

Schweizerischer Strassenverkehrsverband FRS

Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau

KAPAZITÄTSGRENZEN DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALSTRASSENNETZES

Les seuils de capacité du réseau des routes nationales suisses

Dr. H.J. Bernath
W. Schlegel
A. Germann

Bernath & Partner
Schindlerstrasse 22
8006 Zürich

September 1994

**KAPAZITÄTSGRENZEN DES
SCHWEIZERISCHEN
NATIONALSTRASSENNETZES**

Les seuils de capacité du réseau des routes nationales suisses

Forschungsauftrag 62/94 auf Antrag des
Schweizerischen Strassenverkehrsverbandes FRS

Bernath & Partner
Schindlerstrasse 22
8006 Zürich

September 1994

Kurzfassung

Fragestellung

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel:

- einen Überblick über die aktuellen und zukünftigen Problemstrecken im schweizerischen Nationalstrassennetz zu verschaffen,
- aufgrund von einheitlichen, vergleichbaren Kriterien die Problemsituationen zu beschreiben,
- eine Grundlage zu schaffen, um Massnahmen zur Behebung von Kapazitätsproblemen differenziert zu diskutieren.

Vorgehen

Kapazitätsgrenzen zeigen sich immer während Spitzenzeiten. Die Analyse basiert deshalb auf Stundenwerten, welche für alle automatischen Zähler auf dem Nationalstrassennetz richtungsgetrennt vorliegen.

Die Kapazität eines Strassenabschnittes wird nicht absolut gesetzt. In Anlehnung an das amerikanische "Highway capacity manual" werden verschiedene Stufen der Verkehrsqualität unterschieden.

Von starken Belastungen wird ab einem Qualitätsniveau C gesprochen. Höhere Belastungen entsprechend Qualitätsniveau E oder D können von einer Strasse zwar bewältigt werden, aber nur unter Inkaufnahme von starken Behinderungen und allenfalls Staus.

Mit der Analyse des Verkehrs anhand der Anzahl und Verteilung der Stunden, während denen ein bestimmtes Qualitätsniveau erreicht bzw. überschritten wird, können Belastungssituationen beschrieben werden.

Für die Lokalisierung und Beschreibung zukünftiger Kapazitätsprobleme wird keine eigentliche Verkehrsprognose erstellt in dem Sinne, dass ein plausibles, wahrscheinliches und mögliches Verkehrsgeschehen für eine definierte Zukunft beschrieben würde. Statt dessen wird lediglich untersucht, was die Zunahme des Verkehrs um 25 % bedeuten würde.

Eine Zunahme um 25 % ergibt sich aus einer durchschnittlichen Wachstumsrate pro Jahr von 2.3 % für eine 10-Jahresperiode bzw. von 1.5 % für 15 Jahre. Die angenommene Zunahme um 25 % ist im Vergleich mit der Vergangenheit wenig spektakulär und wurde bisher innerhalb von Perioden von weniger als 10 Jahren erreicht. Bei der Interpretation der für die Zukunft errechneten Anzahl stark bela-

steter Stunden ist zu berücksichtigen, dass sie als Indikator für Art und Gewicht der Problemsituationen zu verstehen sind und nicht als quantitative Prognose.

Qualitätsniveau	Verkehrsfluss	Einfluss von Störungen	Abstand in Fahrzeuglängen	Verkehrsmenge in PW-Einheiten pro Spur
A	freier Fluss	gering	22	700
B	beinahe freier Manöver	Störungen möglich	13	1'100
C	stabiler Ablauf bei reduzierter Geschwindigkeit	erhebliche Störungen	9	1'550
D	Grenze zu instabilem Ablauf	Hindernisse führen zu Stau	6	1'850
E	extrem instabiler Verkehrsfluss	kleinste Störungen führen zu längerem Stau	4	2'000
F	Stau			

Qualitätsniveaus gemäss HCM für richtungsgetrennte Strassen

Stark belastete Abschnitte

Als stark belastet werden Abschnitte bezeichnet, die eines der folgenden Kriterien erfüllen:

Qualitätsniveau	Anzahl Stunden p.A.	Konkretisierung
E	30 h	Unsteter Verkehr 2 - 3 mal pro Monat
D	100 h	beinahe unsteter Verkehr bei einem Drittel der Werktagesspitzen
C	200 h	steter Verkehr mit reduzierter Geschwindigkeit bei 2/3 der Werktagesspitzen

Kriterien für die Bezeichnung von stark belasteten Strassen

Mit dieser Definition ergeben sich 18 aktuelle und 26 in Zukunft stark belastete Abschnitte. (vgl. Karte)

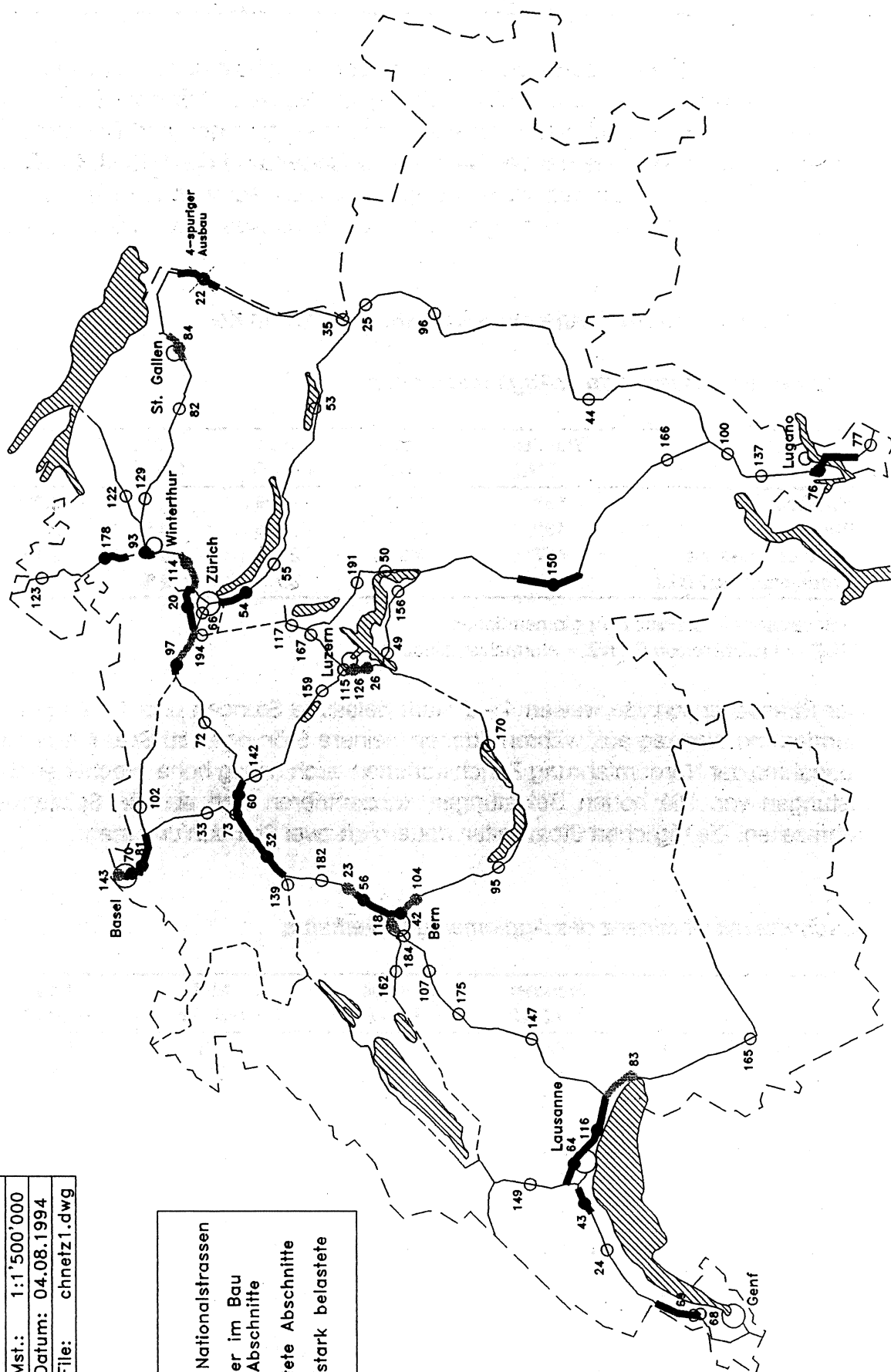
Die stark belasteten Abschnitte konzentrieren sich erstens auf die Agglomerationen Zürich, Basel, Bern, Lausanne und Genf. In Zukunft kommen St. Gallen und Luzern dazu. Sie konzentrieren sich zweitens auf die nationalen Hauptverbindungen N1 und N2. Im Genferseegebiet ist z.Zt. auch noch die N9 dazuzuzählen.

Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

Stark belastete Strassen- abschnitte 1991 und Z1

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Mst.: 1:1'500'000
	Datum: 04.08.1994
	File: chnetz1.dwg

- Legende**
- Bestehende Nationalstrassen
 - - - Geplante oder im Bau befindliche Abschnitte
 - Stark belastete Abschnitte
 - In Zukunft stark belastete Abschnitte



Auf der N1 gehören neben den Agglomerationsabschnitten die Strecken zwischen Verzweigung N1/N2 und Verzweigung N1/N5 dazu. Auf der N2 ist neben den Agglomerationsabschnitten der Gotthardtunnel stark belastet. Bei dieser 2-spurigen Autostrasse, wie bei der N4 bei Andelfingen und der N13 im St. Galler Rheintal, ist die im Vergleich zu richtungsgetrennten Autobahnen niedrige Leistungsfähigkeit pro Spur ein wichtiger Grund für die häufigen hohen Belastungen.

Charakterisierung der heute stark belasteten Abschnitte

Hoch belastete Abschnitte in Agglomerationen

	Stunden > QNE	Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
Grauholz	437	2'000	69 %	11 %	2.2 h
Baregg	482	1'979	88 %	4 %	2.3 h
Cont. de Lausanne	457	1'891	82 %	6 %	2.1 h
Nordumfahrung Zürich	146	1'590	99 %	2 %	1.7 h

Hoch belastete Abschnitte in Agglomerationen
(QNE = Qualitätsniveau E, NVZ = Normalverkehrszeiten)

Vier Strassenabschnitte weisen 4 - 5 stark belastete Stunden und 1 - 2 Spitzenstunden pro Werktag auf, während denen kleinere Störungen zu Stau führen. Mit Ausnahme der Nordumfahrung Zürich kommen auch häufig hohe Wochenendbelastungen vor. Die hohen Belastungen konzentrieren sich auf die Spitzenverkehrszeiten. Die täglichen Stosszeiten dauern oft zwei Stunden und mehr.

Abschnitte mit Dominanz des Agglomerationsverkehrs

	Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
Umfahrung Winterthur	728	91 %	2 %	1.4 h
Préverenges	531	87 %	2 %	1.4 h
Weil am Rhein	570	87 %	4 %	1.6 h
Muttenz	511	95 %	0 %	1.3 h
Umfahrung Bern Ost	460	91 %	0 %	1.1 h
Adliswil	429	100 %	0 %	1.1 h
Noranco	254	98 %	0 %	1.1 h

Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des Agglomerationsverkehrs

Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

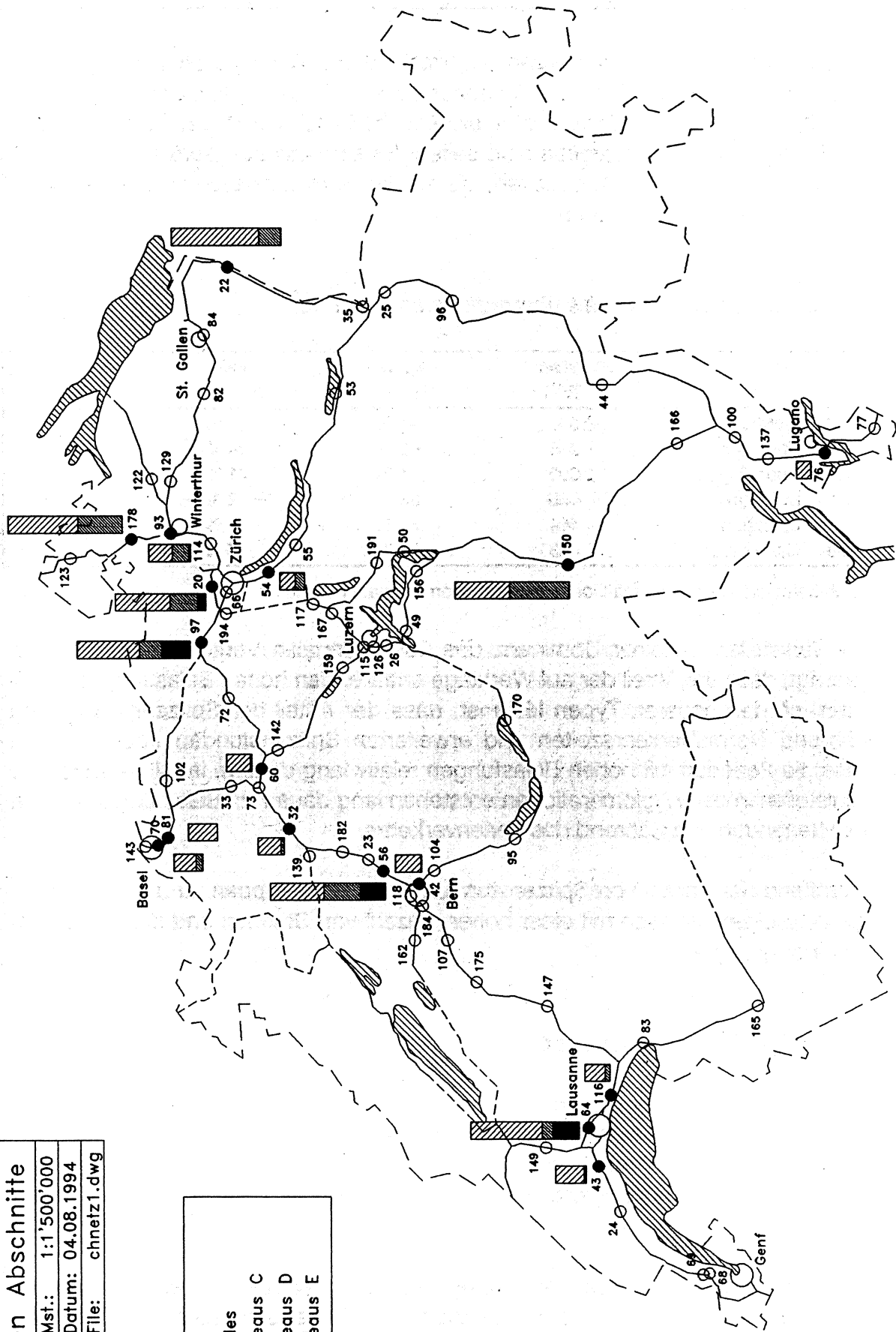
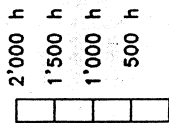
Anzahl Spitzenstunden der stark belasteten Abschnitte

Mst.: 1:1'500'000
Datum: 04.08.1994
File: chnetz1.dwg

Legende

Überschreitung des

- Qualitätsniveaus C
- Qualitätsniveaus D
- Qualitätsniveaus E



Sieben Strassenabschnitte weisen pro Werktag und Richtung etwa eine Spitzenstunde auf. Auf der Umfahrung Winterthur sind es für beide Richtungen 3, bei Noranco nur eine. Die Spitzenstunden fallen zu 90 % auf Werktage. Spitzenstunden während Normalverkehrszeiten sind selten. Es sind die ausgeprägten morgendlichen und abendlichen Stosszeiten, die ein Problem darstellen und die allenfalls länger als eine Stunde dauern.

