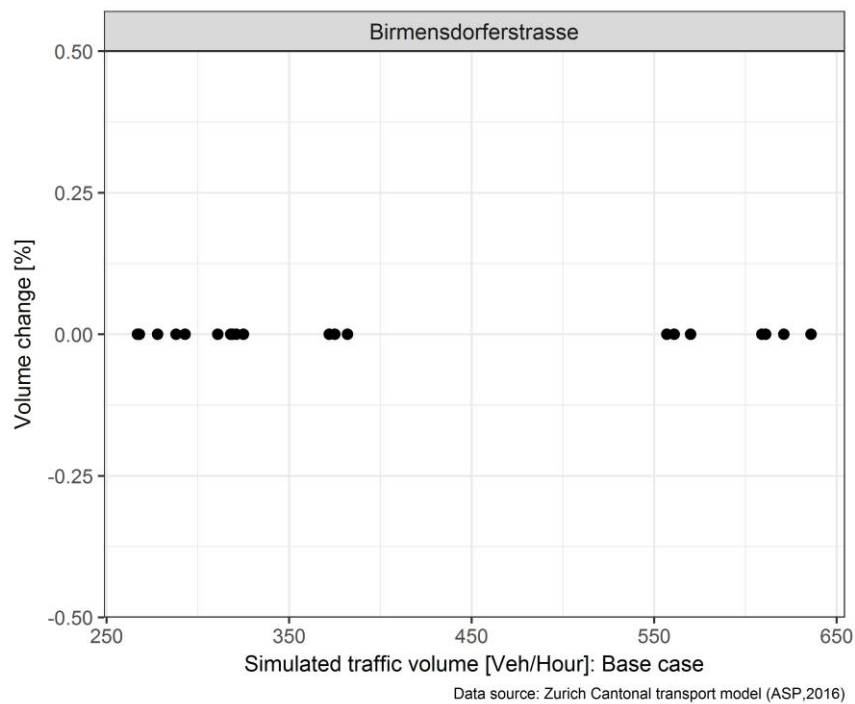


Abb. 30 Szenario A Birmensdorferstrasse: Relative Differenzen der simulierten Verkehrsstärken (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

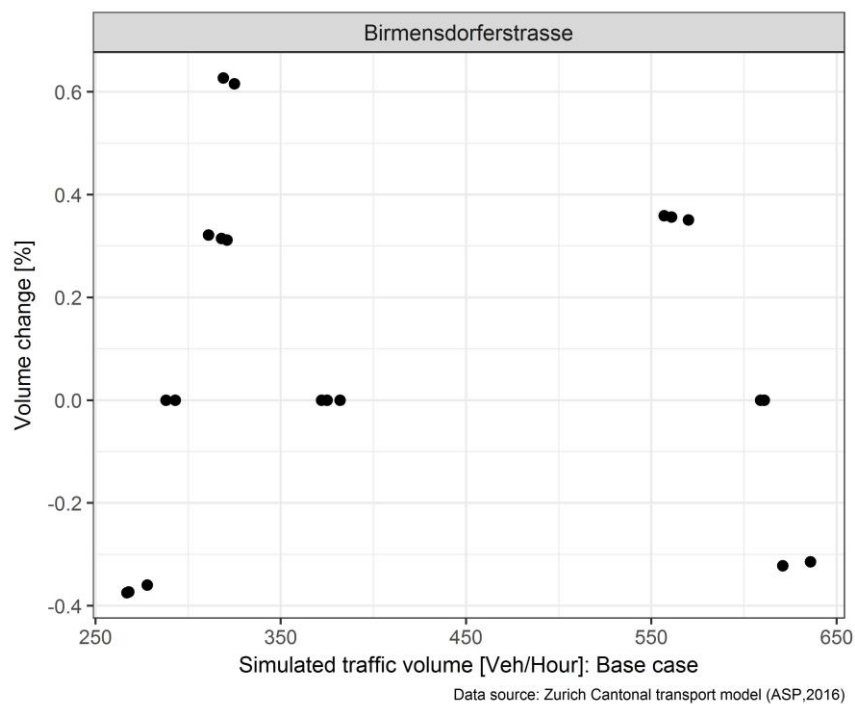


Abb. 31 Szenario B Birmensdorferstrasse: Relative Differenzen der simulierten Verkehrsstärken (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

Die Abbildungen 23 und 24 zeigen die relativen Differenzen der Verkehrsstärken für die Modellszenarien der Überlandstrasse. Im Modellszenario A kann für den Grossteil der Segmente eine Zunahme der Nachfrage verzeichnet werden (mit Ausnahme eines Segments, das eine Abnahme aufweist). Die Überlandstrasse ist bereits im heutigen Zustand stark ausgelastet, weshalb die Strecke durch die Erhöhung der Kapazität attraktiver und

vermehrt genutzt wird. Im Szenario B variiert die Differenz der Verkehrsstärken: Bestimmte Segmente weisen eine höhere Verkehrsstärke auf, während auf anderen Segmenten eine tiefere Verkehrsstärke verzeichnet wird.

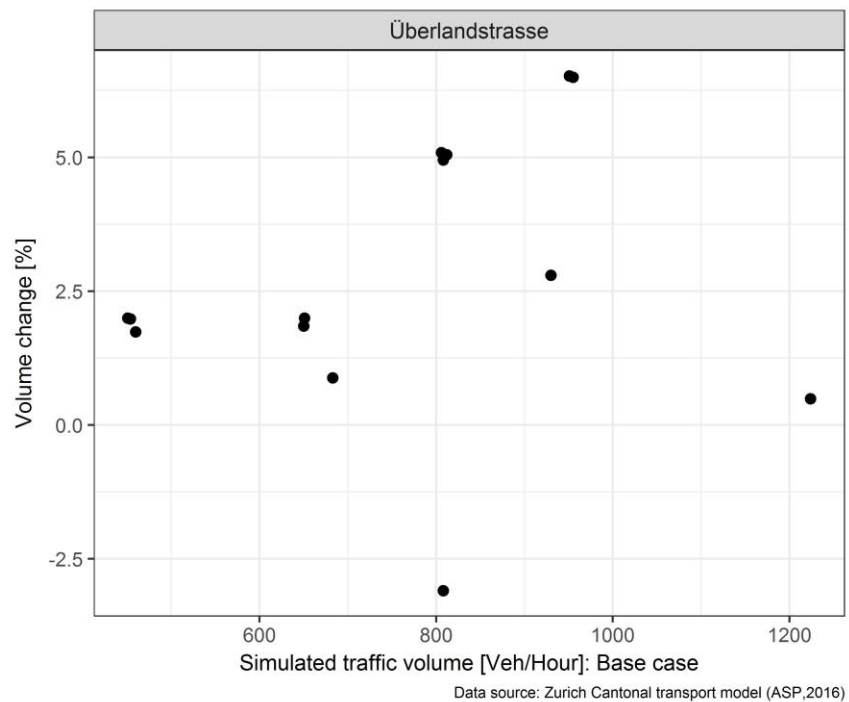


Abb. 32 Szenario A Überlandstrasse: Relative Differenzen der simulierten Verkehrsstärken (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

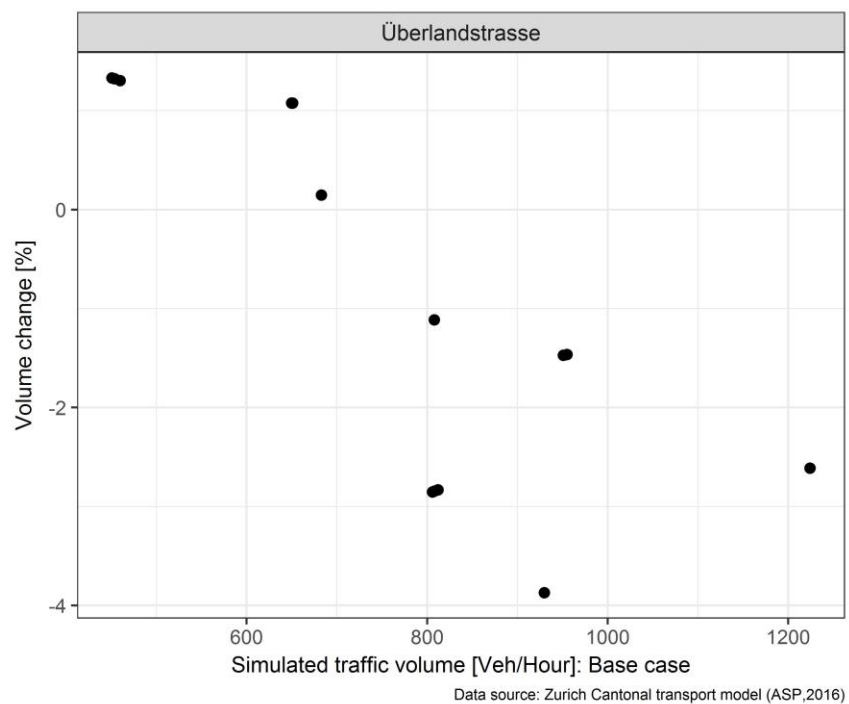


Abb. 33 Szenario B Überlandstrasse: Relative Differenzen der simulierten Verkehrsstärken (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

In den Abbildungen 25 und 26 die relativen Differenzen der Durchschnittsgeschwindigkeiten für die Modellszenarien der Birmensdorferstrasse ersichtlich. Bei beiden Szenarien zeigen sich mit einer Ausnahme keine Veränderungen.

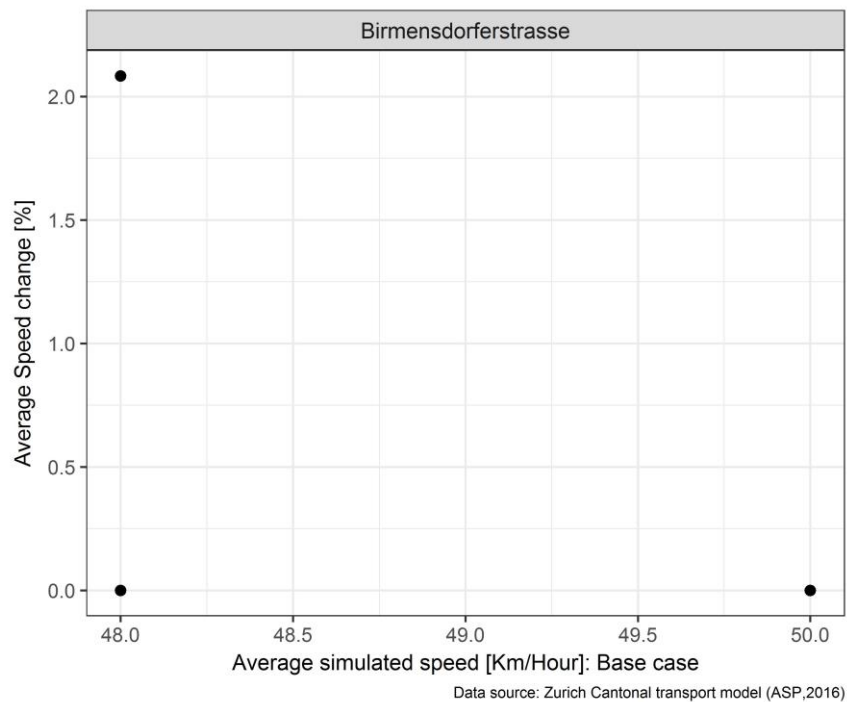


Abb. 34 Szenario A Birmensdorferstrasse: Relative Differenzen der simulierten Durchschnittsgeschwindigkeiten (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

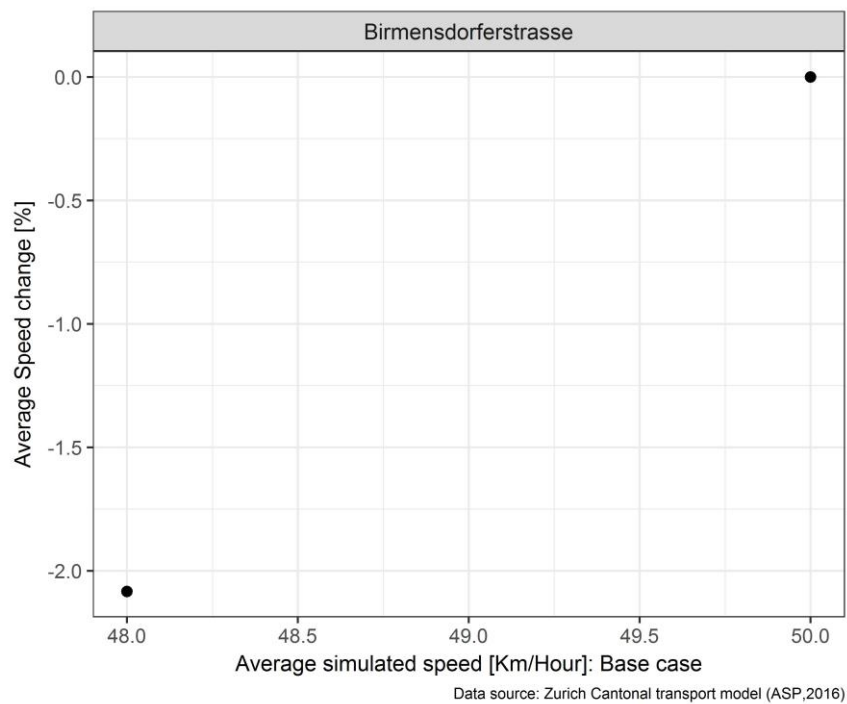


Abb. 35 Szenario B Birmensdorferstrasse: Relative Differenzen der simulierten Durchschnittsgeschwindigkeiten (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

Die Abbildungen 27 und 28 zeigen die relativen Differenzen der Durchschnittsgeschwindigkeiten für die Modellszenarien der Überlandstrasse. In Szenario A nehmen die Geschwindigkeiten leicht zu, in Szenario B leicht ab (jeweils mit einer Ausnahme).

