

ENTWURF

.Ersetzt:

VSS 40 005a

Ausgabe: 0000-00-

Festlegung des massgebenden Verkehrs

Entwurf Leitfadens

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 Zusammenfasssstufe 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 Motorfahräder (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 Zusammenfasssstufe 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, Motorfahräder, 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.

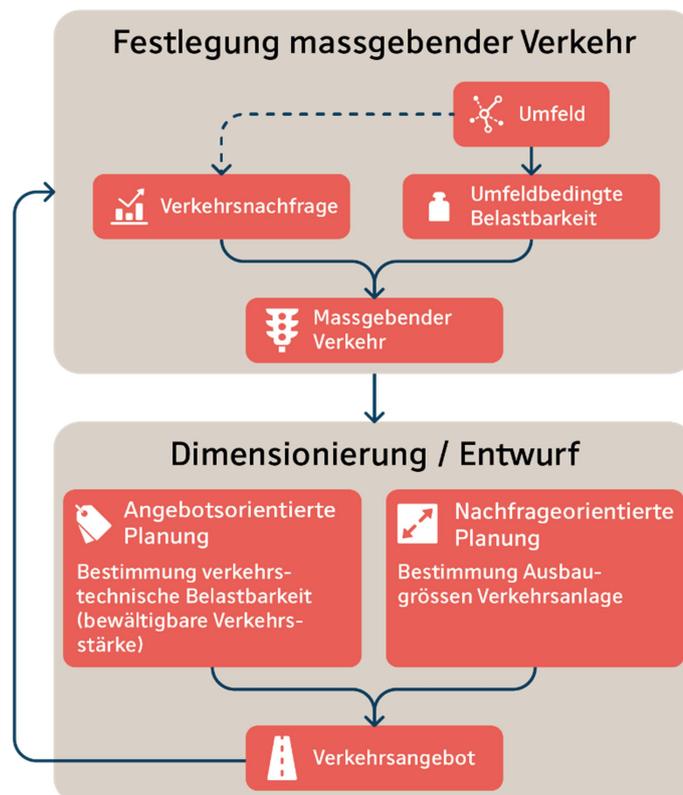


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Begriffen

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.