Abschnitte mit Dominanz des überregionalen Verkehrs

		Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
N 2	Gotthard	2'000	44 %	65 %	4.3 h
N 13	Kriessern	1'945	62 %	24 %	2.5 h
N 4	Andelfingen	2'000	74 %	21 %	3.1 h
N 1	Deitingen	466	35 %	12 %	2.2 h
N 1	Gunzgen	454	52 %	15 %	2.1 h
N 9	Grandvaux	433	51 %	7 %	1.9 h

Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des überregionalen Verkehrs

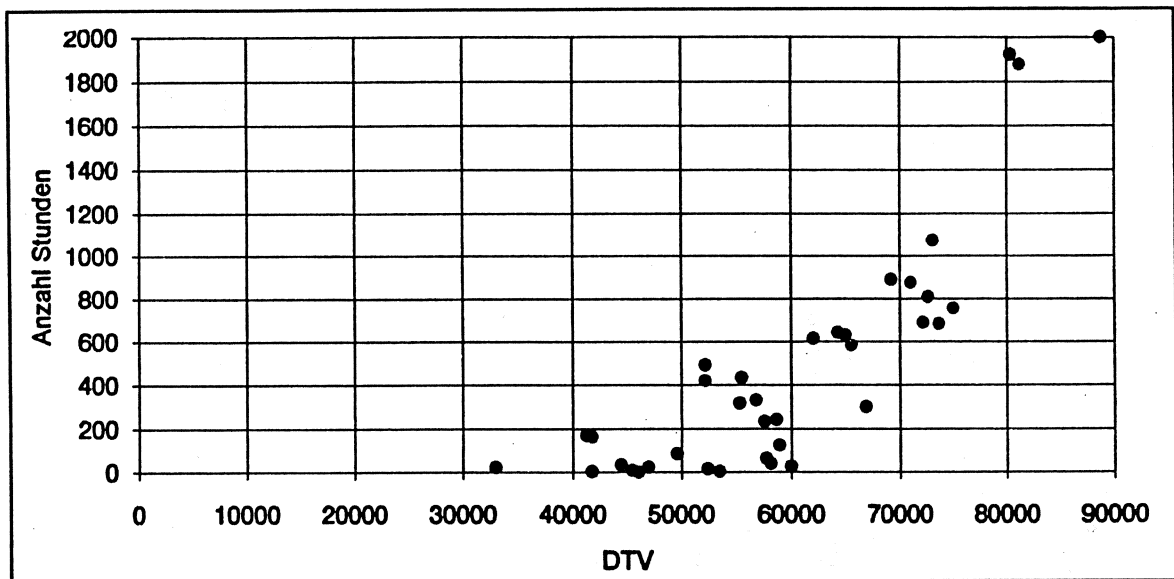
Die Zählstellen mit einer Dominanz des überregionalen Verkehrs sind dadurch geprägt, dass der Anteil der auf Werktage entfallenden hohen Belastungen verglichen mit den anderen Typen klein ist, dass der Anteil der Spitzenbelastungen während Normalverkehrszeiten und erweiterten Spitzenstunden hoch ist, und dass die Perioden mit hohen Belastungen relativ lang dauern. Im Unterschied zu Zählstellen in den Agglomerationen entstehen lang dauernde Belastungen v.a. an Wochenenden und während des Ferienverkehrs.

Betreffend der Anzahl von Spitzenstunden sind zwei Gruppen zu unterscheiden. Die 2-spurigen Strassen mit einer hohen Anzahl von Stunden und die 4-spurigen mit einer geringen.

Zukünftige Belastungssituationen

Die Zahl von Stunden mit so hohen Verkehrsmengen, dass der Verkehrsfluss instabil und in hohem Masse störungsanfällig wird, nimmt gegenüber heute stark zu. Bis zu einem DTV von etwa 50'000 Fahrzeugen auf 4-spurigen Autobahnen sind Belastungen bis zur Kapazitätsgrenze eher selten, nehmen dann aber stark zu.

In den grossen Agglomerationen und auf der N1 im zentralen Mittelland ist dieses Niveau heute erreicht. Dort wächst deshalb die Zahl der stark belasteten Stunden schneller als der Verkehr.



Zusammenhang zwischen DTV und Anzahl Stunden > QND auf 4-Spur Autobahnen

Bei einer Verkehrszunahme um 25 % werden auf 12 Abschnitten in den Agglomerationen Zürich, Bern, Basel, Lausanne und Genf sowie auf der N1 im zentralen Mittelland ähnliche Verhältnisse herrschen wie heute auf der Nordumfahrung Zürich.

Auf den fünf am stärksten belasteten Abschnitten ist mit 2 - 3 Stunden pro Tag und Richtung zu rechnen, während denen der Verkehrsfluss instabil und störungsanfällig wird.

Auf den stark belasteten Abschnitten in den Agglomerationen können nicht mehr alle Verkehrsteilnehmer zu den Wunschzeiten, wie sie in den heutigen Dauerkurven zum Ausdruck kommen, eine Fahrt unternehmen. Da die Morgen- und Abendspitzen 2 - 3 Stunden dauern, müsste auf Randzeiten oder auf den Vormittag bzw. Nachmittag ausgewichen werden.

Ein Teil des Verkehrs findet nicht mehr statt, weicht auf das regionale Netz aus oder die Verkehrsteilnehmer benutzen die öffentlichen Verkehrsmittel.

Abschnitt	Richtung 1 h mit Verkehr QNE	Ausweich- zeiten	Richtung 2 h mit Verkehr QNE	Ausweich- zeiten
Baregg	6 - 9	9 - 10	15 - 19	14 - 15, 19 - 20
Umfahrung Lausanne	7 - 9	6 - 7	15 - 19	19 - 20
Nordumfahrung Zürich	7 - 9	6 - 7	16 - 19	15 - 16, 19 - 20
Genf, Colovrex	7 - 9	6 - 7	16 - 18	
Basel, Weil a. Rhein	-	-	16 - 18	15 - 16, 19 - 20
Umfahrung Winterthur	7 - 8	6 - 7, 8 - 9	17 - 18	16 - 17, 18 - 19
Adliswil	7 - 8	6 - 7, 8 - 9	-	-
Andelfingen	7 - 8	8 - 9	-	-
Umfahrung Bern Ost	-	-	17 - 18	16 - 17

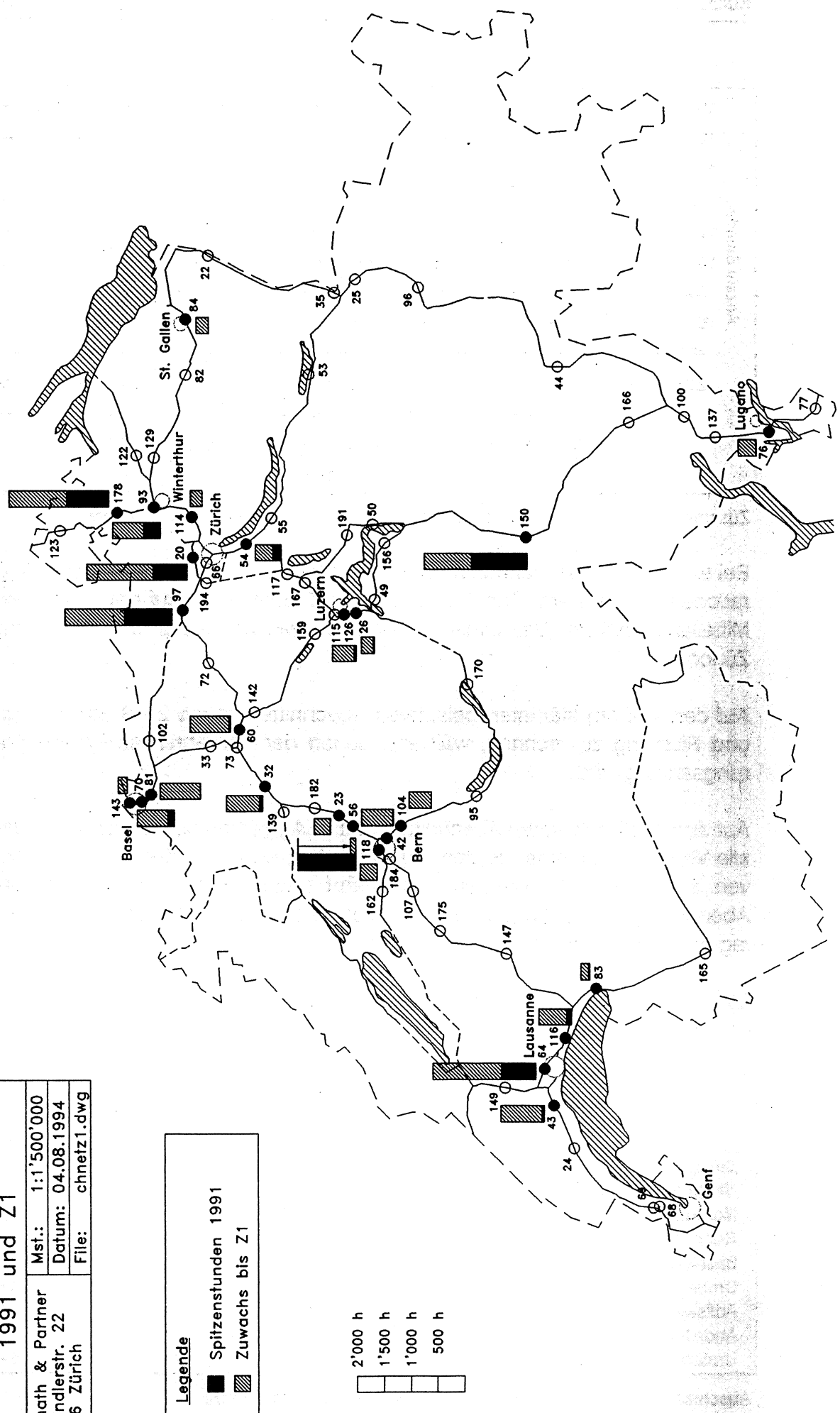
Abschnitte und Tageszeiten mit Verkehr über der Kapazitätsgrenze

Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

Anzahl Spitzenstunden
1991 und Z1

Bernath & Partner
Schindlerstr. 22
8006 Zürich

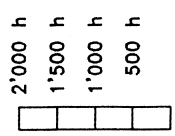
Mst.: 1:1'500'000
Datum: 04.08.1994
File: chnetz1.dwg



Legende

Spitzenstunden 1991

Zuwachs bis Z1



Lastwagenverkehr

Im Mittelland trägt der Lastwagenverkehr in erheblichem Masse zur Grundbelastung bei. Rechnet man mit einem Äquivalent von zwei Personenwagen pro Lastwagen, beträgt der gewichtete Lastwagenanteil zwischen Zürich und Bern 25 - 30 %.

Bei einer Verkehrsmenge, bei der noch ein steter Fluss mit reduzierter Geschwindigkeit möglich ist (Qualitätsniveau C), wird der Lastwagenverkehr in Zukunft rund 30 % der Kapazität beanspruchen.

Der Tagesgang des Lastwagenverkehrs ist dadurch gekennzeichnet, dass der LW-Verkehr am Morgen früher anspringt als der PW-Verkehr, über den Tag recht ausgeglichen ist und noch vor der abendlichen Stosszeit stark zurückgeht. Eine Konkurrenzsituation zwischen PW- und LW-Verkehr bestand bisher vor allem während der Morgenspitze.

Mit der zu erwartenden Verbreiterung der Tagesspitzen im Personenwagenverkehr, wird die Konkurrenzsituation zwischen PW- und LW-Verkehr in Zukunft akzentuiert.

Möglichkeiten der Verkehrsbeeinflussung

Es bestehen heute technische Möglichkeiten, um mittels Verkehrslenkung die vorhandene Kapazität effizienter zu nutzen.

Da sich in der Schweiz die stark belasteten Abschnitte auf Regionen konzentrieren wo keine leistungsfähigen Ausweichrouten bestehen, hat die Lenkung vor allem zum Ziel, einen steten Verkehrsfluss zu fördern. Damit kann zwar die Spitzenkapazität einer Strasse nicht erhöht werden. Wohl aber lassen sich Verkehrszusammenbrüche eher vermeiden und die zu erwartenden, über mehrere Stunden dauernden Höchstbelastungen lassen sich mit weniger Störungen bewältigen. Die Verfügbarkeit der Strassen wird erhöht.

Ein stabiler Verkehrsfluss ist bei langandauernden Spitzenbelastungen auch deshalb ein Gewinn, weil die Verkehrssicherheit erhöht werden kann.

Solche Massnahmen sind - im Vergleich mit Bauprojekten - relativ kurzfristig realisierbar. Es handelt sich aber um Einrichtungen, die vor allem auch im Betrieb hohe Kosten verursachen. Ein Teil der ohnehin knappen Mittel wird dadurch gebunden.

Netzausbauten

Generelle Ausbauten des Nationalstrassennetzes stehen im heutigen Umfeld nicht zur Diskussion. Es ist in den vorliegenden Analysen auch klar gezeigt worden, dass die sich abzeichnenden Kapazitätsprobleme so rasch Realität werden dürften, dass ein langfristiges Ausbauprogramm keine Abhilfe schaffen wird. Im Sinne einer vorsorglichen Massnahme sollte aber mindestens die Option einer all-fälligen Spurergänzung auf stark belasteten Strecken im Mittelland nicht verbaut werden.

Beeinflussung des Mobilitätsverhaltens

Appelle zur Verminderung der Mobilität sind bis jetzt immer verhallt. Die Analyse der Zustände und die Dynamik des Verkehrswachstums zeigen, dass in Zukunft vermehrt Anreize notwendig sein werden, um die vom Verkehr beanspruchten Ressourcen effizienter zu nutzen.

Gerade in den stark belasteten Agglomerationsabschnitten des Nationalstrassennetzes wird sich in absehbarer Zukunft die Konkurrenz zwischen PW-Verkehr und LW-Verkehr, zwischen Pendel- und Nutzverkehr, zwischen regionalem und überregionalem Verkehr erheblich verschärfen. Es werden deshalb vermehrt Massnahmen ins Auge gefasst werden müssen, welche nach Verkehrszwecken und Verkehrszeiten selektiv wirken.

Eine mögliche Massnahme besteht in der Bevorteilung gut besetzter Fahrzeuge. Da dazu bei der Infrastruktur die notwendigen Voraussetzungen erst geschaffen werden müssen, ist auch in den Agglomerationen eine Erweiterung des Angebotes auf den Hochleistungsstrassen nicht zum vornherein auszuschliessen. Sie sind aber vor allem dann sinnvoll, wenn der Strassenraum im Sinne der selektiven Bevorteilung und für die Kanalisierung des Verkehrs genutzt wird.

Version condensée

Questions soulevées

Le présent travail a pour objectif:

- de donner un aperçu des tronçons problématiques actuels et futurs dans le réseau des routes nationales suisses;
- de décrire les situations problématiques sur la base de critères uniformes et comparables;
- de créer une base pour discuter de façon différenciée les mesures destinées à éliminer les problèmes de capacité

Manière de procéder

Les seuils de capacité se manifestent toujours aux heures de pointe. Cette analyse repose par conséquent sur des valeurs horaires disponibles séparément pour chaque courant de trafic de tous les postes de comptage automatiques du réseau des routes nationales.

La capacité d'un tronçon routier n'est pas une valeur absolue. Par analogie au "Highway capacity manuel" américain, on distingue entre différents niveaux de qualité du trafic.

On parle de fortes contraintes dès le niveau de qualité C. Des contraintes plus élevées correspondant aux niveaux de qualité E ou D peuvent certes être absorbés par une route, mais seulement au prix de fortes perturbations et le cas échéant de bouchons.

L'analyse du trafic à l'aide du nombre et de la répartition des heures pendant lesquelles un certain niveau de qualité est atteint ou dépassé permet de décrire de façon différenciée les situations de contrainte.

Pour localiser et décrire les problèmes de capacité futurs, on n'établit pas de pronostic véritable du trafic, en décrivant une évolution du trafic plausible, probable ou potentielle pour un avenir défini. On se contente de vérifier ce qui adviendrait si le trafic augmentait de 25 %.