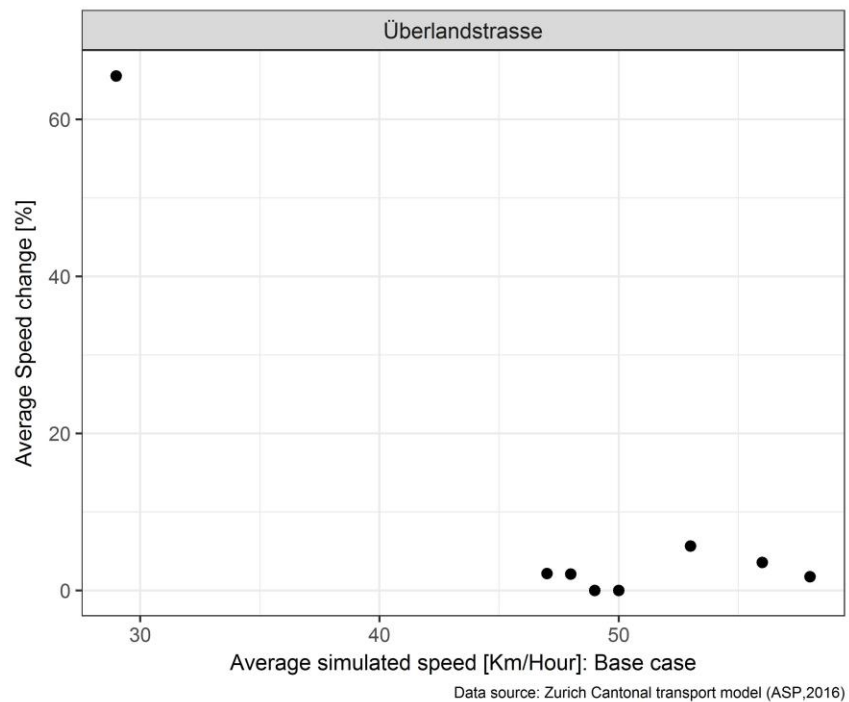


Abb. 36 Szenario A Überlandstrasse: Relative Differenzen der simulierten Durchschnittsgeschwindigkeiten (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

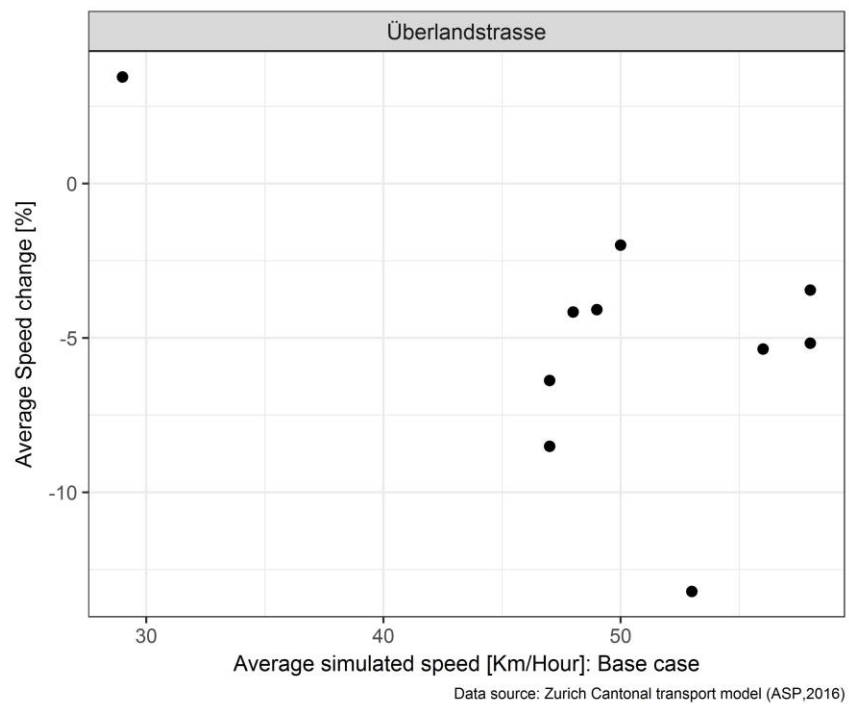


Abb. 37 Szenario B Überlandstrasse: Relative Differenzen der simulierten Durchschnittsgeschwindigkeiten (schwarze Punkte = Werte der einzelnen Streckensegmente)

Auswirkungen auf das gesamte Verkehrsnetz

Um die Auswirkungen auf das gesamte Verkehrsnetz zu veranschaulichen, wurden Segmente mit Differenzen von Verkehrsstärken ($\pm 1\%$) und Durchschnittsgeschwindigkeiten ($\pm 0.5\%$) identifiziert. Im Szenario A der Birmensdorferstrasse zeigten sich keine Netzeffekte, weshalb nur die Auswirkungen für das Szenario B dargestellt sind (Abbildungen 29 und 30). Es gibt grossräumig nur geringfügige Änderungen.

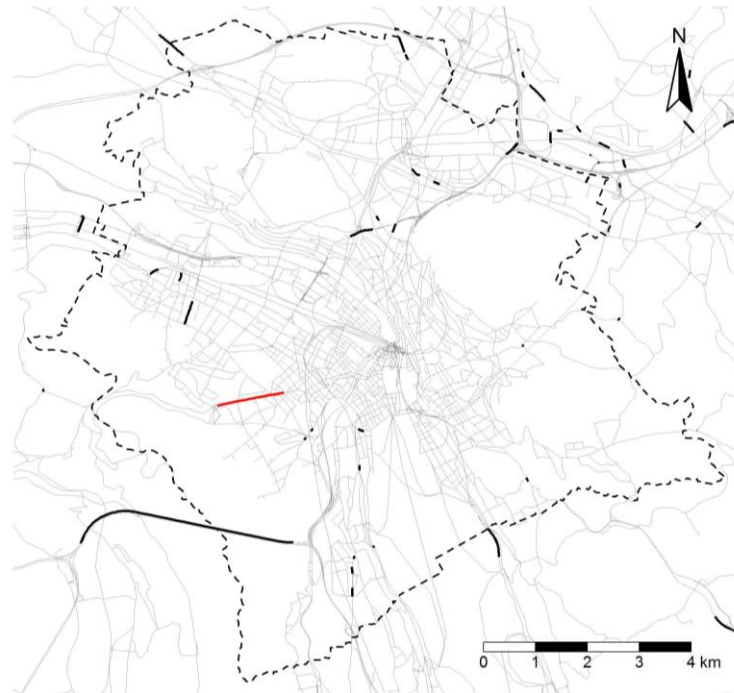


Abb. 38 Szenario B Birmensdorferstrasse: Segmente mit Erhöhung der Verkehrsstärke

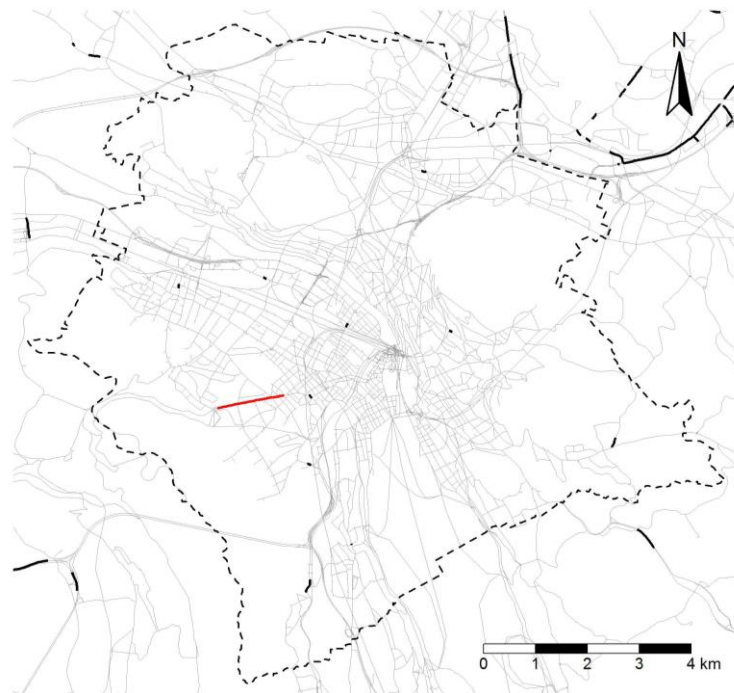


Abb. 39 Szenario B Birmensdorferstrasse: Segmente mit Reduktion der Verkehrsstärke

Für Szenario A der Überlandstrasse, in dem die Kapazitäten grösstenteils erhöht wurden, kann für die einige Segmente eine Zunahme der Verkehrsstärken beobachtet werden (Abbildungen 31). Dies hängt mit der allgemeinen Verbesserung der Durchschnittsgeschwindigkeiten und den entsprechenden Reisezeiten zusammen. Es gibt jedoch auch Segmente mit reduzierter Verkehrsstärke (Abbildung 32).

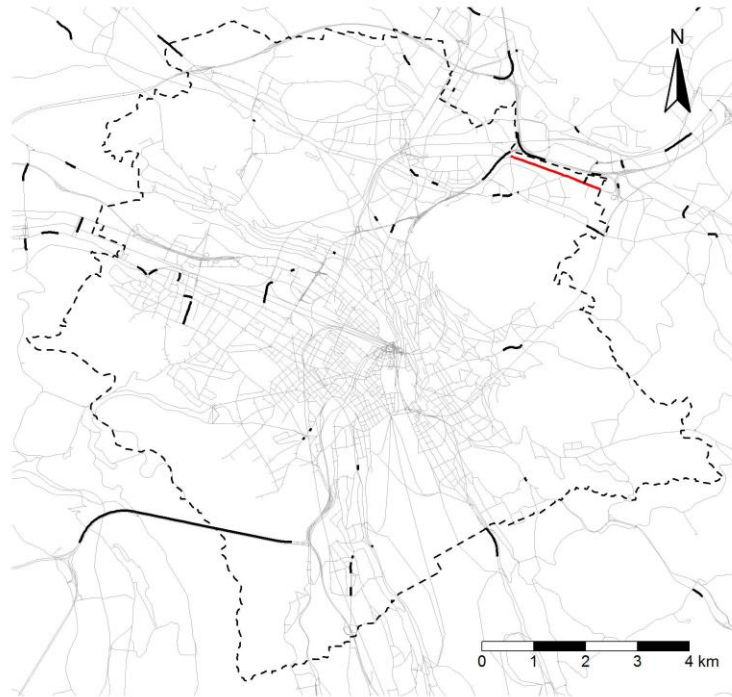


Abb. 40 Szenario A Überlandstrasse: Segmente mit Erhöhung der Verkehrsstärke

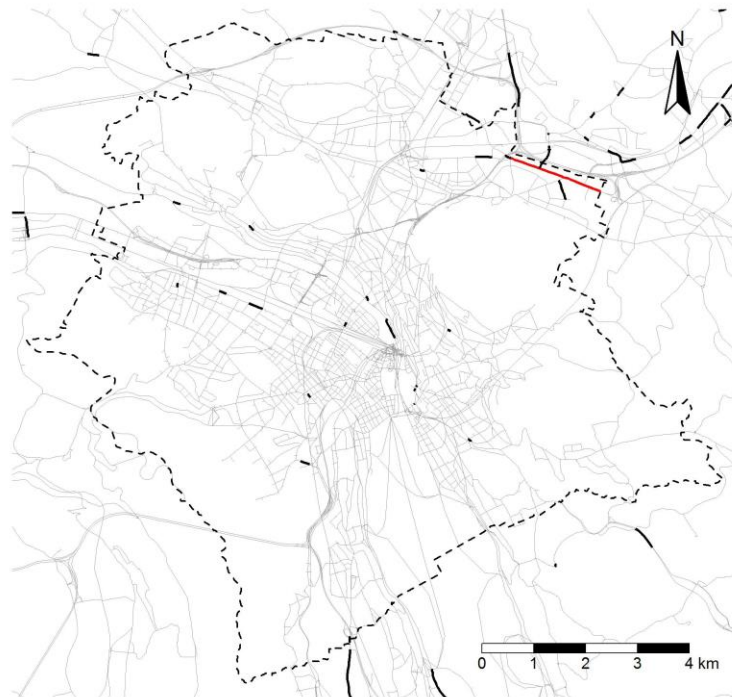


Abb. 41 Szenario A Überlandstrasse: Segmente mit Reduktion der Verkehrsstärke

Bei der Überlandstrasse führte die Verringerung der Kapazität in Szenario B zu einer Erhöhung der Verkehrsstärken benachbarter Segmente (Abbildungen 33 und 34). Dieser Effekt kann auch für weiter entfernte Segmente beobachtet werden, da eine lokale Verringerung der Kapazität (und entsprechend der Geschwindigkeit bei hoher Nachfrage) zu Veränderungen in der Routenwahl führt. Einige wenige Segmente weisen geringere Verkehrsstärken auf.



Abb. 42 Szenario B Überlandstrasse: Segmente mit Erhöhung der Verkehrsstärke

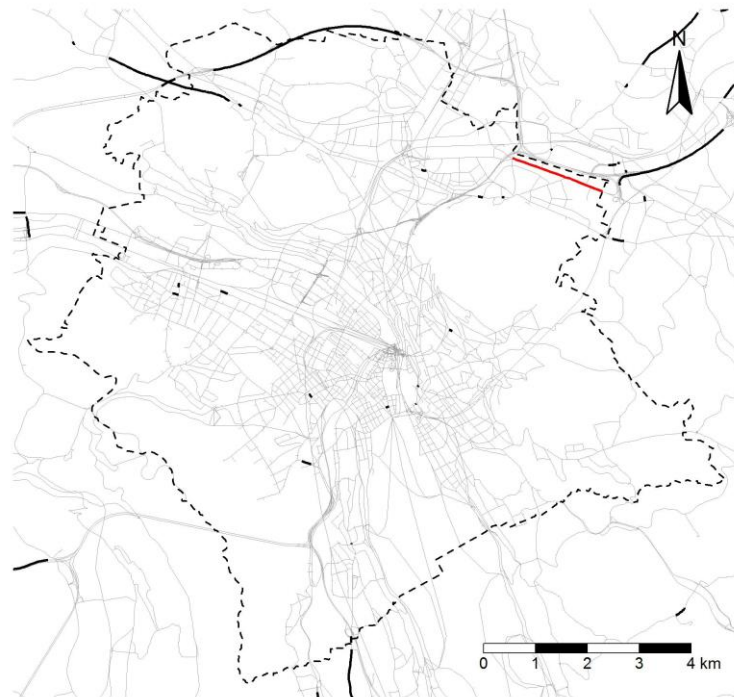


Abb. 43 Szenario B Überlandstrasse: Segmente mit Reduktion der Verkehrsstärke

4.2.3 Fazit

Die Auswirkungen auf die Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten sind in den Modellszenarien insgesamt relativ gering, wobei der Fokus der Analysen auf den Auswirkungen auf die Routenwahl lag. Die Effekte auf die Verkehrserzeugung sowie Verkehrsmittel- und Zielwahl sind nicht berücksichtigt.

Die Anwendungsfälle Birmensdorferstrasse und Überlandstrasse unterscheiden sich hinsichtlich der Stärke der Auswirkungen. In der Birmensdorferstrasse sind die Effekte hinsichtlich Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und Verlagerungen deutlich geringer, was damit zusammenhängt, dass die betrachteten Streckenabschnitte weniger ausgelastet sind als bei der Überlandstrasse.

Die Analyse der Netzeffekte zeigte, dass die Betrachtung der Auswirkungen im Netz von grosser Bedeutung ist, insbesondere in Fällen, wo sich das Verkehrsnetz an der Kapazitätsgrenze bewegt (Anwendungsfall Überlandstrasse). Die Umsetzung der angebotsorientierten bzw. nachfrageorientierten Ansätze beeinflussen die vor allem auch die benachbarte Netzabschnitte. Im Hinblick auf die Festlegung des massgebenden Verkehrs verdeutlicht die Analyse der Modellszenarien, dass die Verkehrselemente nicht isoliert, sondern im Gesamtnetz betrachtet werden müssen.

5 Synthese

5.1 Entwurf Schweizer Guideline und Praxistest

Die entworfene Methodik wurde im Rahmen von mehreren Sitzungen mit der Begleitkommission diskutiert und in einen Entwurf einer prozessorientierten Schweizer Guideline (SNG) überführt. Der Entwurf dieses Leitfadens ist in Anhang I ersichtlich. Der Leitfaden bietet eine Hilfestellung für die Praxis und enthält Grundlagen und Handlungsanweisungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs.