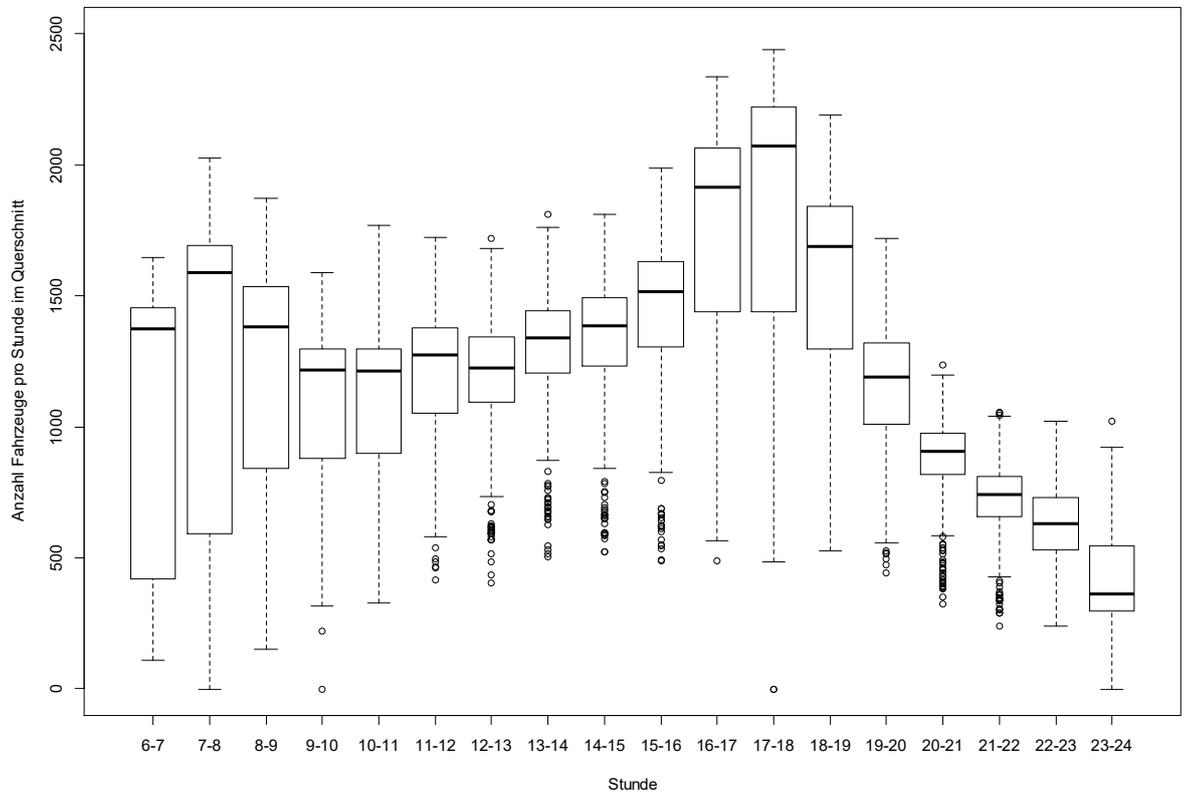


Abbildung 2: Boxplots der täglich gemessenen Anzahl Fahrzeuge pro Stunde im Querschnitt bei der städtischen Zählstelle Nr. 10 an der Wehntalerstrasse in Zürich für das Jahr 2018 (Quelle: Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr)

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.

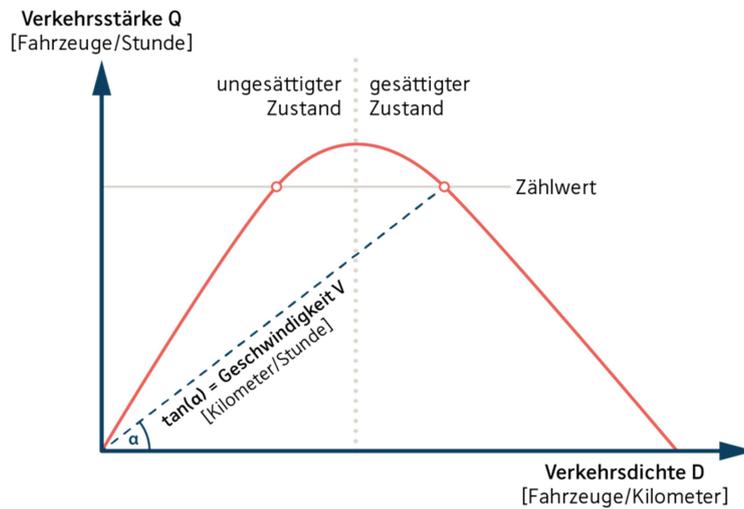


Abbildung 3: Abhängigkeit zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit

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 (Aufenthaltsort, 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 Fussgängerkehr, 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 Richtungstrennung
- 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 Zähldaten bereits vorliegen. Für noch nicht existierende Verkehrsanlagen ist zu untersuchen, ob Zähldaten im Umfeld verfügbar und anwendbar sind.

Insbesondere ist zwischen folgenden Zähldaten 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.