Une augmentation de 25 % correspond à un taux de croissance annuel moyen de 2.3 % pour une période de 10 ans ou d'un taux de 1.5 % sur 15 ans. L'hypothèse d'une augmentation de 25 % est peu spectaculaire par rapport à l'évolution passée et a jusqu'ici été atteinte dans des périodes inférieures à 10 ans. Pour l'interprétation du nombre des heures à forte contrainte calculé pour l'avenir, il faut tenir compte du fait qu'il s'agit d'un in-

dicateur de la nature et gravité des situations problématiques et non pas d'un pronostic quantitatif.

Niveau de qualité	Flux de circulation	Impact des perturbations	Distance en longueurs de véhicule	Volume de trafic en unités de VT par voie
A	Circulation libre	Faible	22	700
B	Liberté de manœuvres presque totale	Perturbations possibles	13	1'100
C	Déroulement stable à une vitesse réduite	Perturbations considérables	9	1'550
D	Seuil d'instabilité du trafic	Les obstacles conduisent à des bouchons	6	1'850
E	Déroulement extrêmement instable du trafic	Les moindres obstacles conduisent à des bouchons	4	2'000
F	Bouchons			

Niveaux de qualité selon HCM pour des routes à courants de trafic séparés

Tronçons fortement sollicités

Peuvent être qualifiés de fortement sollicités les tronçons qui répondent à un des critères suivants:

Niveau de qualité	Nombre	Concrétisation d'heures p.a.
E	30 h	Trafic instable 2 à 3 fois par mois
D	100 h	Trafic presque instable pendant un tiers des heures de pointe aux jours ouvrables
C	200 h	Trafic stable à vitesse réduite pendant les 2/3 des heures de pointe aux jours ouvrables

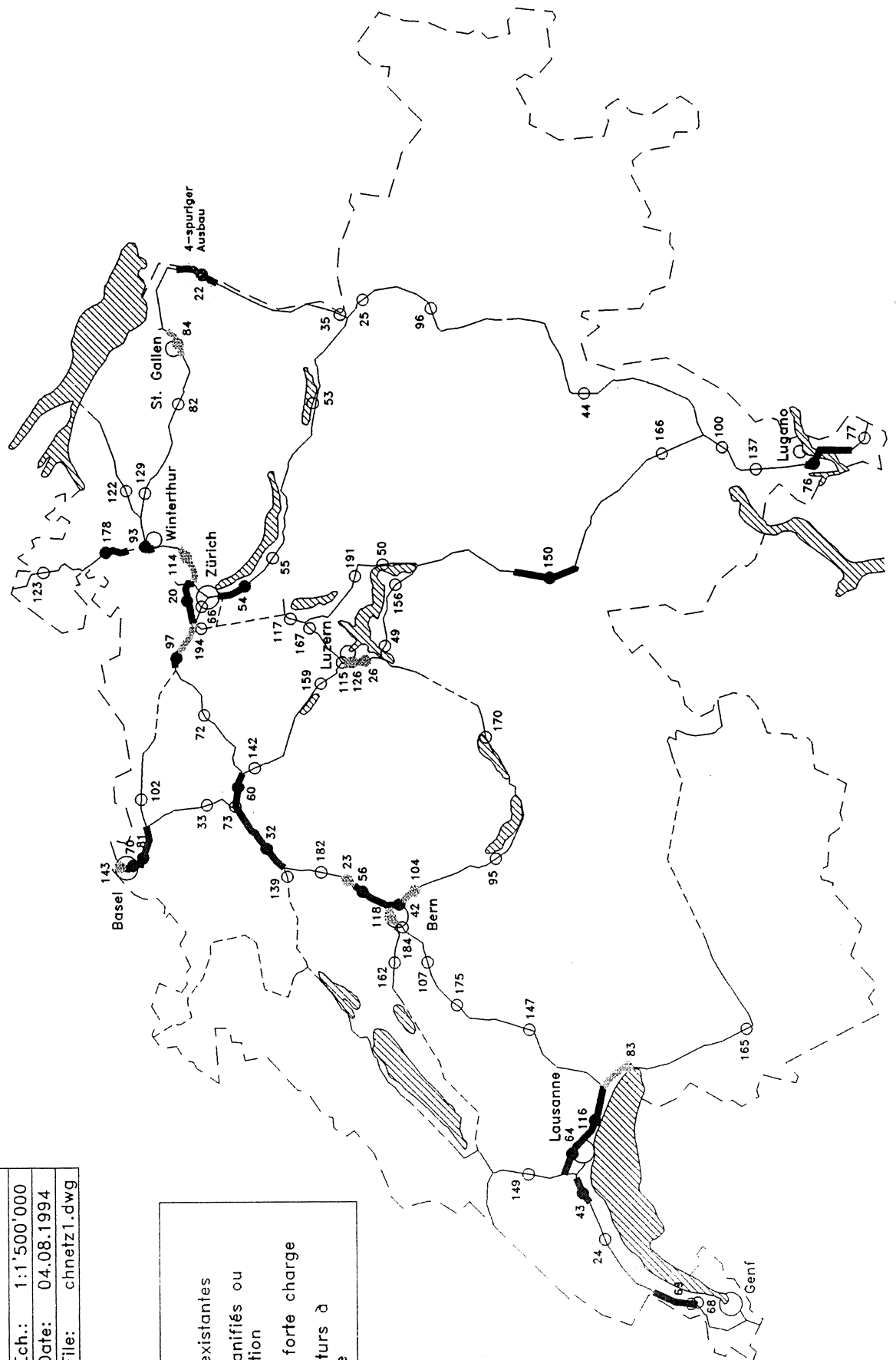
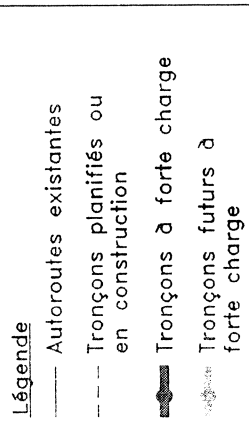
Critères pour qualifier les routes à forte contrainte

Fédération routière suisse

Les seuils de capacité du réseau
des routes nationales suisse

Tronçons à forte charge 1991 et Z1

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Ech.:	1:1'500'000
	Date:	04.08.1994
	File:	chnetz1.dwg



Selon cette définition, il existe actuellement en Suisse 18 tronçons à forte contrainte et il en existera 26 à l'avenir. (cf. carte).

Les tronçons à forte contrainte sont concentrés premièrement dans les agglomérations de Zurich, Bâle, Berne, Lausanne et Genève. A l'avenir, il faudra y ajouter celles de St-Gall et de Lucerne. Ils se concentrent deuxièmement sur les principales liaisons nationales que sont la N1 et N2. Dans la région du Lac Léman, il faut actuellement y ajouter la N9.

Sur la N1, en font partie, à côté des tronçons situés dans les agglomérations, ceux qui se trouvent à la bifurcation N1/N2 et à la bifurcation N1/N5. Sur la N2, il faut ajouter aux tronçons d'agglomérations le tunnel du Gothard. Pour cette autoroute à deux voies, c'est la capacité relativement faible par voie par rapport aux autoroutes à courants de trafic séparés qui est la principale raison des contraintes souvent élevées.

Caractérisation des tronçons actuellement surchargés

Tronçons surchargés dans les agglomérations

	Heures > NQE	Heures > NQC	Part Lu-Ve	HTN Lu-Ve	Durée par cas
Grauholz	437	2'000	69 %	11 %	2.2 h
Baregg	482	1'979	88 %	4 %	2.3 h
Cont. de Lausanne	457	1'891	82 %	6 %	2.1 h
Cont. Nord de Zurich	146	1'590	99 %	2 %	1.7 h

Tronçons surchargés dans les agglomérations
(NQE= niveau de qualité E, HTN= heures de trafic normal)

Quatre tronçons routiers présentent 4 à 5 heures surchargées et 1 à 2 heures de pointe par jour ouvrable. Pendant ces heures, de petites perturbations peuvent conduire à un bouchon. A l'exception du contournement Nord de Zurich, on y constate également fréquemment des surcharges pendant le week-end. Les surcharges se concentrent sur les heures de pointe. Les heures de pointe quotidiennes durent souvent deux heures, voire davantage.

Tronçons avec prédominance du trafic d'agglomération

	Heures >NQC	Part Lu-Ve	HTN Lu-Ve	Durée par cas
Cont. Winterthour	728	91 %	2 %	1.4 h
Préverenges	531	87 %	2 %	1.4 h
Weil am Rhein	570	87 %	4 %	1.6 h
Muttenz	511	95 %	0 %	1.3 h
Cont. Bern Est	460	91 %	0 %	1.1 h
Adliswil	429	100 %	0 %	1.1 h
Noranco	254	98 %	0 %	1.1 h

Tronçons surchargés avec prédominance du trafic d'agglomération

Sept tronçons routiers présentent une heure de pointe environ par jour ouvrable et courant de trafic. Sur la route de contournement de Winterthour, les heures de pointe sont au nombre de 3 pour les deux courants de trafic contre 1 heure seulement pour Noranco. Les heures de pointe coïncident à 90 % avec des jours ouvrables. Les heures de pointe pendant les heures de trafic normal sont rares. Ce sont les heures de pointe typiques du matin et du soir qui posent un problème et qui peuvent durer le cas échéant plus d'une heure.

Tronçons avec dominance du trafic suprarégional

	Heures >NQC	Part Lu-Ve	HTN Lu-Ve	Durée par cas
N 2 Gotthard	2'000	44 %	65 %	4.3 h
N 13 Kriessern	1'945	62 %	24 %	2.5 h
N 4 Andelfingen	2'000	74 %	21 %	3.1 h
N 1 Deitingen	466	35 %	12 %	2.2 h
N 1 Gunzgen	454	52 %	15 %	2.1 h
N 9 Grandvaux	433	51 %	7 %	1.9 h

Tronçons surchargés avec dominance du trafic suprarégional

Aux postes de comptage avec prédominance du trafic suprarégional, on constate que la part des fortes charges coïncidant avec un jour ouvrable est faible en comparaison avec les autres types de trafic, que la part des heures de forte charge pendant les heures de trafic normal et pendant les heures de pointe élargies est élevée et que les périodes durant lesquelles le trafic est élevé sont de durée relativement longue. Contrairement aux postes de comptage dans les agglomérations, cela crée de surcharges de longue durée, notamment pendant les week-ends et le trafic de vacances.

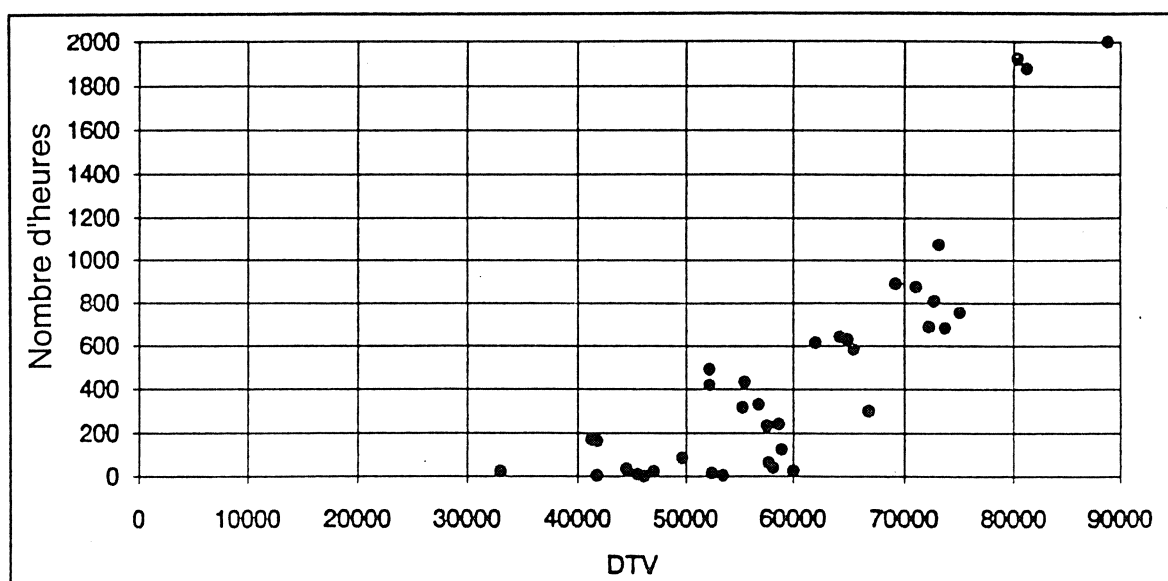
Quant au nombre des heures de pointe, il faut distinguer entre deux groupes:

les routes à deux voies où il est élevé et les routes à 4 voies où il est faible.

Situations de surcharge futures

Le nombre des heures où le volume du trafic est tel que son déroulement devient instable et fortement sensible aux perturbations, augmentera fortement par rapport à la situation actuelle. Jusqu'à un trafic journalier moyen de 50'000 véhicules environ sur les autoroutes à 4 voies, les charges allant jusqu'au seuil de capacité sont plutôt rares, mais au-delà, elles augmentent fortement.

Dans les grandes agglomérations et sur la N1 dans le Mittelland central, ce niveau est aujourd'hui atteint. Le nombre des heures à forte circulation y augmente plus rapidement que le trafic lui-même.



Relation entre le TJM et le nombre d'heures > NPD sur les autoroutes à 4 voies

En cas d'augmentation du trafic de 25 %, la situation sur 12 tronçons dans les agglomérations de Zurich, Berne, Bâle, Lausanne et Genève ainsi que sur la N1 dans le Mittelland central sera analogue à celle qui existe actuellement sur l'autoroute de contournement Nord de Zurich.

Sur les cinq tronçons les plus surchargés, il faudra compter avec 2 à 3 heures par jour et par courant de trafic pendant lesquelles le déroulement du trafic sera instable et sensible aux perturbations.

