Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement

Bundesamt für Strassenbau

Verkehrstechnische Dimensionierung

Konzept und Zusammenhänge

Le dimensionnement du point de vue de la technique de la circulation
Concepts et interdépendances

Rudolf Keller AG, Verkehrsingenieure Basel
R. Keller, dipl. Bauingenieur ETH

Forschungsauftrag 15/87 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute

März 1993

Inhaltsverzeichnis

Seite

0. Zusammenfassung 1

Résumé 2

1. Einleitung 3

2. Aufgabenstellung 4

3. Vorgehen 4

4. Angebot - Nachfrage - Umwelt, Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung 6

5. Angebot 8
5.1. Leistungsfähigkeit 8
5.2. Verkehrsqualität 13
5.3. Auslastungsgrad 15
5.4. Belastbarkeit 16
5.5. Referenzzustand 18
5.6. Tatsächlicher Zustand 19
5.7. Einflussfaktoren 19

6. Nachfrage 24
6.1. Gesetzmässigkeiten des Verkehrs 24
6.2. Massgebender Verkehr 25

7. Umwelt 31

8. Zusammenhänge 30

9. Anforderungen an die Normen 35
9.1. Anforderungen an die Kopfnorm 35
9.2. Anforderungen an die Detailnormen 36
9.3. Revision der Norm SN 641.140 36
9.4. Querbezüge zu anderen Normen 36

10. Weitere Forschungsarbeiten 37

Literaturverzeichnis 38

Beilage

Entwurf zu einer Kopfnorm "Verkehrstechnische Dimensionierung"

0. ZUSAMMENFASSUNG

Die verkehrstechnische Dimensionierung ist in den beiden Normen SN 641140 "Massgebender Verkehr" und SN 641145 "Leistungsfähigkeit und zulässige Belastung" festgelegt. Sie vermögen jedoch seit längerer Zeit den Ansprüchen nicht mehr zu genügen. Die wichtigsten Gründe können mit folgenden Stichworten genannt werden:

- Fehlen der angebotsorientierten Dimensionierung.
- Fragezeichen hinter dem Begriff "zulässige Belastung".
- Nichtberücksichtigen der Umweltauswirkungen.
- Die in der Norm genannten Werte der Leistungsfähigkeit werden an manchen Zählstellen überschritten.

Die vorliegende Forschungsarbeit hat zum Ziel, ein Konzept für die thematische Erfassung der Zusammenhänge zwischen dem massgebenden Verkehr (Nachfrage), der Leistungsfähigkeit (Angebot) und der verkehrstechnischen Dimensionierung unter Berücksichtigung der Umwelt, der Verkehrssicherheit und der Strassenerhaltung zu erarbeiten und einen ersten Entwurf für eine entsprechende Norm vorzulegen. Die Arbeit beschränkt sich auf die verkehrsorientierten Strassentypen.

In einem ersten Teil werden die Begriffe zur Diskussion gestellt und daraus folgende Ergebnisse hergeleitet:

- Der Begriff **Leistungsfähigkeit** soll neu definiert werden, die Leistungsfähigkeit gilt nicht mehr als Leistungsgrenze.
- Es sollen **Verkehrsqualitätsstufen** (Level of service) eingeführt werden.
- Der Begriff **zulässige Belastung** soll nicht mehr weiterverwendet werden.
- Mit dem Begriff **Belastbarkeit** werden diejenigen grössten Verkehrsmengen verstanden, die aus der Sicht Umwelt (Lärm, Luftschadstoffe, Trennwirkung), aus der Sicht Verkehrssicherheit (Zeitlücken, Überholen) und aus der Sicht der Strassenerhaltung verantwortbar und zumutbar sind.
- Die Grundwerte sollen nicht für einen idealen Zustand, sondern für einen **Referenzzustand** angegeben werden, wobei dessen Merkmale einem häufig vorkommenden Zustand entsprechen sollen.
- Mit einem System von **Einflussfaktoren** werden, ausgehend von den Werten des Referenzzustandes, dienigen des zu beurteilenden **tatsächlichen Zustandes** hergeleitet.
- Der **massgebende Verkehr** soll durch einen Datensatz bestimmt werden, welcher den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV), den Tages- beziehungsweise Nachtverkehr gemäss der Lärmschutzverordnung, sowie den massgebenden stündlichen Verkehr (MSV) und den Spitzenstundenverkehr (SSV) umfasst. Die Definitionen des MSV und SSV entsprechen nicht mehr der bisherigen Norm.

Mit diesen Begriffen werden dann die vielfältigen Abhängigkeiten dargestellt (siehe Abbildung 5) sowie die Konzepte für die **angebotsorientierte** Dimensionierung und für die **nachfrageorientierte** Dimensionierung vorgelegt. Die Bilanz zwischen Angebot und Nachfrage kann dabei auf verschiedenen **Beurteilungsebenen** gezogen werden. Verkehrsmengen, welche in der Tages-, Wochen- und Jahresganglinie nur selten auftreten, kann die Leistungsfähigkeit gegenübergestellt werden, häufige Spitzen können mit einer Verkehrsqualitätsstufe D verglichen werden.

Die Konzepte gelten für alle Elemente einer Strassenanlage, wie freie Strecken, Rampen, Verflechtungsstrecken, geregelte und ungeregelte Knotenpunkte. Das Festlegen der verschiedenen Werte (Grundwerte, Einflussfaktoren) ist Gegenstand der vorgesehenen einzelnen Normen.

RÉSUMÉ

Les normes SN 641 140 "Trafic déterminant" et SN 641 145 "Capacité et charge admissible" règlent le dimensionnement du point de vue de la technique de la circulation. Depuis bien longtemps, toutes deux ne sont plus à la hauteur des exigences, en raison notamment de:

- L'absence d'un dimensionnement en fonction l'offre;
- Les incertitudes quant à la "charge admissible";
- La non-intégration des atteintes à l'environnement;
- Du dépassement dans plusieurs sections de comptage des capacités indiquées dans la norme.

La présente recherche vise d'une part à élaborer des procédures pour appréhender systématiquement les interdépendances entre le trafic déterminant (demande), la capacité (offre) et le dimensionnement, compte tenu de facteurs tels l'environnement, la sécurité du trafic et la maintenance des routes. Elle vise d'autre part à présenter un projet pour une norme à ce sujet. La démarche se limite aux types de routes avant tout la fonction "transport".

Dans une première partie, les définitions font l'objet d'une remise en question dont il ressort que:

- Il faut donner une nouvelle définition à la notion de **capacité**, qui dorénavant ne doit plus être comprise comme une limite infranchissable de la capacité.
- Il faut introduire des **niveaux de service** (level of service).
- Il ne faut plus utiliser la notion de **charge admissible**.
- Par **charge limite**, on entend les volumens de trafic maximaux, qui sont raisonnables et acceptables, compte tenu de l'environnement (bruit, pollution atmosphérique, effet de séparation), de la sécurité du trafic (espacements, dépassement) et de la maintenance routière.
- Les valeurs de base ne doivent pas correspondre à des conditions idéales, mais à des **conditions de référence**, dont les caractéristiques se rencontrent souvent.
- Un système comprenant des **facteurs d'influence** doit permettre d'établir, à partir des valeurs des conditions de référence, celles des **conditions effectives** soumises à l'examen.
- Le **trafic déterminant** doit être défini par un ensemble de données comprenant le trafic journalier moyen (TJM), le trafic de jour et de nuit conformément à l'ordonnance sur la protection contre le bruit, ainsi que le trafic horaire déterminant (THD) et le trafic horaire de pointe (THP). Ces deux dernières définitions ne correspondent plus aux notions de la norme actuelle.

Cette terminologie permettra de représenter les multiples interdépendances (Cf. figure 5) ainsi que les procédures pour dimensionner les routes en fonction, soit de **l'offre**, soit de la **demande**. On pourra alors tirer un bilan entre l'offre et la demande selon différents **critères**. Les volumes de trafic qui n'apparaissent que rarement dans les variations journalières, hebdomadaires et annuelles seront rapportés à la capacité, tandis que des pointes fréquentes pourront être comparées au niveau de service D.

Les procédures sont applicables à tous les éléments d'un réseau routier, tels que tronçons, rampes, sections d'entrecroisement et carrefours régulés ou non. Diverses normes auront pour objet de fixer ces valeurs (valeurs de base, facteurs d'influence).

1. EINLEITUNG

Grundlage für die verkehrstechnische Dimensionierung von verkehrsorientierten Strassen bildeten bis anhin die beiden Normen SN 641 140 "Massgebender Verkehr" und SN 641 145 "Leistungsfähigkeit und zulässige Belastung", die im Mai 1970 beziehungsweise im April 1973 veröffentlicht wurden [4].

Seit längerer Zeit hat sich die Erkenntnis gefestigt, dass diese Normen den heutigen Anforderungen der Strassenplanung nicht mehr zu genügen vermögen und zwar aus verschiedenen Gründen:

- Die nachfrageorientierte Dimensionierung hat gegenüber der angebotsorientierten Dimensionierung an Bedeutung verloren. Viel häufiger stellt sich die Frage, welche Leistung ein bestehendes Strassenstück erbringen kann, als wie viele Fahrstreifen nötig sind, um eine bestimmte Verkehrsmenge zu übernehmen.

- Der Begriff der "zulässigen Belastung" hat sich als wenig geeignet erwiesen, schliesst er doch ein, dass Verkehrsmengen über der zulässigen Belastung nicht "zulässig" wären. Tatsache ist jedoch, dass viele Strassen auch bei Verkehrsmengen über der zulässigen Belastung ihre Aufgabe befriedigend erfüllen.

- Die bestehenden Normen berücksichtigen die Auswirkungen auf die Umwelt nicht. Eine nach alter Norm zulässige Belastung kann aus Gründen der Lärmschutzverordnung oder u.U. auch der Luftreinhalteverordnung nicht mehr zumutbar sein.

- Schliesslich werden häufig auch Verkehrsmengen auf Strassenabschnitten festgestellt, die über der Leistungsfähigkeit gemäss der Norm liegen. Es stellt sich damit auch die Frage, ob nicht die Werte der Leistungsfähigkeit anzuheben wären. Vorwürfe in dem Sinne, dass Strassen, dimensioniert nach den bisherigen Normen zu grosszügig ausgelegt würden, fehlen nicht [49].

Im weiteren ist auch nicht zu verkennen, dass sich im üblichen Sprachgebrauch Begriffe eingeschlichen haben, die unterschiedlich definiert und ebenso unterschiedlich interpretiert werden.

Dies alles hat die VSS-Kommission 171 veranlasst, die Revision der genannten Normen an die Hand zu nehmen und dem EVED eine Forschungsarbeit über die verkehrstechnische Dimensionierung als Grundlage für die Normrevision zu beantragen. Dem Gesuch wurde entsprochen und der Forschungsauftrag am 28. September 1987 unter der Nr. 15/87 erteilt.

Die Forschungsarbeit begleitete die VSS-Subkommission Nr. 171.2 mit den Herren:

A. Gantenbein, Bern (Vorsitz)
B. Albrecht, Luzern
Dr. W. Berg, Zürich
N. Bischofberger, Zürich
E. Boppart, Zürich
B. Dériaz, Genève
Ph. Gasser, Lausanne
Prof. C. Hidber, Zürich
H.R. Schilling, Aarau

Für die wertvollen Anregungen und das kritische Mitdenken sei an dieser Stelle allen Herren herzlich gedankt.

Der Berichtverfasser konnte als Delegierter des Bundesamtes für Strassenbau in der OECD-Arbeitsgruppe R3 in den Jahren 1981/82 mitarbeiten und dort viele nützliche Anregungen für die vorliegende Arbeit aufnehmen.

2. AUFGABENSTELLUNG

Im Forschungsgesuch ist das Forschungsziel wie folgt formuliert:

> "Erarbeitung eines Konzeptes für die thematische Erfassung der Zusammenhänge zwischen massgebendem Verkehr, Leistungsfähigkeit und Dimensionierung, deren quantitative Behandlung, sowie Erarbeitung eines Normenentwurfes."

Das Hauptgewicht des Forschungsauftrages liegt somit auf der konzeptionellen Ebene. Damit soll die Grundlage für eine Kopfnorm über die Zusammenhänge "Leistungsfähigkeit - Dimensionierung - massgebender Verkehr" geschaffen werden. Die Kopfnorm wird einer Normengruppe über die verkehrstechnische Dimensionierung der verschiedenen Teile der Strassenanlage (freie Strecke, Rampen, Knoten) vorangestellt werden. Ein erster Entwurf für diese Kopfnorm liegt dem Bericht bei.

Die Forschungsarbeit soll sich aber auch mit der Kritik an den bestehenden Normen auseinandersetzen und auf die Bedürfnisse einer praxisnahen Anwendung eingehen. Die Kritik an den bestehenden Normen lässt sich auf die nachstehenden wesentlichsten Punkte zusammenfassen:

- Verkehrsmengen, die wesentlich über den in der Norm angegebenen Werte der Leistungsfähigkeit liegen, werden immer wieder festgestellt, vor allem bei Strassen mit zwei Fahrstreifen.

- Die Abminderungsfaktoren beim Vorhandensein von seitlichen Hindernissen dürfen nicht unabhängig von der Fahrstreifenbreite betrachtet werden.

- Einflüsse von angrenzenden Streckenabschnitten werden nicht berücksichtigt.

- Fahrzeuge, wie Wohnwagen, sollten den Lastwagen zugeordnet werden.

- Einflüsse des Fahrers, ob ortskundig oder nicht, werden nicht berücksichtigt.

- Die Unterteilung in einen Wert für die zulässige Belastung und einen solchen für die Leistungsfähigkeit ist verhältnismässig grob.

- In der Praxis wird meistens nur die Dimensionierungsüberlegung über den Spitzenstundenverkehr/Leistungsfähigkeit durchgeführt und diejenige über den massgebenden Verkehr/zulässige Belastung weggelassen.

- Der Begriff zulässige Belastung ist nicht sehr glücklich gewählt.

Der im Raumplanungsgesetz verankerte Grundsatz des haushälterischen Umgangs mit dem knappen Gut "Boden" gilt auch in der Strassenplanung. Bessere und genauere Kenntnisse der Zusammenhänge sind deshalb erst recht wichtig. Die Normen sollten Hinweise und Regeln für die folgenden Anwendungsgebiete geben (Aufzählung nicht abschliessend):

- Planung von Verkehrsanlagen für den motorisierten Individualverkehr

- Projektierung von Neu- und Ausbauten im Strassennetz

- Verkehrswirtschaftliche Untersuchungen (ökonomische Auslastungen bzw. Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur)

- Emissions- und Immissionsstudien (Emissionen in Funktion der Fahrzeugmenge, der Geschwindigkeit, des Auslastungsgrades)

- Management der Strassenerhaltung (Entscheidungsgrundlagen für die Wahl des Zeitpunktes von baulichen Massnahmen, Organisation von Engstellen und vorsorglichen Begleitmassnahmen)

- Verkehrsmodelle (auslastungsabhängige Streckengeschwindigkeiten)

- Verkehrsleitsysteme

- Attraktivitätsvergleiche von neuen Strecken gegenüber bestehenden Routen.

Die Forschungsarbeit befasst sich ausschliesslich mit den verkehrsorientierten Strassen, also den Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen mit den Elementen freie Strecke, Verflechtungsstrecken, Rampen, Knoten. Sie behandelt vorwiegend den Motorfahrzeugverkehr.

3. VORGEHEN

Die Forschungsarbeit war von Beginn an darauf angelegt, die umfangreiche vorhandene Literatur zu sichten, die Konzepte in anderen Ländern zu untersuchen und daraus Empfehlungen für die Normrevision herzuleiten. Eigene empirische Untersuchungen waren nicht vorgesehen und wurden auch nicht durchgeführt.

Die Hauptquellen der vorliegenden Arbeit sind:

- Highway Capacity Manual, Special Report 209
  Transportation Research Board, Washington DC 1985 [1]

- Richtlinie für die Anlage von Strassen RAS, Teil Querschnitte RAS Q Forschungsgesellschaft für das Strassen- und Verkehrswesen, Bonn - Bad. Godesberg 1982 [2]

- Leistungsfähigkeit von Hauptverkehrsstrassen, OECD Paris 1983 [3]

Ein wesentlicher Punkt bei der Ausarbeitung der Empfehlungen war die saubere Definition der verwendeten Begriffe. Es stellte sich nämlich bald heraus, dass hier der Grund für manche Missverständnisse liegt. Damit die Normierungsarbeit leichter vorankommt, wurde geprüft, ob zu jedem deutschen Begriff ein analoger, gleich differenzierter Begriff in der französischen Sprache gefunden werden kann.

Ein weiterer Arbeitsschritt bestand darin, die Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit möglichst umfassend aufzulisten und diejenigen zu bestimmen, die in den Detailnormen behandelt werden sollen.

4. ANGEBOT - NACHFRAGE - UMWELT, KONZEPT DER VERKEHRSTECHNISCHEN DIMENSIONIERUNG

Verkehrstechnische Dimensionierung heisst im strengen Sinn des Wortes, die Verkehrsanlage so zu bemessen, zu dimensionieren, dass sie der erwarteten Verkehrsnachfrage (Verkehrsbelastung) genügt. Diese Aufgabe scheint einfach lösbar zu sein. Sie wird jedoch viel schwieriger, wenn man bedenkt, dass

- Angebot und Nachfrage nicht unabhängig voneinander sind,

- die Nachfrage grossen Schwankungen innerhalb des Tages, der Woche und des Jahres unterworfen ist (Tagesganglinie, Wochenganglinie, Jahresganglinie),

- das Angebot nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ beurteilt werden muss,

- auch die Nachfrage nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ beschrieben werden muss,

- die Umweltauswirkungen zum Teil auch wieder direkt von der Verkehrsnachfrage und der Qualität des Verkehrsangebotes abhängig sind.