Um die Praxistauglichkeit der Methodik zu testen, wurde der Entwurf der Schweizer Guideline durch Entscheidungsträger und Planer aus der Praxis geprüft. Von folgenden Adressaten konnten Rückmeldungen eingeholt werden:

- Tiefbauamt Stadt Winterthur
- Tiefbauamt Stadt St.Gallen
- Amt für Verkehr Kanton Zürich
- Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft

Die Rückmeldungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Möglichkeit, fachliche Grundlagen nachzulesen, und der Verweis auf die relevanten Normen werden als wertvoll beurteilt.
- Der Leitfaden wird vor allem Hilfestellung erachtet, um die komplexen Zusammenhänge bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs aufzuzeigen.
- Das Vorgehen wird fachlich als korrekt erachtet, es stellt sich allerdings die Frage, ob die Methodik – die Abwägung zwischen Verkehrsnachfrage und umfeldbedingter Belastbarkeit – in der Praxis tatsächlich Anwendung findet.

Aufgrund der Rückmeldungen wurde der Leitfaden überarbeitet und die Praxistauglichkeit optimiert. Am grundsätzlichen Vorgehen, den Aspekt der umfeldbedingten Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs einzubringen, wurde festgehalten. Die Berücksichtigung dieses Aspekts wurde als wesentliches Forschungsziel festgelegt. Bereits in der bestehenden Definition des Begriffs "massgebender Verkehr" in SN 640 017a ist festgehalten, dass unter "massgebender Verkehr" jene Verkehrsstärke verstanden wird, die der Beurteilung von Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage einer Verkehrsanlage unter Berücksichtigung der Belastbarkeiten zu Grunde gelegt wird. Mit der vereinfachten Abschätzung anhand grober Richtwerte, wurde versucht, die Belastbarkeit möglichst niederschwellig und anwendungsfreundlich einzubeziehen.

5.2 Schlussfolgerungen

Das Ziel der Forschungsarbeit war der Entwurf einer prozessorientierten Schweizer Guideline (SNG), welche die Grundlagen und Handlungsanweisungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs enthält. Die bestehende Norm zum massgebenden Verkehr (VSS 40 016a) soll zurückgezogen und durch die neue Schweizer Guideline ersetzt werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein prozessorientierter Leitfaden entworfen (vgl. Anhang I). Gegenüber der bestehenden Norm zum massgebenden Verkehr (VSS 40 016a), die sich stark an der Verkehrsnachfrage orientiert, geht der Leitfaden auf die Wechselwirkungen zwischen Angebot und Nachfrage, die Auswirkungen einzelner Verkehrsanlagen im Strassennetz sowie die Belastbarkeit einer Verkehrsanlage ein. Zudem werden alle Verkehrsmittel berücksichtigt und eine differenzierte Betrachtung der verkehrlichen Funktionen der Strasse und von Innerorts- und Ausserortsstrecken vorgenommen.

Beim Entwurf und der Dimensionierung von Verkehrsanlagen besteht ein breites Spektrum an Anforderungen, die im Rahmen eines Abwägungsprozesses angemessen be-

rücksichtigt werden müssen. Diese Komplexität und Vielschichtigkeit widerspiegelt sich in der Definition der Belastbarkeit. Entsprechend ist eine vereinfachte, praxistaugliche Quantifizierung anspruchsvoll. Der Leitfaden bietet anhand grober Richtwerte eine einfache Hilfestellung für die Praxis an, die fallweise differenziert zu beurteilen und festzulegen sind.

5.3 Weiterer Forschungsbedarf

Forschungsbedarf besteht bei der Einschätzung der Belastbarkeit. Die im Rahmen des Forschungsprojektes hergeleiteten groben Richtwerte für den Innerortsbereich sind weiter zu verifizieren und zu verfeinern. Zudem wird empfohlen, auch Richtwerte für den Ausserortsbereich zu erforschen, um die Anwendbarkeit der Methodik zur Festlegung des massgebenden Verkehrs zu erweitern.

Weiterer Forschungsbedarf wird zudem thematisch beim Fuss- und Veloverkehr sowie bei den (langfristigen) Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und dem Verkehr identifiziert. Die Verkehrsnachfrage des Fuss- und Veloverkehrs ist aufgrund der Eigenschaften dieser Verkehrsmittel schwieriger zu fassen und zu quantifizieren. Gleichzeitig weisen der Fuss- und Veloverkehr eine hohe Bedeutung, insbesondere im urbanen Raum, auf. Diese wird mit der Innenentwicklung weiter zunehmen.

In Systemen, die im Bereich der Kapazitätsgrenze betrieben werden, ist die Bestimmung der effektiven Verkehrsnachfrage nur indirekt möglich, da Verkehrszählungen das vom System bewältigbare Verkehrsaufkommen und nicht die effektive Verkehrsnachfrage aufzeigen. Im Rahmen des Forschungsprojektes SVI 2016/003 wurde untersucht, wie die Verkehrsnachfrage für überlastete Strassen bestimmt werden kann. Es wurden ein wissenschaftsgetriebener und ein anwendungsgetriebener Ansatz entworfen. Diese Forschungsarbeit liefert wertvolle Hinweise zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage in gesättigten Systemen, es besteht jedoch darüber hinaus weiterer Forschungsbedarf, um diese Ansätze möglichst anwendungsorientiert zu vertiefen.

Anhänge

I	Entwurf Schweizer Guideline zur Festlegung des massgebenden Verkehrs	65
---	--	----

I Entwurf Schweizer Guideline zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

ENTWURF
 .Ersetzt:
 VSS 40 005a

Ausgabe: 0000-00-

Festlegung des massgebenden Verkehrs

Entwurf Leitfaden

Für diesen Leitfaden ist die Normierungs- und Forschungskommission (NFK) 1.2 des VSS zuständig.

Ref.-Nr.:
 VSS 00 000:0000-00 de

Urheberrechte:
 REGnorm, Nationales Register zur
 Veröffentlichung von Normen, Standards
 und weiteren Regulierungen

Anzahl Seiten:
 00

Gültig ab:
 0000-00-00

Herausgeber:
 Schweizerischer Verband der
 Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

© REGnorm

Bearbeitung

VSS-Normierungs- und Forschungskommission (NFK)
1.2

Liste der beteiligten Mitglieder

Roland Müller Küsnacht AG, Zürich

Simon Vogt
Alex Stahel
Conrad Naef
Robert Klemm

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich

Kay W. Axhausen
Sergio Guidon
Georgios Sarlas

Begleitkommission

Jost Lüking, R+R Burger und Partner
Frank Bruns, Ernst Basler + Partner AG
Dieter Egger, Rapp Trans AG
Christian Ferres, Stadt Luzern, Tiefbauamt
Nikolaus Hilty, Bundesamt für Umwelt BAFU
Christoph Lieb, Ecoplan AG
Michael Neumeister, Stadt Zürich, Tiefbauamt
Marco Richner, Gruner AG
Julian Fleury, Transitec
Doreen Heinzman, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Netzplanung
Dr. Raimon Wüst, ZHAW School of Engineering

Dieser Leitfaden wurde gemäss dem aktuellen Wissensstand in den Bereichen der Sicherheit und der Nachhaltigkeit erarbeitet.

Genehmigung

VSS-Fachkommission (FK) 1 XXXX

Publikation

XXX XXXX

Haftungsausschluss

Für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können, wird keine Haftung übernommen.

INHALTVERZEICHNIS		Seite
1	Einleitung	4
1.1	Gegenstand	4
1.2	Zweck	4
1.3	Anwendungsbereich	6
1.4	Herausforderungen	7
2	Prozessübersicht Festlegung massgebender Verkehr	9
3	Schritt 1: Analyse Ausgangslage und Ziele	10
4	Schritt 2: Bestimmung Verkehrsnachfrage	12
4.1	Bestimmung Spitzenstunde anhand DTV und Dauerkurve	14
4.2	Bestimmung Spitzenstunde anhand temporärer Zählungen	16
4.3	Zukünftige Verkehrsnachfrage	16
5	Schritt 3: Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit durch MIV und ÖV	18
5.1	Vereinfachte Abschätzung für den Innerortsbereich	18
5.2	Detaillierte Abschätzung	19
6	Schritt 4: Beurteilung und Festlegung massgebender Verkehr	21
7	Entwurf und Rückkoppelung zum massgebenden Verkehr	22

1 Einleitung

1.1 Gegenstand

Der Leitfaden behandelt die Festlegung des massgebenden Verkehrs. Es werden Empfehlungen abgegeben, wie der massgebende Verkehr für den Entwurf und die Dimensionierung einer Verkehrsanlage bestimmt wird. Zudem wird auf die jeweils relevanten Normen verwiesen. Der Festlegung des massgebenden Verkehrs kommt eine hohe Bedeutung zu. Die Höhe des massgebenden Verkehrs hat einen entscheidenden Einfluss auf die Dimensionierung und Gestaltung der Verkehrsanlage und infolgedessen auch auf das zukünftige Verkehrsgeschehen, das sich im Betrieb der Anlage einstellen wird.

1.2 Zweck

Im Zusammenhang mit der Festlegung des massgebenden Verkehrs ist eine klare Begriffsdefinition wichtig. Die Verkehrsmittel werden wie folgt abgegrenzt:

- **Motorisierter Individualverkehr (MIV)**
Unter dem Sammelbegriff motorisierter Individualverkehr wird der Verkehr von privaten Motorfahrzeugen verstanden. Zu den privaten Motorfahrzeugen zählen gemäss der Zusammenfassungsstufe 2b nach VSS 40 001: Motorräder, Personenwagen, Lieferwagen, Busse, Gesellschaftswagen, schwere Lastfahrzeuge, landwirtschaftliche Arbeits- und andere Fahrzeuge. Ausdrücklich nicht beinhaltet sind Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs und der Veloverkehr (vgl. unten).
- **Öffentlicher Verkehr (ÖV)**
Als öffentlicher Verkehr wird in diesem Rahmen nur der strassengebundene öffentliche Verkehr berücksichtigt. Dazu zählen Trams und Busse. Diese können auf einer separaten Spur oder auf einer mit anderen Verkehrsmitteln geteilten Spur verkehren.
- **Veloverkehr**
In diese Verkehrsmittelkategorie fällt der Verkehr von Fahrrädern, explizit enthalten sind auch Motorfahrräder (inkl. schnelle E-Bikes) und Elektrotrottinette.
- **Fussverkehr**
Zu diesem Verkehrsmittel zählen die Fussgänger. Verkehre mit fahrzeugähnlichen Geräten (fäG), also alle mit Rädern oder Rollen ausgestatteten Fortbewegungsmittel, die ausschliesslich durch eigene Körperkraft angetrieben werden, werden auch eingerechnet. Als fäG gelten insbesondere Rollschuhe, Inline-Skates, Skateboards, Trottinette sowie Einräder, Laufräder und Kinderräder (Art. 1 Abs. 10 der Verkehrsregelverordnung).

In Tabelle 1 ist eine Übersicht zur Definition der Verkehrsmittel ersichtlich.

Verkehrsmittel	Fahrzeuge gemäss Zusammenfassungsstufe 2b gemäss VSS 40 001	Grundbegriffe
MIV	(private) Motorfahrzeuge	Motorräder, leichte und schwere Personenwagen, Lieferwagen, Busse, Gesellschaftswagen, schwere Lastfahrzeuge, landwirtschaftliche Arbeits- und andere Fahrzeuge
ÖV	Motorfahrzeuge (des ÖV)	Busse
	Tram (Strassenbahn)	Tram (Strassenbahn)
Veloverkehr	Fahrräder	Fahrräder, Motorfahrräder, Elektrotrottinette
Fussverkehr	Fussgänger	Fussgänger, fahrzeugähnliche Geräte, die ausschliesslich durch eigene Körperkraft angetrieben werden

Tabelle 1 Übersicht Definition Verkehrsmittel

Für die Festlegung des massgebenden Verkehrs werden die folgenden Begriffe auf Basis der Definitionen nach SN 640 017a und VSS 40 210 verwendet:

- **Verkehrsstärke**
Unter Verkehrsstärke wird die Verkehrsbelastung (Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstromes) je Zeitintervall an einem Querschnitt der Verkehrsanlage verstanden.
- **Verkehrsdichte**
Unter Verkehrsdichte wird die Verkehrsbelastung (Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstromes) je Streckenabschnitt (Länge) zu einem bestimmten Zeitpunkt verstanden.
- **Verkehrsangebot**
Unter Verkehrsangebot werden die dem Verkehr zur Verfügung stehenden Flächen und Einrichtungen mit den zugehörigen Merkmalen (z.B. Grünzeitangebot bei einer LSA) für einen tatsächlich vorhandenen oder für einen geplanten Zustand verstanden.
- **Verkehrsnachfrage**
Unter Verkehrsnachfrage wird jene Verkehrsstärke verstanden, welche eine Verkehrsanlage benützt oder benützen möchte. Die Verkehrsnachfrage kann sich auf einen bestehenden oder zukünftigen Zustand beziehen.
- **Belastbarkeit**
Unter der Belastbarkeit wird diejenige Verkehrsstärke verstanden, die aus Sicht der Umwelt (z.B. Lärm, Luftschadstoffe, Trennwirkung etc.) und der Verkehrstechnik (Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Unterhalt) nicht überschritten werden soll. Es können somit zwei Aspekte der Belastbarkeit unterschieden werden:
- **Umfeldbedingte Belastbarkeit**
Unter der umfeldbedingten Belastbarkeit wird die grösste Verkehrsstärke verstanden, bei der die Grenzwerte aus Sicht der Umweltschutzgesetzgebung (Lärm, Luftschadstoffe) eingehalten sind und die auch bezüglich anderer Umwelt- bzw. Umfeldkriterien (z.B. Trennwirkung in Siedlungen) noch verträglich ist.
- **Verkehrstechnische Belastbarkeit**
Unter der verkehrstechnischen Belastbarkeit wird die grösste Verkehrsstärke verstanden, die bei einem gegebenen Verkehrsangebot mit einer vorgegebenen Verkehrsqualität bewältigt werden kann. Es handelt sich somit um diejenige Verkehrsstärke, die aus Gründen der Leistungsfähigkeit, der Sicherheit und des Unterhalts nicht überschritten werden soll.
- **Massgebender Verkehr**
Unter massgebendem Verkehr wird jene Verkehrsstärke verstanden, die der Beurteilung von Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage einer Verkehrsanlage unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeiten zu Grunde gelegt wird. Um der Dimensionierung nicht vorzugreifen, wird die verkehrstechnische Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs nicht einbezogen.
- **Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)**
Der durchschnittliche tägliche Verkehr stellt die über ein Jahr gemittelte Verkehrsstärke pro Tag dar. Es wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Tagen des Jahres gebildet.
- **Angebotsorientierte Planung**
Bei einer angebotsorientierten Planung wird das Verkehrsangebot unter Berücksichtigung der verkehrstechnischen und umfeldbedingten Belastbarkeit der Anlage festgelegt.
- **Nachfrageorientierte Planung**
Bei einer nachfrageorientierten Planung wird das Verkehrsangebot auf die aktuelle oder künftig erwartete Verkehrsnachfrage – unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeit – ausgelegt.

In Abbildung 1 ist der Zusammenhang zwischen den Begriffen ersichtlich.