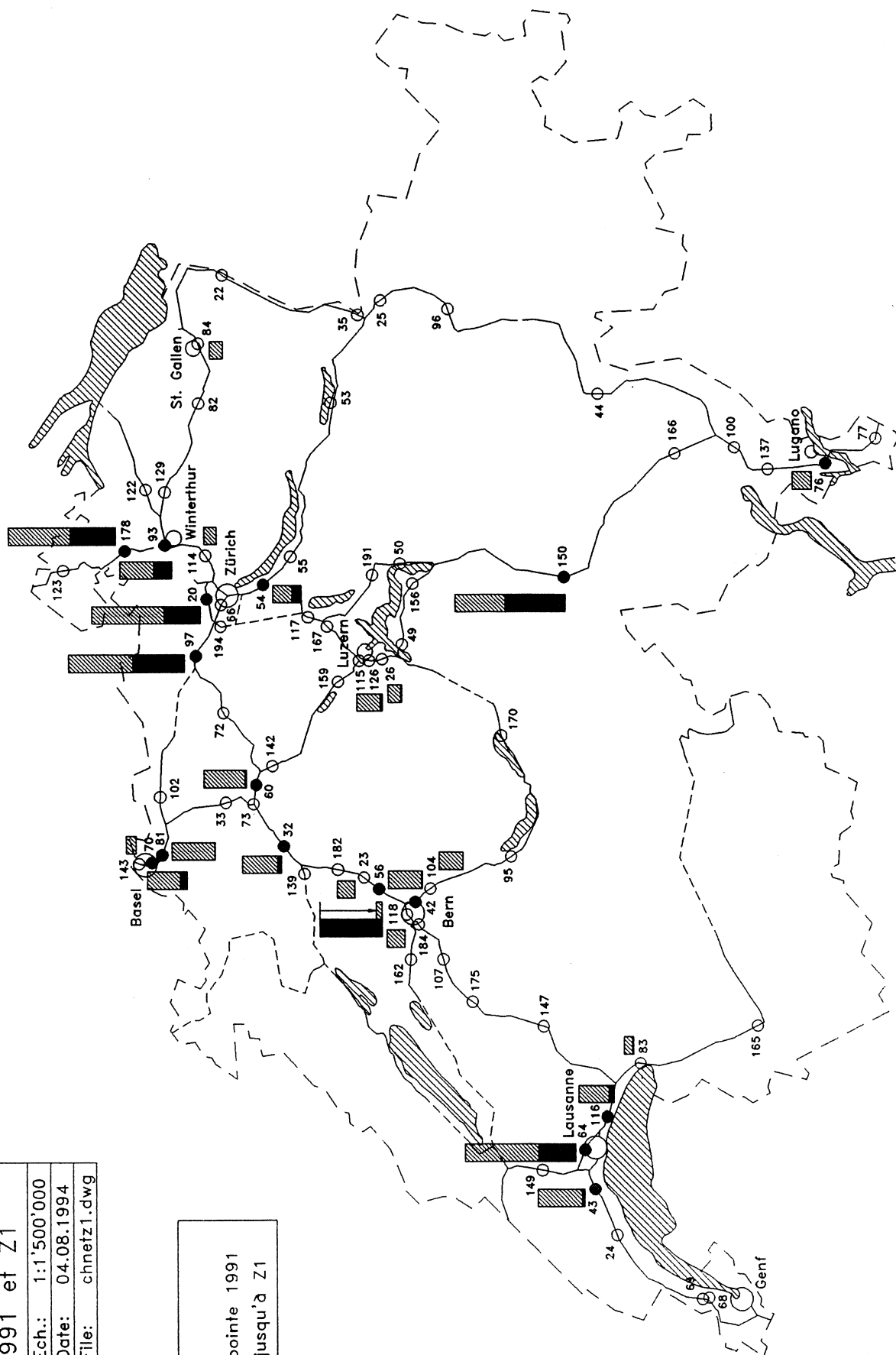
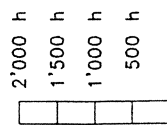
Fédération routière suisse

Les seuils de capacité du réseau
des routes nationales suisses

Nombre des heures de pointe 1991 et Z1

Bernath & Partner	Ech.: 1:1'500'000
Schindlerstr. 22	Date: 04.08.1994
8006 Zürich	File: chnetz1.dwg

Légende	
■	Heures de pointe 1991
▨	Croissance jusqu'à Z1



Sur les tronçons surchargés dans les agglomérations, les usagers de la route ne pourront plus circuler tous aux heures désirées, telles qu'elles figurent aujourd'hui sur les diagrammes. Les heures de pointe du matin et du soir s'étendant sur une durée de 2 à 3 heures, ils se verront obligés de circuler aux heures marginales ou pendant la matinée et l'après-midi.

Une partie du trafic n'aura plus lieu, certains emprunteront le réseau régional et d'autres utiliseront les transports publics.

Tronçon	Direction 1 h avec trafic NQE	Heures d'évitement	Direction 2 h avec trafic NQE	Heures d'évitement
Baregg	6 – 9	9 – 10	15 – 19	14 – 15, 19 – 20
Cont. de Lausanne	7 – 9	6 – 7	15 – 19	19 – 20
Cont. Nord de Zurich	7 – 9	6 – 7	16 – 19	15 – 16, 19 – 20
Genève, Colovrex	7 – 9	6 – 7	16 – 18	
Bâle, Weil am Rhein	–	–	16 – 18	15 – 16, 19 – 20
Cont. de Winterthour	7 – 8	6 – 7, 8 – 9	17 – 18	16 – 17, 18 – 19
Adliswil	7 – 8	6 – 7, 8 – 9	–	–
Andelfingen	7 – 8	8 – 9	–	–
Cont. de Berne Est	–	–	17 – 18	16 – 17

Tronçons et heures du jour où le trafic se situe au-dessus du seuil de capacité

Trafic de poids lourds

Dans le Mittelland, le trafic des poids lourds contribue sensiblement à la charge de base. Si on compte avec une équivalence de deux voitures de tourisme pour un camion, la part pondérée des camions entre Zurich et Berne est de 25 à 30 %.

Pour un volume de trafic qui pourra encore rouler stablement à une vitesse réduite (niveau de qualité C), le trafic des poids lourds occupera à l'avenir près de 30 % de la capacité.

Le diagramme des variations journalières du trafic des poids lourds est caractérisé par le fait que ce trafic commence le matin plus tôt que celui des VT, qu'il est assez équilibré pendant la journée et qu'il régresse avant les heures de pointe du soir. Jusqu'ici, c'est principalement aux heures de pointe matinales qu'on a constaté une situation de concurrence entre le trafic des VT et des VU.

Avec l'élargissement des heures de pointe auquel il faut s'attendre dans le trafic des voitures de tourisme, la situation de concurrence entre les trafics VT et VU est appelée à s'accroître à l'avenir.

Possibilités d'impact sur le trafic

Il existe aujourd'hui des possibilités techniques pour mieux exploiter les capacités disponibles au moyen de la gestion du trafic.

Les tronçons à fort volume de trafic se trouvant concentrés en Suisse dans des régions où il n'existe pas de routes d'évitement performantes, cette gestion a principalement pour but de favoriser la fluidité du trafic. Cela ne permet certes pas d'augmenter la capacité maximale de la route, mais on peut de la sorte prévenir des effondrements du trafic et les charges maximales s'étendant sur plusieurs heures peuvent être gérées avec moins de perturbations. Il est de la sorte possible d'augmenter la disponibilité de la route.

Un déroulement stable du trafic lors de contraintes de pointe de longue durée est également souhaitable parce qu'il permet d'augmenter la sécurité routière.

De telles mesures sont réalisables dans des délais relativement courts par rapport aux projets de construction. Il s'agit toutefois d'installations dont l'exploitation occasionne notamment des coûts élevés. Une partie des moyens financiers déjà insuffisants affectés à la route est ainsi liée.

Développements du réseau

Dans le contexte actuel, un développement généralisé du réseau des routes nationales n'entre pas en considération. Nous avons également démontré clairement dans les présentes analyses que les problèmes de capacité qui s'annoncent deviendront probablement tellement rapidement réalité qu'un programme de développement à long terme ne pourra pas les résoudre. Mais à titre de mesure préventive, il faudra tout au moins laisser ouverte l'option du rajout d'une voie supplémentaire sur les tronçons fortement surchargés du Mittelland.

Impact sur la mobilité

Les appels lancés à la population pour qu'elle réduise sa mobilité sont jusqu'ici toujours restés sans écho. L'analyse des situations et la dynamique de la croissance du trafic montrent qu'à l'avenir, il faudra avoir recours à des incitations accrues pour mieux exploiter les ressources utilisées par le trafic.

C'est notamment sur les tronçons de routes nationales situés dans les agglomérations, où le trafic est particulièrement dense, que la concurrence entre la circulation des VT et celle des VU, à savoir entre les pendulaires et le trafic utilitaire et entre le trafic régional et

suprarégional, est appelée à s'accroître considérablement. C'est pourquoi il faudra envisager de façon accrue des mesures qui aient un effet sélectif, en fonction des buts de transport et des heures de circulation.

Une mesure envisageable consiste à privilégier les véhicules occupés par plusieurs passagers. Comme il faut pour cela d'abord réunir les conditions nécessaires au niveau de l'infrastructure, il ne faudra pas d'emblée exclure une augmentation de l'offre sur les routes à haute performance, même dans les agglomérations. Ces mesures sont notamment recommandées lorsqu'il s'agit d'exploiter de façon optimale la surface routière disponible, en privilégiant sélectivement certains transports et en canalisant le trafic.

INHALT

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Auftraggeber	1
1.3 Vorgehen	1
1.4 Datenmaterial	2
1.5 Analyisierte Strassen	2
2 Kapazitätsgrenzen	3
2.1 Belastungsgrenzen	3
2.2 Verkehrstechnisch bedingte Belastungsgrenzen	3
2.3 Zusammenfassung	7
3 Stark belastete Abschnitte	9
3.1 Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)	9
3.2 Spitzenbelastungen	11
3.3 Merkmale stark belasteter Abschnitte	15
4 Verkehrsgeschehen auf stark belasteten Abschnitten	17
4.1 Methode	17
4.2 Anzahl stark belasteter Stunden	17
4.3 Verteilung der stark belasteten Stunden nach Wochentagen	20
4.4 Verkehrsstärkste Stunden nach Tageszeiten	22
4.5 Dauer der Spitzenbelastungen	24
4.6 Merkmale des Verkehrs auf den stark belasteten Abschnitten	26
5 Lastwagenverkehr	29
5.1 Fragestellung	29
5.2 Durchschnittlicher täglicher Lastwagenverkehr	29
5.3 Ganglinien Schwerverkehr im Vergleich zu Ganglinien Personenwagen	32
5.4 Tagesgang Lastwagenverkehr nach Grösse der Fahrzeuge	35
5.5 Der Einfluss des Schwerverkehrs auf die Kapazität des Nationalstrassennetzes	37
5.6 Zusammenfassung: Bedeutung des LW-Verkehrs	42
6 Unfälle und Staus	43
6.1 Unfälle	43
6.2 Staus	45
6.3 Zusammenfassung	47

		Seite
7	Zukünftige Kapazitätsengpässe	49
7.1	Strassenabschnitte die in Zukunft stark belastet sein werden	53
8	Analyse der zukünftigen Belastungssituationen	57
8.1	Methode	57
8.2	Anzahl der stark belasteten Stunden	61
8.3	Verteilung der stark belasteten Stunden auf die Wochentage	64
8.4	Verteilung der stark belasteten Stunden innerhalb der Werktage	66
8.5	Verteilung der stark belasteten Stunden an Wochenenden	68
8.6	Verbreiterung der Tagesspitzen	69
8.7	Lastwagenverkehr	72
8.8	Spezifische Problemlagen der einzelnen Abschnitte	75
8.9	Zunahme der Belastungssituation	79
9	Auswirkungen von Ausbauten und Vervollständigungen des Netzes	83
9.1	Vorgesehene Bauten	83
9.2	Auswirkungen der weiteren Eröffnungen und Ausbauten	84
9.3	Zusammenfassung	89
10	Zusammenfassung der Ergebnisse	91
11	Lösungsansätze	95
11.1	Regelung der Nachfrage	95
11.2	Erweiterung des Angebotes	96
11.3	Verkehrslenkssysteme	97
11.4	Zusammenfassung	101

Verwendete Grundlagen

Tabellenverzeichnis

2.1	Leistungsfähigkeit gemäss SNV-Norm 641 145	4
2.2	Qualitätsniveaus gemäss HCM für richtungsgetrennte Strassen	7
3.1	Kriterien für die Bezeichnung von stark belasteten Strassen	11
3.2	Kapazität in Abhängigkeit von der Anzahl Spuren	12
3.3	Reduktionsfaktoren für einen LW-Anteil von 10 %	13
3.4	Verkehrsmengen pro Spur für verschiedene Qualitätsniveaus und Neigungen	13
3.5	Stark belastete Abschnitte	14
4.1	Anzahl Stunden mit einem Verkehr > QNC 1991, Montag - Sonntag	18
4.2	Stunden mit Verkehr > QND nach Richtungen	20
4.3	Stark belastete Abschnitte nach Grad der Belastung	20
4.4	Stark belastete Stunden nach Wochentagen	21
4.5	Zählstellen nach Dominanz von Werktagen bzw. Wochenenden	21
4.6	Verteilung stark belasteter Stunden nach Tageszeiten, Montag - Freitag	22
4.7	Verteilung der stark belasteten Stunden nach Tageszeiten, Samstag und Sonntag	23
4.8	Anzahl Fälle mit hohen Belastungen und Dauer dieser Fälle	24
4.9	Verteilung der Fälle mit hoher Belastung nach Dauer	25
4.10	Hoch belastete Abschnitte in Agglomerationen	26
4.11	Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des Agglomerationsverkehrs	27
4.12	Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des überregionalen Verkehrs	27
5.1	Lastwagenanteil an ausgewählten Zählstellen	30
5.2	LW-Anteil und Anteil von Lastenzügen an LW	30
5.3	Lastwagenanteil am Werktagsverkehr in Prozent	35
5.4	Grad der Konkurrenz zwischen LW- und PW-Verkehr	35
5.5	Personenwagengleichwerte für Schwerverkehr gemäss HCM	37
6.1	Stauschwerpunkte 1993	46
6.2	Staus auf Autobahnen Kanton Bern und N20	46
6.3	Staus infolge von Unfällen	46

	Seite
7.1 Entwicklung der Verkehrsleistung im privaten motorisierten Verkehr 1970 - 1990	49
7.2 Verkehrswachstum 1985 - 1990 und 1991 - Z1	50
7.3 DTV 1991, Z1 und Spitzenwerktag 1991	51
7.4 Wachstumsraten im motorisierten Individualverkehr	51
7.5 Jährliches Wachstum von PW- und LW-Verkehr 1985 - 1990	52
7.6 Jährliche Wachstumsraten bei Gesamtwachstum von 25 %	52
7.7 In Zukunft neu stark belastete Abschnitte	53
8.1 Anzahl stark belastete Stunden Mo - So pro Richtung 1991 und Z1 nach Qualitätsniveaus	61
8.2 Verteilung der Spitzenstunden nach Wochentagen	66
8.3 Verteilung der verkehrsstärksten Stunden nach Tageszeiten und Wochentagen	67
8.4 Verteilung der stark belasteten Stunden an Sonntagen	69
8.5 Abschnitte mit Verkehr über der Kapazitätsgrenze	70
8.6 Durch Lastwagen beanspruchte Kapazität 7 - 16 Uhr	73
8.7 Gewichtete Lastwagenanteile während der Stosszeiten	73
8.8 DTV und Anzahl Spitzenstunden, Umfahrung Lausanne und Baregg, 1980 - 1991	79
8.9 Veränderung der Anzahl Stunden mit Spitzenbelastungen 1991 - Z1	80
9.1 Einfluss von N4/N20 auf stark belastete Nationalstrassenabschnitte	88

Figurenverzeichnis

2.1	Fundamentaldiagramm	5
5.1	Tagesgang Baregg tunnel 1991 beide Richtungen	32
5.2	Tagesgang Gunzgen 1991 beide Richtungen	33
5.3	Tagesgang Gotthardtunnel 1991 beide Richtungen	34
5.4	Tagesgang 12 Zählstellen LW nach Grösse der Fahrzeuge	36
5.5	Baregg tunnel Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr	39
5.6	Baregg tunnel Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr	39
5.7	Grauholz Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr	40
5.8	Grauholz Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr	40
5.9	Gunzgen Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr	41
5.10	Gunzgen Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr	41
6.1	Tagesgang Verkehr und Unfälle Kanton Bern 1991/92	44
6.2	Unfallrate Autobahnen Kanton Bern, Durchschnitt 1991/92	44
6.3	Unfälle und Staus infolge von Unfällen, Autobahnen Kanton Bern, 1992	47
8.1	Dauerkurve Tunnel de Glion Richtung Martigny 1991 und Z1	59
8.2	Dauerkurve Adliswil Richtung Sargans 1991 und Z1	59
8.3	Dauerkurve Gunzgen Richtung Zürich 1991 und Z1	60
8.4	Dauerkurve Umfahrung Lausanne Richtung Bern 1991 und Z1	60
8.5	Nordumfahrung Zürich Richtung Weiningen: Tagesgang W 1991 und Z1 ohne Beschränkung auf QNE	71
8.6	Nordumfahrung Zürich Richtung Weiningen: Tagesgang W 1991 und Z1 mit Beschränkung auf QNE	71
8.7	Baregg Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr Z1	74
8.8	Baregg Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr Z1	74
8.9	Beziehung zwischen DTV und Anzahl Spitzenstunden	80

Kartenverzeichnis

Karte 1	Durchschnittlicher Tagesverkehr der Motorfahrzeuge 1990	10
Karte 2	Stark belastete Strassenabschnitte	16
Karte 3	Anzahl Spitzenstunden der stark belasteten Abschnitte	19
Karte 4	Durchschnittlicher Werktagsverkehr der schweren Güterfahrzeuge	31
Karte 5	Stark belastete Strassenabschnitte 1991 und Z1	54
Karte 6	Anzahl Spitzenstunden der stark belasteten Abschnitte Z1	63
Karte 7	Anzahl Spitzenstunden Z1 Mo - Fr und Sa - So	65
Karte 8	Langfristiges Bauprogramm	85

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das schweizerische Nationalstrassennetz wird in seinen wesentlichen Abschnitten in absehbarer Zukunft fertiggestellt sein. Bereits heute zeichnen sich aber auf dem bestehenden Netz Kapazitätsprobleme ab. Einzelne neuralgische Punkte mit regelmässigen Staus wie z.B. der Gotthard-Strassentunnel und der Bareggunnel sind so selbstverständlich bekannt wie seinerzeit die Qualen am Walensee.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, einen Überblick zu schaffen über die aktuellen und zukünftigen Problemstrecken im schweizerischen Nationalstrassennetz.