Wie eingangs erwähnt, spielt in der heutigen Praxis die nachfrageorientierte Dimensionierung eine kleinere Rolle. Häufiger werden Fragen der angebotsorientierten Dimensionierung gestellt. Das Konzept der hier vorgeschlagenen verkehrstechnischen Dimensionierung besteht deshalb darin, dass Angebot und Nachfrage einander gegenübergestellt werden. Als dritte Grösse sind die Umweltauswirkungen einzubeziehen. Aus dieser Bilanz können die Schlussfolgerungen gezogen werden, einerseits für die Bestimmungen der Ausbaugrössen der Verkehrsanlage bei der nachfrageorientierten Dimensionierung, und andererseits auf die bewältigbaren Verkehrsmengen bei der angebotsorientierten Dimensionierung.

Die Abbildung 1 zeigt graphisch diesen allgemeinen Gedankengang, wobei gleich anzufügen ist, dass die Beurteilung im konkreten Anwendungsfall differenzierter erfolgen muss. Für die differenzierte Darstellung sind aber die eingehenderen Erläuterungen und Begriffsdefinition in den Kapiteln 5 - 7 Voraussetzung.

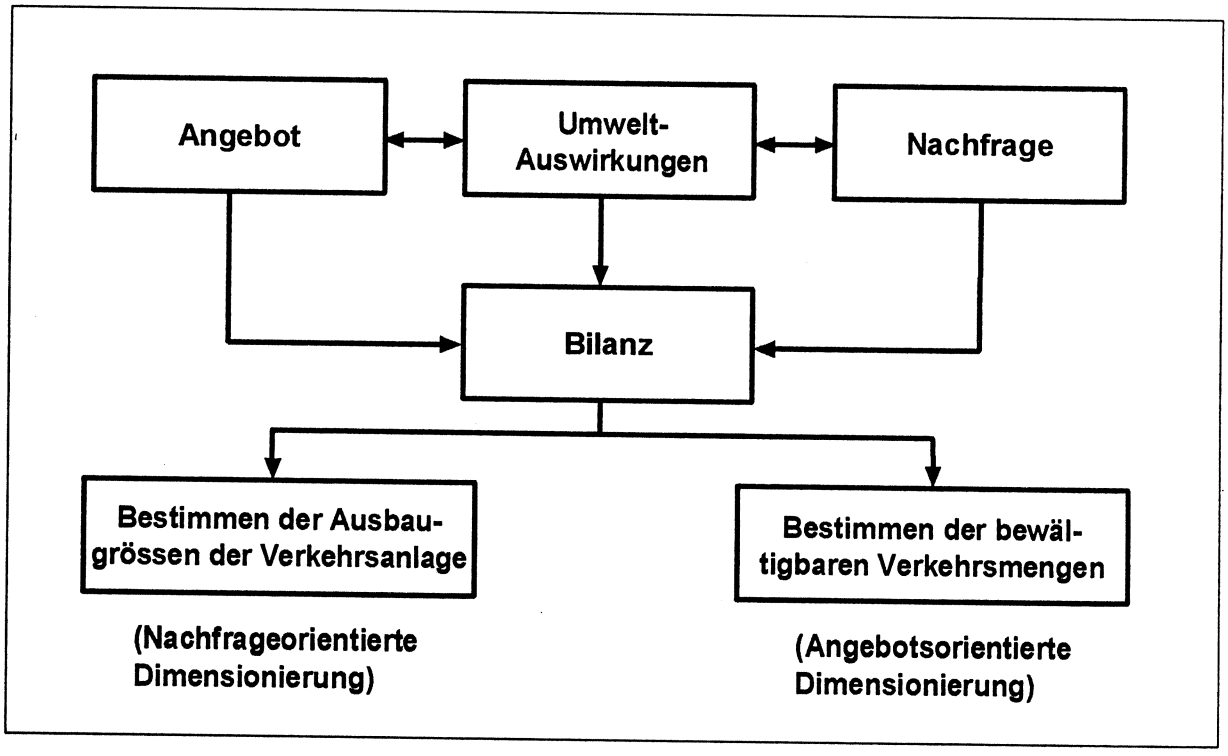

Abb.1: Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung (Übersicht)

Wichtig ist weiter die Wahl des zu beurteilenden Zeitintervalles, bzw. die Wahl des massgebenden Verkehrs (Nachfrage). Gebräuchlich sind die folgenden Werte:

- Spitzenviertelstunde (Knotenpunkte)
- 30. höchste-Stunde
- Spitzenstunde des DTV
- Durchschnittlicher Stundenverkehr des 16-Stunden-Tagesverkehrs (Lärm)
- Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)

Hinzu kommt die Aussage, ob es sich um bereits vorhandenen Verkehr oder um eine Verkehrsprognose handelt.

Auf der Nachfrageseite ist zudem eine Differenzierung nach der Qualität des Verkehrsflusses sinnvoll. So kann z.B. ein Angebotsmanko während der Spitzenviertelstunde in Kauf genommen werden, wenn die Bilanz in der Spitzenstunde ausgeglichen ist. Oder es wird auf eine komfortablere Qualitätsstufe des Verkehrs dimensioniert, weil nur die vorhandenen Verkehrsbelastungen bekannt sind. Die Angebotsreserven, die damit gegenüber der Leistungsfähigkeit vorhanden sind, können dann die Ungewissheiten bei der künftigen Entwicklung des Verkehrs zumindest teilweise übernehmen.

Im allgemeinen darf die Gegenüberstellung zwischen Angebot und Nachfrage nicht nur auf ein einziges Zeitintervall beschränkt werden.

Es gibt das Bonmot, dass sich der Verkehrsingenieur erlauben könne, eine Anlage mit einem "Sicherheitsfaktor" von 0.95 zu dimensionieren. Nach dem sonntagabendlichen Verkehrszusammenbruch sei die Verkehrsanlage am nächsten Morgen wieder voll benützbar. Wenn sich dieser Sicherheitsfaktor auf das Verhältnis von Angebot zur Nachfrage bezieht, ist die Aussage richtig, wenn aber mit dem Sicherheitsfaktor ≤ 1 eine trügerische Verkehrssicherheit mit nicht mehr sicheren Zeitlücken in die Berechnungen Eingang findet, so wird Fachwissen ignoriert.

5. VERKEHRSANGEBOT

5.1. Leistungsfähigkeit

Die häufig gestellte Frage lautet, wieviel Verkehr eine Verkehrsanlage (Strecke, Knotenpunkt) bewältigen könne, oder wie hoch die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage sei.

5.1.1. Definition

Die Leistungsfähigkeit wird unterschiedlich definiert:

SN 641.145 (1970) [4]
Unter Leistungsfähigkeit (LF) wird die grösstmögliche Verkehrsmenge in Motorfahrzeugen (Mfz) verstanden, die einen bestimmten Strassenquerschnitt pro Stunde durchfahren kann; sie stellt die Leistungsgrenze des betreffenden Abschnittes dar.

Begriffsbestimmungen Forschungsgesellschaft für das Strassen- und Verkehrswesen FGSV (1989) [31]
Leistungsfähigkeit eines Fahrbahnquerschnittes: Grösste Stärke, die ein Fahrzeugstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an diesem Querschnitt erreichen kann.

Highway Capacity Manual (1985) [1]
The Capacity of a facility is defined as the maximum hourly rate at which persons or vehicles can reasonably be expected to traverse a point or uniform section of a lane or roadway during a given period under prevailing roadway, traffic and control conditions.

KOMMENTAR

Die Definition gemäss der Norm SN 641.145 umschreibt den Begriff "Leistungsfähigkeit" zu wenig präzise. Wenn die Leistungsfähigkeit die Leistungsgrenze darstellt, so würde dies bedeuten, dass für eine vierstreifige richtungsgetrennte Autobahn die Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens bei 2'642 Fz/h läge, weil dieser Wert auf der N2 im Bareggtunnel erreicht wurde.

Es ist klar, dass diese Verkehrsleistungen nur erreicht werden können, wenn mit sehr kleinen Zeitlücken hintereinander hergefahren wird, Zeitlücken die aus der Sicht der Verkehrssicherheit abzulehnen sind. Zu knappe Zeitlücken führen dazu, dass bei der kleinsten Störung Massenkarambolagen entstehen. Als Dimensionierungsgrundlage sollten diese Werte deshalb nicht verwendet werden.

Für eine zweistreifige Hauptverkehrsstrasse gibt die Norm 641145 die Leistungsfähigkeit mit 2'000 Fz/h an, tatsächlich werden bis 2'909 Fz/h beobachtet. Auch hier ist die Leistungsfähigkeit dennoch nicht die Leistungsgrenze. Wiederum wäre es falsch, nun diese höchst beobachteten Werte als Leistungsfähigkeit zu bezeichnen.

Abschnitt	**Strassentyp**	**Verkehrsmenge Fz/h**		**LF gemäss SN 641145**
		je Fahrstreifen	**beide Richtungen**	
N1 Bareggtunnel	4-str. HLS	2'642		2'000
N3 Adliswil	4-str. HLS	2'165		2'000
N20 Umfahrung Zürich Nord	4-str. HLS	2'637		2'000
N1 Schönbühl	4-str. HLS	2'620		2'000
T13 Minusio-Verbanella	2-str. HVS		2'909	2'000
T8 Rapperswil, Seedamm	2-str. HVS		2'332	2'000
Lausanne Av. des Gifuiers	2-str. HVS		2'188	2'000
Uster, Aatal	2-str. HVS		2'047	2'000

Tabelle 1: Höchste beobachtete Verkehrsmengen gemäss [21]

VORSCHLAG

Wir schlagen vor, den Begriff der Leistungsfähigkeit neu in Anlehnung an die deutsche und amerikanische Literatur wie folgt zu definieren:

> **Unter Leistungsfähigkeit wird die grösstmögliche Verkehrsmenge in Fahrzeugen verstanden, die einen Strassenquerschnitt oder einen Fahrstreifen während eines gegebenen Zeitintervalles, bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren kann.**

Es ist zweckmässig, mit "Leistungsfähigkeit" nach wie vor die grösste Verkehrsmenge (Stärke) zu bezeichnen. Wesentlich ist jedoch die Ergänzung "bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen". Dies bedeutet, dass jede Aussage über die Leistungsfähigkeit zwangsläufig mit einer Aussage über die Strassenanlage, die Verkehrszusammensetzung, das Fahrverhalten, die Betriebsbedingungen usw. verbunden ist.

Diese Art der Definition der Leistungsfähigkeit schliesst ein, dass sie nicht mehr als Leistungsgrenze bezeichnet werden kann, wie dies in der bestehenden SN 641145 der Fall ist.

5.1.2. Konzepte für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit

Für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit sind verschiedene Konzepte bekannt. Das eine Konzept wird im amerikanischen Highway Capacity Manual verwirklicht und ist von vielen anderen Ländern übernommen worden. Das andere Konzept findet sich in den deutschen Richtlinien.

Highway Capacity Manual (HCM) [1]

Im HCM wird die Leistungsfähigkeit für sogenannte ideale Verhältnisse angegeben (nur PW-Verkehr, Ausbaugeschwindigkeit (Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit eines Strassenzuges, V_A) ca. 110 km/h, Fahrstreifenbreite > 3.65 m, Seitenfreiheit > 1.80 m). Mit einem System von Einflussfaktoren können dann die tatsächlichen Verhältnisse zum grossen Teil berücksichtigt werden. Dieses Konzept wird grundsätzlich in vielen Ländern angewandt, auch die Norm SN 641.145 arbeitet damit.

Das HCM definiert sodann die "Level of Service", in Deutschland werden sie mit Leistungsgrad (in der Begriffssammlung aber nicht enthalten) bezeichnet. Der Leistungsgrad ist ein Terminus, der aus einer unendlichen Anzahl unterschiedlicher Kombinationen von Betriebsbedingungen eine beliebige bezeichnet, die auf einen bestimmten Fahrstreifen oder einer Strasse mit unterschiedlicher Verkehrsmenge auftritt. Mit Leistungsmenge (service volume) wird dann die höchste Anzahl von Fahrzeugen definiert, die den Strassenquerschnitt pro Stunde durchfahren kann, während der die Betriebsbedingungen dem vorher gewählten Leistungsgrad entsprechen.

Die bisher gebräuchliche "zulässige Belastung" entsprach einem einzigen, allerdings nicht sehr präzise bestimmten, Level of Service.

Deutsche Richtlinien für die Anlage von Strassen; Querschnitte (RAS-Q, Ausgabe 1982)

In dieser Richtlinie wird ein Verfahren beschrieben, das dem Nachweis dient, dass mit dem gewählten Querschnitt die zu erwartende Verkehrsbelastung mit der erwünschten Verkehrsqualität abgewickelt werden kann. Hiefür stehen insgesamt 96 Diagramme zur Verfügung, in denen je Normquerschnitt die Zusammenhänge zwischen mittlerer Pkw-Reisegeschwindigkeit und Verkehrsstärke, bei verschiedenen Steigungsklassen, Kurvigkeiten und Schwerverkehrsanteilen aufgezeigt sind. Die Diagramme wurden unseres Wissens auf Grund von sehr vielen Messungen ermittelt.

VORSCHLAG

Wir halten dafür, dass die Anlehnung an das HCM das zweckmässige Vorgehen sei. Einerseits ist die Ermittlung der Diagramme nach deutschem Muster sehr aufwendig, andererseits ist die analytische amerikanische Methode sehr transparent. Sie lässt auch eine differenzierte Betrachtungsweise zu. Wir meinen aber, dass die Grundwerte nicht für einen idealen, in der Praxis nie auftretenden Fall ermittelt werden sollen, sondern für sogenannte Referenzverhältnisse, die genau definiert werden müssen (siehe Kapitel 5.5.).

5.1.3. Messen der Leistungsfähigkeit

Anstelle der theoretischen Bestimmung der Leistungsfähigkeit kann auch die empirische Ermittlung mit Verkehrszählungen treten. Allerdings sind verschiedene Voraussetzungen zu erfüllen, damit die Messungen brauchbare Ergebnisse zeitigen:

- Vor dem betrachteten Streckenabschnitt muss das Verkehrsaufkommen genügend hoch sein, damit die Leistungsfähigkeit am betrachteten Querschnitt überhaupt erreichbar wird; d.h. Leistungsfähigkeitsmessungen können an sich nur an Engstellen vorgenommen werden.

- Die Verkehrsstärke, bei welcher die Leistungsfähigkeit erreicht wird, sollte über eine möglichst lange Zeit, z.B. eine Stunde aufrecht erhalten bleiben.

Aus der Literatur ist eine Messmethode bekannt, die zwar noch nicht voll ausgetestet ist, die aber auf verhältnismässig einfache Weise erlaubt, die Leistungsfähigkeit zu bestimmen [7]. Einige Stunden lang, einschliesslich der Spitzenzeit mit Erreichen der Leistungsfähigkeit, werden die Verkehrsmengen in Minutenintervallen gemessen. Im Allgemeinen ergibt ein Histogramm der Verteilung der Minutenwerte (x 60 auf Stundenwerte hochgerechnet) eine Kurve mit zwei Maxima. Dasjenige, welches die höhere Verkehrsmenge angibt, entspricht etwa den Verkehrsmengen unter den Bedingungen, welches für die Leistungsfähigkeit gelten.

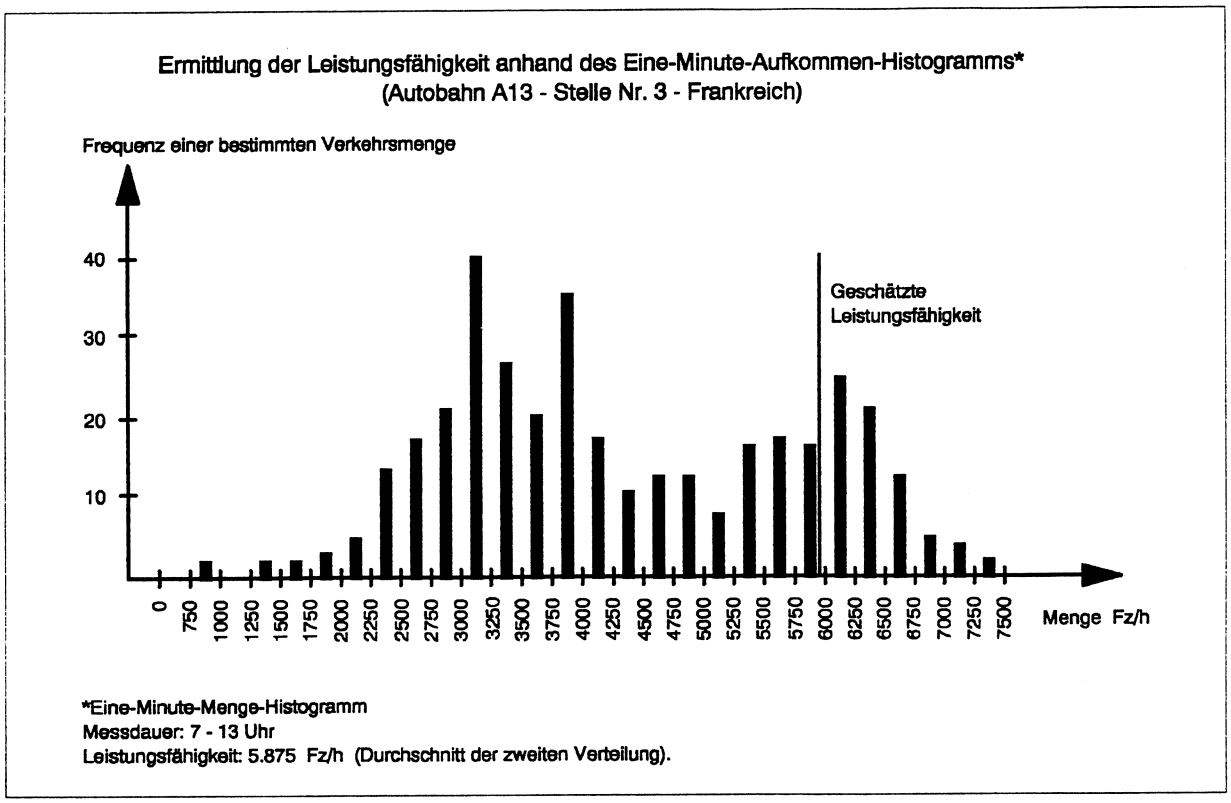

Abb. 2: Histogramm der Eine-Minute-Verkehrsmenge auf der Autobahn A13, (2 x 3 Fahrstreifen) Messstelle Nr. 3 in Frankreich; Quelle [23].