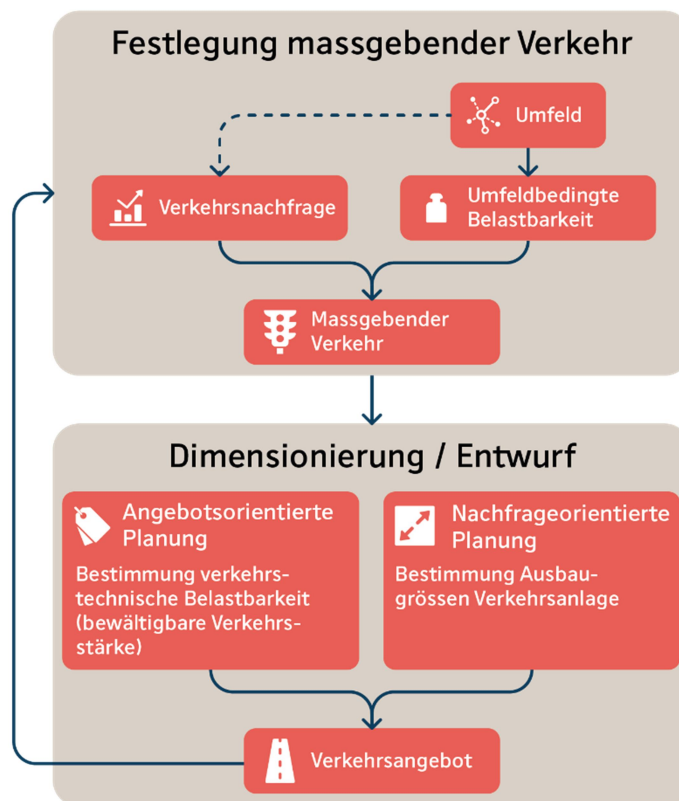


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Begriffen

1.3 Anwendungsbereich

Das nachfolgend beschriebene Vorgehen gibt Empfehlungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs für Strecken und Knoten. Bei Knoten sind jeweils auch die zuführenden Strecken zu betrachten, um die umfeldbedingte Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs miteinzubeziehen.

Grundsätzlich sind die im Leitfaden aufgeführten Empfehlungen für alle Strassentypen – Hochleistungs-, Hauptverkehrs-, Verbindungs-, Sammel- und Erschliessungsstrassen – anwendbar, sowohl innerorts als auch ausserorts.

Für Verkehrsanlagen, die hauptsächlich dem Velo- und Fussverkehr (z.B. separate Velowege, Personenunterführungen oder Perronanlagen) dienen, kann das im Leitfaden definierte Verfahren nicht angewendet werden.

1.4 Herausforderungen

Die Festlegung des massgebenden Verkehrs ist durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren geprägt. Das Verkehrsaufkommen auf einer Strecke oder an einem Knoten variiert im Verlauf einer Stunde, eines Tages, einer Woche und eines Jahres stark. In Abbildung 2 sind diese Schwankungen beispielhaft für eine Hauptverkehrsstrasse im urbanen Raum dargestellt.

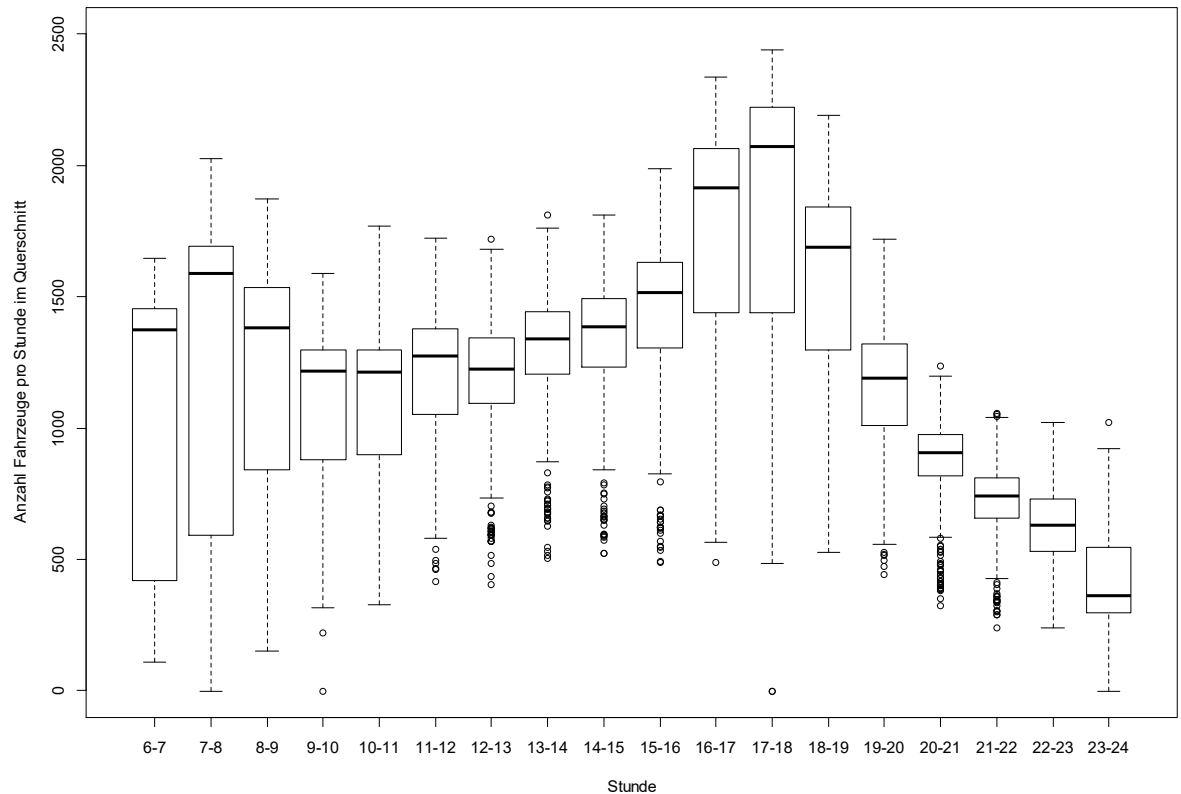


Abbildung 2: Boxplots der täglich gemessenen Anzahl Fahrzeuge pro Stunde im Querschnitt bei der städtischen Zählstelle Nr. 10 an der Wehntalerstrasse in Zürich für das Jahr 2018 (Quelle: Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr)

Lesehilfe: Boxplots sind Diagramme, welche die Verteilung der Messwerte aufzeigen. Das Rechteck, die sogenannte Box, entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50% der Daten liegen. Der schwarze Strich innerhalb des Rechtecks zeigt den Medianwert an. Die Antennen, die sogenannten Whisker, stellen die Werte ausserhalb des Rechtecks dar und enden bei den Werten aus den Daten, die noch innerhalb des 1.5-fachen der Länge der Box (Interquartilsabstand) liegen. Die übrigen Werte ausserhalb dieser Bereiche sind als einzelne Punkte dargestellt (Ausreisser).

Je nach Lage sowie Nachfragestrukturen des Netzes verlaufen die Jahres-, Wochen- und Tagesganglinien unterschiedlich. Die Verkehrsinfrastrukturen müssen auch langfristig unter veränderten Rahmenbedingungen (insbesondere der Verkehrsnachfrage) ihre Anforderungen erfüllen. Deshalb ist es notwendig, Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrsnachfrage anzustellen, was aber mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist. Es gilt die Kosten der später möglicherweise notwendigen Erweiterung der Anlage gegen die Vorteile, aber auch Vorhaltekosten und Externalitäten einer zuerst überdimensionierten Anlage abzuwägen.

Bei der Bestimmung des massgebenden Verkehrs besteht zudem die Herausforderung, dass Angebot und Nachfrage sich gegenseitig beeinflussen. Die zukünftige Verkehrsnachfrage ist abhängig von Dimensionierung und Betrieb (z.B. Steuerung) der Verkehrsinfrastruktur. Der massgebende Verkehr ist somit kein fixes Entwurfs-element, das aufgrund von aktuellen Messungen eindeutig zu bestimmen ist. Vielmehr muss die Festlegung des massgebenden Verkehrs aufgrund planerischer Überlegungen erfolgen. Neben den rein verkehrlichen Aspekten (Kapazitäten, Verkehrsqualität, Auswirkungen im Netz etc.) sind auch die raumplanerischen und ökonomischen Auswirkungen der Dimensionierung sowie die politischen Zielsetzungen zu beachten.

Des Weiteren besteht die Herausforderung, dass ein bestimmter Verkehrsablauf durch die Verkehrsstärke Q nur ungenügend beschrieben ist. Dazu sind auch Angaben zur Verkehrsdichte D und zur Geschwindigkeit V erforderlich. Zwischen diesen drei Größen gibt es Abhängigkeiten, die auch bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs von Bedeutung sind. Mit zunehmender Verkehrsstärke Q steigt die Verkehrsdichte D an. Ab einer kritischen Verkehrsdichte D stagniert die Verkehrsstärke Q (Sättigung) und nimmt schliesslich wieder ab. Ein Zählwert zur Verkehrsstärke Q genügt somit nicht, um zu klären, ob sich das Verkehrssystem in einem ungesättigten oder gesättigten Zustand befindet (vgl. Abbildung 3). Im urbanen Raum sind zudem in der Regel die Knoten leistungsbestimmend.

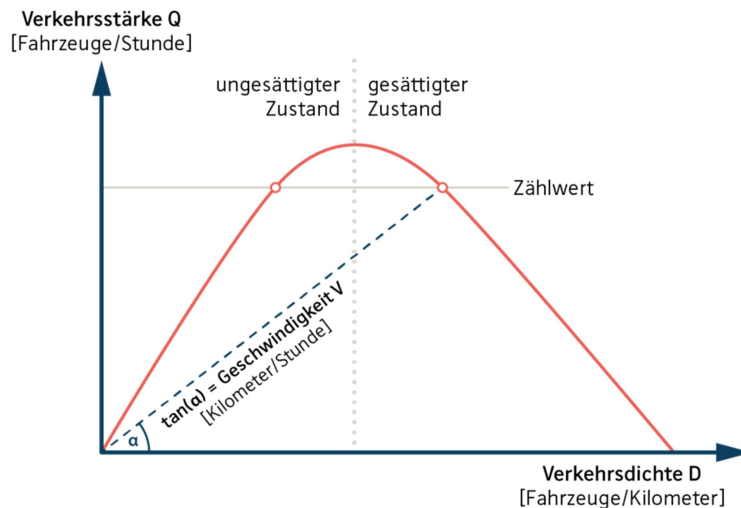


Abbildung 3: Abhängigkeit zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit

Von Bedeutung im Sinne einer gesamtheitlichen Betrachtung ist, dass beim Entwurf und der Dimensionierung einer Verkehrsanlage alle Verkehrsteilnehmenden berücksichtigt werden. Entsprechend ist als Grundlage auch die Verkehrsnachfrage aller Verkehrsmittel zu bestimmen.

2 Prozessübersicht Festlegung massgebender Verkehr

Der massgebende Verkehr wird in vier Schritten bestimmt. In einem ersten Schritt werden die Ausgangslage und Ziele analysiert. Schritt 2 sieht die Bestimmung der Verkehrsnachfrage der einzelnen Verkehrsmittel anhand der verfügbaren Grundlagen vor. Für den MIV und den ÖV wird in Schritt 3 zusätzlich die umfeldbedingte Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit (z.B. Trennwirkung von schnellen E-Bikes) bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da diese vergleichsweise gering ist. In Schritt 4 wird der massgebende Verkehr festgelegt. Beim MIV und ÖV erfolgt dies unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeit. Der massgebende Verkehr dient anschliessend als Grundlage für den Entwurf bzw. die Beurteilung einer Verkehrsanlage.

Da die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit wiederum abhängig vom Entwurf sind, gibt es eine Rückkoppelung. So kann die Belastbarkeit beispielsweise durch die Gestaltung und das Geschwindigkeitsregime verändert werden. Je nach Dimensionierung bzw. Entwurf sind die beschriebenen Schritte somit erneut durchzuführen.

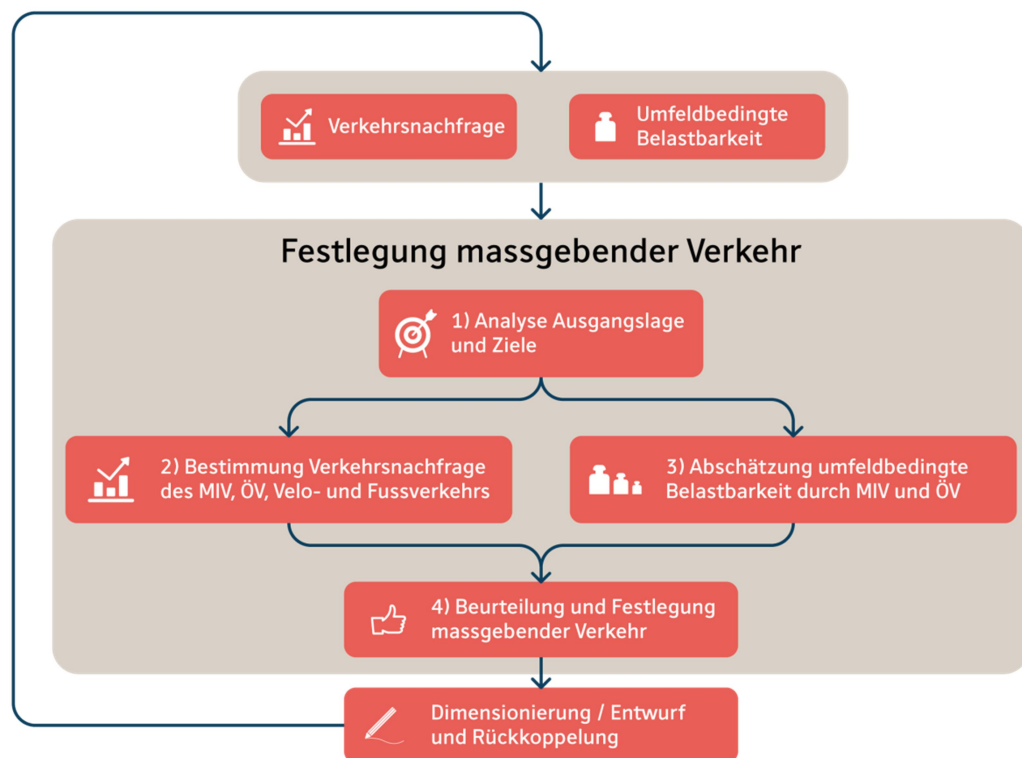


Abbildung 4: Vorgehen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

Netzsicht

Grundsätzlich sind Strecken und Knoten nicht isoliert, sondern im Gesamtnetz zu betrachten. Für die Festlegung des massgebenden Verkehrs bedeutet dies, dass die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit umliegender Netzabschnitte aufeinander abgestimmt werden sollten.

Auch sind die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsmitteln einzubeziehen. Wird der Veloverkehr beispielsweise gemeinsam mit dem MIV auf der Fahrbahn geführt, sollte er bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs des MIV berücksichtigt werden.

3 Schritt 1: Analyse Ausgangslage und Ziele

Die Analyse der Ausgangslage umfasst folgende Aspekte:

- 1) Projektauftrag
- 2) Merkmale der Verkehrsanlage
- 3) Eigenschaften des Umfelds und der umliegenden Nutzungen

Nachfolgend sind die Aspekte detaillierter beschrieben.

1) Projektauftrag

An erster Stelle ist der Projektauftrag zu erfassen und gegebenenfalls zu präzisieren. Ziel ist, ein möglichst genaues Bild über die Aufgabenstellung zu erhalten. Mögliche Fragen sind:

- Welche Ansprüche bestehen an die Verkehrsanlage? Welche Funktionen muss sie erfüllen?
- Im Hinblick auf welche Fragestellungen soll der massgebende Verkehr bestimmt werden?
- Für welche Verkehrsmittel soll der massgebende Verkehr festgelegt werden?
- Ist der Perimeter bzw. die Systemabgrenzung für diese Fragestellungen zweckmässig gewählt?
- Muss der massgebende Verkehr im Querschnitt oder nach Richtung getrennt festgelegt werden?
- Nach welchen Fahrzeugkategorien muss klassifiziert werden (z.B. «Swiss 10»)?