1.2 Auftraggeber

Auftraggeber der vorliegenden Studie sind der Schweizerische Strassenverkehrsverband (FRS) sowie das Bundesamt für Strassenbau (ASB).

1.3 Vorgehen

Die Arbeit wurde von einer Arbeitsgruppe begleitet, die wie folgt zusammengesetzt war:

- H. Koller, Generalsekretär FRS, Bern, Vorsitz
- U. Fischer, Nationalrat, Seengen
- A. Gantenbein, ASB, Bern
- Dr. G. Ganz, BPUK, Zürich
- A. Gorgerat, AGVS, Bern
- F. Hächler, Kantonspolizei Kt. Bern, Bern
- G. Junker, Service des routes et des autoroutes Ct. VD, Lausanne
- D. Mauerhofer, ASTAG, Bern
- H.U. Merz, Generaldirektor ACS, Bern
- H.P. Willen, VSAI, Bern
- M. Rudaz, FRS; Bern
- R. Suter, Wettingen
- R. Zumbühl, TCS, Genf

Die Arbeitsgruppe kam zwischen August 1993 und August 1994 zu 6 Sitzungen zusammen.

1.4 Datenmaterial

Die Netzdaten basieren auf der STRADA-DB und wurden betreffend Neigungen ergänzt aufgrund der Karte 1:25'000 der schweizerischen Landestopographie.

Für die Verkehrsdaten wurde auf die automatischen Zähler des ASB sowie die schweizerischen Strassenverkehrszählungen (UNO-Zählungen) abgestellt.

Für die Analyse der Staus konnten die Angaben der Kantonspolizei Bern und Zürich verwendet werden.

1.5 Analyisierte Strassen

Analysiert werden alle Autobahnen und Autostrassen des schweizerischen Nationalstrassennetzes. Nicht erfasst sind namentlich Nationalstrassenabschnitte, auf denen gemischter Verkehr zugelassen ist sowie die kantonalen Autobahnen bzw. Autostrassen. Der Grund für die Beschränkung auf das Nationalstrassennetz ist die Verfügbarkeit von Verkehrsdaten. Wenn im vorliegenden Bericht von Autobahnen (4 - 6 Spuren richtungsgetrennt) bzw. Autostrassen (2 - 3 Spuren nicht richtungsgetrennt) die Rede ist, sind damit immer Nationalstrassen gemeint.

2 Kapazitätsgrenzen

In der Diskussion um die Kapazitätsgrenzen des Strassennetzes wird eine Vielzahl von Begriffen verwendet. Im folgenden Kapitel werden die benutzten Begriffe definiert.

2.1 Belastungsgrenzen

Das Verkehrssystem kennt verschiedene Belastungsgrenzen:

- **Verkehrstechnische Grenzen** sind gegeben durch das physische Angebot an Verkehrswegen und Abstellplätzen. Diese Leistungsgrenzen werden sichtbar in der erhöhten Störungsanfälligkeit des Verkehrsablaufes oder in Staus.
- Grenzen der Belastbarkeit sind gegeben durch die **zulässige Umweltbelastung** durch den Verkehr, wobei die Überschreitung der Grenzwerte für Lärm und Schadstoffimmissionen nur ein unvollständiger Indikator darstellt.
- Grenzen der Belastbarkeit ergeben sich aber auch durch **betriebs- und volkswirtschaftliche Betrachtungen**. Sie sind dort erreicht, wo die Aufwendungen für Betrieb, Ausbau- und Neubauprojekte für das Verkehrssystem nicht mehr finanzierbar sind.

Der vorliegende Bericht befasst sich mit verkehrstechnischen Belastungsgrenzen im schweizerischen Nationalstrassennetz. Das Problem der Belastungsgrenzen wird erstens auf das Verkehrssystem verengt, zweitens auf den Individualverkehr und dort auf das Nationalstrassennetz. Diese Beschränkung ist insofern von Bedeutung, als die vorhandenen Beziehungen zu anderen Teilsystemen des Individualverkehrs, zum ganzen öffentlichen Verkehr und erst recht zum natürlichen und sozial-ökonomischen Umfeld ausgeblendet werden. Auch die Schlussfolgerungen werden gezogen, ohne die Konsequenzen im erweiterten Rahmen explizit weiter zu diskutieren, allerdings im Bewusstsein, dass solche Beschränkungen bestehen.

2.2 Verkehrstechnisch bedingte Belastungsgrenzen

Für die Beschreibung der verkehrstechnisch bedingten Belastungsgrenzen ist erstens zu klären, wie die Leistungsfähigkeit einer Strasse zu definieren ist, zweitens, welche Verkehrsmenge der Leistungsfähigkeit als Referenzgrösse gegenübergestellt wird.

Massgebender Verkehr

In der SNV-Norm 641 140 wird festgehalten, dass Strassenanlagen so zu dimensionieren sind, dass die Verkehrsspitzen bewältigt werden können. Der für die Dimensionierung massgebende Verkehr bezieht sich auf die durchschnittliche Spitzenverkehrsstunde. Die täglichen und saisonalen Schwankungen in der Verkehrsnachfrage werden als Randbedingung akzeptiert. Während einer Reihe von Stunden wird der Verkehr grösser sein als der "massgebende". Immerhin soll nach dieser Norm nachgewiesen werden, dass die höchsten Belastungen noch unterhalb der Leistungsgrenze der Anlage liegen. "Damit wird für den massgebenden Verkehr ein Ablauf ohne unzumutbare Behinderung und für die Höchstbelastung gerade noch ein Durchkommen gewährleistet".

Auch für die Analyse bestehender Strassen ist es im Hinblick auf verkehrstechnisch bedingte Belastungsgrenzen sinnvoll, auf Stundenwerte abzustellen. Es interessiert nicht eine theoretisch mögliche Verkehrsbelastung bei einem über die Zeit ausgeglichenen Verkehr, sondern die Häufigkeit von verkehrstarken Stunden und die Verteilung der stark belasteten Stunden auf Tageszeiten und Wochentage.

Um innerhalb des gesamten Netzes die stark belasteten Abschnitte zu lokalisieren, werden die 30., die 100. und die 200. Stunde pro Richtung als Indikatoren beigezogen. Für die Analyse der Verkehrsverhältnisse auf den stark belasteten Abschnitten wird auf die 1'000 verkehrstärksten Stunden pro Richtung basiert.

Leistungsfähigkeit

In der z.Zt. noch gültigen SNV-Norm 641 145 wird die Leistungsfähigkeit wie folgt definiert:

Unter Leistungsfähigkeit (LF) wird die grösstmögliche Verkehrsmenge in Motorfahrzeugen (Mfz) verstanden, die einen bestimmten Strassenquerschnitt pro Stunde durchfahren kann; sie stellt die Leistungsfähigkeit des Strassenabschnittes dar.

Konkret werden folgende Werte für die Leistungsfähigkeit einer Strasse angegeben:

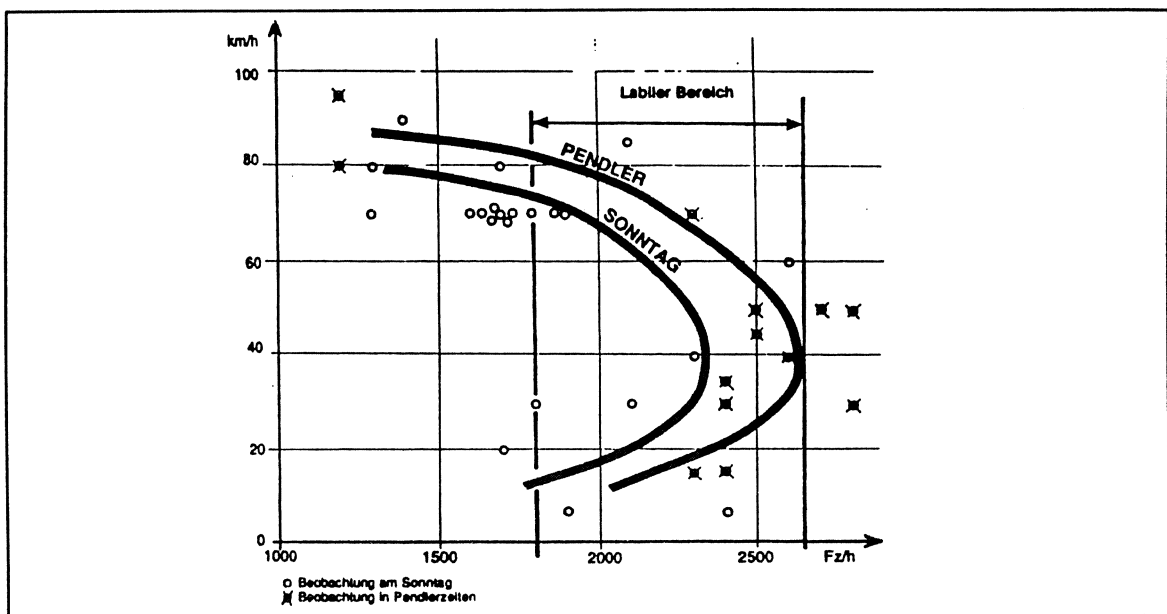
Strassentyp	Fahrspuren Anzahl	Leistungsfähigkeit im PKW E/h und Richtung
Autostrassen	2	1'250
HLS	2 x 2	4'000
HLS	2 x 3	6'000

Tabelle 2.1: Leistungsfähigkeit gemäss SNV-Norm 641 145

Die tatsächlich beobachteten Verkehrsmengen liegen jedoch oftmals über diesen Leistungsgrenzen. Im Jahr 1991 wurde z.B. im Baregg Tunnel eine maximale Verkehrsmenge von 4'570 Fahrzeugen/Std. in Richtung Zürich gezählt. Verkehrsmengen über der als Leistungsfähigkeit des Abschnittes definierten Grenze von 4'000 Fahrzeugen pro Richtung waren keine Seltenheit, sondern wurden im Jahr 1991 immerhin 250 Mal, d.h. an jedem Werktag ein Mal erreicht. Die definierte Leistungsfähigkeit stellt offensichtlich nicht die Leistungsgrenze dar.

Derart hohe Verkehrsmengen können allerdings nur abgewickelt werden, wenn bei relativ hohen Geschwindigkeiten die Zeitlücken sehr klein sind.

Im sogenannten Fundamentaldiagramm wird der Zusammenhang zwischen Leistung und Geschwindigkeit formuliert.



Figur 2.1: Fundamentaldiagramm

Je grösser das Verkehrsvolumen, desto kleiner werden die Abstände zwischen den Fahrzeugen. Die Mehrzahl der Fahrer beginnt die Geschwindigkeit nach unten anzupassen. Die Geschwindigkeit sinkt. Bei weiterer Verkehrszunahme wird der Verkehrsfluss instabil. Kleinste Störungen führen zu Staubildung. Bei genügend hoher Verkehrsmenge bricht der Verkehr auch ohne Unfall zusammen. Weil die vordersten Fahrzeuge mit grösseren Zeitlücken aus der Kolonne wegfahren als die hintersten auffahren, verlängert sich die Kolonne.

Je nach Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer werden unterschiedliche Verkehrsmengen abgewickelt. Ortskundige Pendler fahren eine gegebene Strecke mit höheren Geschwindigkeiten und kleineren Zeitlücken als z.B. ortsunkundige Touristen. Auch die Zusammensetzung des Verkehrs nach PW's und LW's und äussere Bedingungen wie Witterung und Beleuchtungsverhältnisse verändern die Leistungsfähigkeit.

Im Vorschlag zur Neuformulierung der SNV-Norm 641 145 wird die Leistungsfähigkeit wie folgt definiert:

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

Unter Leistungsfähigkeit wird nach wie vor die grösstmögliche Verkehrsmenge verstanden, die einen Fahrstreifen durchfahren kann. Es wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Leistungsfähigkeit für ganz bestimmte Bedingungen gilt. Zudem wird darauf verzichtet, Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenze gleichzusetzen.

Die Vorstellung zur Leistungsfähigkeit einer Strasse wird auch in der vorliegenden Analyse der Nationalstrassenabschnitte übernommen. Unter bestimmten Bedingungen ist die grösstmögliche Verkehrsmenge zwar etwas grösser, unter anderen Bedingungen aber auch etwas kleiner. Sobald nicht mehr einzelne Spitzenstunden, sondern Dauerbelastungen zum Problem werden, verändert sich diese grösstmögliche Verkehrsmenge nochmals. Entscheidend ist aber, dass bei heute gegebenen Bedingungen tatsächlich obere Grenzen bestehen und Abweichungen von der Leistungsfähigkeit nicht ins Gewicht fallen.

Angebotsqualität und Kapazität

In der noch bestehenden SNV-Norm 641 145 wird als Dimensionierungsgrundlage für Neuanlagen die anzustrebende Angebotsqualität 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."

Die Verkehrsmenge, die bei einer so definierten "zulässigen Belastung" zu bewältigen ist, entspricht etwa der Hälfte der Leistungsfähigkeit.

Was als Qualitätsziel anzustreben ist, wird heute, 20 Jahre nach Erscheinen dieser Norm, nicht mehr absolut gesetzt. Basierend auf dem amerikanischen "Highway capacity manual" (HCM) werden verschiedene Stufen der Verkehrsqualität unterschieden. Das HCM unterscheidet 6 Stufen.

Je nach Qualitätsniveau beträgt die Kapazität pro Spur zwischen 700 und 2'000 PW-Einheiten pro Stunde. Die in der SNV-Norm 641 145 definierte "zulässige Belastung" entspricht in etwa dem Qualitätsniveau B.

Qualitäts-niveau	Verkehrsfluss	Einfluss von Störungen	Abstand in in Fahrzeug-längen	Verkehrsmenge in PW-Einheiten pro Spur
A	freier Fluss	gering	22	700
B	beinahe freier Manöver	Störungen möglich	13	1'100
C	stabiler Ablauf bei reduzierter Geschwindigkeit	erhebliche Störungen	9	1'550
D	Grenze zu instabilem Ablauf	Hindernisse führen zu Stau	6	1'850
E	extrem instabiler Verkehrsfluss	kleinste Störungen führen zu längerem Stau	4	2'000
F	Stau			

Tabelle 2.2: Qualitätsniveaus gemäss HCM für richtungsgetrennte Strassen

Im Zusammenhang mit der Dimensionierung neuer Strassen muss der Entscheid gefällt werden, welches Qualitätsniveau für einen bestimmten Strassenabschnitt anzustreben sei. Für die Analyse bestehender Abschnitte ist ein solcher Entscheid, der immer auch ein Werturteil enthält, nicht notwendig. Mit der Festlegung verschiedener Qualitätsniveaus kann auf eine absolut gesetzte Kapazitätsgrenze verzichtet werden. Statt dessen steht ein willkommenes deskriptives Instrument zur Verfügung.

Im Folgenden wird von hohen Belastungen ab Qualitätsniveau C gesprochen. Innerhalb der "starken Belastungen" können die drei Qualitätsniveaus C, D und E unterschieden werden.