Ein anderer Lösungsansatz besteht darin, die Zeitlücken eines Verkehrsstromes, bei dem die Leistungsfähigkeit noch nicht erreicht ist, zu messen. Diese Zeitlücken werden dann zuerst in zwei Gruppen geteilt, die eine Gruppe sind diejenigen, die unabhängig von der Geschwindigkeit des voranfahrenden Fahrzeuges sind (freier Verkehrsfluss). Bei der anderen Gruppe, den Folgefahrten, ist zu unterscheiden zwischen

- Vergrössern oder Verkleinern der Zeitlücke durch relative Verzögerung oder Beschleunigung gegenüber dem voranfahrenden Fahrzeug,

- Ungefähr konstante Zeitlücke, ohne Absicht das voranfahrende Fahrzeug zu überholen,

- Folgefahrt mit der Absicht zu überholen,

- Zeitlücke unmittelbar vor dem Ueberholvorgang.

Nur die ungefähr konstanten Zeitlücken (pendel following criterion) können als Grundlage für die Berechnung der Leistungsfähigkeit dienen. Zudem ist zu beachten, dass nicht aus sicherheitsmässig ungenügenden Zeitlücken auf die Leistungsfähigkeit geschlossen wird. Auch diese Methode ist von der Messanordnung und der Auswertung her noch nicht gefestigt [18].

5.1.4. Modelle zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit

In der Theorie des Verkehrsflusses gibt es eine ganze Reihe von Modellen mit denen die Leistungsfähigkeit bestimmt werden kann. Sie enthalten oft mehrere Faktoren, die für den betrachteten Streckenabschnitt bestimmt werden müssen. Die zuverlässige Eichung dieser Faktoren bei diesen Modellen ist aber auch nur dann möglich, wenn sie bei Verkehrsstärken in der Nähe der Leistungsfähigkeit ermittelt werden.

Im Rahmen dieser allgemeinen grundsätzlichen Arbeit soll aber nicht mehr weiter auf diese Modelle eingegangen werden.

5.2. Verkehrsqualität

5.2.1. Vorbemerkungen

In der Norm SN 641.145 wird der Begriff der zulässigen Belastung wie folgt definiert: Als zulässige Belastung (ZB) gilt jene Verkehrsmenge in Mfz/h in einem bestimmten Querschnitt, die sowohl ein zügiges Fahren erlaubt, als auch unzumutbare Nachteile für Anstösser und Fussgänger vermeidet. Mit der zulässigen Belastung ist somit eine Qualitätsstufe des Verkehrsablaufes umschrieben worden. Die Werte der zulässigen Belastung entsprechen etwa der Hälfte der Leistungsfähigkeit.

Dass der Begriff der "zulässigen Belastung" aus heutiger Sicht nicht besonders glücklich gewählt ist, wurde bereits eingangs erwähnt. Die Beschränkung auf eine einzige Verkehrsqualitätsstufe neben der Leistungsfähigkeit mag ebenfalls nicht zu befriedigen.

Das Konzept der differenzierten Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage verlangt eine feinere Abstufung der Verkehrsqualität. Das amerikanische Highway Capacity Manual hat 6 Stufen der Verkehrsqualität (Level of Service) eingeführt. Wir schlagen vor, die Verkehrsqualitätsstufen in die Normen aufzunehmen. Man kann sich fragen, ob die 6 im HCM definierten Stufen richtig seien, oder ob man nicht auch mit 4 oder 5 (statt der bisherigen 2) auskommen könne. Da diese Arbeit auch in andern Fällen empfiehlt, sich an das HCM anzulehen, ist es sinnvoll hier genau gleich zu verfahren und nicht mit einer nur wenig anderen Abstufung Verwirrung zu stiften.

5.2.2. Definition

Eine bestimmte Verkehrsqualitätsstufe (englisch: Level of Service; Deutschland: Leistungsgrad) wird definiert, indem aus einer unendlichen Anzahl unterschiedlicher Kombinationen von Betriebsbedingungen eine beliebige bezeichnet wird. Die der Verkehrsqualitätsstufe zugeordnete Verkehrsmenge wird sodann als höchste Anzahl von Fahrzeugen definiert, die den Strassenquerschnitt pro Stunde durchfahren kann, wenn die Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen den vorher gewählten Bedingungen entsprechen.

KOMMENTAR

Diese Definition ist bewusst sehr allgemein gehalten, weil die Verkehrsqualitätsstufen je nach Anlagetype nach unterschiedlichen Kriterien gewählt werden müssen. So definiert z.B. das HCM die Verkehrsqualitätsstufen (Level of Service) für Autobahnen auf Grund der Verkehrsdichte (PW/km/Fahrstreifen), für Zweispurstrassen auf Grund des Anteils der Reisezeit, bei welcher der Fahrzeuglenker nicht mehr seine Geschwindigkeit - innerhalb der gesetzlichen Regeln und der Verkehrsanlage - frei wählen kann. Bei den Knoten gilt, gemäss dem HCM, die mittlere Wartezeit pro Fahrzeug als Kriterium für die Verkehrsqualität.

Auch rein energetische Ueberlegungen können zur Definition der Verkehrsqualität benützt werden. So hat Drew [29] festgestellt, dass auf Autobahnen bezüglich Energieverbrauch die günstigsten Verhältnisse eintreten, wenn die Strasse zu etwa 2/3 der Leistungsfähigkeit ausgelastet wird.

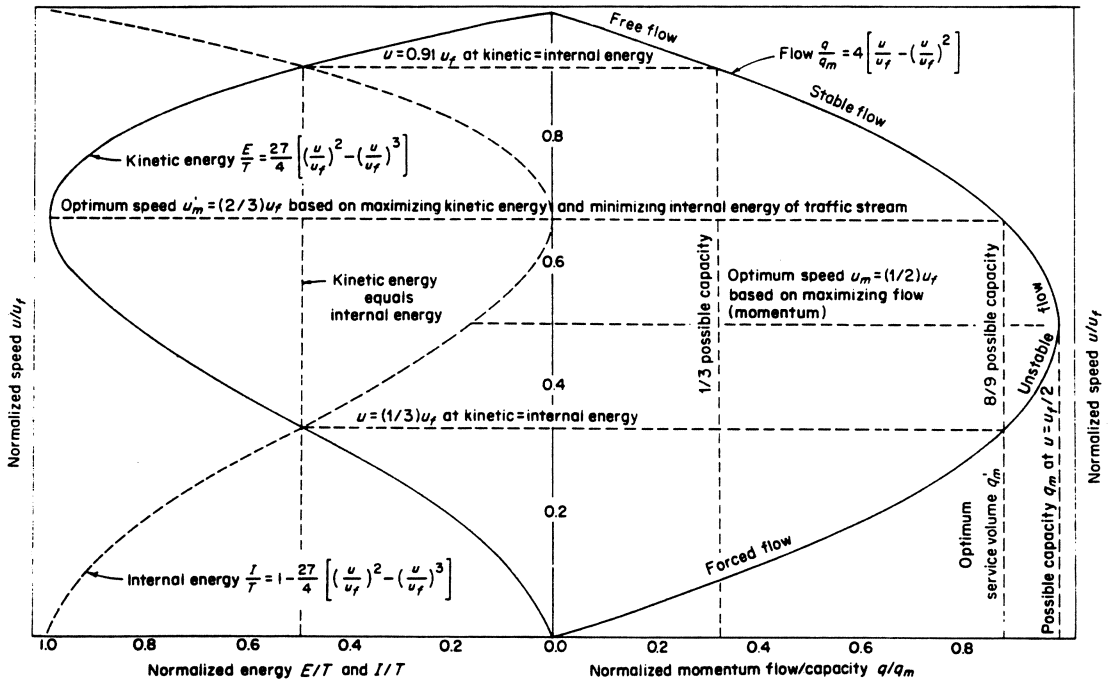

Fig. 14.11 Quantitative approach to level of service using the total energy–momentum analogy.

Abb. 3: Zusammenhang Verkehrsqualitätsstufe/Energie nach Drew [29]

Ein gänzlich anderer Ansatz hat kürzlich H. Stembord vorgetragen [45], indem er die Wahrscheinlichkeit in einen Verkehrsstau zu geraten, als Mass für die Verkehrsqualität einsetzt.

Eine einfachere Möglichkeit ist, die Verkehrsqualität direkt in Prozenten der Leistungsfähigkeit zu definieren.

VORSCHLAG

Wir schlagen vor, in die Normen die Verkehrsqualitätsstufen aufzunehmen und dabei deren sechs, analog dem HCM zu definieren:

Verkehrsqualitätsstufe	**Freie Strecke**	**Knoten**
A	Freier Verkehrsfluss	Keine oder kleine Wartezeiten
B	Stetiger Verkehrsfluss (oberer Geschwindigkeitsbereich)	Kurze Wartezeiten
C	Stetiger Verkehrsfluss (unterer Geschwindigkeitsbereich)	Mittlere Wartezeiten
D	Annähernd unsteter Verkehrsfluss	Sehr lange Wartezeiten
E	Unsteter Verkehrsfluss (mögliche Leistungsfähigkeit)	Sehr lange Wartezeiten
F	Stau, unterbrochener Verkehrsfluss	Unzumutbare Wartezeiten

Tabelle 2: Verkehrsqualitätsstufen

In die Kopfnorm ist die Definition aufzunehmen; in den Detailnormen sind die Kriterien zur Bestimmung der Verkehrsqualitätsstufen darzulegen.

5.3. Auslastungsgrad

Es hat sich gezeigt, dass die Definition eines Auslastungsgrades ein hilfsreiches Mittel für die Bestimmung der Leistungsreserven sein kann. Sofern für die Verkehrsqualitätsstufen der Auslastungsgrad als Qualitätskriterium eingesetzt wird, kann unmittelbar auf diese geschlossen werden.

Der Auslastungsgrad bezeichnet den Quotienten zwischen der Verkehrsbelastung und der Leistungsfähigkeit unter den tatsächlichen Verhältnissen (BRD: Auslastungsgrad: In Anspruch genommener Anteil der Leistungsfähigkeit oder einer grösstmöglichen Leistung [31]).

5.4. Belastbarkeit

Unter Belastbarkeit werden Grenzwerte bezeichnet, die andere Einflüsse als das Gefüge von Verkehrsmenge, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit auf die Grösse der Verkehrsnachfrage geltend machen.

Die umweltbezogene Belastbarkeit berücksichtigt die Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt.

Die sicherheitsmässig bedingte Belastbarkeit berücksichtigt Faktoren wie Zeitlücken und Zeitlückenverteilung, Ueberholmöglichkeiten und Ueberholvorgänge.

Die unterhaltstechnisch bedingte Belastbarkeit berücksichtigt Fragen des Unterhaltes der Anlage.

Im Zusammenhang mit der verkehrstechnischen Dimensionierung interessieren nur diejenigen Auswirkungen, die unmittelbar mit den Verkehrsmengen zusammenhängen. Eine von der Verkehrsmenge unabhängige Auswirkung der Verkehrsanlage ist zum Beispiel der Landbedarf.

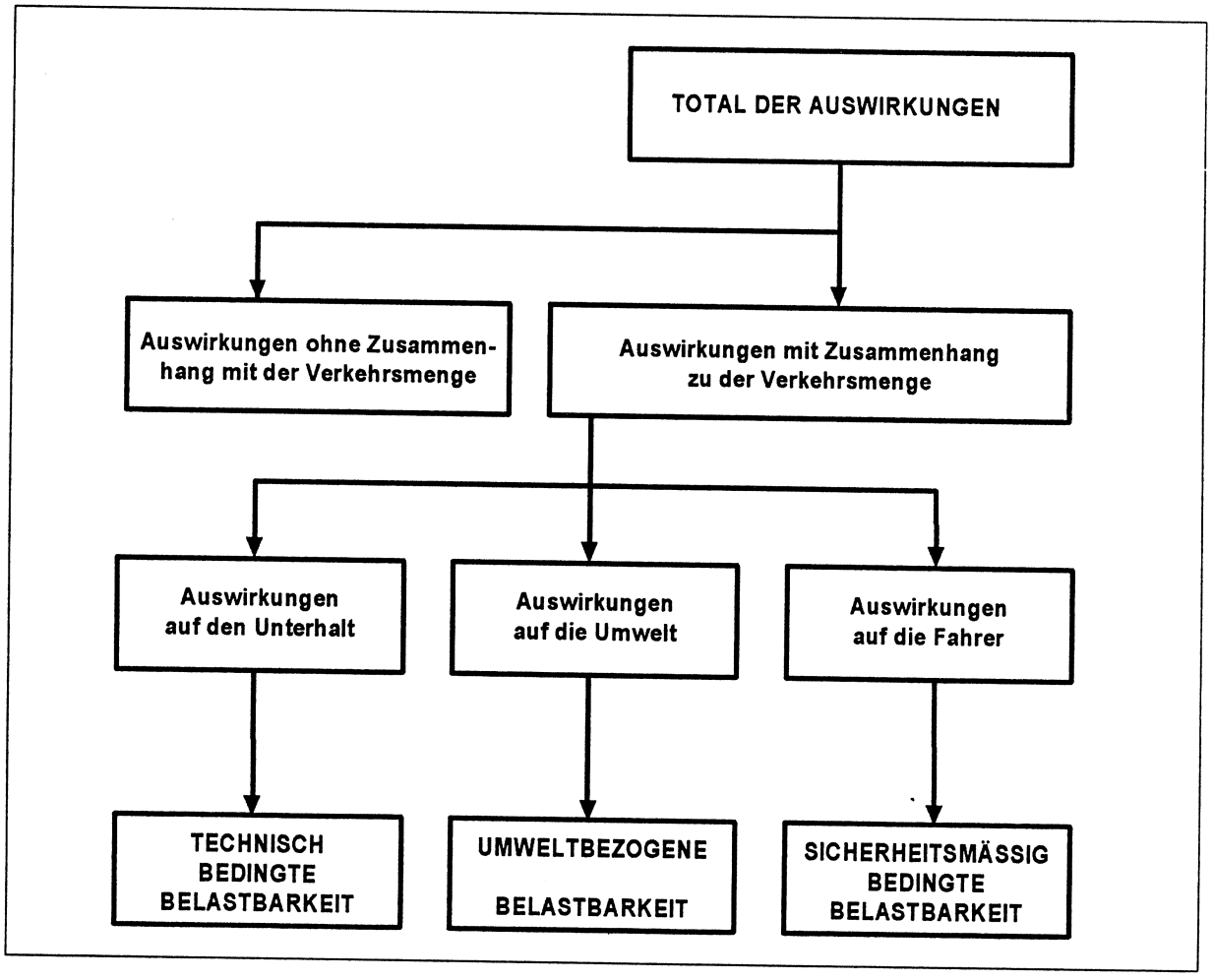

Abb. 4: Belastbarkeit

5.4.1. Umweltbezogene Belastbarkeit

Darunter werden die grössten Verkehrsmengen verstanden, die aus der Sicht der Umwelt noch verantwortbar und zumutbar sind.

Verhältnismässig einfach sind dabei die Lärmimmissionen zu behandeln. Die Lärmschutzverordnung [30] gibt das Vorgehen vor. Mit Ausnahme der Knotenpunkte können die Lärmimmissionen einer Strasse in Abhängigkeit der Verkehrsbelastungen, der Fahrbahn und der unmittelbaren Strassenumgebung bestimmt und diese mit den in den Lärmempfindlichkeitsstufenplänen festgelegten Immissionsgrenzwerten bzw. Planungswerten verglichen werden. Im gegenläufigen Rechenprozess kann vom Immissionsgrenzwert auf die zumutbare Verkehrsmenge also die umweltbezogene Belastbarkeit geschlossen werden.

Wesentlich schwieriger ist es von der Luftqualität auf die zumutbaren Verkehrsmengen zu schliessen. Generell kann gesagt werden, dass die Verkehrsqualität einen wichtigen Einfluss auf die Schadstoffe hat. Verkehrsanlagen, die auf der Verkehrsqualitätsstufe E, also im Bereich der Leistungsfähigkeit betrieben werden, sind der Lufthygiene weniger zuträglich, als solche, bei denen ein homogener ausgeglichener Verkehrsfluss die Regel ist.

5.4.2. Sicherheitsmässig bedingte Belastbarkeit

Die Verkehrssicherheit kann nur im komplexen Zusammenhang der Teilbereiche

- Mensch
- Fahrzeug
- Umwelt
- Rechtsnorm
- Verkehrsablauf
- Strassenanlage

beschrieben werden [25].

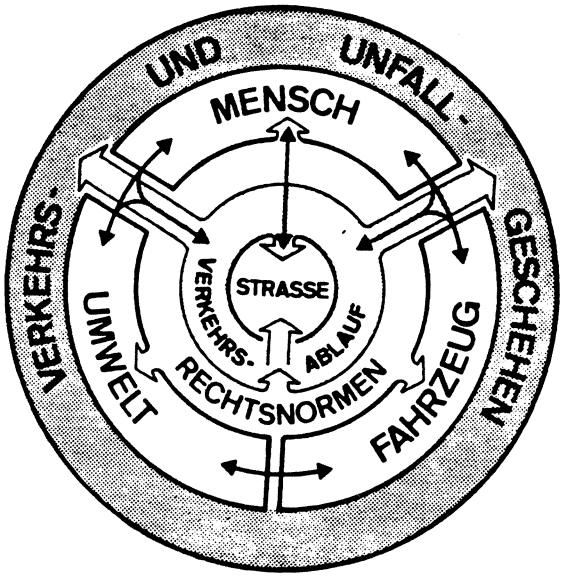

Abb. 5: Systemabgrenzung Verkehrs- und Unfallgeschehen nach [25]

Hier können nur einzelne Aspekte beurteilt werden. Mit dem Grenzwert der sicherheitsmässig bedingten Belastbarkeit soll das Verkehrsangebot auf diejenige Verkehrsmenge eingeschränkt werden, die mit verkehrssicheren Zeitlücken (z.B. 2,0 s) erreicht werden können. Bei zweistreifigen Hauptverkehrsstrassen geht es darum, nicht mit derart hohen Verkehrsmengen zu rechnen, bei denen ein Ueberholen auf sehr lange Strecken wegen des Gegenverkehrs unmöglich ist. Bei den ungeregelten Knoten wiederum soll nicht damit gerechnet werden, dass der in den Hauptstrom einfahrende Fahrzeuglenker auch ungenügende Zeitlücken ausnützt.