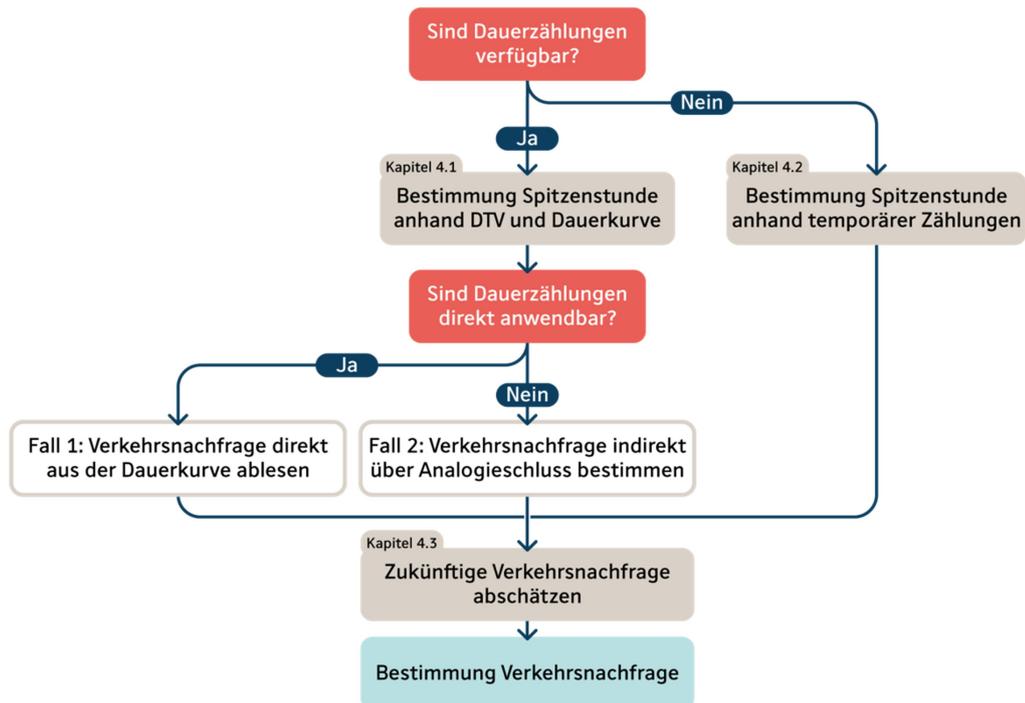


Abbildung 5: Ablaufschema Bestimmung Verkehrsnachfrage

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.