2.3 Zusammenfassung

Die Kapazität einer Strasse ist eine Funktion des angestrebten Qualitätsniveaus. Wird ein freies Fahren als erforderlich betrachtet, ist die entsprechende Kapazität kleiner als wenn erhebliche Störungen des Verkehrsablaufes in Kauf genommen werden.

Unter dem Druck des wachsenden Verkehrsvolumens haben sich auch die Zielgrössen für das Qualitätsniveau verändert. Aber über die physikalisch bedingte Grenze der Leistungsfähigkeit kann auch bei allen Abstrichen an der Qualität des Verkehrsablaufes nicht hinausgegangen werden.

Beobachtungen auf dem Nationalstrassennetz zeigen, dass für kurze Perioden die bisher als Leistungsgrenzen geltenden Werte überschritten werden. Steigt die Grundbelastung aber weiter an, können diese Spitzenwerte nicht mehr abgewickelt werden.

Die Grenzen für die Belastung des Verkehrssystems sind aber nicht abschliessend durch die Verkehrsabläufe bestimmt. Einschneidende Grenzen werden durch die Emissionen für Lärm und Schadstoffe definiert.

In einen volkswirtschaftlichen Rahmen gestellt müsste von einer finanzierbaren Kapazität des Strassensystems gesprochen werden. Der vorliegende Bericht geht auf diese Diskussion nicht ein.

Wenn in dieser Studie von Kapazität gesprochen wird, ist diese in Funktion des Qualitätsniveaus des Verkehrsablaufes definiert. Als Kapazitätsgrenze wird die dem Qualitätsniveau E entsprechende Verkehrsmenge bezeichnet.

3 Stark belastete Abschnitte

3.1 Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV)

Die höchste Verkehrsmenge auf einem Nationalstrassenabschnitt wird auf der 6-spurigen N2 bei Muttenz mit einem DTV von 88'000 Fahrzeugen pro Tag abgewickelt. Auf anderen 6-Spur-Abschnitten wie Brütisellen und Luzern Reussport-tunnel sind es zwischen 65'000 und 70'000 Fahrzeuge pro Tag.

Auf 4-spurigen Abschnitten werden bei Grauholz mit 73'000 und im Baregg mit 71'000 am meisten Fahrzeuge pro Tag gezählt.

Auf 2-spurigen Autostrassen sind es am Gotthard 15'800 auf der N4 bei Andelfingen 18'700 Fahrzeuge pro Tag.

Gemessen am durchschnittlichen täglichen Verkehr sind die höchsten Verkehrsmengen auf der N1 zwischen Winterthur und Bern, auf der N2 im Raum Basel und Luzern und auf N1/N9 entlang dem ganzen Genfersee zu beobachten. Abgesehen von den absoluten Spitzenwerten wie Nordumfahrung Zürich (65'000), Baregg (71'000), Grauholz (73'000), Umfahrung Lausanne (64'000) wird auf diesen Abschnitten ein durchschnittlicher täglicher Verkehr von 50'000 - 60'000 Fahrzeugen gezählt.

Etwas weniger stark belastet ist die N2 zwischen Verzweigung N2/N3 und Härkingen, sowie im südlichen Tessin, die N1 östlich von Winterthur, die N3 im Einzugsgebiet von Zürich, die N6 zwischen Bern und Thun und die N14 im Raum Luzern. Hier werden Verkehrsmengen von 30'000 - 40'000 Fahrzeugen pro Tag gezählt.

Alle übrigen Abschnitte von N1 und N2, die N3 östlich von Pfäffikon, die N12 zwischen Bern und Vevey, die N9 im Wallis und die N13 im Churer Rheintal weisen Verkehrsmengen von weniger als 30'000 Fahrzeugen pro Tag auf. Die Belastung ist also rund halb so gross wie auf der N1 im zentralen Mittelland.

Gemessen am durchschnittlichen Tagesverkehr ergeben sich die folgenden Belastungsschwerpunkte: (vgl. Karte 1)

- Abschnitte in unmittelbarem Einzugsgebiet der grossen Zentren
- N1 zwischen Winterthur und Bern
- N2 zwischen Basel und Härkingen
- N1/N9 entlang dem Genfersee

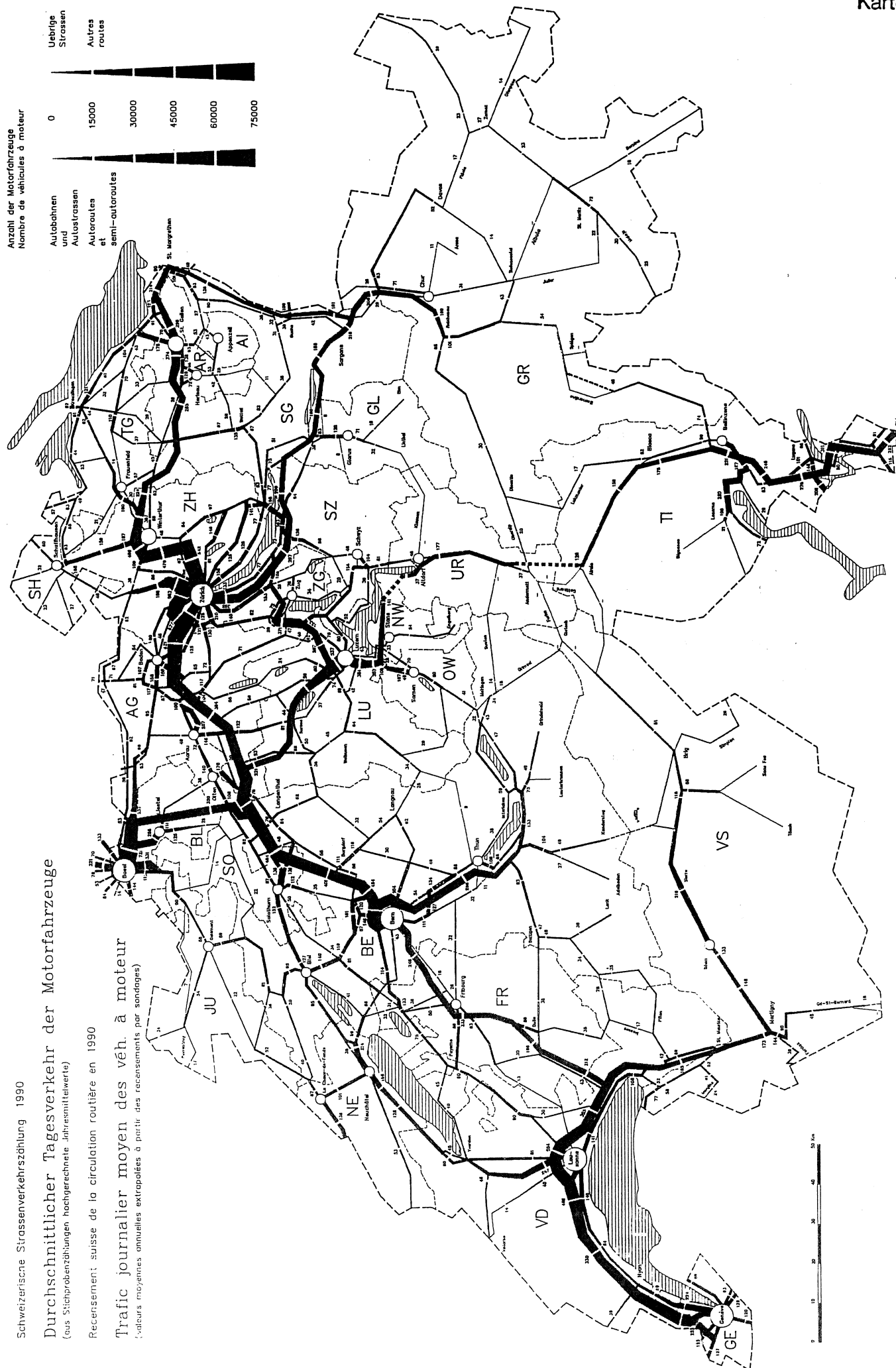
Durchschnittlicher Tagesverkehr der Motorfahrzeuge

(aus Stichprobenzählungen hochgerechnete Jahresmittelwerte)

Recensement suisse de la circulation routière en 1990

Trafic journalier moyen des véh. à moteur

*valeurs moyennes annuelles extrapolées à partir des recensements par sondages)



3.2 Spitzenbelastungen

Aufgrund des durchschnittlichen täglichen Verkehrs lassen sich nur wenige generelle Aussagen zum Verkehrsablauf und somit zur Verkehrsqualität machen. Dazu muss auf Stundenwerte zurückgegriffen werden.

Kriterien

Als stark belastete Strassen werden diejenigen Nationalstrassenabschnitte definiert, auf denen ein gewisses Komfort- und Qualitätsniveau des Verkehrsablaufes unterschritten wird.

Hohe Belastungen treten meist zu bestimmten Stunden auf, seien es die morgendlichen und abendlichen Stosszeiten in den Agglomerationen, seien es Wochenende oder Ferienbeginn und -ende im Berggebiet.

Voraussetzung, um eine Strasse als "stark belastet" zu betrachten, ist eine gewisse Häufigkeit von Überlastungssituationen. Sporadische hohe Belastungen werden nicht in die Betrachtungen miteinbezogen. Analysiert werden die 30, 100 und 200 höchsten Stundenwerte eines Kalenderjahres. Dies ist die Voraussetzung um die Unterschiede der verschiedenen typischen Ganglinien zu erfassen.

Von stark belasteten Strassen soll gesprochen werden, wenn eines der drei folgenden Kriterien erfüllt ist:

Qualitätsniveau	Anzahl Stunden p.A.	Konkretisierung
E	30 h	Unsteter Verkehr (2 - 3 Mal pro Monat)
D	100 h	beinahe unsteter Verkehr bei einem Drittel der Werktagesspitzen (2 Mal pro Woche)
C	200 h	steter Verkehr mit reduzierter Geschwindigkeit bei 2/3 der Werktagesspitzen (4 Mal pro Woche)

Tabelle 3.1: Kriterien für die Bezeichnung von stark belasteten Strassen

Trassierungselemente

Die Leistungsfähigkeit einer Strasse ist in erster Linie abhängig von der Anzahl Spuren. Das HCM geht davon aus, dass auf richtungsgetrennten Strassen jede Spur die gleiche Kapazität hat. Bei grossen Verkehrsmengen, wie sie für stark belastete Strassen typisch sind, ist diese Annahme einer homogenen Geschwindigkeit für alle Fahrspuren, d.h. einer einheitlichen Kapazität für alle Spuren, gerechtfertigt.

Bei 2-spurigen, nicht richtungstrennten Strassen sinkt die Qualität bei zunehmendem Verkehr stärker ab als bei richtungstrennten, weil Überholvorgänge stärker behindert werden.

Kriechspuren und separate Überholspuren auf richtungstrennten Strassenabschnitten werden wie eine zusätzliche Spur behandelt.

Der Einfluss von Unterschieden in der Spurbreite bzw. der seitlichen Hindernisfreiheit wird in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Breite Spuren und vor allem durchgehende Standstreifen stellen zwar einen Komfort für den normalen Verkehrsablauf dar, sie sind aber vor allem auch eine Reserve für die Abwicklung des Verkehrs im Falle von Behinderungen durch Unfälle und Baustellen. In einer detaillierten Analyse stark belasteter Abschnitte sind solche Merkmale der Trassierung im Hinblick auf die Störungsanfälligkeit eines Abschnittes von Bedeutung.

Das HCM setzt folgende Verkehrsmengen an, die unter idealen Bedingungen erreicht werden können:

Qualitätsniveau	4-Spurstrasse richtungstrennt		2-Spurstrasse Gegenverkehr	
	PKW E/h und Spur	Kapazität in % Leistungsfähigkeit	PKW E/h und Spur	Kapazität in % Leistungsfähigkeit
E	2'000	100%	1'400	100%
D	1'850	92.50%	890	65%
C	1'550	77.50%	630	45%

Tabelle 3.2: Kapazität in Abhängigkeit von der Anzahl Spuren

Während auf richtungstrennten Strassen bei einem Qualitätsniveau C noch 75 % der Leistungsfähigkeit erreicht wird, sind es bei nicht richtungstrennten Strassen lediglich 45 %.

Neigungen über längere Distanzen führen vor allem zu einer Geschwindigkeitsreduktion von Lastwagen und haben zur Folge, dass die Verkehrsmenge, die bei einem bestimmten Qualitätsniveau den Abschnitt passieren kann, kleiner wird.

Von Bedeutung sind solche Neigungen vor allem bei den Alpen- und Juraübergängen. Im Mittelland weisen die N1 östlich von Winterthur und die N12 westlich von Fribourg häufige, wenn auch nicht starke Gefällswechsel auf. Eine Ausnahme bildet die Strecke zwischen St. Denis und Vevey, wo auf einer Strecke von knapp 10 km 370 Höhenmeter überwunden werden.

Bedeutende Steigungen über jeweils kurze Distanzen finden sich auch in Bern (Grauholz) und auf dem ganzen Autobahnring um Lausanne.

Da Neigungen in erster Linie im Zusammenhang mit dem Lastwagenverkehr von Belang sind, wäre es methodisch sinnvoll, die tatsächlich verkehrenden Lastwa-

gen je nach Steigung in Personenwagengleichwerte umzurechnen. Hier stellt sich jedoch ein Datenproblem. Der Lastwagenverkehr ist zwar für den durchschnittlichen täglichen Verkehr für eine grosse Anzahl von Zählstellen bekannt. Die kombinierte Information "Lastwagenverkehr während der verkehrsstarken Stunden" liegt aber nur für eine kleine Gruppe von ausgewählten Zählstellen vor und ein Übertragen des Lastwagenanteiles bezogen auf den Tagesdurchschnitt auf die verkehrsstärksten Stunden ist nicht statthaft. Es werden deshalb nicht hypothetische Lastwagenmengen in Personenwagengleichwerte umgerechnet, sondern die einem bestimmten Qualitätsniveau entsprechenden Verkehrsmengen werden gesenkt, unter der Annahme, der Lastwagenanteil betrage generell 10 %.

Bei einem Lastwagenanteil von 10 % sind folgende Reduktionsfaktoren berücksichtigt:

Neigung		Reduktionsfaktor
	< 2 %	0.91
2	- 3 %	0.83
3	- 4 %	0.77
	> 4 %	0.71

Tabelle 3.3: Reduktionsfaktoren für einen LW-Anteil von 10 %

Bei Steigungen von 3 - 4 % ergibt sich gegenüber Strecken mit Neigungen von weniger als 2 % ein Abfall der Kapazität bezogen auf die verschiedenen Qualitätsniveaus von rund 15 %.

Bei Berücksichtigung der Anzahl Spuren, der Neigung und einem Lastwagenanteil von 10 % ergeben sich die folgenden Verkehrsmengen für die verschiedenen Qualitätsniveaus.