Die Verkehrsqualität enthält ebenfalls den Aspekt der Verkehrssicherheit. Aus verschiedenen Untersuchungen geht hervor, dass Verkehrsanlagen, die im Bereich der Leistungsfähigkeit belastet sind, ausserorts eine höhere Unfallrate aufweisen als Anlagen mit einem mittleren Auslastungsgrad. Innerorts sind keine Unterschiede zwischen mittleren und hohen Auslastungsgraden festzustellen.

5.4.3. Technisch bedingte Belastbarkeit

Verkehrsanlagen müssen unterhalten, erhalten und erneuert werden. Hauptverkehrsstrassen innerorts sind häufig auch Träger von wichtigen Ver- und Entsorgungsleitungen, die ebenfalls zu unterhalten, zu erhalten und zu erneuern sind. Diese Anforderungen können dazu führen, dass die Belastbarkeit auf einen Wert unter der Leistungsfähigkeit beschränkt werden muss.

5.5. Referenzzustand

Keine Strasse ist gleich wie die andere. Jede hat ihre besonderen Eigenschaften bezüglich der geometrischen Abmessungen, der Verkehrsmengen, der Verkehrszusammensetzung, der Umwelt, der Topographie usw. Wenn in Normen unmittelbar Werte festgeschrieben werden sollen, so ist es nicht möglich, Angaben für alle denkbaren Fälle zu machen. Die konkreten Werte beziehen sich deshalb auf einen Referenzzustand, der präzise zu charakterisieren ist. Die Werte für den tatsächlichen Zustand werden dann mit Hilfe von Einflussfaktoren bestimmt, welche die Abweichungen in den einzelnen Charakteristiken vom Referenzzustand berücksichtigen.

Der Referenzzustand soll so gewählt werden, dass die Beschreibung der einzelnen Elemente auf einen häufig vorkommenden tatsächlichen Zustand zutrifft oder dem Regelfall gemäss den Normen entspricht, z.B:

- Fahrstreifenbreite 3.50 m (Grundabmessung 2.50 m, Bewegungsspielraum 2 x 0.30 m, Sicherheitszuschlag 2 x 0.20 m)
- Terrain eben
- Lastwagenanteil 5 %
- usw.

Die Kopfnorm wird nur den Grundsatz enthalten, dass der Referenzzustand mit möglichst vielen normalen Charakteristiken definiert werden soll und nicht mit idealen. In den Detailnormen ist dann der Referenzzustand für jeden Anlagetyp zu definieren.

5.6. Tatsächlicher Zustand

Mit dem tatsächlichen Zustand werden die Verhältnisse charakterisiert, wie sie an dem betreffend Leistungen zu beurteilenden Strassenabschnitt tatsächlich anzutreffen sind. Das kann z.B. sein:

- Fahrstreifen 3.30 m
- Terrain hügelig
- Lastwagenanteil 2 %
- usw.

Der tatsächliche Zustand kann vom Referenzzustand abweichen, muss es aber nicht.

Zur Umrechnung der Werte für den Referenzzustand zu den Werten für den tatsächlichen Zustand wird ein System von Einflussgrössen aufgestellt, das in Funktion der Abweichung vom Sollzustand die Korrekturwerte angibt. Dabei steht zum vornherein fest, dass nicht alle Einflüsse quantitativ erfasst werden können.

Näherungsweise wird angenommen, dass die Korrekturfaktoren unabhängig von der Verkehrsqualitätsstufe sind. Diese Näherung trifft aber nicht auf alle Einflussgrössen zu. Einzelne Einflussfaktoren sind nur bei der Leistungsfähigkeit sinnvoll.

5.7. Einflussgrössen

Die Einflussgrössen, welche das Verkehrsverhalten und damit auch die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage bestimmen, lassen sich in vier Gruppen zusammenfassen, wobei aber wiederum eine vielfältige Abhängigkeit besteht. Diese vier Gruppen sind:

- Mensch
- Fahrzeug

} im wesentlichen Einflussgrössen der Nachfrage

- Verkehrsanlage
- Umwelt

} im wesentlichen Einflussgrössen des Angebotes

Im folgenden sind die wichtigsten Einflussgrössen aufgelistet und die hauptsächlichsten Abhängigkeiten dargestellt.

Einflussgrösse	Abhängigkeit zu
Mensch	
Kollektiv der Fahrzeuglenker (Driver population)	
Alter, Geschlecht, Erfahrung der Fahrzeuglenker	Sicherheit
Reaktionszeit/Zeitlücke	Fahrzeug, Verkehrsanlage, Sicherheit
psychische Verfassung der Fahrzeuglenker	Umfeld
Zeitliche Gesetzmässigkeiten (Ganglinien)	Fahrzweck
Richtungsanteil	Lage im Netz, Tageszeit
Fahrzweck	
Fahrzweckzusammensetzung	Ganglinien
Komfortanforderungen	Fahrzeug, Verkehrsanlage, Umwelt
Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten	
Sicherheitsniveau	Zeitlücke
Fahrzeug/Verkehr	
Einheitlicher Fahrzeugpark	Fahrzeuglenker
Beschleunigungs- und Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs	
Verkehrszusammensetzung	
- Anteil Schwerverkehr	Strassentyp, Fahrzweck, Lage im Netz
- Anteil Wohnwagen	Strassentyp, Fahrzweck, Lage im Netz
- Anteil Velo/Mofa	Strassentyp, Fahrzweck, Lage im Netz
zugelassene Fahrzeuge	Strassentyp
Verkehrsanlage	
Strassentyp	Driver population
Lage im Netz	Richtungsanteil

Einflussgrösse		Abhängigkeit zu
Geometrisches Normalprofil		
- Fahrstreifenbreite - Anzahl Fahrstreifen - Richtungstrennung - Seitenfreiheit - u.a.	{ {	Strassentyp Geschwindigkeitsvorschriften
Zustand der Fahrbahnoberfläche		
Längsneigungen (Gradient und Länge)		Verkehrszusammensetzung Fahrzeug
Kurvigkeit		
Beleuchtung		Umwelt
Geschwindigkeitsvorschriften		Mensch, Umwelt
Ausserordentliche Vorkommnisse (Unfälle, Baustelle)		Mensch
Umwelt		
Klima, Wetter, Tag/Nacht		Beleuchtung
Aktivitäten längs der Strasse		
Bebauung		
Grenzwerte der Immissionsbelastungen		Mensch, Fahrzeug Fahrbahn

Es versteht sich, dass nicht alle dieser über 30 Einflussfaktoren in die verkehrstechnische Dimensionierung Eingang finden können. Einerseits würde der Gang der Ueberlegungen unübersichtlich und andererseits sind noch viele Zusammenhänge wenig erforscht, so dass keine quantitativen Aussagen gemacht werden können. Zudem ist es oft unmöglich, die Verkehrsnachfrage entsprechend differenziert zu ermitteln.

In den bestehenden Normenwerken werden die nachstehenden Einflussgrössen berücksichtigt:

SN 641.145:

- Strassentyp
- Anzahl Fahrstreifen
- Richtungstrennung
- Lastwagenanteil in Abhängigkeit der Längsneigung (Gradient und Länge)
- Fahrstreifenbreite
- seitliche Hindernisse
- Sichtweiten bei Zweispurstrassen (nur Einfluss auf zulässige Belastung)
- Geschwindigkeitsbeschränkung (nur Einfluss auf zulässige Belastung)

RAS-Q (BRD):

- Strassentyp:
- Regelquerschnitt
- Gradiente
- Kurvigkeit, Ueberholmöglichkeit
- Schwerverkehrsanteil
- Anteil langsamer Fahrzeuge
- Reisegeschwindigkeit PKW

HCM 85 (USA)

- Strassentyp
- Anzahl Fahrstreifen
- Fahrstreifenbreite
- Strassenumgebung
- Längsneigungen (Gradient und Länge)
- Anteil Schwerverkehr, Bus, RV (Recreational vehicle)
- Driver population
- Richtungsanteil, Ueberholmöglichkeiten bei Hauptverkehrsstrassen.

Auf Grund unserer Ueberlegungen schlagen wir vor, bei der Erarbeitung der Normen zu prüfen, ob für die folgenden Einflussgrössen quantitative Aussagen gemacht werden können:

- Strassentyp (Hochleistungsstrasse, Hauptverkehrsstrasse)
- Zugelassene Fahrzeuge
- Geometrisches Normalprofil, insbesondere:
  > Anzahl Fahrstreifen
  > Fahrstreifenbreite (Bewegungsspielraum)
  > Sicherheitszuschlag
  > Gegenverkehrs- oder Ueberholzuschlag
- Kurvigkeit, Länge und Anzahl der Ueberholmöglichkeiten
- Längsneigungen (Gradient, Länge)
- Lastwagenanteil in Abhängigkeit der Längsneigungen
- Anteil langsamer Fahrzeuge
- Anteil Zweiradfahrer
- Kollektiv der Fahrzeuglenker
- Zeitlücken
- Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Witterung.

Gegenüber der bisherigen Norm sollen somit die Einflüsse aus dem Kollektiv der Fahrzeuglenker, den Zeitlücken, den Anteilen langsamer Fahrzeuge und Zweiradfahrer sowie der Witterung zusätzlich Eingang in die Berechnungen finden. Diese Einflussgrössen sollen im folgenden kurz beschrieben werden:

Kollektiv der Fahrzeuglenker, Zeitlücken

Ortskundige Pendler haben ein anderes Fahrverhalten als ortsunkundige Touristen. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit und auch auf die möglichen Verkehrsmengen bei den verkehrsintensiveren Qualitätsstufen aus. Im Berufsverkehr werden auch die kleineren Zeitlücken gemessen, an ungeregelten Strassenknoten ist die Grenzzeitlücke für das Einfahren in den Hauptstrom im Pendlerverkehr kleiner. Diesem Umstand kann mit einem pauschalen Korrekturfaktor begegnet werden. Der Referenzzustand berücksichtigt den ortskundigen Berufsverkehr.

Zusätzlich kann es sinnvoll sein, einen Korrekturfaktor für die Zeitlücke einzuführen, um dem etwas forscheren, wendigeren Stadtverkehr Rechnung zu tragen. Im Referenzzustand soll die durchschnittliche Zeitlücke mit 2 Sekunden definiert werden, um ein angemessenes Sicherheitsniveau zu respektieren. Eine Abweichung von +/- 10 % je nach dem Kollektiv der Fahrzeuglenker ist aus dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit vertretbar.

Anteil langsamer Fahrzeuge (Wohnwagen. landwirtschaftliche Fahrzeuge)

Währenddem der Schwerverkehr sich auf freien ebenen Strassenstrecken etwa gleich wie der Personenwagenverkehr verhält (sofern nicht unterschiedliche Geschwindigkeitslimiten vorgeschrieben sind) und erst in längeren Steigungsstrecken die Geschwindigkeit der Lastwagen erheblich zurückfällt, können langsame Fahrzeuge wie z.B. landwirtschaftlicher Verkehr auch auf ebenen Strecken verkehrsbehindernd und leistungshemmend sein.

Die Strassen mit einem hohen Anteil an Touristikverkehr mit Wohnwagen ist es zweckmässig, dies mit einem Einflussfaktor ähnlich dem Schwerverkehrsanteil zu berücksichtigen.

Der Referenzzustand wird mit einem Anteil von langsamen Fahrzeugen von 0 % definiert.

Anteil Zweiradverkehr

Bei Hauptverkehrsstrassen, die keine Radstreifen oder Radwege aufweisen, ist der Anteil der Fahrräder inklusive Motorfahrräder mit einem besonderen Korrekturfaktor zu berücksichtigen, der in Beziehung zur Fahrstreifenbreite gesetzt werden muss. Mit Ausnahme von Gefällsstrecken ist der Radverkehr langsamer als der Motorfahrzeugverkehr, so dass die Motorfahrzeuge die Radfahrer überholen wollen. Enge Verhältnisse und Gegenverkehr verhindern dies oft, was zu Leistungseinbussen führt. Als Referenzzustand wird ein Anteil der Fahrräder inklusive Motorfahrräder von < 5 % der Fahrzeuge angenommen bei einer Fahrstreifenbreite von 3.50 m.

Witterung

Schnee, Eis, Nebel haben einen derart starken und je nach Situation unterschiedlichen Einfluss auf das System Mensch - Fahrzeug - Fahrbahn, dass er sich einer Normierung entziehen muss. Eine Studie aus Kanada [13] weist z.B. nach, dass die Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens bei einer lichtsignalgesteuerten Kreuzung wegen der Schneeglätte um 20 - 25 % reduziert wird.

Hingegen sind Regenfälle häufig. Deren Einfluss kann abgeschätzt und mit einem pauschalen Faktor berücksichtigt werden.

Der Referenzzustand rechnet mit trockener Fahrbahn und Tageslicht. Interessant ist der Hinweis, dass die Norm SN 640.090 [5] betreffend Sichtweiten von einer nassen Fahrbahn, aber trockenen, sauberen Windschutzscheibe ausgeht.

6. NACHFRAGE

6.1. Gesetzmässigkeiten des Verkehrs

Auch wenn die Verkehrsanlage sehr viele individuelle Verkehrswünsche erfüllen muss, so sind dennoch zeitliche und mengenbezogene Gesetzmässigkeiten im Verkehr festzustellen. Als massgebendes Kriterium für die zeitliche Gesetzmässigkeit hat sich der Fahrzweck bzw. die Zusammensetzung der Fahrzwecke erwiesen. Dies ist ein Hauptergebnis der Forschungsarbeiten "Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr" [14] und "Zeitliche Gesetzmässigkeiten des Wochenendverkehrs" [15]. Die Erkenntnisse sind in der Norm SN 641.230a "Typische Ganglinien und durchschnittlicher täglicher Verkehr" [7] verarbeitet worden. Eine weitere Forschungsarbeit über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Schwerverkehrs wurde kürzlich veröffentlicht [51].

Auf Grund der Fahrzweckzusammensetzung unterscheidet die Norm SN 641.230a die folgenden Ganglinientypen:

Typ 1: Fernverkehr
Typ 2: Fernverkehr mit Pendler
Typ 3: Pendlerverkehr
Typ 4: Ortsverkehr
Typ 5: Regionalverkehr
Typ 6: Freizeitverkehr

Diese Norm zeigt auch auf, wie mit Hilfe der Ganglinien aus einzelnen Querschnittszählungen von kürzerer Dauer der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) ermittelt werden kann. Für weitere Einzelheiten wird auf die genannte Norm verwiesen.

Die Norm SN 641.230a gibt sodann die folgenden Werte für die werktägliche Spitzenstunde in Prozenten des DTV an (Mittelwerte, gerundet):

Ganglinientyp	Prozent des DTV Morgenspitzen-stunde	Prozent des DTV Abendspitzen-stunde
Fernverkehr	7	9
Fernverkehr mit Pendlern	8	9
Pendlerverkehr	8	10
Ortsverkehr	7	10
Regionalverkehr	6	10
Freizeitverkehr	5	9

Tabelle 3: Anteil der Spitzenstunde in Prozenten des DTV

6.2. Massgebende Verkehrsmengen

Vorerst ist zu beurteilen, welches Jahr für die Dimensionierung massgebend ist (bestehender Zustand, Jahr der Inbetriebnahme einer neuen Anlage, 10 Jahre nach Inbetriebnahme analog der Luftreinhalteverordnung). Je nach dem kann auf Erhebungen des bestehenden Verkehrs abgestellt werden, oder es müssen Verkehrsprognosen erarbeitet werden.

Die Verkehrsprognose kann dabei entweder eine Trendprognose oder eine Modellprognose sein. Bei neuen Verkehrsanlagen wird in den meisten Fällen nur der Einsatz eines Verkehrsmodells sinnvolle Ergebnisse bringen. Bei der Bezeichnung des Verkehrs bei einer Prognose ist eine Begriffsvereinheitlichung notwendig. Zu unterscheiden sind:

- Umgelagerter Verkehr infolge neuer Verbindungen (Beispiel: Verkehr der heute durch eine Ortschaft fährt und künftig die neue Umfahrungsstrasse braucht).

- Verlagerter Verkehr infolge Modal-Split-Veränderungen (das neue Verkehrsangebot auf der Strasse veranlasst die betreffende Person anstelle des öffentlichen Verkehrsmittels das Auto zu benützen).

- Neuverkehr (durch das neue Verkehrsangebot werden Fahrten ausgelöst, die bisher gar nicht stattgefunden haben. Dazu gehören auch Fahrtverlängerungen. Beispiel: Anstelle der Fahrt an den Vierwaldstättersee wird wegen der N2 ins Tessin gefahren).

- Allgemeine Verkehrsentwicklung. Zunahme der Gesamt-Mobilität infolge Einwohner- und Arbeitsplatzzunahmen, Steigerung des allgemeinen Wohlstandes.

Streng genommen ist die massgebende Verkehrsmenge nur bei der nachfrageorientierten Dimensionierung wichtig. Sie ist der Ausgangspunkt der Ueberlegungen und Berechnungen und bestimmt damit entscheidend das Ergebnis. Die Wahl der massgebenden Verkehrsmenge ist deshalb ein äusserst wichtiger Arbeitsschritt.