2) Merkmale der Verkehrsanlage

Bei bestehenden Verkehrsanlagen sind deren Merkmale hinsichtlich der Strassenbedingungen (Anzahl Fahrstreifen, Geometrie) und Verkehrsbedingungen (Funktion und Lage des Strassenabschnitts) zu betrachten. Dabei ist die Verkehrsanlage nicht isoliert, sondern im Gesamtnetz zu analysieren. Mögliche Fragen sind:

- Wie sieht die Geometrie und Gestaltung der Verkehrsanlage aus? Welche räumlichen Randbedingungen gilt es zu berücksichtigen?
- Liegt die Verkehrsanlage innerorts oder ausserorts?
- Welche verkehrliche Funktion hat die Strasse im MIV-, ÖV-, Velo- und Fusswegnetz? Welche weiteren Funktionen muss sie erfüllen (Aufenthaltort, Personen- oder Warenumschlag, Parkierung, Vorplatz wichtiger öffentlicher Nutzungen, Rettungsachsen, Dosierungs- oder Staubewirtschaftungsstrecken etc.)?
- Wie stark sind die umliegenden Netzelemente ausgelastet? Wo sind Wechselwirkungen zu erwarten?
- Welches sind die leistungsbestimmenden Knoten und Strecken?
- Sind regelmässige oder unregelmässige Staueffekte zu beobachten?
- Unterliegt die Anlage einem Verkehrsmanagementkonzept (z.B. LSA-Koordination oder Dosierungsstelle)?

Wichtige Grundlagen bilden dabei Richtpläne und Verkehrskonzepte.

3) Umfeld und umliegende Nutzungen

Neben der Verkehrsanlage ist auch das Umfeld zu betrachten. Mögliche Fragen sind:

- Welche Nutzungen (z.B. Wohnen oder Industrie) sind im Umfeld vorhanden bzw. geplant?
- Wie ist das Strassenumfeld gegliedert?
- Welche Arten der Randbebauung (offen, halboffen, geschlossen) liegen in der Strasse vor?
- Liegen Schutzzonen im Umfeld der Verkehrsanlage?

Zielsetzungen

Neben der Analyse der Ausgangslage ist die Bestimmung der Zielsetzungen für die Verkehrsanlage von Bedeutung. Es ist zu klären, welche verkehrspolitischen und planerischen Zielsetzungen für die Verkehrsanlage vorhanden sind. Die Zielsetzungen sind in Richtplänen, Leitbildern und Verkehrskonzepten festgehalten. Falls diese nicht geklärt sind, müssen sie auf Basis folgender Fragen formuliert werden:

- Welche verkehrliche und städtebauliche Funktion soll die Verkehrsanlage in Zukunft übernehmen?
- Welche Ansprüche an den Strassenraum bestehen heute und in Zukunft?
- Wie soll sich das Umfeld in Zukunft entwickeln?

Die Analyse der Ausgangslage und die Festlegung der Ziele sind Basis für die nachfolgenden Schritte. Neben der Betrachtung der Form und Gestalt der Verkehrsanlage ist es unerlässlich, die Lage im Netz und die umliegenden Nutzungen zu analysieren.

Relevante Normen für Schritt 1

- Projektbearbeitung
 - VSS 40 026 Projektbearbeitung und Projektphasen im Verkehrswegebau
 - VSS 40 027 Planungsstudie
 - VSS 40 028 Vorprojekt
 - VSS 40 029 Definitives Projekt
- Strassenprojektierung
 - VSS 40 303 Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts
- Entwurf und Gestaltung des Verkehrsraums
 - VSS 40 210 Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten
- Grundlagen der Projektierung Strassentypen
 - VSS 40 040b Projektierung, Grundlagen; Strassentypen
- Knoten, Grundstückzufahrten, Kehren, Wendeanlagen
 - VSS 40 250 Grundlagenorm
 - VSS 40 251 Knotenelemente
- Langsamverkehr
 - VSS 40 060 Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen
 - VSS 40 070 Fussgängerverkehr, Grundnorm

4 Schritt 2: Bestimmung Verkehrsnachfrage

Die Verkehrsnachfrage wird grundsätzlich für alle Verkehrsmittel bestimmt. Beim MIV und ÖV ist je nach Aufgabenstellung der Schwerverkehr separat zu bestimmen. Dieser ist gemäss VSS 40 005b wie folgt definiert:

- Der Schwerverkehr des MIV und ÖV bezieht sich auf die Menge aller nachfolgend genannten Motorfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht mit mehr als 3.5 Tonnen auf einer Strasse in einem Querschnitt und in einer Richtung: Bus, Car, Lastwagen, Sattelschlepper und Lastenzüge.

Im Normalfall wird die Verkehrsnachfrage auf Grundlage von stündlichen Verkehrsstärken festgelegt. Es handelt sich dabei um stündliche Verkehrsstärken unabhängig davon, ob sie tatsächlich während einer Stunde beobachtet oder ob sie auf dieses Intervall umgerechnet wurden. Das Zeitintervall einer Messung oder einer Prognose soll umso kleiner gewählt werden, je grösser die Schwankungen der Verkehrsstärke sind und je empfindlicher die Anlage gegen schwankende Verkehrsstärken und deren Auswirkungen ist. Dies gilt insbesondere für den Veloverkehr bei separaten Verkehrsanlagen und kann beispielsweise bei Knoten mit Lichtsignalanlagen oder mit Kreisverkehren der Fall sein, wenn sie zu Spitzenstunden im Bereich der Leistungsgrenze betrieben werden.

Wenn für diese Fälle nur stündliche Verkehrsstärken vorhanden sind, wird angeraten, diese mit einem Faktor von 1.2 zu multiplizieren, um den Schwankungen innerhalb der Stunde Rechnung zu tragen. Welche Zeiteinheit zweckmässig ist, wird in den Einzelnormen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit festgelegt:

- VSS 40 018a Freie Strecke auf Autobahnen
- VSS 40 019 Einfahrten in Hochleistungsstrassen
- VSS 40 020a Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungsrennung
- VSS 40 022 Knoten ohne Lichtsignalanlage
- VSS 40 023a Knoten mit Lichtsignalanlagen
- VSS 40 024a Knoten mit Kreisverkehr

Bei der Festlegung des Zeitintervalls ist zwischen einer kurzzeitigen Überlastung (z.B. in der Spitzenviertelstunde) und Überkapazitäten ausserhalb der absoluten Spitze abzuwägen.

Grundsätzlich wird die Stunde als massgebendes Zeitintervall betrachtet. Bei separaten Infrastrukturen für den Veloverkehr oder bei für das Verkehrsnetz kritischen Elementen werden 15-Minuten-Intervalle empfohlen. Beim Fussverkehr können die Intervalle teilweise noch kleiner sein (z.B. für die Dimensionierung von Perron-Zugängen bei ÖV-Haltestellen).

Die Verkehrsnachfrage ist wenn immer möglich auf Basis von Zählungen herzuleiten. An erster Stelle ist somit zu prüfen, welche Zählraten bereits vorliegen. Für noch nicht existierende Verkehrsanlagen ist zu untersuchen, ob Zählraten im Umfeld verfügbar und anwendbar sind.

Insbesondere ist zwischen folgenden Zählraten zu unterscheiden:

- **Dauerzählungen:**
Auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene existieren umfassende Dauermessstellennetze, die den Verkehr ganzjährig erfassen. Das Bundesamt für Strassen betreibt schweizweit beispielsweise ein Netz mit über 500 Dauermessstellen (Stand Januar 2019). Zudem stehen bei zahlreichen Lichtsignalanlagen ganzjährige Detektoren-Daten zur Verfügung.
- **Temporäre Zählungen:**
Daneben gibt es zahlreiche temporäre Erhebungen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Stichprobe über einen bestimmten Zeitraum darstellen.

In erster Priorität sollen (aktuelle) Dauerzählungen verwendet werden, die den Verkehr ganzjährig erfassen, in zweiter Priorität temporäre Zählungen.

Das Ablaufschema in Abbildung 5 zeigt das Vorgehen zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage auf.

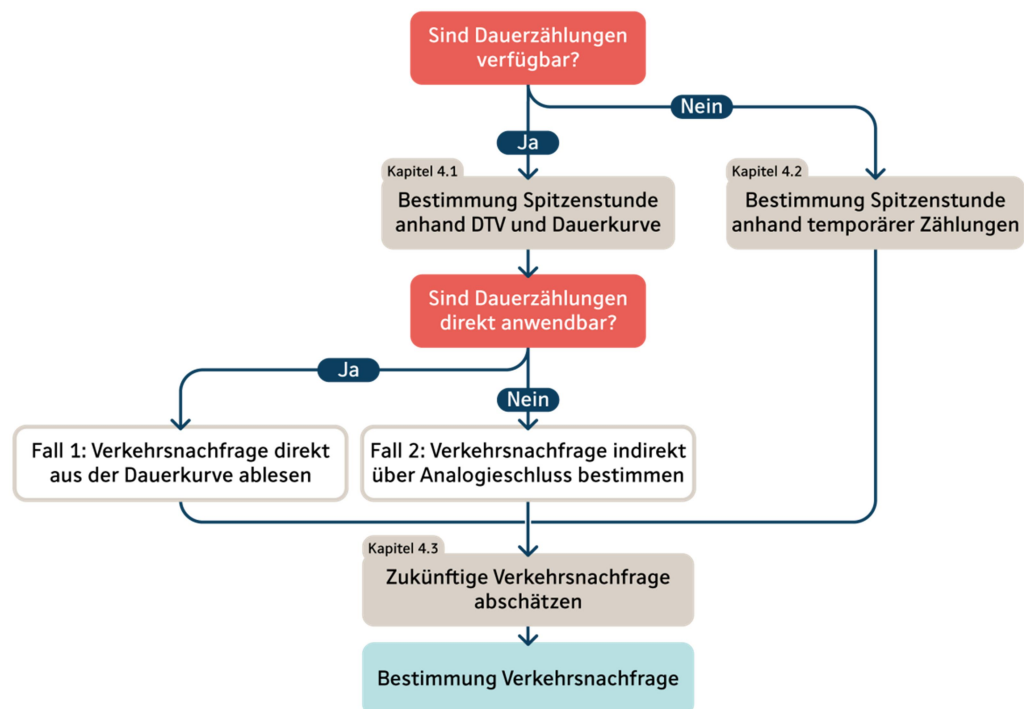


Abbildung 5: Ablaufschema Bestimmung Verkehrsnachfrage

Wenn Dauerzählungen verfügbar sind und der DTV für die Verkehrsanlage bekannt ist, kann die Verkehrsnachfrage anhand der aus der Dauerzählung ausgewerteten Dauerkurve bestimmt werden (vgl. Kapitel 4.1). In den übrigen Fällen wird die Verkehrsnachfrage für eine durchschnittliche Spitzenstunde auf Basis anderer Grundlagen hergeleitet (vgl. Kapitel 4.2). Hinweise zur Abschätzung der zukünftigen Verkehrsnachfrage (Prognose) werden in Kapitel 4.3 gegeben.

Es ist wichtig, Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrsnachfrage (Prognose) einzubeziehen, da Verkehrsinfrastrukturen ihre Anforderungen auch langfristig unter veränderten Rahmenbedingungen (insbesondere der Verkehrsnachfrage) erfüllen müssen.

Neben der Datenverfügbarkeit ist für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage ebenfalls von Bedeutung, ob die Verkehrsanlage in einem gesättigten Verkehrssystem liegt (vgl. Abbildung 3).

Wenn sich das System an der Kapazitätsgrenze bewegt, zeigen Verkehrszählungen nicht die effektive Verkehrsnachfrage auf, sondern das vom System bewältigbare Verkehrsaufkommen (vgl. Abbildung 3). Es ist projektspezifisch zu entscheiden, wie mit solchen Effekten umgegangen werden soll.

Die Bestimmung der effektiven Verkehrsnachfrage in gesättigten Systemen ist schwierig. Mögliche Ansätze zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage erfordern eine Netzsicht und Ausweitung des Betrachtungsperimeters:

- Analyse der Verkehrsnachfrage im freien Zufluss ausserhalb des gesättigten Systems, wo davon ausgegangen wird, dass das Verkehrssystem die Verkehrsnachfrage vollumfänglich abwickeln kann. Allenfalls lassen sich der Verlauf der Ganglinien resp. Dauerkurven auf das gesättigte System relativ übertragen.
- Erhebung der Verkehrsdichte und/oder der vorhandenen Rückstaulängen der Zu- und Ablaufstrecken im gesättigten Netz und entsprechende Korrektur der Verkehrsnachfrage.
- Erzeugung eines Makrofundamentaldiagramms für das betrachtete Verkehrssystem mittels Mikrosimulationsmodell und Überlagerung mit realen Zähldaten (Verkehrsstärke, Verkehrsdichte, Geschwindigkeiten). Aus der Überlagerung kann auf den Zustand des Verkehrssystems und die latente Verkehrsnachfrage geschlossen werden.

Weitere und detailliertere Hinweise zu diesen Ansätzen und zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage für überlastete Strassen werden in der Forschungsarbeit «Bestimmung der Verkehrsnachfrage für überlastete Strassen» SVI 2016/003 gegeben.

4.1 Bestimmung Spitzenstunde anhand DTV und Dauerkurve

Die Verteilung der gemessenen, stündlichen Verkehrsstärke über das ganze Jahr (inkl. Wochenendtage) lässt sich in einer sogenannten Dauerkurve darstellen. In Abbildung 6 ist beispielhaft eine solche Dauerkurve für die städtische Zählstelle Nr. 16 an der in diesem Abschnitt 4-streifigen Überlandstrasse in Zürich für das Jahr 2018 ersichtlich. Die Höhe der Verkehrsstärke und der flache Verlauf der Dauerkurve lassen darauf schliessen, dass die Strasse über viele Zeiträume hinweg stark ausgelastet ist.