Anzahl Spuren	Qualitäts- niveau	Neigung			
		< 2 %	2 - 3 %	3 - 4 %	> 4 %
4	C	1350	1250	1150	1050
4	D	1600	1500	1400	1300
4	E	1800	1700	1500	1400
2	C	600	500	450	400
2	D	800	750	700	650
2	E	1250	1150	1100	1000

Tabelle 3.4: Verkehrsmengen pro Spur für verschiedenen Qualitätsniveaus und Neigungen

Als stark belastet werden Strassenabschnitte bezeichnet, die folgende Kennwerte aufweisen:

während	30 Stunden/Jahr	Qualitätsniveau E unterschritten
während	100 Stunden/Jahr	Qualitätsniveau D unterschritten
während	200 Stunden/Jahr	Qualitätsniveau C unterschritten

Oder anders ausgedrückt:

Verkehrsbelastungen in der
Verkehrsbelastungen in der
Verkehrsbelastungen in der

30. Std. höher als Kapazität bei Qualitätsniveau E
100. Std. höher als Kapazität bei Qualitätsniveau D
200. Std. höher als Kapazität bei Qualitätsniveau C

Bestimmung der stark belasteten Abschnitte

Aufgrund dieser Kriterien ergeben sich 18 stark belastete Abschnitte.
(vgl. Karte 2)

Ort	Typ	Gemessene Verkehrsmengen in % der jeweiligen Kapazität		
		30. h/QNE	100. h/QND	200. h/QNC
N 1 Baden, Baregg Tunnel	4	121 %	129 %	135 %
N 9 Contourn. Lausanne	4	117 %	124 %	143 %
N 1 Schönbühl, Grauholz	4	114 %	124 %	142 %
N 1 Colovrex Ost	4	103 %	110 %	126 %
N 1 C Umfahrung ZH	4	103 %	111 %	124 %
N 2 S. Gottardo Tunnel	2	95 %	137 %	170 %
N 4 Andelfingen	2	90 %	136 %	171 %
N 13 Kriessern	2	86 %	115 %	139 %
N 1 Umfahrung Winterthur	4	99 %	105 %	116 %
N 3 Adliswil	4	97 %	104 %	110 %
N 2 Basel, Weil a.R.	4	96 %	101 %	114 %
N 6 Umfahrung Bern Ost	4	87 %	94 %	105 %
N 1 Preverenges	4	88 %	92 %	105 %
N 2 Noranco	4	86 %	93 %	104 %
N 9 Grandvaux N	4	94 %	96 %	104 %
N 1 Deitingen	4	91 %	93 %	103 %
N 1 Gunzgen	4	87 %	91 %	103 %
N 2 Muttenz, Hard	6	85 %	90 %	102 %
N 1 Schoenbuehl N	4	83 %	88 %	96 %
N 6 Muri S	4	80 %	85 %	96 %
N 1 St. Gallen, Rosenb.	4	78 %	84 %	94 %
N 1 Kirchberg N	4	79 %	82 %	90 %
N 2 Ennethorw	4	79 %	82 %	90 %
N 1 Bern, Felsenauviadukt	6	74 %	80 %	89 %
N 1 Bruettisellen	6	74 %	80 %	89 %

Tabelle 3.5: Stark belastete Abschnitte

Das Ergebnis ist insofern homogen, als alle Zählstellen, die in der 30. h das Qualitätsniveau E unterschritten, in der 100. h das Niveau D und in der 200. h das Niveau C ebenfalls unterschreiten. Ebenso gilt, dass alle Zählstellen, die bei der 100. h das Niveau D unterschreiten, bei der 200. h auch unter dem Niveau C liegen. Die drei gewählten Kriterien erfassen mithin nicht einen je unterschiedlichen Belastungstyp, sondern führen jeweils zu einer Verlängerung der Liste.

Bei den fünf am stärksten belasteten Abschnitten weist auch die 200. h noch einen so hohen Verkehr auf, dass schon bei kleinen Störungen mit Stau zu rechnen ist.

Bei allen berücksichtigten Strassen wird bei der 30. h ein Verkehr beobachtet, der an der Grenze eines noch stabilen Ablaufes liegt.

3.3 Merkmale stark belasteter Abschnitte

Bedeutung der Zentren

Von den 18 als stark belastet bezeichneten Strassenabschnitten liegen 12 im direkten Umkreis von Zentren. Es sind Winterthur, Zürich, Bern, Lausanne, Genf und Basel. Es versteht sich, dass diese Resultate im einzelnen durch die Anordnung der Zähler noch akzentuiert bzw. relativiert werden können.

Es ist aber in hohem Masse plausibel, dass erstens durch die Überlagerung von kleinräumigen und grossräumigen Verkehrsströmen hohe Belastungen entstehen und zweitens, dass hier Spitzenbelastungen häufiger auftreten, weil im Grunde an jedem Werktag hohe Belastungen zu verzeichnen sind.

Bedeutung der Hauptverbindungen

Von den 18 am stärksten belasteten Zählstellen liegen 10 auf der Ost-West-Verbindung, zu welcher neben der N1 auch die N9 zwischen Vevey und Lausanne gezählt wird. Davon liegen 6 im engeren Einzugsgebiet der grossen Zentren Zürich, Bern, Lausanne und Genf. Ausserhalb des engeren Einzugsgebietes der grossen Zentren liegen die Umfahrung Winterthur, der Bareggunnel, Gunzgen und Deitingen.

Fünf stark belastete Abschnitte liegen auf der Nord-Süd-Verbindung, wobei Gunzgen ein gemeinsamer Teilabschnitt von Ost-West- und Nord-Südverbindung ist. Davon liegen 2 im engeren Einzugsgebiet von Basel.

Im Gebiet Luzern werden die hier formulierten Kriterien für "stark belastete" Strassen bei einem weiteren Verkehrswachstum in naher Zukunft ebenfalls erfüllt sein.

Bei den angenommenen Lastwagenanteilen erreichen die Verkehrsbelastungen auf den Bergstrecken der Gotthardachse die kritischen Grenzen noch nicht.

Vier stark belastete Abschnitte liegen ausserhalb dieser grossen Verbindungsachsen. Bei 2 handelt es sich um Abschnitte im Umkreis von Zentren (Umfahrung Bern, Adliswil) bei 2 um 2-spurige Strassen (N4, N13). Der San Bernardino-Tunnel ist auf der N13 nicht der kritische Abschnitt der Nord-Süd-Achse. Die steilen Bergstrecken sind zum grössten Teil auf 3 Spuren ausgebaut. Wo sie es nicht sind (z.B. Via Mala) werden die Kriterien für eine "stark belastete" Strasse erfüllt.

4 Verkehrsgeschehen auf stark belasteten Abschnitten

4.1 Methode

Für die gemäss Kapitel 3 ausgewählten stark belasteten Abschnitte werden die 1'000 verkehrsstärksten Stunden getrennt nach Richtungen analysiert. Gesamthaft liegen somit pro Zählstelle 2'000 Werte vor.

Die Daten beziehen sich auf das Jahr 1991. Für die drei Zählstellen Gotthardtunnel, Andelfingen und Grandvaux musste auf die Daten von 1992 zurückgegriffen werden.

Nicht berücksichtigt werden konnte die Zählstelle Colovrex auf der N1 vor Genf, weil der Verkehr auf den beiden Ästen nach Genf und nach Cointrin gesondert erfasst wird. Dieser Abschnitt ist dennoch als stark belastet zu betrachten.

4.2 Anzahl stark belasteter Stunden

Mit der Analyse der 1'000 verkehrsstärksten Stunden kann innerhalb der stark belasteten Abschnitte eine klarere Hierarchie gebildet werden. Es interessiert, an wievielen Stunden der Richtwert für die Qualitätsniveaus C, D oder E überschritten wird. Das Qualitätsniveau C (QNC) erlaubt noch einen stabilen Verkehrsfluss bei reduzierter Geschwindigkeit. Das Qualitätsniveau D (QND) ist die Grenze zu einem instabilen Ablauf. Das Qualitätsniveau E (QNE) charakterisiert einen instabilen Ablauf. Im folgenden Abschnitt werden die Qualitätsniveaus D und E des öfters zusammengefasst, weil ab QND erstens Staugefahr besteht und zweitens bei der Auflösung eines Staus in etwa eine Verkehrsmenge entsprechend dem QND einen Querschnitt zu passieren vermag.

Die stark belasteten Zählstellen wurden so ausgewählt, dass der Verkehr der 200. Stunde in einer der Richtungen das QNC überschreitet. Die minimale Anzahl Stunden für die Summe QN C + D + E ist also 200. Wären beide Richtungen gleich belastet, wären es 400. Der tiefe Wert für Noranco ist darauf zurückzuführen, dass nur der Verkehr in Richtung Chiasso regelmässig das QNC erreicht. Für die übrigen Zählstellen gilt, dass im Durchschnitt mindestens einmal pro Tag in einer der beiden Richtungen der Verkehr den Richtwert für das QNC überschreitet. (vgl. Karte 3)

Bei 4 Zählstellen (Grauholz, Baregg, Cont. de Lausanne, Umfahrung Zürich Nord) wird regelmässig die Verkehrsmenge für QNE überschritten. Bei allen anderen Zählstellen ist dies ein episodisches Ereignis. Diese 4 Zählstellen in den Agglomerationen Zürich, Bern und Lausanne weisen auch für die übrigen Stunden hohe Verkehrsmengen auf. Es handelt sich also um Spitzen über einer hohen Grundbelastung.

Nr.	NS	Ort	Anzahl Stunden pro Jahr				
			QNC	QND	QNE	E + D	C + D + E
56	1	Grauholz	928	635	437	1072	2000
97	1	Baregg	1102	395	482	877	1979
64	9	Cont Lausanne	1248	186	457	643	1891
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	960	484	146	630	1590
150	2	Gotthard	955	1035	10	1045	2000
178	4	Andelfingen	1214	785	1	786	2000
22	13	Kriessern	1555	386	4	390	1945
93	1	Umfahrung Winterthur	413	287	28	315	728
54	3	Adliswil	265	164	0	164	429
70	2	Weil a. Rhein	387	111	12	123	510
116	9	Grandvaux	347	78	8	86	433
32	1	Deitingen	403	61	2	63	466
43	1	Preverenges	491	39	1	40	531
60	1	Gunzgen	427	27	0	27	454
42	6	Umfahrung Bern Ost	445	15	0	15	460
76	2	Noranco	243	10	1	11	254
81	2	Muttenz	502	9	0	9	511

Tabelle 4.1: Anzahl Stunden mit einem Verkehr > QNC 1991, Montag - Sonntag

Bei einer weiteren Gruppe von 6 Zählstellen wird die Verkehrsmenge für das QND (siehe Tabelle 4.1, Kolonne E + D) regelmässig überschritten. Dazu gehören die drei 2-spurigen Abschnitte N2 Gotthardtunnel, N4 Andelfingen und N13 Kriessern. Zu berücksichtigen ist bei diesen 2-spurigen Abschnitten, dass die massgebenden Verkehrsmengen für das QND und insbesondere für das QNC relativ zum QNE viel tiefer liegen als auf richtungsgetrennten Strassen. Wenn am Gotthard während des ganzen Tages ein konstant hoher Verkehr abgewickelt wird wie etwa vor Ostern, werden zwischen 900 und 1'100 Fahrzeuge pro Stunde und Richtung durchgelassen. Auf 4-spurigen Strassen sind es bei QND 1'700 pro Fahrspur und Richtung.

Die deutlich geringere Anzahl Stunden mit einer höheren Verkehrsmenge als QND in Adliswil und Weil am Rhein ergibt sich deshalb, weil sich die verkehrsstärksten Stunden auf eine Richtung konzentrieren. Dies hat damit zu tun, dass die Engpässe vor diesen Zählstellen (Stadt Zürich, Grenzübergang) nur Verkehrsmengen zulassen, die von den nachfolgenden Autobahnabschnitten komfortabel aufgenommen werden können. Eine so unsymmetrische Verteilung ist, wie Tabelle 4.2 zeigt, eher ungewöhnlich.

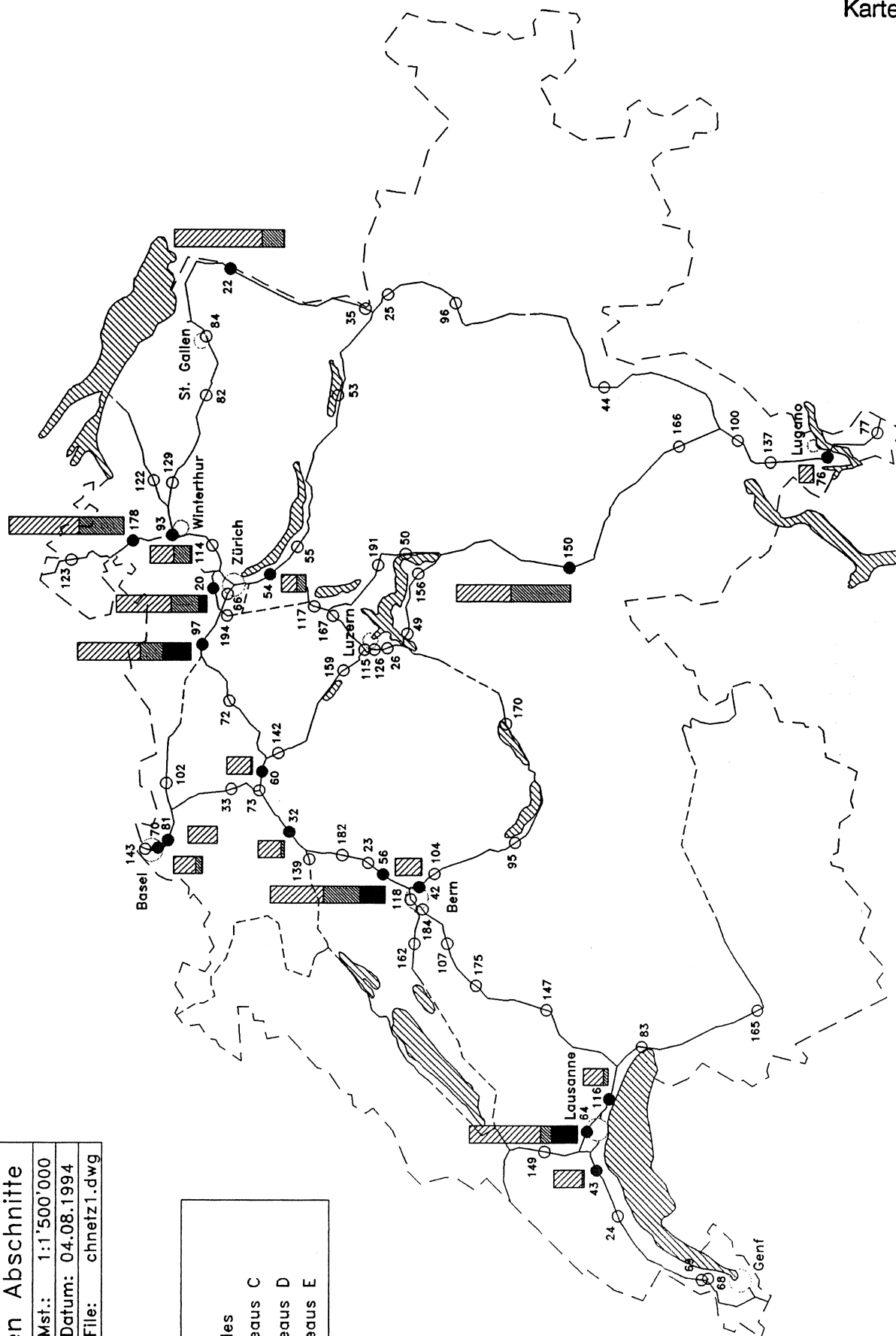
Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

Anzahl Spitzenstunden der
stark belasteten Abschnitte

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Mst.: 1:1'500'000 Datum: 04.08.1994 File: chnetz1.dwg
--	---

Legende
Überschreitung des
Qualitätsniveaus C
Qualitätsniveaus D
Qualitätsniveaus E

2'000 h
1'500 h
1'000 h
500 h



Ort	Richtung 1 (R1)	Richtung 2 (R2)	R1/(R1 + R2)
Grauholz	412	660	38 %
Gotthard	434	611	42 %
Baregg	360	517	41 %
Andelfingen	376	410	48 %
Cont. de Lausanne	273	370	42 %
Umfahrung Zürich Nord	299	331	47 %
Kriessern	157	233	40 %
Umfahrung Winterthur	139	176	44 %
Adliswil	4	160	2 %
Weil am Rhein	0	123	0 %

Tabelle 4.2: Stunden pro Jahr mit Verkehr > QND nach Richtungen

Bei einer letzten Gruppe von 7 Zählstellen wird regelmässig die massgebende Verkehrsmenge für das QNC überschritten. Dazu gehören u.a. die Zählstellen auf der N1 zwischen Baregg und Bern, die N9 und die N1 in der Umgebung von Lausanne und die 6-spurige N2 in Muttenz.