Die vielen Abhängigkeiten zeigen, dass nicht mehr nur ein Wert für den massgebenden Verkehr benützt werden kann, sondern ein Paket zusammengehöriger Werte bestimmt werden muss. Darin sind enthalten:

- DTV, durchschnittlicher täglicher Verkehr (für Ermittlungen der Schadstoffemissionen).
- Durchschnittliche stündliche Verkehrsmenge des 16-Stunden Tagesverkehrs (Lärmbeurteilung Tag).
- Durchschnittliche stündliche Verkehrsmenge des 8-Stunden Nachtverkehrs (Lärmbeurteilung Nacht).
- Verkehr der normalen abendlichen respektive morgendlichen Spitzenstunde (für die verkehrstechnische Dimensionierung) gemäss dem im folgenden beschriebenen Vorschlag (MSV).

Die Verkehrszusammensetzung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Es ist deshalb notwendig auch den Anteil des Schwerverkehrs, der langsamen Fahrzeuge und des Zweiradverkehrs anzugeben.

Die Norm SN 641.140 enthält die Bestimmung des massgebenden Verkehrs. Die Norm wurde im Mai 1970 beschlossen. Sie gibt an, dass in der Regel die stündliche Verkehrsmenge zu verwenden sei (MSV). Für vier Strassenklassen werden sodann Richtwerte für den MSV in Prozenten des DTV angegeben, wobei die Dauerkurven der Stundenbelastungen als Ausgangsbasis benutzt werden.

Der im folgenden definierte "massgebende stündliche Verkehr" (MSV) heisst zwar gleich wie in der Norm SN 641140, hat aber inhaltlich und vom Berechnungsgang her eine andere Bedeutung.

Für die verkehrstechnische Dimensionierung soll auch künftig die Spitzenstunde massgebend sein, die auch wie bisher in Prozenten des DTV angegeben wird. Hingegen ist eine Überprüfung der Prozentanteile und der Herleitung der Werte nötig.

Die Norm SN 641.145 bestimmt sodann, dass die zulässige Belastung gleich oder grösser sein muss als der massgebende Verkehr. Die höchsten stündlichen Belastungen sollen unterhalb der Leistungfähigkeit liegen. Nachdem der Begriff der zulässigen Belastung fallen gelassen wird, ist auch diese Vorschrift zu revidieren, wobei sie nicht nur den neuen Begriffen anzupassen ist, sondern auch inhaltlich überdacht werden muss. Die Forderung bei der nachfrageorientierten Dimensionierung, dass auch die höchsten Spitzen während des Jahres unter der Leistungsfähigkeit liegen müsse, sollte in dieser strengen Form fallen gelassen werden. Ueberbelastungen in seltenen Fällen sollten in Kauf genommen werden können.

Im Forschungsbericht "Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr" [14] wird vorgeschlagen, die Tabelle 1 in der Norm SN 641.140 wie folgt zu ändern:

Ganglinientyp	**n (Anzahl der ausgegewerteten Messstellen)**	**Höchste Stunde des Jahres**	**50 - höchste Stunde des Jahres**	**MSV**
Fernverkehr	8	13 - 21 %	10 - 17 %	12 %
Fernverkehr mit Pendlern	20	10 - 21 %	9 - 13 %	11 %
Pendler	9	11 - 16 %	10 - 13 %	10 %
Ortsverkehr	42	10 - 24 %	9 - 13 %	10 %
Regionalverkehr	24	13 - 27 %	10 - 18 %	13 %
Freizeitverkehr	24	15 - 40 %	13 - 20 %	16 %

Tabelle 4: Richtwerte für den massgebenden stündlichen Verkehr in % des DTV gemäss [14]

Vergleicht man diesen Vorschlag mit den Richtwerten für die werktägliche Abendspitzenstunde, (Tabelle 3) so erhält man das folgende Ergebnis:

Ganglinientyp	**Abendspitzenstunde gemäss [14]** **(1)**	**MSV Vorschlag gemäss [14]** **(2)**	**(2) / (1)**
Fernverkehr	9 %	12 %	1.33
Fernverkehr mit Pendlern	9 %	11 %	1.22
Pendlerverkehr	10 %	10 %	1.0
Ortsverkehr	10 %	10 %	1.0
Regionalverkehr	10 %	13 %	1.3
Freizeitverkehr	9 %	16 %	1.77

Tabelle 5: Vergleich Abendspitzenstunde/MSV in % DTV gemäss Tabelle 4

Dieser im Sinne einer Sofortmassnahme gedachte, eher arbiträre Vorschlag vermag deshalb nicht ganz befriedigen, weil er keinen klaren Berechnungsgang aufweist. Wir schlagen deshalb vor, zur Bestimmung des MSV wie folgt vorzugehen:

Ausgegangen wird vom DTV, dann wird die Abendspitzenstunde in % des DTV bestimmt (diese ist in den meisten Fällen grösser als die Morgenspitzenstunde. Sollte dies nicht der Fall sein, so ist die Morgenspitzenstunde als massgebend zu betrachten). Dieser Wert wird mit dem Verhältnis Spitzenmonat/Durchschnittsmonat multipliziert um den MSV zu bestimmen.

Legt man die Datenbasis des Forschungsberichtes "Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr" [14] zu Grunde, so ergibt sich folgendes Bild:

Ganglinientyp	**Abendspitzen-stunde**	**Spitzenmonat / Durch-schnittsm.**	**MSV Vorschlag**	**MSV Vorschlag gemäss [14]**
Fernverkehr	9 %	1.18	**11 %**	12 %
Fernverkehr mit Pendlern	9 %	1.11	**10 %**	11 %
Pendlerverkehr	10 %	1.03	**10 %**	10 %
Ortsverkehr	10 %	1.03	**10 %**	10 %
Regionalverkehr	10 %	1.18	**12 %**	13 %
Freizeitverkehr	9 %	1.35	**12 %**	16 %

Tabelle 6: Vorschlag für MSV in % DTV

Die somit gefundenen Werte sind bei den Ganglinientypen "Pendlerverkehr" und "Ortsverkehr" identisch mit dem Vorschlag gemäss [14], bei den Ganglinientypen "Fernverkehr", "Fernverkehr mit Pendlern" und "Regionalverkehr" liegen sie einen Prozentpunkt unter dem Vorschlag gemäss [14]. Der grösste Unterschied liegt beim Ganglinientyp "Freizeitverkehr" mit 4 Prozentpunkten. Dies erstaunt nicht, enthält doch der Ganglinientyp "Freizeitverkehr" die grössten Streubreiten. Dies ist auch ein Hauptgrund, weshalb für den MSV nicht nur Richtwerte angegeben werden sollen, sondern auch einen Berechnungsgang, der es erlaubt, den MSV im konkreten Anwendungsfall zu ermitteln. (NB: Strassen, die nicht das ganze Jahr hindurch geöffnet sind, sowie Grenzübergänge müssen fallweise besonders betrachtet werden.)

Solange den Belastungen bei der nachfrageorientierten Dimensionierung nicht die Leistungsfähigkeit gegenübergestellt wird, müssen keine kürzeren Zeitintervalle als die Stunde betrachtet werden. Steht aber die Leistungsfähigkeit gegenüber, so sollte auch die Spitzenviertelstunde überprüft werden. Dabei kann angenommen werden, dass die Verkehrsmengen der Spitzenviertelstunde rund 30 % der Verkehrsmengen der Spitzenstunde betragen. Der Spitzenstundenverkehr (SSV) als theoretische Grösse errechnet sich damit als das 4fache des Spitzenviertelstundenverkehrs des MSV, oder als das 1,2fache des MSV.

Die Begriffe MSV und SSV entsprechen mit diesen Definitionen nicht mehr den Definitionen der bisherigen Normen. Wenn eingangs erwähnt wurde, der MSV habe vor allem bei der nachfrageorientierten Dimensionierung eine Bedeutung, so hilft der MSV auch gut bei der Beurteilung der in der angebotsorientierten Dimensionierung gefundenen möglichen Belastungswerte.

7. UMWELT

Die Auswirkungen von Verkehrsanlagen auf die Umwelt sind offensichtlich. Sie werden in umfangreichen Umweltverträglichkeitsberichten abgehandelt. In der Regel werden die Auswirkungen auf die folgende Umweltbereiche untersucht [10]:

Luft
- Schadstoffemissionen
- Schadstoffimmissionen
- Klima, Strahlen

Wasser
- Grundwasser
- Oberflächenwasser
- Abwässer
- Trinkwasser
- Fischerei

Boden
- Bodenstruktur
- Zusammensetzung
- Bodenverlust

Flora/Fauna
- Flora
- Fauna
- Lebensräume

Landschaft
- Schutzgebiete
- Landschaftsbild
- Ortsbild
- Siedlung
- Erholung

Wald
- Waldwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Jagd

Lärm/Erschütterung
- Lärmemissionen
- Lärmimmissionen
- Erschütterungen

Im Zusammenhang mit der verkehrstechnischen Dimensionierung sind nur diejenigen Umweltbereiche von Bedeutung, die in Beziehung zu den Verkehrsmengen stehen. Es sind dies im wesentlichen die Emissionen betreffend Luft, Lärm und Erschütterungen, sowie die Trennungswirkung im Siedlungsbereich für die Bewohner, im offenen Gelände für die Tierwelt.

Mit der Einführung der umweltbezogenen Belastbarkeit wird die Auflage verbunden, aus den zulässigen Immissionen auf die höchstmögliche Verkehrsbelastung schliessen zu können. Ist der Berechnungsgang, um von einer gegebenen Verkehrsmenge die zu erwartenden Immissionen zu ermitteln, klar und ausgewiesen, so ist der entgegengesetzte Vorgang, nämlich von einem gegebenen Immissionsgrenzwert aus die zugehörige Verkehrsmenge zu errechnen, noch wenig gesichert.

Einigermassen klar und quantitativ erfassbar sind die Zusammenhänge beim Lärm.

Die Lärmimmissionen werden gemäss der Verordnung über den Lärmschutz [30] bei ortsfesten Anlagen an Hand der Belastungsgrenzwerte beurteilt. Diese werden nach Lärmort, Tageszeit und Lärmempfindlichkeit der zu schützenden Gebiete und Gebäude (Empfindlichkeitsstufen) festgelegt.

Die Lärmschutzverordnung kennt vier Empfindlichkeitsstufen mit unterschiedlichen Grenzwerten, wobei pro Stufe drei Grenzwerte unterschieden werden. Die zulässigen Lärmimmissionen werden durch die Lärmempfindlichkeitsstufenpläne der Gemeinden und durch die Eidgenössische Lärmschutzverordnung bestimmt.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, der Fahrbahnoberfläche, des Anteils des Schwerverkehrs und betrieblicher Vorschriften, lässt sich die Belastbarkeit, bezogen auf den Lärm, berechnen. Da zwischen Verkehrsmenge und Lärm aber ein logarithmischer Zusammenhang besteht, spricht eine Aenderung der Verkehrsmenge nur sehr träge auf den Schallpegel an. Die Halbierung des Verkehrs entspricht einer Abnahme des Lärmpegels um ca. 3 dB (A).

Oft lässt sich mit geeigneten Schallschutzmassnahmen, im Extremfall mit einer Ueberdachung oder einem Tunnel, die wegen der Lärmimmissionen begrenzte Verkehrsbelastung erhöhen.

Die Zusammenhänge zwischen den Schadstoffemissionen des Verkehrs, der Verkehrsmenge und den Grenzwerten der Immissionen sind wesentlich komplexer, so dass keine allgemein gültigen Berechnungsanleitungen gegeben werden können.

Die spezifische Emission von Schadstoffen hängt in erster Linie von der Geschwindigkeit der Fahrzeuge und der Zusammensetzung des Verkehrs (Alter und Herkunft der Fahrzeuge, Art des Kraftstoffes, Grösse der Motoren usw.) ab. Die Gesamtemissionen sind der Verkehrsmenge (bei gegebenen Geschwindigkeiten und Fahrweisen) direkt proportional.

Klima, Wind, Topographie usw. wirken sich auf die Verteilung der Abgase aus, so dass für die Ermittlung der Immissionen der Standort des untersuchten Strassenabschnittes wesentlich ist.

Da das Mass der Emissionen der meisten wichtigen Schadstoffe, mit Ausnahme der Stickoxyde NOx, umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit verläuft, stellen Verkehrsstaus in städtischen Gebieten mit geringen Verteilungen ein Hauptproblem dar.

Eine gleichmässige Fahrt in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich mit geringer Tourenzahl ist vermutlich für die Luftbelastung am vorteilhaftesten. Der Betrieb einer Verkehrsanlage im Bereich der Leistungsfähigkeit lässt im allgemeinen diesen gewünschten ruhigen gleichmässigen Verkehr nicht zu.

Nicht unerwähnt darf die Trennungswirkung einer Verkehrsanlage (HVS) bleiben, vor allem im besiedelten Gebiet, auch wenn mit Hilfe von Unter- oder Ueberführungen meist wenig befriedigende Korrekturen vorgenommen werden können.

8. ZUSAMMENHÄNGE

Im Kapitel 4 wurde das Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung als Uebersicht dargestellt und dabei darauf hingewiesen, dass für die differenzierte Darstellung die Erläuterungen in den Kapiteln 5 bis 7 Voraussetzungen seien.

In diesem Kapitel wird nun das detaillierte Konzept beschrieben. Die einfache Darstellung der Abbildung 1 wird zum differenzierten Vorgehensschema gemäss der nachfolgenden Abbildung 6.

Ausgangspunkt der angebotsorientierten Dimensionierung ist eine gegebene Verkehrsanlage (tatsächlicher Zustand). Da die Einflussgrössen auch verkehrliche Charakteristiken umfassen, müssen diese auch vorgegeben werden (z.B. Lastwagenanteil). Somit gehören zum gegebenen Angebot auch erste Annahmen über die Nachfrage. Die Voraussetzungen um eine erste Bilanz zu ziehen sind damit vorhanden. Je nach Ergebnis sind Iterationsschritte notwendig, bis die Bilanz ausgeglichen ist.