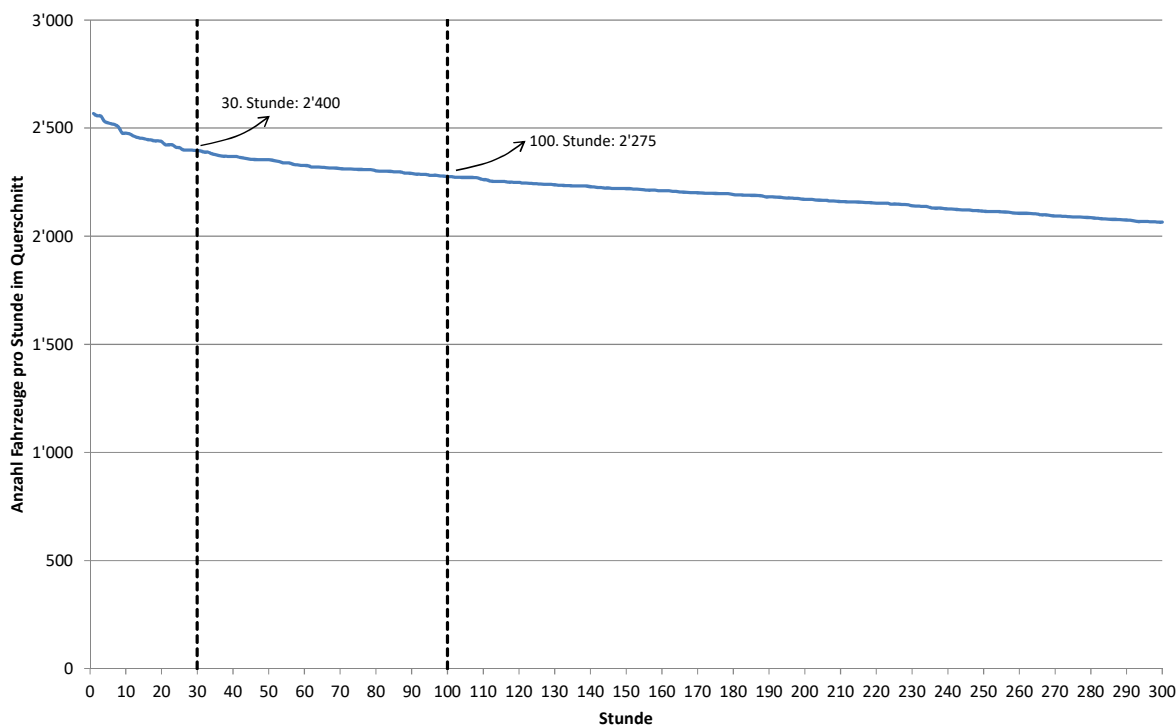


Abbildung 6: Dauerkurve der Verkehrsstärke des MIV und ÖV bei der städtischen Zählstelle Nr. 16 an der in diesem Abschnitt 4-streifigen Überlandstrasse in Zürich für das Jahr 2018, dargestellt für den Bereich der 1. bis 300. Stunde (Quelle: Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr)

Die für die Festlegung des massgebenden Verkehrs zugrunde gelegte Verkehrsnachfrage kann anhand der Dauerkurve abgeleitet werden. Für die Wahl der als massgebend erachteten Stunde der Rangfolgekurve (Dauerkurve) ist zwischen den volkswirtschaftlichen Kosten des Staus in den überlasteten Stunden und den erhöhten Investitions- und Unterhaltskosten sowie externen Kosten für stark ausgebaute Infrastrukturen abzuwägen. Zudem sind die politischen Zielsetzungen und räumliche und gesamtverkehrliche Aspekte einzubeziehen. Grundsätzlich wird daher der Bereich zwischen der 30. und 100. Stunde der Dauerkurve als zweckmässig erachtet. Unter Annahme einer vereinfachten durchschnittlichen Betrachtungsweise und einer entsprechenden Dimensionierung der Verkehrsanlage bedeutet dies, dass bei der Wahl der 30. Stunde durchschnittlich rund alle 12 Tage eine überlastete Stunde auftritt. Bei der Wahl der 100. Stunde ergäben sich rund zwei überlastete Stunden pro Woche.

Es wird empfohlen, die Verkehrsstärke im Bereich zwischen der 30. und 100. Stunde der Dauerkurve zu wählen. Welcher Wert im Einzelfall für die Dimensionierung verwendet wird, liegt im Ermessen der Projektverantwortlichen.

Die Wahl der Stunde hängt von Funktion und Bedeutung der betrachteten Verkehrsanlage und damit verbunden vom Verlauf der Dauerkurve ab. Wirtschaftlich bedeutende Strassen, die einen hohen Anteil an Pendler- und Wirtschaftsverkehr und in der Regel eine über das Jahr gleichmässige Auslastung mit wenigen hohen Ausreissern (flache Dauerkurve) aufweisen, sollten eine höhere Sicherheit gegen Stau aufweisen, weshalb die Wahl im Bereich der 30. bis 50. Stunde empfohlen wird. Bei Strassen, die überwiegend dem Wochenend- und Freizeitverkehr dienen und saisonal starke Schwankungen aufweisen, ist eine geringere Überlastungssicherheit vertretbar. Bei solchen Strassentypen wird die Wahl im Bereich der 100. Stunde angeraten.

Für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage anhand der Dauerkurve sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- **Fall 1: Dauerzählung direkt anwendbar**
 - Im Idealfall liegt eine Dauerzählung für die betrachtete Verkehrsanlage vor.
 - Die Verkehrsnachfrage kann direkt aus der Dauerkurve abgelesen werden.
- **Fall 2: Dauerzählung indirekt über Analogieschluss anwendbar**
 - Die Dauerzählung ist für einen benachbarten Streckenabschnitt, dessen Verkehrsgeschehen funktional vergleichbar ist, verfügbar.
 - Für die betrachtete Verkehrsanlage ist der DTV bekannt.
 - Die Dauerkurve wird in Prozent des DTV ausgewertet.
 - Für die Ermittlung der Verkehrsnachfrage wird der prozentuale Wert aus der Dauerkurve mit dem effektiven DTV der betrachteten Verkehrsanlage multipliziert.

Bei der Auswertung der Dauerzählungen ist darauf zu achten, welche Verkehrsmittel durch die Zählstelle erhoben werden. Auf dem Hochleistungsstrassennetz verkehren nur MIV- und ÖV-Fahrzeuge, die Dauerkurven zeigen die Verkehrsstärke des MIV und ÖV. Auf dem übrigen Strassennetz wird auch der Veloverkehr durch Dauerzählungen erfasst (wenn der Veloverkehr auf der Fahrbahn geführt wird). Dabei entsteht eine gewisse Unsicherheit, da der Veloverkehr oft nur teilweise erhoben wird. Sofern der Veloverkehr getrennt ausgewertet werden kann, ist dies entsprechend auszuführen. Andernfalls ist abzuschätzen, wie hoch der Veloverkehr ist. Bei geringen Veloverkehrsstärken kann dieser bei der Auswertung der Dauerzählstellen für den MIV und ÖV vernachlässigt werden. Andernfalls können die Veloverkehrsstärken anhand von Stichproben abgeschätzt und die Dauerzählungen entsprechend korrigiert werden, wenn die Verkehrsnachfrage des MIV- und ÖV ohne den Veloverkehr bestimmt werden soll.

Für den Fuss- und Veloverkehr liegen bedeutend weniger Dauerzählungen vor. In den letzten Jahren wurden – vor allem in einigen grösseren Städten – aber grössere Messstellennetze aufgebaut. Die Datenverfügbarkeit wird zukünftig weiter steigen. Die Verkehrsnachfrage wird zunehmend auch für den Fuss- und Veloverkehr anhand von Dauerzählungen bestimmt.

In Abbildung 7 ist beispielhaft die Dauerkurve der städtischen Veloverkehrszählstelle Langstrasse Süd in Zürich für das Jahr 2018 dargestellt.

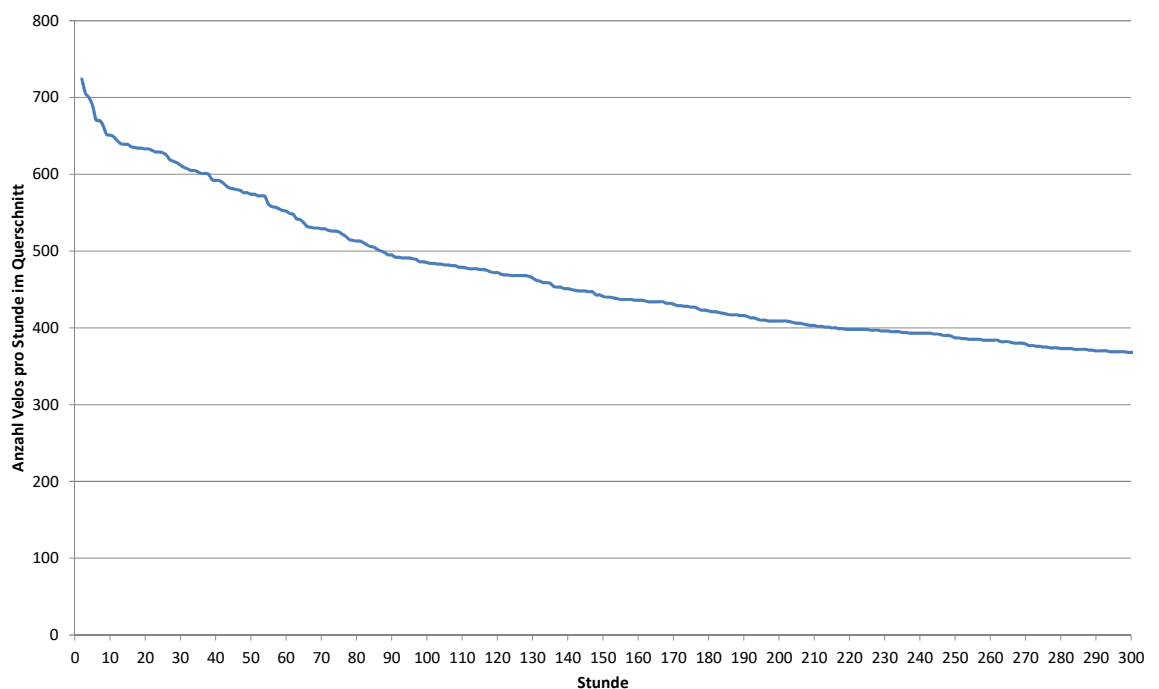


Abbildung 7 Dauerkurve der Verkehrsstärke des Veloverkehrs bei der städtischen Velozählstelle Langstrasse Süd in Zürich für das Jahr 2018, dargestellt für den Bereich der 1. bis 300. Stunde (Quelle: Stadt Zürich, Tiefbauamt)

Für die Bestimmung wird empfohlen, die Verkehrsstärke ebenfalls im Bereich zwischen der 30. und 100. Stunde der Dauerkurve zu wählen. Auch beim Veloverkehr sind die Zählungen mit Bedacht zu interpretieren. Wenn beispielsweise kein attraktives Angebot im betroffenen Abschnitt der Dauerzählstelle vorhanden ist, wird auch eine geringere Verkehrsstärke gemessen, obwohl die effektive Verkehrsnachfrage höher ist (Verdrängung auf andere Routen oder Verkehrsmittel).

4.2 Bestimmung Spitzenstunde anhand temporärer Zählungen

Auch wenn keine Dauerzählung verfügbar ist, was in der Praxis häufig der Fall ist, ist die Verkehrsnachfrage möglichst anhand von (temporären) Zählungen der Spitzenstunde zu bestimmen. Dies gilt auch für den Fuss- und Veloverkehr. Gegebenenfalls sind spezifische Erhebungen durchzuführen.

Wenn die Spitzenstunde im Tagesverlauf (auf Basis von Ortskenntnissen oder Zählungen im Umfeld der Anlage) nicht bekannt ist, wird empfohlen, den Erhebungszeitraum auszudehnen (Morgen- und Abendspitze jeweils mindestens 2 Stunden, allenfalls auch Mittagsspitze). Grundsätzlich sollen die Verkehrsstärken nicht nur an einem Tag, sondern an mehreren Tagen gezählt werden, um eine verlässlichere Stichprobengrösse zu erhalten und auf nicht planbare Ereignisse (z.B. Unfälle) vorbereitet zu sein. Für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage werden die Werte der einzelnen Erhebungstage plausibilisiert und gemittelt. Dabei ist auf die Streuung der Zählwerte zu achten. Wenn grosse Abweichungen vorhanden sind, ist zu prüfen, woran dies liegt. Gerade der Fuss- und Veloverkehr zeigen eine relativ hohe Variabilität, da sie beispielsweise stärker witterungsabhängig sind als der MIV und ÖV. Es wird empfohlen, Erhebungen des Fuss- und Veloverkehrs nicht zur kalten Jahreszeit durchzuführen.

Wenn temporäre Zählungen verwendet werden, besteht das Risiko, dass die Verkehrsnachfrage gegenüber der Bestimmung anhand der Dauerkurve unterschätzt bzw. teilweise auch überschätzt wird. Es wird deshalb empfohlen, die Ergebnisse mit verfügbaren Dauerzählungen im Umfeld zu plausibilisieren. Zudem wird angeraten, bei Entwurf und Dimensionierung mit Sensitivitätsanalysen zu arbeiten und die Auswirkungen bei einer höheren Verkehrsnachfrage abzuschätzen.

Insbesondere bei neuen Verkehrsanlagen, bei denen die Verkehrsstärke nicht erhoben werden kann, können Angaben aus makroskopischen Verkehrsmodellen genutzt werden. Die Modellergebnisse müssen jedoch zwingend interpretiert, plausibilisiert und bei Bedarf korrigiert werden. Dies gilt vor allem dann, wenn relativ kleinräumige Daten (z.B. Knotenströme) aus den Modellen entnommen werden. In diesen Fällen sind Zählungen klar zu bevorzugen. Falls lediglich Verkehrsstärken für den gesamten Tag bekannt sind (z.B. aus dem Verkehrsmodell), können die Ganglinien nach VSS 40 005b als Grundlage für die Umrechnung in Spitzenstundenwerte dienen.

4.3 Zukünftige Verkehrsnachfrage

Die Betrachtung der zukünftigen Verkehrsnachfrage ist von grosser Bedeutung, da Verkehrsanlagen eine lange Lebensdauer aufweisen und entsprechend auch unter veränderten Rahmenbedingungen funktionieren sollten. Um die zukünftige Verkehrsnachfrage abschätzen zu können, muss diese prognostiziert werden.

Eine pauschale Hochrechnung der Verkehrsstärken unter Annahme eines jährlichen, prozentualen Verkehrswachstums oder die vereinfachte Fortschreibung des Trends der letzten Jahre wird vor allem im urbanen Raum nicht empfohlen, da dies der Komplexität der Aufgabe nicht gerecht wird, insbesondere in ausgelasteten Netzen, aber beispielsweise auch im Umfeld von Entwicklungsschwerpunkten.

Die Verkehrsentwicklung der letzten Jahre zeigt verschiedene, gegenläufige Tendenzen: Während die Verkehrsbelastungen auf dem Hochleistungsstrassennetz und teilweise auch noch im ländlichen Raum zum Teil stark zunehmen, verzeichnen die Hauptverkehrsstrassen in den Städten und Agglomerationen teils eine Stagnation oder sogar Abnahmen, da die Verkehrssysteme in den Spitzenstunden an der Leistungsgrenze betrieben werden und Staueffekte auftreten, aber auch weil sich das Mobilitätsverhalten teilweise verändert. Ein weiteres Verkehrswachstum ist aufgrund der begrenzten Kapazitäten kaum mehr möglich. Grossflächig kann in ausgelasteten Netzen eine Verflachung oder zeitliche Verbreiterung der Spitzenbelastungen beobachtet werden. Eine isolierte Betrachtung der Nachfrageentwicklung ist deshalb nicht sinnvoll, vielmehr bestehen starke Wechselwirkungen mit dem Angebot. So zieht eine leistungsfähige Anlage Verkehr an, während potenzielle Nutzer einer stark ausgelasteten Anlage eher Alternativen in Betracht ziehen.

Es wird angeraten, die Prognose unter Berücksichtigung folgender Aspekte vorzunehmen:

Netzentwicklung und Kapazitäten der umliegenden Netzelemente

- Wie stark ist das Verkehrsnetz im Umfeld der Verkehrsanlage ausgelastet?
- Welche Knoten und Strecken sind leistungsbestimmend?
- Gibt es noch Kapazitätsreserven?
- Gibt es relevante Verkehrsprojekte im Umfeld der Verkehrsanlage mit Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage oder das Verkehrsangebot?