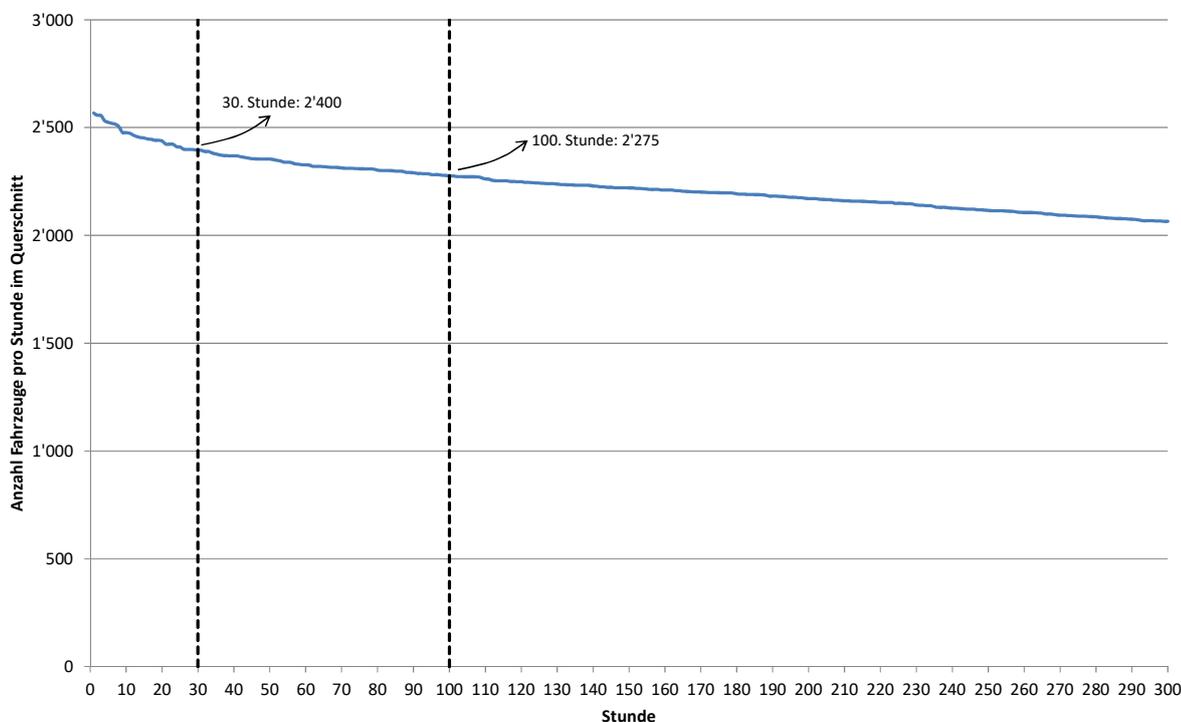


Abbildung 6: Dauerkurve der Verkehrsstärke des MIV und ÖV bei der städtischen Zählstelle Nr. 16 an der in diesem Abschnitt 4-streifigen Überlandstrasse in Zürich für das Jahr 2018, dargestellt für den Bereich der 1. bis 300. Stunde (Quelle: Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr)

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 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 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.

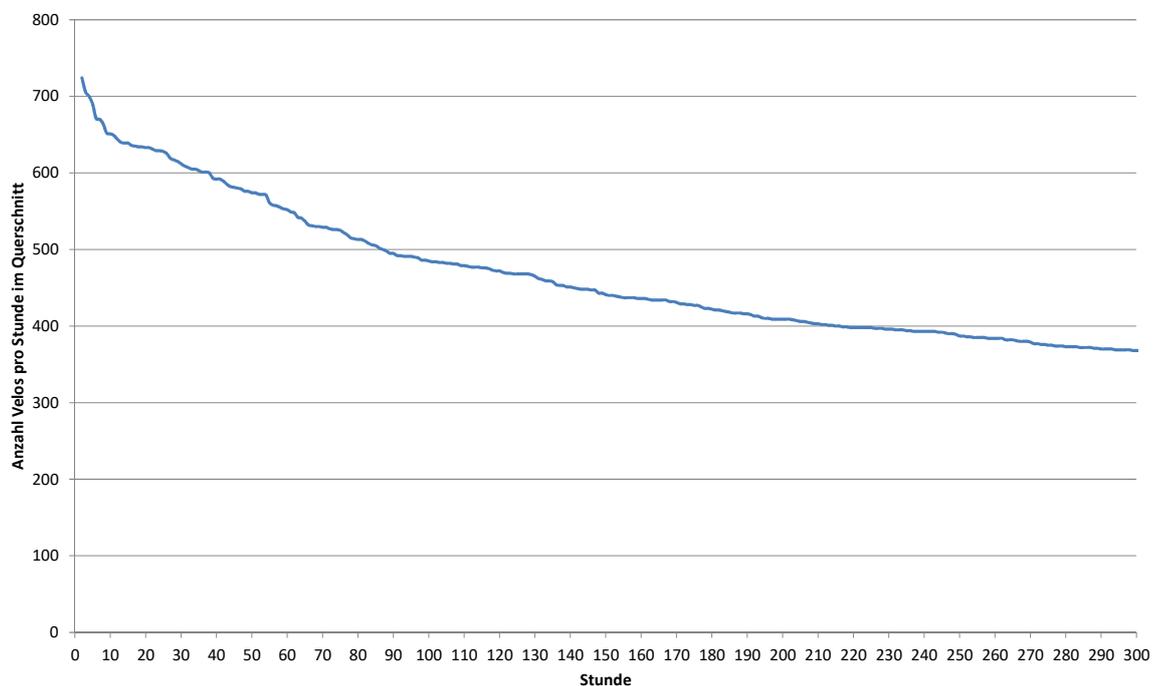


Abbildung 7 Dauerkurve der Verkehrsstärke des Veloverkehrs bei der städtische Velozählstelle Langstrasse Süd in Zürich für das Jahr 2018, dargestellt für den Bereich der 1. bis 300. Stunde (Quelle: Stadt Zürich, Tiefbauamt)

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 beispielweise 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 Lärm-schutzverordnung.

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.

- **Gefahrenere 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