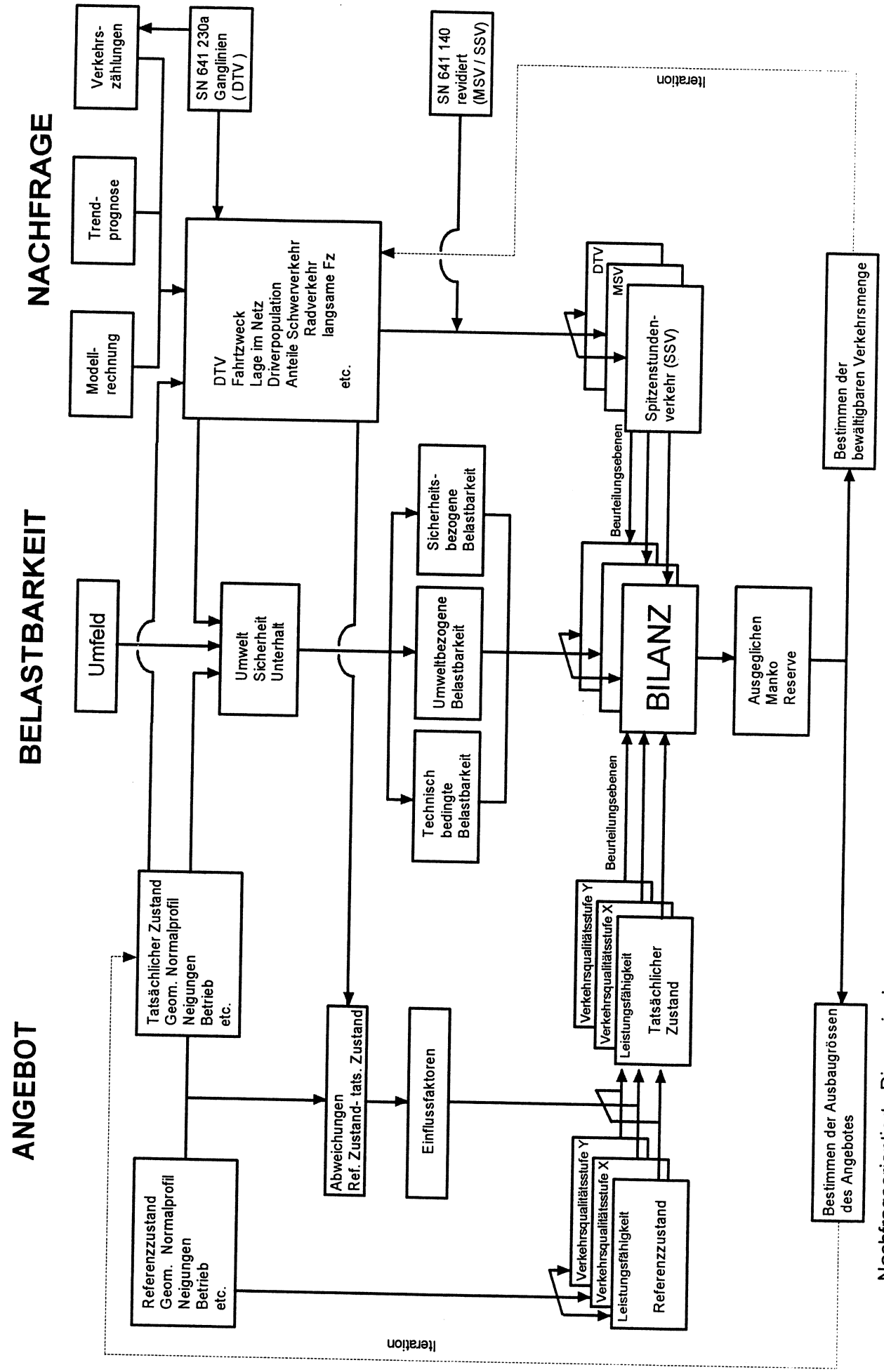

Abb. 6 Verkehrstechnische Dimensionierung: Zusammenhänge

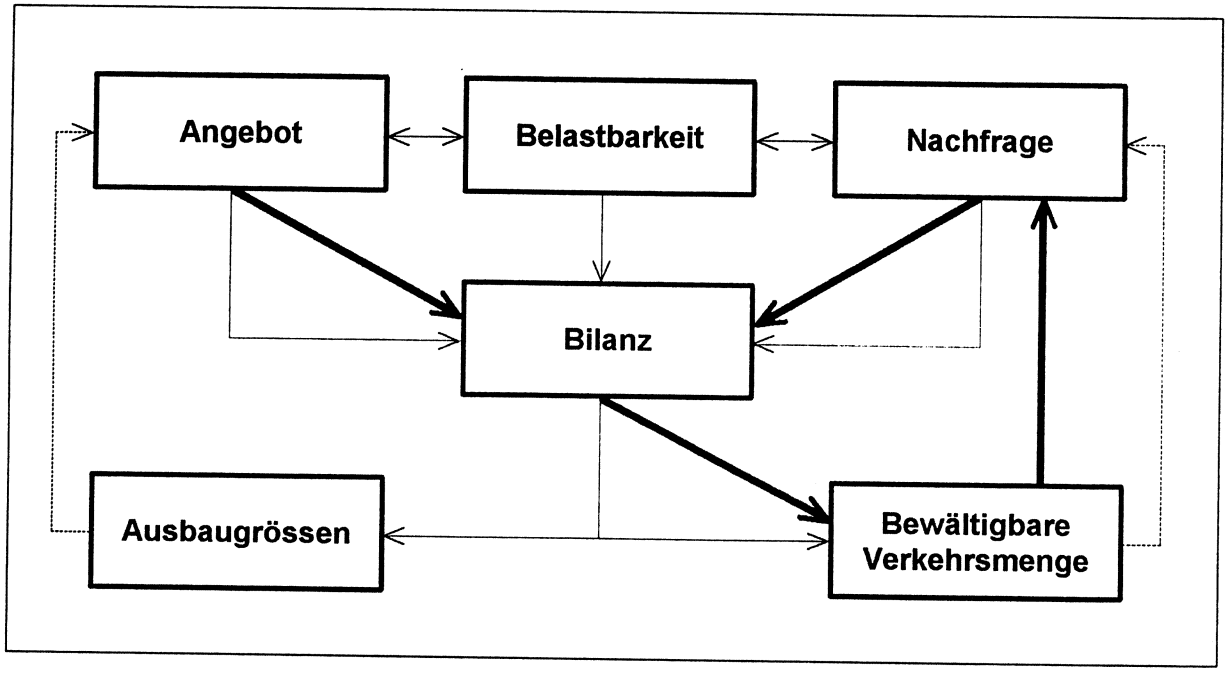

Abb. 7.: Iteration bei der angebotsorientierten Dimensionierung

Demgegenüber ist der Ausgangspunkt der nachfrageorientierten Dimensionierung eine gegebene Verkehrsnachfrage. Auch hier kann nicht unmittelbar auf die zugehörige Verkehrsanlage geschlossen werden, sondern es braucht eine erste Näherung um die erforderlichen Werte für das Ziehen der Bilanz zu erhalten. Je nach Ergebnis erfolgen dann ebenfalls Iterationsschritte, bis die Bilanzierung ausgeglichen ausfällt.

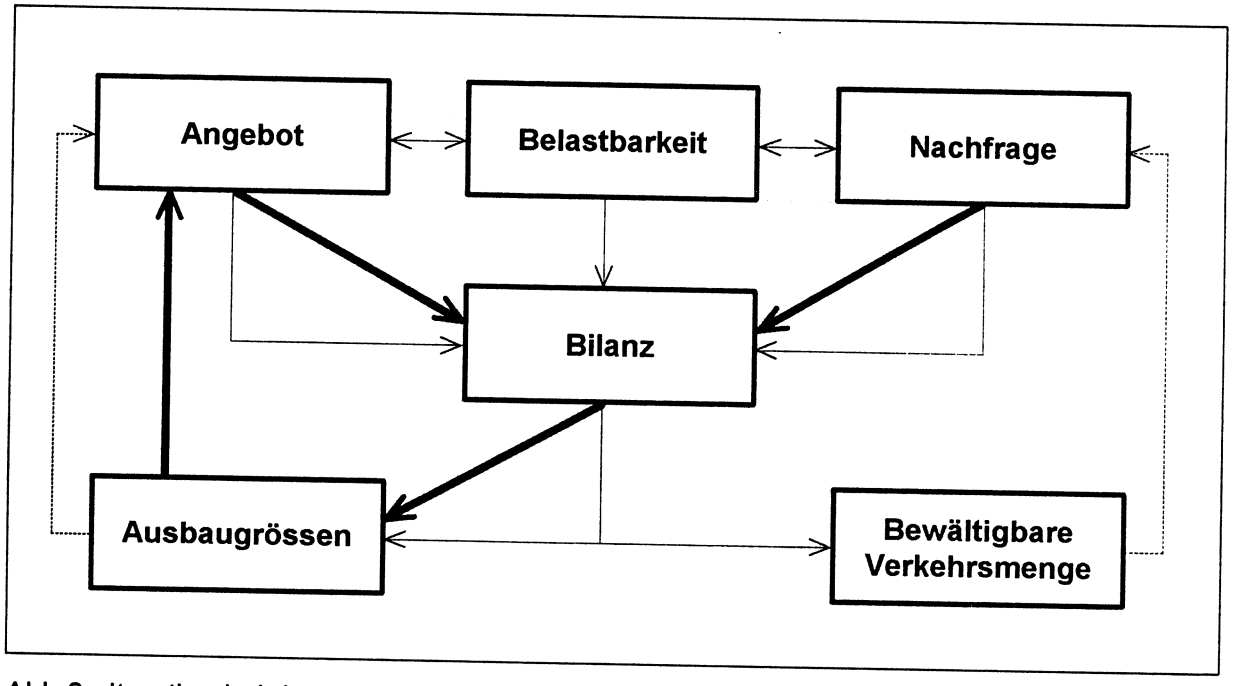

Abb.8.: Iteration bei der nachfrageorientierten Dimensionierung

Die beiden Schematas in Abb. 7 und 8 sind bewusst vereinfacht dargestellt. Wie aus dem detaillierten Ablauf in Abb. 6 hervorgeht, sind die Belastbarkeiten bezüglich Umwelt, Unterhalt und Sicherheit auch wieder direkt von der Verkehrsanlage und den Charakteristiken der Nachfrage abhängig.

Das eben dargestellte Vorgehen kann auf verschiedenen Beurteilungsebenen durchgeführt werden. Auf der Angebotsseite stehen neben der Leistungsfähigkeit die grösstmöglichen Verkehrsmengen der verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen zur Verfügung. Auf der Nachfrageseite besteht der Spielraum darin, dass häufig auftretende oder selten auftretende Verkehrsspitzen gewählt werden, oder dass Unsicherheiten in der Prognose auf diese Weise in die Überlegungen einbezogen werden. Die Belastbarkeiten haben nur kleine Bandbreiten.

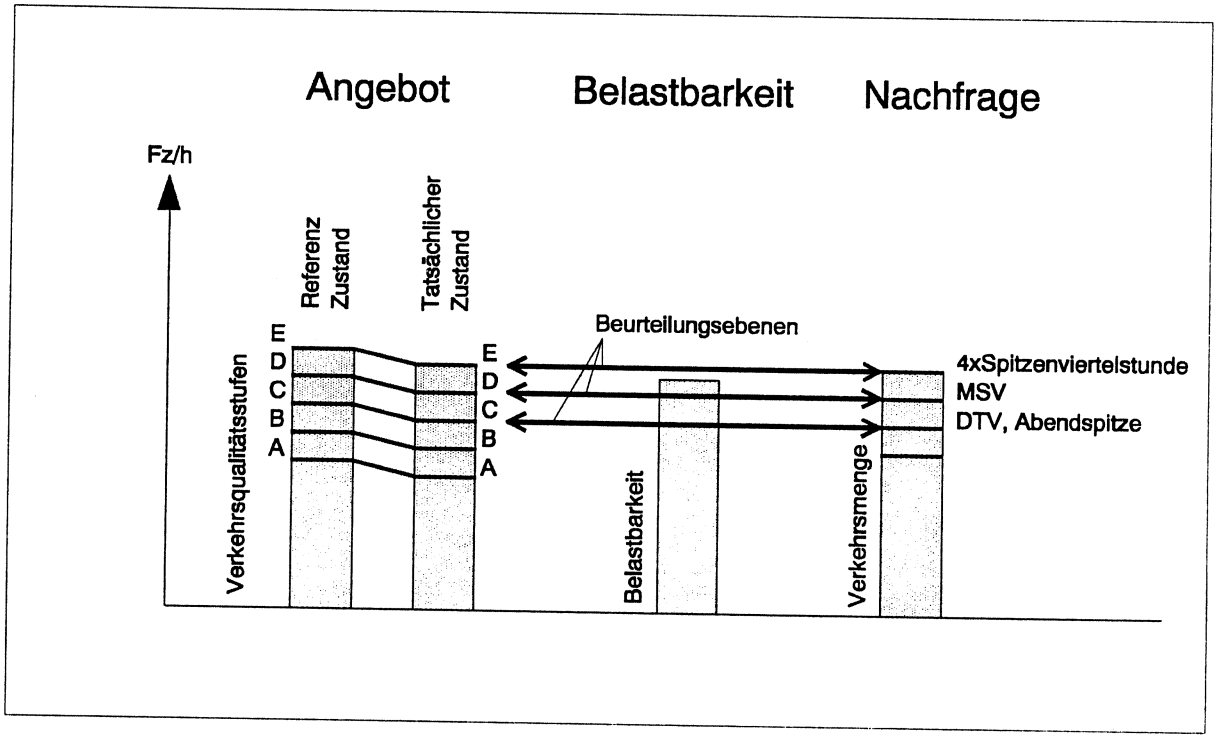

Abb. 9.:Beurteilungsebenen

Es empfiehlt sich, bei der Planung und generellen Projektierung die Bilanz auf der Ebene Abendspitze des DTV oder MSV und den mittleren Verkehrsqualitätsstufen (z.B. C oder D gemäss HCM) zu führen und nicht bereits in dieser Phase auf die Leistungsfähigkeit zu dimensionieren. Berücksichtigt man jedoch in der Detailprojektierung die Spitzenviertelstunde (z.B. bei Verkehrsregelungsanlagen), so kann sie der Leistungsfähigkeit gegenübergestellt werden.

9. ANFORDERUNGEN AN DIE NORMEN

Das Normkonzept im Bereich der verkehrstechnischen Dimensionierung sieht vor, in einer sogenannten Kopfnorm die allgemein gültigen Regeln zu behandeln und in sogenannten Detailnormen für die einzelnen Elemente von Verkehrsanlagen konkrete Werte anzugeben. Diese Elemente können sein:

- Freie Strecke (Autobahnen, Autostrassen, Hauptverkehrsstrassen ausserorts)
- Verflechtungsstrecken
- Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen (Rampen)
- Knotenpunkte (geregelt und ungeregelt)

Der Geltungsbereich des Normenpaketes sind die verkehrsorientierten Strassen.

9.1. Anforderungen an die Kopfnorm

In der Kopfnorm sind die folgenden Punkte zu behandeln:

- Definition der Begriffe
  . Verkehrsangebot
  . Verkehrsnachfrage
  . Leistungsfähigkeit
  . Verkehrsqualität, Verkehrsqualitätsstufen
  . Auslastungsgrad
  . Belastbarkeit
  . Referenzzustand
  . Tatsächlicher Zustand
  . Einflüsse
  . Massgebender Verkehr
- Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung
- Konzept der Verkehrsqualitätsstufen
- Zu berücksichtigende Einflüsse
- Empfehlungen zur verkehrstechnischen Dimensionierung

9.2. Anforderungen an die Detailnormen

Die Detailnormen müssen zu folgenden Punkten Aussagen machen:

- Definition der Begriffe, soweit sie nicht bereits in der Kopfnorm definiert sind

- Definition des Referenzzustandes

- Definition der Verkehrsqualitätsstufen (eine allgemeine einheitliche Regelung für **alle** Elemente ist nicht möglich)

- Angabe der grösstmöglichen Verkehrsmenge im Referenzzustand für die Leistungsfähigkeit und die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen

- Quantitative Angaben für die Korrekturfaktoren der zu berücksichtigenden Einflüsse um vom Referenzzustand auf den tatsächlichen Zustand zu schliessen.

9.3. Revision der Norm SN 641.140

Im bereits mehrfach erwähnten Forschungsbericht "Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr" [14] wird als Sofortmassnahme die Aenderung der Tabelle 1 dieser Norm vorgeschlagen (siehe Kapitel 6.2.). Diese Revision wurde bisher nicht durchgeführt. Der Teil "Zulässige Belastung" in der Norm SN 641.145 wird durch die beschriebenen neuen Normen der verkehrstechnischen Dimensionierung ersetzt. Es fragt sich, ob der Teil "Massgebender Verkehr" als besondere revidierte Norm SN 641.140a ausgearbeitet werden, oder ob dieser Teil in die Kopfnorm integriert werden soll.

9.4. Querbezug zu anderen Normen

Am wichtigsten ist die Uebereinstimmung der Begriffe mit der Norm geometrisches Normalprofil. Die Abmessungen des Fahrbahnquerschnittes mit dem der Referenzzustand und die allfälligen Abweichungen definiert sind, sollen auf einfache Weise dem geometrischen Normalprofil gemäss den Normen (SN 640200, 640201 und 640202 [8]) entnommen werden können.

Für die Abgrenzung der verschiedenen Kategorien von Verkehrsmitteln ist die Norm SN 641209 [6] zu verwenden.

10. WEITERE FORSCHUNGSARBEITEN

Auf Grund der vorliegenden Forschungsarbeit können nun weitere gezielte Aufträge für die Ermittlung der Daten für die Detailnormen erteilt werden (die Grundlage für das Element Kreisverkehrsplatz liegt vor [42], das Element ungeregelter Knoten ist in Arbeit [13], das Element Rampen wurde kürzlich vergeben [17]).

Von grundsätzlichem Interesse ist auch die Entwicklung einer feldtauglichen Methode, um die Leistungstfähigkeit an Ort und Stelle zu messen.

Eine weitere mögliche Forschungsarbeit kann die Integration der Belastbarkeit in das System der Verkehrsqualitätsstufen sein. Auch die Verifikation des Fundamentaldiagrammes für schweizerische Verhältnisse wäre eine interessante Arbeit.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Highway Research Board, Highway Capacity Manual 1985 Washington DC 1985

[2] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Strassen RAS, Teil Querschnitte (RAS-Q) Bonn 1982

[3] OECD: Capacité des voies principales de circulation Paris 1983
Deutsche Übersetzung: Leistungsfähigkeit von Hauptverkehrsstrassen; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 445, Bonn 1985.

[4] VSS: SN 641 140: Massgebender Verkehr, Zürich 1970
VSS: SN 641 145: Leistungsfähigkeit und zulässige Belastung, Zürich 1973

[5] VSS: SN 640 090: Sichtweiten, Zürich 1974

[6] VSS: SN 641 209: Begriffsvereinheitlichung für Verkehrserhebungen, Zürich August 1983

[7] VSS: SN 641 230a: Ganglinientypen und durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV), Zürich 1990

[8] VSS: SN 640 040b: Strassentypen, Zürich 1992
VSS: SN 640 044: Sammelstrassen, Zürich 1992
VSS: SN 640 045 Erschliessungsstrassen, Zürich 1992

[9] VSS: SN 640 200/201/202: Geometrisches Normalprofil (im Druck)

[10] Bachmann P., Gottardi G., Scherrer H.U.: UVP bei Strassenverkehrsanlagen (Forschungsaufträge 12/88, 44/90 und 44/91), Zürich 1992

[11] Barbe H.: Zumutbare Verkehrsbelastung; eine Vorabklärung (Forschungsauftrag 3/78), Zürich 1979

[12] Barbe H.: Langsame Fahrzeuge im Verkehrsfluss (Forschungsauftrag 17/78), Zürich September 1981

[13] Ballmer S.: Einfaches Schätzverfahren zur Leistungsbeurteilung von Knoten (Forschungsauftrag 35/89) in Arbeit

[14] Berg W., Stöcklin M.: Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr (Forschungsauftrag Nr. 3/85), Zürich 1986

[15] Berg W.: Zeitliche Gesetzmässigkeiten des Wochenendverkehrs (Forschungsauftrag Nr. 5/87), Zürich 1990

[16] Bischofberger N.: Begriffsbestimmung; persönliche Notiz, Zürich Juli 1991

[17] Bischofberger N.: Leistungsfähigkeit von Einfahrten in Hochleistungsstrassen (Forschungsauftrag 3/92) in Arbeit

[18] Botma H., Papendrecht J.H., Westland D.: Validation of capacity estimatons based on the decomposition of the distribution of headways, University of Technology Delft 1980

[19] Brannolte U. (Hrsg.), Highway Capacity and Level of Service, Karlsruhe 1991

[20] Brilon W. (Hrsg.), Intersection without Traffic Signals, Springer Verlag Berlin 1988

[21] Bundesamt für Strassenbau: Automatische Strassenverkehrszählung 1991, Bern 1992

[22] Cohen S., Capacité des autoroutes in TEC Nr. 52, Mai/Juni 1982

[23] Cohen S., Méthode d'estimation de la capacité des autoroutes; Rapport de recherche IRT Nr. 62, Arcueil 1983

[23] Dietrich K., Ausbaugrad und Verkehrssicherheit von Hochleistungsstrassen, Zürich 1981

[25] Dietrich K., Simon M.: Sicherheit von Verkehrsanlagen, ETH Zürich 1982

[26] Dietrich K. et al: Zwischentypen, Zürich Juni 1983

[27] Dietrich K., Rotach M., Boppart E., Strassenprojektierung, Vorlesungsunterlage ETH Zürich 1986