Bevölkerungs-/ Arbeitsplatzentwicklung

- Welche Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung wird prognostiziert?
- Gibt es grössere Entwicklungsprojekte im Umfeld der Verkehrsanlage?
- Wie wahrscheinlich ist die Realisierung dieser Projekte?

Politische und planerische Zielsetzungen (vgl. Schritt 1)

- Welche verkehrliche und städtebauliche Funktion soll die Verkehrsanlage in Zukunft übernehmen?
- Welche Ansprüche an den Strassenraum bestehen heute und in Zukunft?
- Wie soll sich das Umfeld in Zukunft entwickeln?

Unter Einbezug dieser Aspekte resp. Vorgaben können Annahmen zur zukünftigen Verkehrsnachfrage getroffen werden. Die Überlegungen und Herleitungen der Prognose sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

Als weitere, wichtige Grundlage können zudem Prognosen aus Verkehrsmodellen verwendet werden. Unter der Annahme des künftigen Verkehrsangebots, der Entwicklung der Bevölkerung und Beschäftigten sowie des (heutigen) Verkehrsverhaltens (z.B. Verkehrsmittelpräferenzen) berechnen die Verkehrsmodelle das Verkehrsaufkommen für Prognosezustände. Die Modellergebnisse müssen jedoch stets mit Bedacht interpretiert und verwendet werden. In der Regel kann aus den Modellen ein bestimmter Wert der Verkehrsnachfrage abgelesen werden (z.B. DTV = 16'850). Dabei handelt es sich um eine Punktschätzung der Zielgrösse, die mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet ist. Die Validität und die Konfidenzintervalle müssen beachtet werden. Modelle basieren zwangsweise auf einem vereinfachten Abbild der Wirklichkeit. Insbesondere die Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen ist schwierig. Während die Routenwahl in ausgelasteten Netzen gut abgebildet werden kann (zumindest für die Betrachtung einer Stunde), können Nachfrageüberhänge nur schwierig berücksichtigt werden. Es fehlen verlässliche, statistische Grundlagen für das Modellieren der Auswirkungen von Kapazitätsengpässen auf die Verkehrserzeugung, -verteilung und -mittelwahl. Zudem ist die Modellierung der Verkehrsabläufe an Knoten sehr schwierig. Diese sind jedoch häufig leistungsbestimmend.

Es wird empfohlen, bei Modellprognosen jeweils die absoluten oder relativen Differenzen zwischen dem Ist-Modellzustand und dem Prognosemodellzustand zu verwenden und nicht mit den absoluten Werten des Prognosemodellzustands zu arbeiten.

Relevante Normen für Schritt 2

- Verkehrserhebungen
 - VSS 40 000 Grundlagen
 - VSS 40 001 Begriffsvereinheitlichung für Verkehrserhebungen, Terminologie
 - VSS 40 002 Verkehrszählungen
 - VSS 40 005b Ganglinien und durchschnittlicher täglicher Verkehr
 - VSS 40 015a Dokumentation von Verkehrsaufkommen
- Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit
 - SN 640 017a Grundlagennorm
 - VSS 40 018a Freie Strecke auf Autobahnen
 - VSS 40 019 Einfahrten in Hochleistungsstrassen
 - VSS 40 020a Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung
 - VSS 40 022 Knoten ohne Lichtsignalanlage
 - VSS 40 023a Knoten mit Lichtsignalanlagen
 - VSS 40 024a Knoten mit Kreisverkehr
- Fussgänger- und Veloverkehr
 - SN 640 060 Leichter Zweiradverkehr; Grundlagen
 - SN 640 070 Fussgängerverkehr; Grundnorm

5 Schritt 3: Abschätzung umfeldbedingte Belastbarkeit durch MIV und ÖV

Für den MIV und den ÖV wird die umfeldbedingte Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da deren Belastungen im Regelfall für das Umfeld vergleichsweise gering sind. In gewissen Fällen, beispielsweise entlang von Gewässern oder bei anderen wertvollen Naturräumen, können die umfeldbedingten Belastungen des Fuss- und Veloverkehr durchaus relevant werden und sind situationspezifisch zu berücksichtigen.

Die umfeldbedingte Belastbarkeit bezieht sich immer auf einen Streckenquerschnitt (Summe beider Fahrrichtungen). Bei einem Knoten sind deshalb immer die zuführenden Strassenquerschnitte zu betrachten.

Die Bestimmung der umfeldbedingten Belastbarkeit basiert einerseits auf gesetzlichen Grundlagen (z.B. für die Luft- und Lärmbelastungen) und andererseits auf weiteren Kriterien, die neben fachlichen Erkenntnissen auch auf politischen Absichten und Vorstellungen beruhen. Aus diesem Grund ist die umfeldbedingte Belastbarkeit keine scharf berechenbare Grösse, sondern soll in der Regel unter Einbezug der betroffenen Verkehrsteilnehmer, Anstösser und Entscheidungsträger bestimmt werden (vgl. SN 640 210).

Für die Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit von Hauptverkehrs-, Verbindungs-, Sammel- und Erschliessungsstrassen im Innerortsbereich wird in Kapitel 5.1 eine vereinfachte Methodik beschrieben. In Kapitel 5.2 werden Hinweise gegeben, wie die umfeldbedingte Belastbarkeit detaillierter und auch für Ausserorts- sowie Hochleistungsstrassen ermittelt werden kann.

Die vereinfachte Abschätzung gemäss Kapitel 5.1 dient dazu, grobe Werte für die umfeldbedingte Belastbarkeit im Innerortsbereich auf einfache Art und Weise herzuleiten. Bei komplexeren Projekten und ausserorts wird empfohlen, die detaillierte Abschätzung gemäss Kapitel 5.2 vorzunehmen.

5.1 Vereinfachte Abschätzung für den Innerortsbereich

In Tabelle 2 sind grobe Richtwertbereiche für die umfeldbedingte Belastbarkeit ersichtlich. Die Richtwertbereiche werden nach Situationstyp/Nutzung und Strassentyp unterschieden. Grundlage für die Richtwerte bilden einerseits die angegebenen Werte aus VSS 40 044 und VSS 40 045 (für Haupt- und Quartiersammelstrassen sowie Quartierserschliessungsstrassen) und andererseits die bestehenden Lärmgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung.

Situationstyp	Nutzung	HVS & VS	Haupt-sammelstrasse	Quartier-sammelstrasse	Quartier-erschliessungsstr.
ländliches Gebiet	Wohnen	500 – 900	500 – 800	300 – 500	100 – 150
	Wohnen/ Gewerbe	600 – 1200			
	Industrie	800 – 1500			
regionales / städtisches Zentrum	Wohnen	700 – 1100	600 – 900	400 – 600	150 – 200
	Wohnen/ Gewerbe	900 – 1500			
	Industrie	1000 – 1900			

Tabelle 2 Grobe Richtwerte für die umfeldbedingte Belastbarkeit des MIV und ÖV (Fahrzeuge pro Stunde im Querschnitt)

Es wird empfohlen, die nachfolgend aufgeführten Einflussfaktoren für die Bestimmung des konkreten Richtwerts zu nutzen. Dabei wird angeraten, von einem mittleren Wert im Streubereich auszugehen und quantitativ zu überlegen, ob die Einflussfaktoren im konkreten Fall eher zu einer höheren oder tieferen Belastbarkeit führen. Der mittlere Wert im Streubereich geht von einer «durchschnittlichen» Strasse aus, welche zum Beispiel nicht über lärmarme Beläge verfügt. Auf Basis der umliegenden Nutzungen und der folgend genannten Einflussfaktoren wird empfohlen, die Strasse in homogene Abschnitte zu unterteilen. Die einzelnen Abschnitte sollten eine Länge von ca. 150 Meter nicht unterschreiten.

- **Gefahrene Geschwindigkeit**
Ein tieferes Geschwindigkeitsniveau erhöht die umfeldbedingte Belastbarkeit. Wenn die gefahrenen Geschwindigkeiten (gemäss einer Messung oder planerischen Schätzung) im Bereich zwischen 30-40 km/h liegen, wird empfohlen, einen Wert im oberen Richtwertbereich zu wählen. Liegt das Geschwindigkeitsniveau hingegen höher, wird ein tieferer Belastbarkeitswert angeraten.
- **Schwerverkehrsanteil**
Wenn ein hoher Schwerverkehrsanteil von über 5% (gemäss einer Messung oder planerischen Schätzung) vorhanden ist, wird empfohlen, einen Wert im unteren Richtwertbereich zu wählen.
- **Strassenraumaufteilung**
Bei der Strassenraumaufteilung wird betrachtet, wie viel Fläche die Fahrbahn zwischen Fassade und Fassade im Strassenraum in Anspruch nimmt. Je grösser die Seitenbereiche sind, desto höher ist der Wert, der für die umfeldbedingte Belastbarkeit angenommen werden kann. Nehmen die Seitenbereiche beispielsweise jeweils eine Fläche in der Grössenordnung von je 30% ein (Aufteilung insgesamt: 30% linker Seitenbereich, 40% Fahrbahn in der Mitte, 30% rechter Seitenbereich), wird ein Wert im oberen Richtwertbereich empfohlen. Velostreifen und direkt an die Fahrbahn angrenzende, auch baulich abgesetzte Radwege zählen zur Fahrbahn. Durch eine Baumreihe von der Fahrbahn abgetrennte Radwege werden dem Seitenbereich zugeordnet.
- **Art der Randbebauung und Nutzung**
Bei einseitiger oder nicht vorhandener Randbebauung werden höhere Belastbarkeitswerte angeraten. Bei geschlossenen Randbebauungen sollten ein Wert im unteren Richtwertbereich gewählt werden. Ebenso ist bei publikumsintensiveren Nutzungen ein tieferer Belastbarkeitswert zu wählen (höhere Anzahl Querungsbedürfnisse, Parkierungsvorgänge oder Warenumschläge, höhere Bedeutung Aufenthaltsfunktion etc.)
- **Gestaltung und Grünflächenanteil**
Es ist qualitativ zu beurteilen, wie prägend das Grün und sonstige gestalterische Elemente im Strassenraum für diesen sind. Wenn die das Grün und/oder gestalterische Elemente den Strassenraum sehr prägen, wird empfohlen ein Wert im oberen Richtwertbereich zu wählen. Wenn dagegen die Fahrbahn deutlich die Gestaltung des Strassenraums dominiert, wird empfohlen einen Wert im unteren Richtwertbereich anzunehmen.

5.2 Detaillierte Abschätzung

Für die detaillierte Abschätzung – insbesondere auch für Ausserorts- sowie Hochleistungsstrassen – wird empfohlen, die umfeldbedingte Belastbarkeit anhand der Immissionsgrenzwerte für die Lärm- und Luftbelastung im konkreten Einzelfall zu berechnen. Die Immissionsgrenzwerte sind in der Lärmschutzverordnung (LSV) bzw. Luftreinhalteverordnung (LRV) des Bundes definiert. Um die Lärmbelastung abzuschätzen, stehen verschiedene Berechnungsverfahren und –modelle zur Verfügung. Detaillierte Hinweise zur Berechnung der Lärmbelastung können dem Leitfaden Strassenlärm (BAFU-Vollzugshilfe für die Sanierung, Stand 2006) entnommen werden. Die Berechnung der Luftbelastung erfolgt anhand des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA), das im Auftrag der Umweltbundesländer von Deutschland, der Schweiz und Österreich entwickelt wurde. Für den Innerortsbereich soll anschliessend geprüft werden, ob die ermittelte umfeldbedingte Belastbarkeit aufgrund eines anderen Kriteriums noch weiter zu reduzieren ist. In Tabelle 3 sind mögliche Kriterien sowie entsprechende Indikatoren und Messgrössen angegeben. Für Strassenräume im Innerortsbereich wurden in der Forschungsarbeit SVI 2004/058 Verträglichkeitskriterien definiert, die als Grundlage für die Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit verwendet werden können.

Beurteilungskriterien	Indikatoren	Messgrössen
Lärmbelastung	Lärmbelastung Seitenbereiche	Akustische Raumqualität (qualitative Einschätzung, umfasst nicht nur Lärmpegel, sondern auch qualitative Aspekte wie Art und Reichhaltigkeit der Klänge und Geräusche, z.B. können die Hörbarkeit von fliessendem Wasser oder Vogelgezwitscher die akustische Raumqualität verbessern)
Belastung durch Erschütterungen	Erschütterungen	Erschütterungen durch Schwerverkehr
Umfeldnutzung und Bezug zur Strasse	Erlebniswerte (Empfindlichkeit der baulichen Nutzung)	Bezug der Gebäude zum Strassenraum, Art der Nutzung
	Grünelemente	Fläche bzw. Anzahl Bäume je Streckenabschnitt
	Aufenthaltsqualität des öffentl. Raums	Aufenthaltsverhalten
Trennwirkung	Querungsbedürfnis	Querungsfrequenzen
	Umwege für den Fussverkehr	Distanz zwischen den Querungshilfen, Anteil wild querender Zu Fuss Gehender
	Anhaltebereitschaft	Anteil Fahrzeuglenkende, die Zu Fuss Gehende am FGS den Vortritt gewähren (mittels Zählung vor Ort zu bestimmen)
Strassenraumgestaltung	Flächenaufteilung im Querschnitt	Verhältnis Fahrbahnbreite zu Seitenbereichen
	Strassenverlauf, Erscheinungsbild	Trassierungselemente und Erscheinungsbild des Strassenabschnitts
Attraktivität Handel und Gewerbe	Nutzung	Zufriedenheit Handel und Gewerbe
	Leerstand	Leerstandsquote von Gewerberäumen

*Tabelle 3 Mögliche Kriterien zur Abschätzung der umfeldbedingten Belastbarkeit, neben der Lärm- und Luftimmissionsgrenzwerte
(Quelle: SN 640 017a, VSS 40 210 und Forschungsprojekt SVI 2004/058)*

Es wird empfohlen, die umfeldbedingte Belastbarkeit anhand der Immissionsgrenzwerte für die Lärm- und Luftbelastung zu berechnen. Für den Innerortsbereich soll anschliessend geprüft werden, ob die ermittelte Belastbarkeit aufgrund eines anderen Kriteriums (z.B. Trennwirkung oder Umfeldnutzung) noch weiter zu reduzieren ist.

Relevante Normen für Schritt 3

- Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit
 - SN 640 017a Grundlagennorm
- Grundlagen der Projektierung Strassentypen
 - VSS 40 044 Projektierung, Grundlagen; Sammelstrassen
 - VSS 40 045 Projektierung, Grundlagen; Erschliessungsstrassen
- Strassenprojektierung
 - VSS 40 303 Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts
- Entwurf und Gestaltung des Verkehrsraums
 - VSS 40 210 Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten

6 Schritt 4: Beurteilung und Festlegung massgebender Verkehr

In diesem Schritt werden die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit einander gegenübergestellt.

Der massgebende Verkehr wird unter Abwägung der Verkehrsnachfrage und der umfeldbedingten Belastbarkeit festgelegt.

Liegt die Verkehrsnachfrage unter der ermittelten umfeldbedingten Belastbarkeit oder auf demselben Niveau, wird der Wert der Verkehrsnachfrage als massgebender Verkehr bestimmt.