[28] Dietrich K.: Kapazitätsuntersuchung der Nationalstrasse N2 Basel - Chiasso, Analyse des Arbeitsvorschlages zu einer verkehrstechnischen Studie, Zürich 1988

[29] Drew D.R. Traffic Flow Theory and Control Mac Grow-Hill, New York 1968

[30] Eidgenössische Lärmschutzverordnung, Bern 1986

[31] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Begriffsbestimmungen Teil: Strassenplanung und Strassenverkehrstechnik, Köln 1989

[32] Heidemann D., Rüdiger H.: Auswertung von Fundamentaldiagrammen an Bundesautobahnen in Strassenverkehrstechnik 1/1979

[33] Heidemann D., Über die Konstruktion der Stärke-Dichte-Beziehungen des Verkehrsablaufs auf mathematischer-stochastischer Grundlage in Strassenverkehrstechnik 2/1979

[34] Hidber C., Literaturauswertung zum Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, Geschwindigkeit, Umweltbelastung und Sicherheit auf Hochleistungsstrassen, Zürich 1982 (Unveröffentlichter Entwurf)

[35] Lay M.G.; Update Pages for Source Book for Australian Roads, Chapter 17: Traffic Flow and Capacity, 1986

[36] Leutzbach W.: Einführung in die Theorie des Verkehrsflusses, Springer-Verlag, Berlin 1972

[37] McLean J.R.: The swedish capacity manual method of estimating two-lane road capacity in Australian road Research, Juni 1983

[38] McLean J.R.: Two-Lane Road Traffic Flow and Capacity, Australian Road Research Board Report Nr. 359-1, Dezember 1980

[39] Robert-Grandpierre A.: Trafic déterminant, capacité et charge admissible des noends routiers (Forschungsauftrag 19/78), Lausanne Juli 1980

[40] Saturation Flow Manual; University of Alberta, Edmonton 1980

[41] Sharma S.C.: Driver population factor in New Highway Capacity Manual in Journal of Transportation Engineering Vol 113 Nr. 5, September 1987

[42] Simon M., Hintermeister O., Lehmann U.: Empirische Ermittlung der Leistungsfähigkeit von innerörtlichen Kreisverkehrsplätzen (Forschungsauftrag 3/89), Zürich 1990

[43] Statens Vägverk: Beräkning av Kapacitet, Kölängd, Fördröjning i vägtrafikanläggningar, Stockholm 1977

[44] Steierwald G., Heusch H., Boesefeldt J.: Beiträge zur Problematik von Strassen; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 320, Bonn 1981

[45] Stembord H.L., Quality of Service on the main road network in the Netherlands; International Symposium on Highway Capacity, Karlsruhe 1991

[46] Trapp K.H.: Entwicklung eines Bemessungsverfahrens für Strassen nach den Kriterien Verkehrsqualität und Wirtschaftlichkeit. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 304, Bonn 1980

[47] Weisskopf W.: Beurteilung verschiedener Zustandsformen des Verkehrsflusses und dessen Bewertung durch den Level of Service; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 266, Bonn 1979

[48] Wiedemann R.: Wie sicher ist das Fundamentaldiagramm?, Universität Karlsruhe 1987

[49] Wiener Kurier: Strassen sind stärker belastbar, als man annahm, Wien 31. Oktober 1982

[50] Zuberbühler C. et al: Belastbarkeit von Strassennetzen (Forschungsauftrag 11/75), Zürich 1979

[51] Berg W., Singer B. : Ganglinien der schweren Motorfahrzeuge (Forschungsauftrag 9/90) Zürich 1993

[52] Hidber C.: Leistungsfähigkeit, Stau und Verspätung beim Strassen- , Bahn- und Luftverkehr in Jahrbuch der schweizerischen Verkehrswirtschaft 1991/92, St. Gallen 1992

NORMENTWURF

Verkehrstechnische Dimensionierung
Zusammenhänge ("Kopfnorm")

A. ALLGEMEINES

1. GEGENSTAND

Die Norm definiert die Begriffe, zeigt Zusammenhänge auf und beschreibt die Methode der verkehrstechnischen Dimensionierung. Sie gibt weiter an, was in den entsprechenden Detailnormen behandelt werden muss.

2. GELTUNGSBEREICH

Die Norm bezieht sich auf die verkehrsorientierten Strassen (Hochleistungsstrassen und Hauptverkehrsstrassen). Die Norm gilt für alle Elemente des Verkehrsangebotes. (Freie Strecken, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, Verflechtungsstrecken, geregelte und ungeregelte Knotenpunkte).

Die Dimensionierung nutzungsorientierter Strassen erfolgt in der Regel auf Grund der Fahrzeugabmessungen und dem massgebenden Begegnungsfall. Die Belastbarkeit ist in [1,2] angegeben.

3. BEGRIFFE

Leistungsfähigkeit (Capacité)

Unter Leistungsfähigkeit wird die grösstmögliche Verkehrsmenge in Motorfahrzeugen verstanden, die einen Strassenquerschnitt oder einen Fahrstreifen während eines gegebenen Zeitintervalles, bei gegebenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen durchfahren kann.

Verkehrsqualitätsstufe (Niveau de service)

Eine bestimmte Verkehrsqualitätsstufe (englisch: Level of Service; Deutschland: Leistungsgrad) wird definiert, indem aus einer unendlichen Anzahl unterschiedlicher Kombinationen von Betriebsbedingungen eine beliebige bezeichnet wird. Die der Verkehrsqualitätsstufe zugeordnete Verkehrsmenge wird sodann als höchste Anzahl von Fahrzeugen definiert, die den Strassenquerschnitt pro Stunde durchfahren kann, wenn die Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen den vorher gewählten Bedingungen entsprechen.

Auslastungsgrad (Taux d'utilisation)

Der Auslastungsgrad bezeichnet den Quotienten zwischen der Verkehrsbelastung und der Leistungsfähigkeit unter den tatsächlichen Verhältnissen.

Umweltbezogene Belastbarkeit (Charge limite environnement)

Darunter werden die grössten Verkehrsmengen verstanden, die aus Sicht der Umwelt (Lärm, Luftschadstoffe, Erschütterungen, Trennwirkung) noch verantwortbar und zumutbar sind.

Sicherheitsbezogene Belastbarkeit (Charge limite sécurité)

Die sicherheitsbezogene Belastbarkeit gibt an, welche Verkehrsmengen aus Sicherheitsgründen nicht überschritten werden sollen. Die Angaben können auch mittelbar erfolgen, indem Grenzwerte für Zeitlücken, Grenzzeitlücken, Überholmöglichkeiten und Überholvorgänge oder Wartezeiten festgelegt werden.

Technisch bedingte Belastbarkeit (Charge limite technique)

Unter der technisch bedingten Belastbarkeit werden die grössten Verkehrsmengen verstanden, die aus dem Gesichtspunkt von Unterhalt und Erhalt der Strasse sowie der Werkleitungen verträglich sind.

Referenzzustand (Conditions de référence)

Als Referenzzustand werden diejenigen Merkmale einer Strasse, bzw. eines Elementes der Strassenlage bezeichnet, für die in den Normen quantitative Aussagen gemacht werden.

Tatsächlicher Zustand (Conditions réelles)

Mit dem tatsächlichen Zustand werden die Verhältnisse charakterisiert, wie sie an dem bezüglich Leistung zu beurteilenden Strassenabschnitt, bzw. Element der Strassenanlage tatsächlich anzutreffen sind.

Einflüsse (Influences)

Als Einflüsse werden alle Merkmale bezeichnet, die sich unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit, die Verkehrsmengen der unterschiedlichen Verkehrsqualitätsstufen und bedingt auch auf die Belastbarkeiten auswirken.

Einflussfaktoren (facteurs d'influence)

Mit den Einflussfaktoren, welche sich jeweilen auf eine bestimmte Einflussgrösse beziehen, werden die Werte des Referenzzustandes korrigiert um Werte für den tatsächlichen Zustand zu erhalten.

Massgebender Verkehr (Trafic déterminant)

Als massgebender Verkehr werden jene Verkehrsmengen bezeichnet, die der Beurteilung von Angebot und Nachfrage einer Strassenanlage unter Berücksichtigung der Belastbarkeiten zu Grunde gelegt werden.

Verkehrsangebot (Offre de transport)

Unter dem Begriff Verkehrsangebot werden die dem Verkehr zur Verfügung stehenden Flächen und Einrichtungen mit den zugehörigen Merkmalen im tatsächlichen Zustand verstanden.

Verkehrsnachfrage (Demande de transport)

Die Verkehrsnachfrage bezeichnet diejenigen Verkehrsmengen, welche eine Verkehrsanlage benützen oder benützen werden. Die Verkehrsnachfrage kann sich auf einen bestehenden oder künftigen Zustand beziehen.

Angebotsorientierte Dimensionierung (Dimensionnement en fonction de l'offre)

Zu einem gegebenen und detailliert beschriebenen Verkehrsangebot wird die bewältigbare Verkehrsmenge unter Berücksichtigung der Belastbarkeiten bestimmt.

Nachfrageorientierte Dimensionierung (Dimensionnement en fonction de la demande)

Von einer gegebenen Verkehrsnachfrage aus wird auf das zugehörige Verkehrsangebot (Strassenanlage) geschlossen, wobei die Belastbarkeiten zu berücksichtigen sind.

Beurteilungsebenen (Niveau de comparaison)

Als Beurteilungsebene wird die Stufe bezeichnet, auf der das Angebot und die Nachfrage einander gegenübergestellt werden.

B. VERKEHRSTECHNISCHE DIMENSIONIERUNG

4. KONZEPT

Das Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung besteht in der Gegenüberstellung von Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage, wobei als dritte Grösse die Grenzen, welche durch die Belastbarkeit infolge der Umweltauswirkungen, der Verkehrssicherheit und aus technischen Gründen gegeben werden, zu berücksichtigen sind.

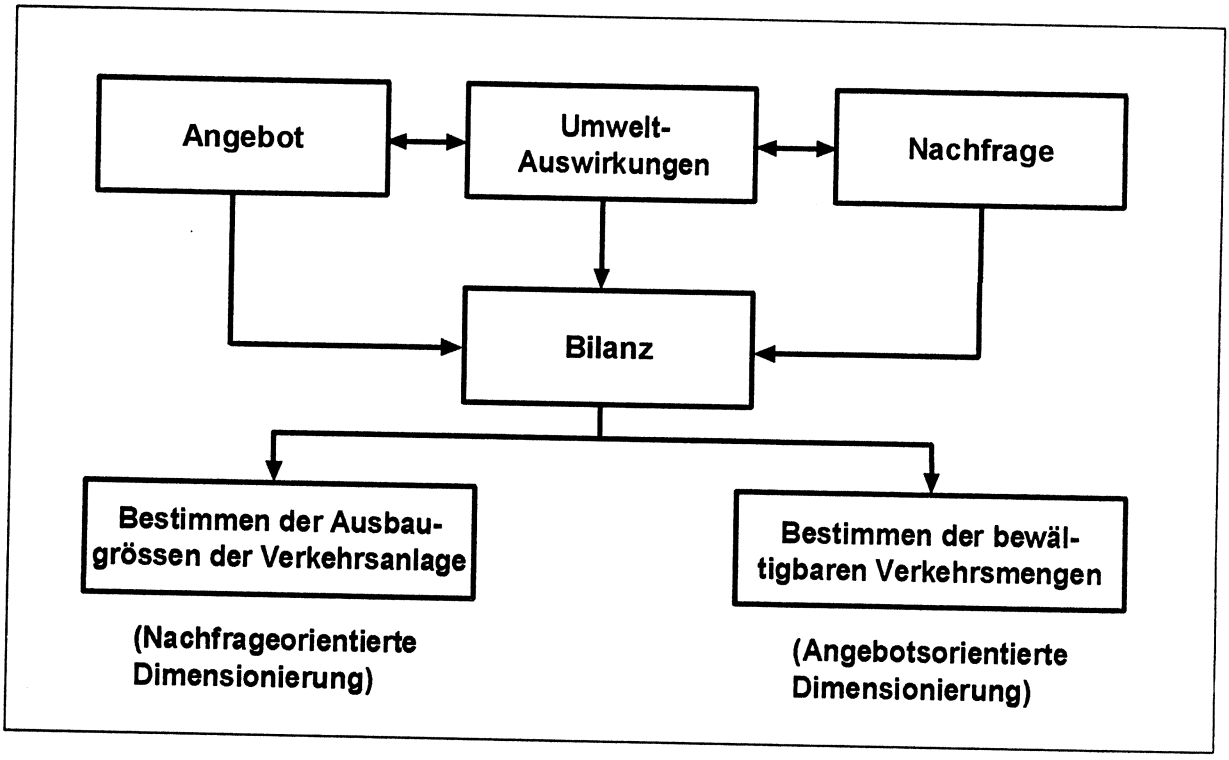

Abb. 1: Konzept der verkehrstechnischen Dimensionierung.

Da zwischen Angebot, Nachfrage und den Umweltauswirkungen mannigfache Abhängigkeiten bestehen, sind Iterationen unumgänglich.

Beispiele von Abhängigkeiten:

- Die Leistungsfähigkeit (Element des Angebotes) ist abhängig vom Schwerverkehrsanteil (Element der Nachfrage).
- Die Schadstoffemissionen (Element der Umweltauswirkungen) sind abhängig von der Qualität des Verkehrsflusses (Element des Angebotes).
- Die Lärmemissionen (Element der Umweltauswirkungen) sind abhängig vom Schwerverkehrsanteil und vom Motorradanteil (Element der Nachfrage).

Die Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage kann auf verschiedenen Beurteilungsebenen stattfinden. Damit werden die grossen Schwankungen der Verkehrsnachfrage innerhalb eines Tages, der Woche und des Jahrs berücksichtigt, indem bei Verkehrsspitzen, welche für kurze Zeit auftreten, eine Verkehrsqualitätsstufe mit hohen Verkehrsmengen verantwortet werden kann.

Schliesslich lässt sich die Gegenüberstellung nicht mit einer einzigen massgebenden Verkehrsmenge durchführen, da die einschlägigen eidgenössischen Verordnungen unterschiedliche massgebende Verkehrsmengen definieren [4,5].

5. VERKEHRSANGEBOT

Für die Beschreibung des Verkehrsangebotes sind Aussagen zu den folgenden Merkmalen nötig:

- Strassentyp
- Geometrisches Normalprofil
  . Anzahl Fahrstreifen
  . Fahrstreifenbreite (Bewegungsspielraum)
  . Sicherheitszuschlag
  . Gegenverkehrs- oder Überholzuschlag
- Kurvigkeit, Länge und Anzahl der Überholmöglichkeiten
- Längsneigungen (Gradient, Länge)
- Geschwindigkeitsbeschränkungen.

Dabei ist festzuhalten, ob das Merkmal der untersuchten Verkehrsanlage dem entsprechenden Referenzzustand entspricht oder nicht, allenfalls sind die Einflussfaktoren zu ermitteln. Auf Grund dieser Beschreibung lässt sich die

- Leistungsfähigkeit sowie die
- Verkehrsmengen der verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen

feststellen. Als Einstieg in die Iteration wird die Benützung des Referenzzustandes bei der Verkehrsnachfrage empfohlen.

6. VERKEHRSQUALITÄTSSTUFEN

Für die differenziertere Beurteilung von Angebot und Nachfrage genügt bezüglich der Verkehrsmengen des Angebotes die Angabe der Leistungsfähigkeit allein nicht. Analog [6] werden Verkehrsqualitätsstufen eingeführt, die wie folgt definiert sind:

Verkehrsqualitätsstufe	**Freie Strecke Ein- und Ausfahrten bei HLS Verflechtungsstrecken**	**Knoten**
A	Freier Verkehrsfluss	Keine oder kleine Wartezeiten
B	Stetiger Verkehrsfluss (oberer Geschwindigkeitsbereich)	Kurze Wartezeiten
C	Stetiger Verkehrsfluss (unterer Geschwindigkeitsbereich)	Mittlere Wartezeiten
D	Annähernd unsteter Verkehrsfluss	Sehr lange Wartezeiten
E	Unsteter Verkehrsfluss (mögliche Leistungsfähigkeit)	Sehr lange Wartezeiten
F	Stau, unterbrochener Verkehrsfluss	Unzumutbare Wartezeiten

Tabelle 1: Verkehrsqualitätsstufen

7. VERKEHRSNACHFRAGE

Die Verkehrsnachfrage wird durch den massgebenden Verkehr definiert. Als massgebenden Verkehr wird verwendet:

Verkehrstechnische Dimensionierung:
Massgebender stündlicher Verkehr (MSV) bezw. Spitzenstundenverkehr (SSV) bei der Beurteilungsebene "Leistungsfähigkeit".

Lärm:
Durchschnittliche stündliche Verkehrsmenge des 16 Stunden-Tagesverkehr (DTV 16 Std.) bezw. des 8 Stunden-Nachtverkehrs.

Luft:
Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV).

Bei der Verkehrsnachfrage sind zudem anzugeben:
- Schwerverkehrsanteil
- Anteil langsamer Fahrzeug
- Anteil Zweiradfahrer
- Angaben zum Kollektiv der Fahrzeuglenker
- Fahrverhalten, Zeitlücken.

Auch hier ist festzuhalten, ob das Merkmal dem Referenzzustand entspricht oder nicht. Gegebenenfalls sind wiederum die Einflussfaktoren zu bestimmen.

8. MASSGEBENDER STÜNDLICHER VERKEHR (MSV)

Die Ermittlungen des MSV erfolgt mit folgendem Berechnungsgang: Ausgangspunkt ist der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV), der gemäss [3] bestimmt werden kann. Sodann wird die Abendspitzenstunde in % des DTV ermittelt. (Die Abendspitzenstunde ist in der Regel höher als die Morgenspitzenstunde. Sollte dies nicht der Fall sein, so ist die Morgenspitzenstunde als massgebend zu betrachten). Der so ermittelte Wert wird dann mit dem Verhältnis Spitzenmonat/Durchschnittsmonat mulitpliziert um den MSV zu bestimmen.