Wenn die Verkehrsnachfrage die umfeldbedingte Belastbarkeit übersteigt, ist in einem Abwägungsprozess zu entscheiden, wie hoch der massgebende Verkehr festgelegt werden soll. Folgende Aspekte sind bei der Abwägung von Bedeutung:

Verkehrspolitische und planerische Zielsetzungen:

- Räumliche Randbedingungen (verfügbarer Raum)
- Übergeordnete Korridor- oder Netzkapazitäten
- Mögliche Massnahmen zur Beeinflussung der Nachfrage. Diese können im Bereich des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements (z.B. Glättung der Spitzenstunde), aber auch in der Raum- und Nutzungsplanung liegen.

Die genannten Aspekte sind je nach Strassentyp unterschiedlich. Während die Bedürfnisse des Umfelds und die Einhaltung der umfeldbedingten Belastbarkeit im Innerortsbereich ein höheres Gewicht aufweisen, stehen bei Hochleistungsstrassen (ausserorts) die verkehrlichen Funktionen, wie Durchleiten und Verbinden, im Vordergrund. Entsprechend ist für Hochleistungsstrassen die ermittelte Verkehrsnachfrage bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs höher zu gewichten. Bei Hauptverkehrsstrassen ist jedoch auch ausserorts eine Belastbarkeit festzulegen, die allen Verkehrsteilnehmern gerecht wird.

Wird im Rahmen der Abwägung entschieden, den massgebenden Verkehr aufgrund der umfeldbedingten Belastbarkeit tiefer als die ermittelte Verkehrsnachfrage festzulegen, sind die Auswirkungen im Netz zu untersuchen und gegebenenfalls flankierende Massnahmen (v.a. im untergeordneten Netz) zu ergreifen. Beispielsweise kann der Verkehr mit einem übergeordneten Verkehrsmanagement so gelenkt und gesteuert werden, dass der Verkehrsfluss gewährleistet ist und allfällige Stauerscheinungen zu Spitzenzeiten in weniger sensible Räume verschoben werden (Dosierung bzw. Stauraumbewirtschaftung).

Beim Fuss- und Veloverkehr wird die Belastbarkeit aufgrund der hohen Verträglichkeit dieser Verkehrsmittel vernachlässigt. Die ermittelte Verkehrsnachfrage wird als massgebender Verkehr festgelegt.

Relevante Normen für Schritt 4

- Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit
 - SN 640 017a Grundlagennorm
- Strassenprojektierung
 - VSS 40 303 Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts
- Entwurf und Gestaltung des Verkehrsraums
 - VSS 40 210 Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten
- Lichtsignalanlagen
 - VSS 40 835 Abschätzen der Leistungsfähigkeit

7 Entwurf und Rückkoppelung zum massgebenden Verkehr

Der massgebende Verkehr dient als wichtige Grundlage für den Entwurf und die Dimensionierung einer Verkehrsanlage. Grundsätzlich werden die zwei in Kapitel 1.2 genauer definierten Planungsansätze «Angebotsorientierte Planung» und «Nachfrageorientierte Planung» unterschieden.

Bei der angebotsorientierten Planung wird neben der umfeldbedingten Belastbarkeit, die bereits beim massgebenden Verkehr einbezogen wird, auch die verkehrstechnische Belastbarkeit berücksichtigt.

Die verkehrstechnische Belastbarkeit eines gegebenen Verkehrsangebots (einzelne Anlage oder auch im Kontext eines Systems) entspricht der bewältigbaren Verkehrsstärke, die aus Sicherheits- und Betriebsgründen nicht überschritten werden sollte. Die bewältigbare Verkehrsstärke kann anhand der in der Normengruppe zur Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit beschriebenen Verfahren abgeschätzt werden. Dabei ist zu definieren, welche Verkehrsqualitätsstufe in der Spitzenstunde minimal erreicht werden soll (üblicherweise Verkehrsqualitätsstufe D, in urbanen Räumen teilweise Verkehrsqualitätsstufe E). Ausgehend von dieser Festlegung kann die maximale Verkehrsstärke für ein gegebenes Verkehrsangebot berechnet werden, bei der die angestrebte Verkehrsqualität (Stufe D oder E) nicht unterschritten wird. Diese maximale Verkehrsstärke entspricht der bewältigbaren Verkehrsstärke.

Wenn Entwurf und Dimensionierung nachfrageorientiert erfolgen, wird die verkehrstechnische Belastbarkeit nicht betrachtet. Das Verkehrsangebot wird ausgehend vom massgebenden Verkehr dimensioniert.

Unabhängig vom Planungsansatz ist der Entwurf bzw. die Dimensionierung ein iterativer Prozess. Es werden verschiedene Lösungen entworfen, geprüft, bewertet und weiterentwickelt. In diesem Zusammenhang gibt es auch eine Rückkoppelung zum massgebenden Verkehr. Da die umfeldbedingte Belastbarkeit vom konkreten Verkehrsangebot abhängig ist, kann sich der massgebende Verkehr je nach Entwurf bzw. Dimensionierung in bestimmten Fällen verändern.

Dies ist der Fall, wenn die Verkehrsnachfrage über der umfeldbedingten Belastbarkeit liegt und im Rahmen des vierten Schrittes (vgl. Kapitel 0) entschieden wurde, den massgebenden Verkehr an die umfeldbedingte Belastbarkeit anzulehnen. Wenn diese im Rahmen des Entwurfsprozesses erhöht werden konnte (z.B. durch eine Reduktion der Fahrbahnbreite oder Geschwindigkeit), kann der massgebende Verkehr auch höher festgelegt werden.

Relevante Normen für den Entwurf / Dimensionierung (mit Bezug zum massgebenden Verkehr)

- Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit
 - SN 640 017a Grundlagennorm
 - VSS 40 018a Freie Strecke auf Autobahnen
 - VSS 40 019 Einfahrten in Hochleistungsstrassen
 - VSS 40 020a Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung
 - VSS 40 022 Knoten ohne Lichtsignalanlage
 - VSS 40 023a Knoten mit Lichtsignalanlagen
 - VSS 40 024a Knoten mit Kreisverkehr
- Strassenprojektierung
 - VSS 40 303 Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts
- Entwurf und Gestaltung des Verkehrsraums
 - VSS 40 210 Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten

Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (in Bearbeitung), **"SVI 2016/003: Bestimmung der Verkehrsnachfrage für überlastete Strassen"**
- [2] W. Brilon (January 2000), **"Traffic flow analysis beyond traditional methods"** Proc. 4th Int. Symp. Highw. Capacit.
- [3] Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik (1984), **"Entwurf und Gestaltung innerörtlicher Strassen"**, Heft 425, J. v. Mörner, B. Müller, H. Topp, Bonn
- [4] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"SN-640017A: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Grundlagennorm"**
- [5] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40020A: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung"**
- [6] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40018A: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen"**
- [7] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40019: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Einfahrten in Hochleistungsstrassen"**
- [8] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40016A: Massgebender Verkehr"**
- [9] Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen (FGSV) (2015), **"Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS)"**, Köln
- [10] State of New Jersey (2015), **"Roadway Design Manual"**
- [11] Transportation Research Board (2010), **"Highway Capacity Manual"**, Washington, D.C.
- [12] Nevada Department of Transportation (2012), **"Traffic Forecasting Guidelines"**
- [13] State of Florida (2014), **"Project Traffic Forecasting Handbook"**
- [14] L. Dykstra, D. McLeod, and A. Piszczatoski (2011), **"Standard K factors for transportation planning and design"**, *ITE J.*, vol. 81, no. 11
- [15] R. Troutbeck, D. Walsh, and M. Blogg (2016), **"Managing Motorways and Urban Arterials in Australia: Country Report for Australia"**, *Transp. Res. Procedia*, vol. 15
- [16] Austroads (2007), **"National Performance Indicators for Network Operations"**, Sydney
- [17] H. Zurlinden, J. Gaffney, and M. Hall (2017), **"Motorway Design Volume Guide: Design volumes for increased safety, reliability and productivity on motorways"**
- [18] M. R. Lorenz and L. Elefteriadou (2001), **"Defining Freeway Capacity as Function of Breakdown Probability"**, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 1776, no. 1
- [19] M. Benard and K. Axhausen (2008), **"Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen"**
- [20] W. Brilon, J. Geistefeldt, and M. Regler (2005), **"Reliability of Freeway Traffic Flow: A stochastic Concept of Capacity"**, *Proc. 16th Int. Symp. Transp. Traffic Theory*, no. July
- [21] M. Mailer (2016), **"A Multi-modal Approach for Highway Assessment"**, *Transp. Res. Procedia*, vol. 15

- [22] RVS (2012), **"03.01.11 Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Straßen"**
- [23] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40022: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten ohne Lichtsignalanlage"**
- [24] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40023A: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Lichtsignalanlagen"**
- [25] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (2019), **"VSS-40024A: Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Kreisverkehr"**
- [26] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2015), **"Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS), Teil L, Landstrassen"**, Köln
- [27] Kanton Zürich Volkswirtschaftsdirektion Amt für Verkehr (Januar 2013), **"Verträglichkeit Strassenraum, Methodik und Ergebnisse"**, Zürich
- [28] Bundesamt für Strassen (September 2015), **"Verträglichkeitskriterien für den Strassenraum innerorts : Forschungsprojekt SVI 2004/058 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)"**, Zürich
- [29] Amt für Städtebau Winterthur, Amt für Verkehr Kanton Zürich (2011), **"Städtisches Gesamtverkehrskonzept Winterthur (sGVK 2010)"**, Winterthur
- [30] Stadt Rheinfelden (April 2012), **"Kommunaler Gesamtplan Verkehr"**, Rheinfelden

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

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 14.02.2020

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2017/121

Projekttitel: Grundlagen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs

Enddatum: 31.03.2020

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein Entwurf eines prozessorientierten Leitfadens (SNG) zum massgebenden Verkehr entwickelt. Zur Festlegung des massgebenden Verkehrs wird im Leitfaden ein Vorgehen in 4 Schritten empfohlen. In einem ersten Schritt werden die Ausgangslage und Ziele analysiert. Schritt 2 sieht die Bestimmung der Verkehrsnachfrage der einzelnen Verkehrsmittel anhand der verfügbaren Grundlagen vor. Für den MIV und den ÖV wird in Schritt 3 zusätzlich die umfeldbedingte Belastbarkeit der Strasse abgeschätzt, da diese Verkehrsmittel signifikante Belastungen (z.B. Luft- und Lärmemissionen, Trennwirkungen) verursachen. Für den Fuss- und Veloverkehr wird die umfeldbedingte Belastbarkeit (z.B. Trennwirkung von schnellen E-Bikes) bei der Festlegung des massgebenden Verkehrs vernachlässigt, da diese vergleichsweise gering ist. In Schritt 4 wird der massgebende Verkehr festgelegt. Beim MIV und ÖV erfolgt dies unter Berücksichtigung der umfeldbedingten Belastbarkeit. Der massgebende Verkehr dient anschliessend als Grundlage für den Entwurf bzw. die Beurteilung einer Verkehrsanlage. Da die Verkehrsnachfrage und die umfeldbedingte Belastbarkeit wiederum abhängig vom Entwurf sind, gibt es eine Rückkoppelung. So kann die Belastbarkeit beispielsweise durch die Gestaltung und das Geschwindigkeitsregime verändert werden. Je nach Dimensionierung bzw. Entwurf sind die beschriebenen Schritte somit erneut durchzuführen.

Die Methodik wurde anhand von Modellszenarien und Fallbeispielen überprüft. Anschliessend wurde die Methodik in Form einer Schweizer Guideline dokumentiert. Wichtig waren hierfür eine klare Begriffsdefinition und das Aufzeigen des Zusammenspiels zwischen den Begriffen. Die Praxistauglichkeit wurde anschliessend erprobt, indem der Entwurf der Schweizer Guideline von Entscheidungsträgern und Planenden aus der Praxis geprüft wurde.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die Ziele der Forschungsarbeit konnten erreicht werden. Es konnte ein Entwurf eines prozessorientierten Leitfadens (SNG) erarbeitet werden. Dieser bietet den Planenden eine übersichtliche Hilfestellung für die Festlegung des massgebenden Verkehrs.

Folgerungen und Empfehlungen:

Der Leitfaden geht auf die Wechselwirkungen zwischen Angebot und Nachfrage, die Auswirkungen einzelner Verkehrsanlagen im Strassennetz sowie die Belastbarkeit einer Verkehrsanlage ein. Zudem werden alle Verkehrsmittel berücksichtigt und eine differenzierte Betrachtung der verkehrlichen Funktionen der Strasse und von Innerorts- und Ausserortsstrecken vorgenommen. Beim Entwurf und der Dimensionierung von Verkehrsanlagen besteht ein breites Spektrum an Anforderungen, die im Rahmen eines Abwägungsprozesses angemessen berücksichtigt werden müssen. Diese Komplexität und Vielschichtigkeit widerspiegelt sich in der Definition der Belastbarkeit. Entsprechend ist eine vereinfachte, praxistaugliche Quantifizierung anspruchsvoll. Der Leitfaden bietet anhand grober Richtwerte eine einfache Hilfestellung für die Praxis an, die fallweise differenziert zu beurteilen und festzulegen sind.

Publikationen:

-

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Vogt

Vorname: Simon

Amt, Firma, Institut: Roland Müller Küsnacht AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Simon
Vogt

Digital signiert von Simon Vogt
DN: cn=Simon Vogt, c=CH,
o=Roland Müller Küsnacht AG,
email=simon.vogt@rmk.ch
Datum: 2020.04.30 13:44:12
+02'00'



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:

Der Entwurf für einen Leitfaden zur Festlegung des massgebenden Verkehrs erfüllt das Bedürfnis nach einem aktuellen Hilfsmittel zur Unterstützung des Entscheids, wie eine Verkehrsanlage zu dimensionieren ist. Eine Herausforderung bei der Entwicklung des Leitfadens war, dass er den Dimensionierungsentscheid nicht präjudizieren soll. Das Forschungsteam hat diese Herausforderung dank intensiven Diskussionen mit der Begleitkommission gemeistert. Verdienstvoll ist insbesondere, dass sich der Leitfaden klar auf bereits vorhandene, aktuelle Normen bezieht. Der Leitfaden wurde im Rahmen der Forschungsarbeit bereits ersten Anwendungstests unterzogen. Fragen bestehen noch dazu, wie mit der Rückkoppelung Dimensionierung - Verkehrsnachfrage - Belastbarkeit im Planungsprozess umzugehen ist. Hier muss die weitere Anwendung des Leitfadens Aufschlüsse geben.

Umsetzung:

-

weitergehender Forschungsbedarf:

Forschungsbedarf besteht vor allem bei der Einschätzung der Belastbarkeit (Verifizierung der hergeleiteten groben Richtwerte, Erforschung Richtwerte für Ausserortsbereich). Zudem wird weiterer Forschungsbedarf thematisch bei der Quantifizierung des Fuss- und Veloverkehrs sowie bei den Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und dem Verkehr (insbesondere auch Verlagerungen im Verkehrsnetz und zwischen den Verkehrsmitteln) identifiziert.

Einfluss auf Normenwerk:

Es wurde ein Entwurf einer SNG erarbeitet, der die Grundlagen und Handlungsanweisungen zur Festlegung des massgebenden Verkehrs enthält. Dieser Entwurf könnte anstelle der überholten, veralteten Norm VSS 40 016a ins Normenwerk aufgenommen werden.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Lüking

Vorname: Jost

Amt, Firma, Institut: R+R Burger und Partner AG

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Digital unterschrieben von Jost
Lüking
DN: cn=Jost Lüking, o=R+R, ou=
email=lueking@rpg.ch, c=CH
Datum: 2020.02.20 16:18:08 +01'00'