Wenn keine an Ort und Stelle gemessenen Daten zur Verfügung stehen, kann die folgende Tabelle benutzt werden:

Ganglinientyp [3]	**Abendspitzen-stunde**	**Spitzenmonat / Durch-schnittsmonat**	**MSV**
Fernverkehr	9 %	1.18	**11 %**
Fernverkehr mit Pendlern	9 %	1.11	**10 %**
Pendlerverkehr	10 %	1.03	**10 %**
Ortsverkehr	10 %	1.03	**10 %**
Regionalverkehr	10 %	1.18	**12 %**
Freizeitverkehr	9 %	1.35	**12 %**

Tabelle 2: MSV in % DTV

Wird der Nachfrage die Leistungsfähigkeit des Angebotes gegenübergestellt, so ist die Beurteilung mit der Spitzenviertelstunde innerhalb des massgebenden stündlichen Verkehrs zu überprüfen. Falls keine konkreten Daten zur Verfügung stehen, beträgt die Spitzenviertelstunde zwischen 25 % und 30 % des MSV. Der Spitzenstundenverkehr (SSV) wird als das 4fache der Spitzenviertelstunde des MSV definiert.

9. BELASTBARKEIT

Für die Ermittlung der Belastbarkeiten sind folgende Merkmale zusammenzustellen:

Umweltbereich Luft
Immissionen Ist-Zustand
Lokale klimatische Verhältnisse
Meteodaten
Immissionsgrenzwerte.

Umweltbereich Lärm/Erschütterungen
Lärmbelastungen, Lärmbelastungskataster
Lärmempfindlichkeitsstufen
Lärmbelastungsgrenzwerte.

Die übrigen Umweltbereiche Wasser, Boden, Flora/Fauna, Landschaft und Wald sind mit Ausnahmen von den Verkehrsmengen unabhängig und müssen im Rahmen der verkehrstechnischen Dimensionierung nicht beurteilt werden.

Verkehrssicherheit
Es sind diejenigen Werte bezüglich Zeitlücke, Grenzzeitlücke und Überholmöglichkeiten anzugeben, die auf Grund des Standes der Wissenschaft einen sicheren Betrieb gewährleisten.

Technik
Formulierung der Anforderungen bezüglich Unterhalt und Erhalt der Verkehrsanlage sowie der Werkleitungen.

10. BEURTEILUNGSEBENEN

Die angebotsorientierte, wie die nachfrageorientierte verkehrstechnische Dimensionierung kann auf verschiedenen Ebenen beurteilt werden. Auf der Angebotsseite stehen neben der Leistungsfähigkeit die grösstmöglichen Verkehrsmengen der verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen zur Verfügung. Auf der Nachfrageseite können häufig oder selten auftretende Verkehrsspitzen gewählt werden. Dabei können Unsicherheiten der Prognose in die Überlegungen einbezogen werden.

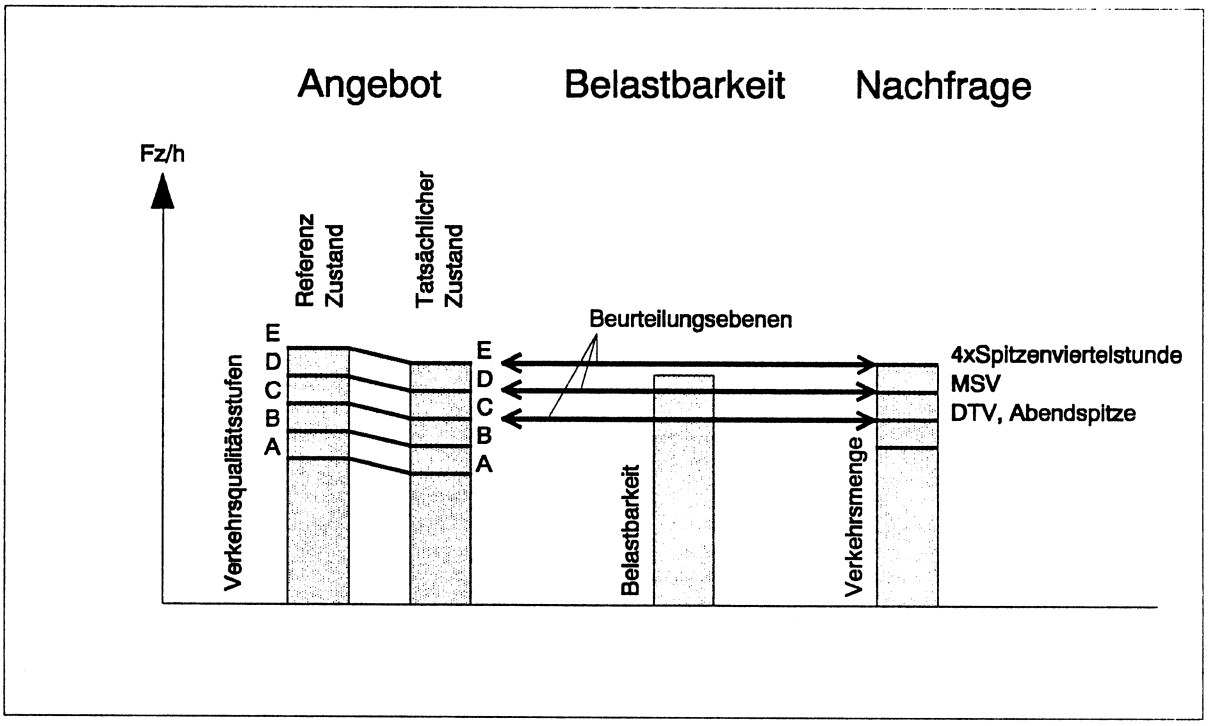

Abb. 2: Beurteilungsebenen

In der Regel soll bei der Planung und der generellen Projektierung die Bilanz auf der Ebene MSV und den mittleren Verkehrsqualitätsstufen (C oder D) gezogen werden. In dieser Phase soll nicht bereits auf die Leistungsfähigkeit dimensioniert werden. Berücksichtigt man jedoch in der Detailprojektierung die Spitzenviertelstunden (z.B. bei Verkehrsregelungsanlagen), so kann sie der Leistungsfähigkeit gegenübergestellt werden.

11. ZUSAMMENHÄNGE

Die verkehrstechnische Dimensionierung ist eine komplexe Aufgabe und besteht in einer Beurteilung von Angebot und Nachfrage unter Einbezug der Belastbarkeiten. Die Beurteilung hat verschiedene Definitionen des massgebenden Verkehrs zu berücksichtigen und kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Angebot und Nachfrage sind nicht unabhängig voneinander sondern auf vielfältige Art miteinander verknüpft.
Die Abbildung 3 stellt die Zusammenhänge dar und zeigt den Ablauf bei der angebotsorientierten wie bei der nachfrageorientierten Dimensionierung einschliesslich der Iterationsschritte auf.

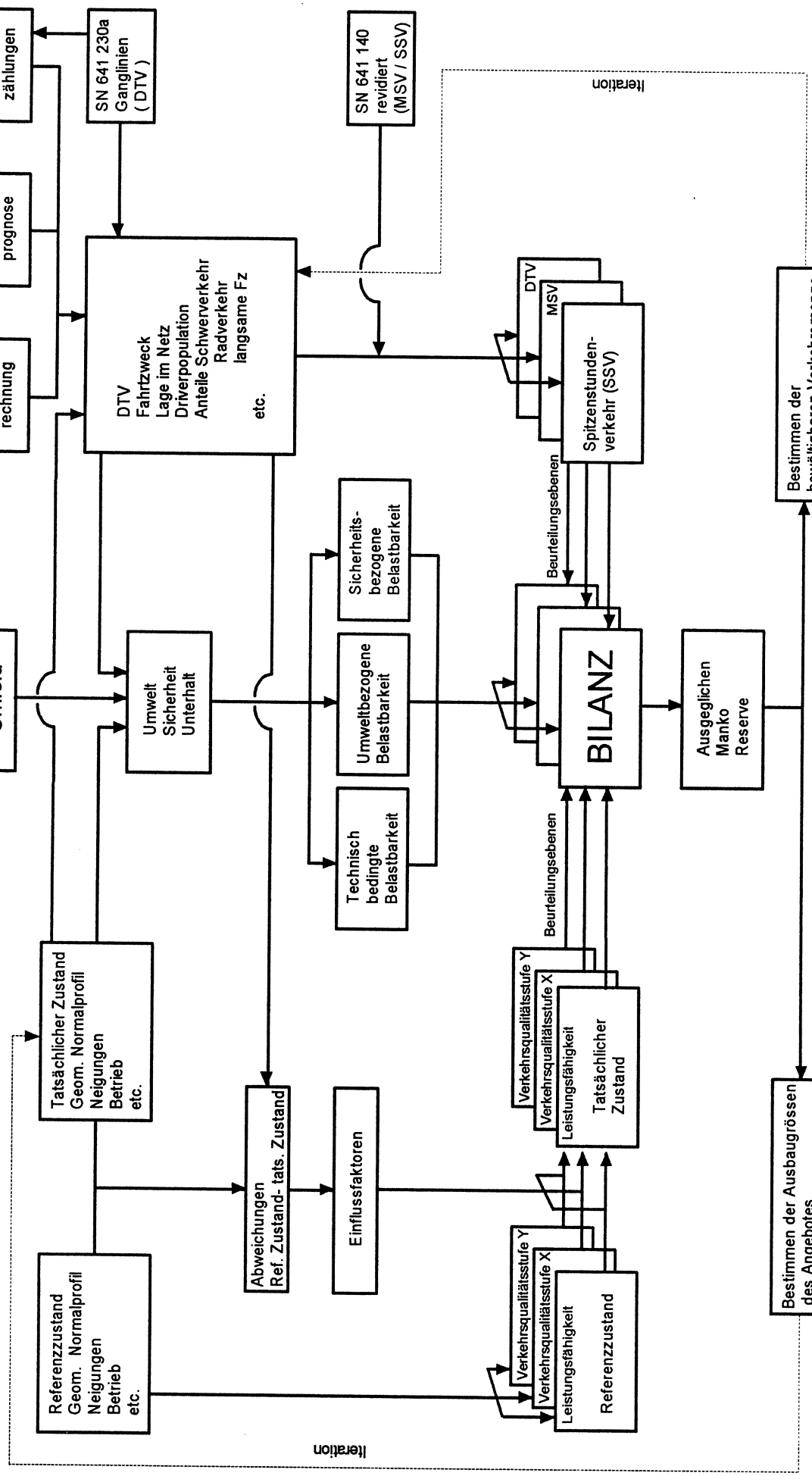

Abb. 3 Verkehrstechnische Dimensionierung: Zusammenhänge

Die angebotsorientierte Dimensionierung geht vom Angebot aus und ermittelt die bewältigbaren Verkehrsmengen. Stimmen diese mit der Nachfrage nicht überein, so ist die Nachfrage zu ändern.

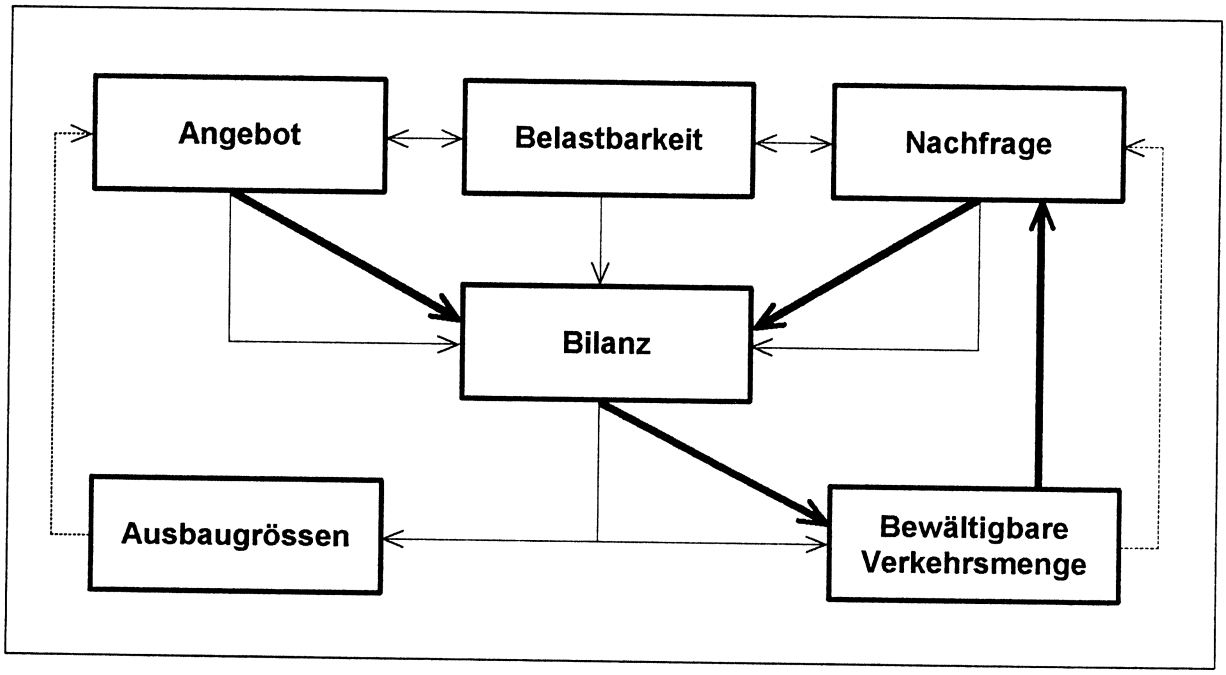

Abb. 4 Iteration bei der angebotsorientierten Dimensionierung

Die nachfrageorientierte Dimensionierung geht von der Nachfrage aus und ermittelt die Ausbaugrössen des Angebotes. Ist das Gleichgewicht nicht gefunden, so ist das Angebot zu ändern.

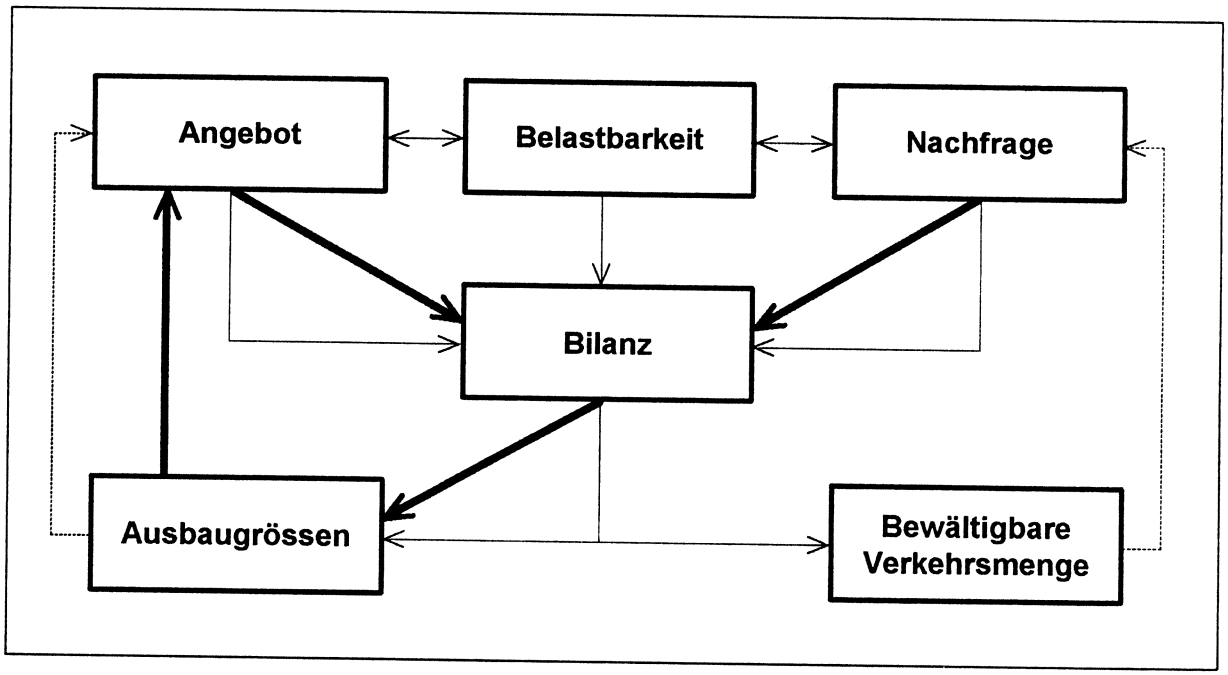

Abb. 5 Iteration bei der nachfrageorientierten Dimensionierung

C. ELEMENTE DES VERKEHRSANGEBOTES

Beim Verkehrsangebot wird unterschieden in:

- Freie Strecke (HLS und HVS)
- Ein- und Ausfahrten bei Hochleistungsstrassen
- Verflechtungsstrecken
- Ungeregelte Knotenpunkte
- Geregelte Knotenpunkte

Die Detailnormen für diese Elemente regeln die folgenden Gegenstände:

- Definition des Referenzzustandes
- Definition der Verkehrsqualitätsstufen
- Angaben der grösstmöglichen Verkehrsmenge im Referenzzustand für die Leistungsfähigkeit und die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen
- Quantitative Angaben für die Einflussfaktoren um vom Referenzzustand auf den tatsächlichen Zustand zu schliessen.

D. LITERATURVERZEICHNIS

[1] SN 640 044 Projektierung, Grundlagen
Strassentyp: Sammelstrassen

[2] SN 640 045 Projektierung, Grundlagen
Strassentyp: Erschliessungsstrassen

[3] SN 641 230 a Ganglinientypen und durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)

[4] Eidgenössische Lärmschutzverordnung

[5] Eidgenössische Luftreinhalteverordnung

[6] Highway Research Board: Highway Capacity Manual 1985, Washington DC

[7] FB 246: UVP bei Strassenverkehrsanlagen

[8] FB .....: Verkehrstechnische Dimensionierung
Konzept und Zusammenhänge