Gesamthaft lassen sich also drei Gruppen nach der Stärke der Belastung bilden. In einer ersten Gruppe wird regelmässig eine Verkehrsmenge erreicht, die zu extrem instabilem Ablauf führt. Eine zweite Gruppe weist Verkehrsmengen auf, die an der Grenze zu einem instabilen Ablauf liegt. Eine dritte Gruppe hat solche Spitzenbelastungen nur in Ausnahmefällen; die Verkehrsmengen sind aber regelmässig so hoch, dass schon leichte Störungen zu Stau führen.

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Grauholz	Gotthardtunnel	Grandvaux
Baregg	Andelfingen	Deitingen
Cont. de Lausanne	Kriessern	Préverenges
Umfahrung Zürich Nord	Umfahrung Winterthur	Gunzgen
	Adliswil	Umfahrung Bern
	Weil am Rhein	Noranco
	Muttenz	

Tabelle 4.3: Stark belastete Abschnitte nach Grad der Belastung

4.3 Verteilung der stark belasteten Stunden nach Wochentagen

Die Stunden mit hohen Verkehrsmengen werden zusammengefasst nach Werktagen (Montag bis Freitag) einerseits und Wochenendtagen (Samstag und Sonntag) andererseits. Feiertage sind nicht berücksichtigt, was bedeutet, dass das Gewicht der Werktage etwas überschätzt wird.

Die Spitzenstunden an Werktagen dominieren im allgemeinen schon deshalb, weil 5 Werktage, aber nur 2 Wochenendtage einbezogen sind. Dennoch sind an den beiden Zählstellen Gotthardtunnel und Deitingen an Wochenendtagen mehr

Spitzenstunden (QNC + QND + QNE) zu verzeichnen als an Werktagen. Werden nur die Stunden mit einem Verkehr über QND und QNE berücksichtigt, gehört auch Kriessern dazu. Bei den beiden Zählstellen Gotthard und Kriessern, die an den beiden wichtigen Zugängen zur Südschweiz liegen, überrascht dieses Resultat kaum. Bemerkenswert ist aber, dass auch Deitingen an Wochenenden häufiger hohe Belastungen aufweist als an Werktagen.

Nr.	NS	Ort	Anzahl Stunden				Stunden/Tag	
			MO-FR		SA/SO		MO-FR	SA-SO
			DE	CDE	DE	CDE	CDE	CDE
56	1	Grauholz	774	1372	298	628	5.3	6.0
150	2	Gotthard	379	881	666	1119	3.4	10.8
97	1	Baregg	868	1748	9	231	6.7	2.2
178	4	Andelfingen	705	1481	81	519	5.7	5.0
64	9	Cont Lausanne	588	1551	55	340	6.0	3.3
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	630	1577	0	13	6.1	0.1
22	13	Kriessern	152	1214	238	731	4.7	7.0
93	1	Umfahrung Winterthur	307	663	8	65	2.6	0.6
54	3	Adliswil	164	429	0	0	1.7	0.0
70	2	Weil a. Rhein	119	445	4	65	1.7	0.6
116	9	Grandvaux	54	257	32	176	1.0	1.7
32	1	Deitingen	6	165	57	301	0.6	2.9
43	1	Preverenges	34	463	6	68	1.8	0.7
60	1	Gunzgen	15	235	12	219	0.9	2.1
42	6	Umfahrung Bern Ost	14	420	1	40	1.6	0.4
76	2	Noranco	11	248	0	6	1.0	0.1
81	2	Muttenz	9	486	0	25	1.9	0.2

Tabelle 4.4: Stark belastete Stunden nach Wochentagen

Um Werktage und Wochenende besser miteinander vergleichen zu können, wurden die Stunden mit Spitzenbelastungen auf die Anzahl Werktage (250) bzw. Wochenendtage (105) bezogen. (Tabelle 4.4, Spalten 5 + 6)

Es lassen sich drei Gruppen von Zählstellen unterscheiden:

Klare Dominanz des Werktagsverkehrs	Klare Dominanz Wochenendverkehrs	Hohe Belastungen während allen Tagen
Nordumfahrung Zürich	Grandvaux	Grauholz
Umfahrung Winterthur	Deitingen	Gotthard
Adliswil	Gunzgen	Baregg
Weil am Rhein		Cont. de Lausanne
Préverenges		Kriessern
Umfahrung Bern Ost		
Noranco		
Muttenz		

Tabelle 4.5: Zählstellen nach Dominanz von Werktagen bzw. Wochenenden

Eine Dominanz der Werktagsbelastungen weisen vor allem Zählstellen in den Agglomerationen auf. Überlandstrecken sind eher an Wochenenden stark belastet.

Für die am stärksten belasteten Zählstellen (Ausnahme Nordumfahrung Zürich) ist typisch, dass sie sowohl an Werktagen wie an Wochenenden hohe Belastungen aufweisen.

4.4 Verkehrsstärkste Stunden nach Tageszeiten

Es wird unterschieden nach:

Spitzenverkehrszeiten (SVZ)	07 - 08	16 - 18	3 h
Erweiterte Spitzenverkehrszeiten (SVZ2)	06 - 07, 08 - 09	18 - 19	3 h
Normalverkehrszeiten (NVZ)	09 - 16	19 - 21	9 h
Nacht	21 - 06		9 h

Hohe Verkehrsbelastungen während der Nacht waren bei den analysierten Zählstellen im Jahr 1991 während 105 Stunden zu beobachten, davon fielen 94 auf den Gotthardtunnel. Da es sich ausser beim Gotthard um höchst seltene, episodische Fälle handelt, wurden die hohen Verkehrsbelastungen während Nachtstunden den Normalverkehrszeiten zugerechnet.

Nr.	NS	Ort	MO-FR	MO-FR	MO-FR	MO-FR	MO-FR	MO-FR	MO-FR
			SVZ	SVZ2	NVZ	Total	SVZ	SVZ2	NVZ
97	1	Baregg	1037	637	74	1748	59%	36%	4%
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	1233	315	29	1577	78%	20%	2%
64	9	Cont Lausanne	1067	386	98	1551	69%	25%	6%
178	4	Andelfingen	714	450	317	1481	48%	30%	21%
56	1	Grauholz	959	258	155	1372	70%	19%	11%
22	13	Kriessern	810	115	289	1214	67%	9%	24%
150	2	Gotthard	202	107	572	881	23%	12%	65%
93	1	Umfahrung Winterthur	578	69	16	663	87%	10%	2%
81	2	Muttenz	464	21	1	486	95%	4%	0%
43	1	Preverenges	398	54	11	463	86%	12%	2%
70	2	Weil a. Rhein	335	90	20	445	75%	20%	4%
54	3	Adliswil	425	3	1	429	99%	1%	0%
42	6	Umfahrung Bern Ost	418	2	0	420	100%	0%	0%
116	9	Grandvaux	195	45	17	257	76%	18%	7%
76	2	Noranco	239	9	0	248	96%	4%	0%
60	1	Gunzgen	161	39	35	235	69%	17%	15%
32	1	Deltingen	110	35	20	165	67%	21%	12%

Tabelle 4.6: Verteilung stark belasteter Stunden nach Tageszeiten, Montag - Freitag

Generell lassen sich zwei Feststellungen machen: Erstens fallen an Werktagen die stark belasteten Stunden auf die Spitzenverkehrszeiten, am Wochenende auf

Normalverkehrszeiten. Zweitens fallen in den Agglomerationen die verkehrsstärksten Stunden auf die Spitzenverkehrszeiten, auf Überlandstrecken auf Normalverkehrszeiten.

Bedeutende Anteile an Spitzenstunden in Normalverkehrszeiten erreichen während Wochentagen vor allem Gotthard, Andelfingen, Kriessern, Grauholz und Deitingen. Mit Ausnahme von Grauholz sind es Überlandstrecken mit Fernverkehr. Bei der Zählstelle Grauholz ergibt sich der hohe Anteil aus der grossen Grundbelastung dieser Strasse. Sie wäre noch höher, wenn mehr als 1'000 Stunden analysiert werden könnten.

Die unterschiedlichen Anteile der "erweiterten Spitzenverkehrszeiten" müssen unterschiedlich interpretiert werden. Bei den Überlandstrecken Deitingen, Gunzgen, Gotthard und u.U. Andelfingen entsprechen die hohen Anteile dem Wunschtagesgang der Verkehrsteilnehmer.

Auf den stark belasteten Abschnitten Baregg, Grauholz, Umfahrung Lausanne und Nordumfahrung Zürich bedeuten die vielen stark belasteten Stunden in den "erweiterten Spitzenverkehrszeiten", dass die Verkehrsteilnehmer den absoluten Tagesspitzen auszuweichen versuchen.

An Wochenendtagen ergibt sich ein wesentlich anderes Bild:

Nr.	NS	Ort	SA/SO	SA/SO	SA/SO	SA/SO	SA/SO	SA/SO	SA/SO
			SVZ	SVZ2	NVZ	Total	SVZ	SVZ2	NVZ
150	2	Gotthard	234	132	753	1119	21%	12%	67 %
22	13	Kriessern	178	86	467	731	24%	12%	64 %
56	1	Grauholz	175	60	393	628	28%	10%	63 %
178	4	Andelfingen	182	44	293	519	35%	8%	56 %
64	9	Cont Lausanne	117	60	163	340	34%	18%	48 %
32	1	Deitingen	85	44	172	301	28%	15%	57 %
97	1	Baregg	101	34	96	231	44%	15%	42 %
60	1	Gunzgen	74	39	106	219	34%	18%	48 %
116	9	Grandvaux	68	43	65	176	39%	24%	37 %
43	1	Preverenges	22	21	25	68	32%	31%	37 %
93	1	Umfahrung Winterthur	38	20	7	65	58%	31%	11 %
70	2	Weil a. Rhein	2	0	63	65	3%	0%	97 %
42	6	Umfahrung Bern Ost	25	12	3	40	63%	30%	8 %
81	2	Muttenz	2	0	23	25	8%	0%	92 %
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	11	1	1	13	85%	8%	8 %
76	2	Noranco	2	4	0	6	33%	67%	0 %
54	3	Adliswil	0	0	0	0	0%	0%	0 %

Tabelle 4.7: Verteilung der stark belasteten Stunden nach Tageszeiten, Samstag und Sonntag

An Wochenenden ist der Anteil der stark belasteten Stunden, die auf Normalverkehrszeiten fallen, generell viel höher als an Werktagen. Es ist weiter bemerkenswert, dass sich für Werktage typische gemeinsame Merkmale verwischen. Ausgeprägte Verkehrsspitzen sind generell begründet durch die Homogenität von ge-

wünschten Verkehrszeiten und von Fahrquellen bzw. Fahrzielen einer grossen Zahl der Verkehrsteilnehmer. An Werktagen ergibt sich solche Homogenität durch die Arbeitszeiten und die räumliche Spezialisierung nach Arbeitsplatzgebieten und Wohngebieten. An Wochenenden sind dagegen sowohl Fahrzeiten wie Wunschlinien der Verkehrsteilnehmer heterogener, was sich in einer ausgeglicheneren Verteilung der verkehrsstärksten Stunden ausdrückt. Dort wo verschiedene Wunschlinien wieder gebündelt werden (z.B. Alpenübergänge) oder viele Verkehrsteilnehmer gleichzeitig zusammentreffen, z.B. in den Ballungsgebieten am Sonntagabend, entstehen auch an Wochenenden ausgeprägte Spitzen.

4.5 Dauer der Spitzenbelastungen

Für den Verkehrsablauf und die Tendenz zu Staubildung ist nicht nur die Verkehrsmenge wichtig, sondern auch die Dauer hoher Verkehrsaufkommen. Für die Abschnitte mit hohen Verkehrsbelastungen wurde deshalb untersucht, wie sich die stark belasteten Stunden auf Perioden mit Spitzenbelastungen verteilen. Aus der Anzahl der Stunden und der Anzahl der Fälle (Häufigkeit von Spitzenbelastungen) lässt sich die durchschnittliche Dauer von hohen Belastungen berechnen. Die kleinste Einheit ist eine Stunde.

Nr.	NS	Ort	Anzahl Fälle	Anzahl Stunden	Dauer/ Fall
150	2	Gotthard	460	2000	4.3
178	4	Andelfingen	645	2000	3.1
22	13	Kriessern	785	1945	2.5
97	1	Baregg	843	1979	2.3
56	1	Grauholz	897	2000	2.2
32	1	Deitingen	211	466	2.2
60	1	Gunzgen	214	454	2.1
64	9	Cont Lausanne	917	1891	2.1
116	9	Grandvaux	232	433	1.9
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	922	1590	1.7
70	2	Weil a. Rhein	315	510	1.6
93	1	Umfahrung Winterthur	503	728	1.4
43	1	Preverenges	387	531	1.4
81	2	Muttenz	394	511	1.3
76	2	Noranco	225	254	1.1
42	6	Umfahrung Bern Ost	412	461	1.1
54	3	Adliswil	415	429	1.0

Tabelle 4.8: Anzahl Fälle mit hohen Belastungen und Dauer dieser Fälle

Am häufigsten kommen hohe Belastungen auf den kritischen Abschnitten der Agglomerationen vor, weil sie mit grosser Regelmässigkeit während der täglichen Stosszeiten anfallen. Im Gegensatz zu Baregg, Grauholz und Cont. de Lausanne, wo auch an Sonntagen hohe Belastungen zu verzeichnen sind, weist die Nordumfahrung Zürich vor allem Werktagsbelastungen auf. Hier treten zwar am

häufigsten Spitzenbelastungen auf, sie dauern aber etwas weniger lang als auf den anderen kritischen Abschnitten.

Die übrigen Abschnitte im Bereich der Agglomerationen sind ebenfalls durch die regelmässigen hohen Belastungen gekennzeichnet, die dafür nicht sehr lange dauern. Hohe Belastungen sind hier vornehmlich ein Phänomen der täglichen Stosszeiten.

Auf den Überlandabschnitten Deitingen, Gunzgen und Grandvaux ist die lange Durchschnittsdauer von hohen Belastungen bemerkenswert. Die hohen Belastungen an den Wochenenden sind zwar weniger ausgeprägt als in den Agglomerationen, sie dauern aber eher länger. Die Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer hat auf die effektive Kapazität einen erheblichen Einfluss. So werden im Pendelverkehr gewöhnlich höhere Verkehrsmengen störungsfrei abgewickelt als im Touristen- und Freizeitverkehr. Auf den genannten Überlandstrecken fällt deshalb nicht nur die lange Dauer der einzelnen hohen Belastungen ins Gewicht. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Verkehrsteilnehmer in bezug auf die effektive Kapazität der Strassen ungünstig zusammengesetzt sind.

Bei den 3 berücksichtigten Zweispurabschnitten mit vielen stark belasteten Stunden dauern die hohen Belastungen über eine längere Zeit an. Am extremsten ist dabei der Gotthardtunnel, wo sich die 2'000 Spitzenstunden auf lediglich 460 Fälle konzentrieren, was eine entsprechend lange Dauer von hohen Belastungssituationen ergibt.

Nr.	NS	Ort	Anzahl Fälle	Anteil Fälle			Dauer h
				1 h	2+3 h	> 3 h	
150	2	Gotthard	460	17%	31%	52%	4.3
178	4	Andelfingen	645	13%	59%	29%	3.1
22	13	Kriessern	785	42%	34%	25%	2.5
97	1	Baregg	843	27%	65%	8%	2.3
56	1	Grauholz	897	33%	51%	16%	2.2
32	1	Deitingen	211	38%	47%	14%	2.2
60	1	Gunzgen	214	34%	56%	11%	2.1
64	9	Cont Lausanne	917	42%	50%	9%	2.1
116	9	Grandvaux	232	55%	36%	9%	1.9
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	922	42%	55%	3%	1.7
70	2	Weil a. Rhein	315	47%	51%	2%	1.6
93	1	Umfahrung Winterthur	503	68%	31%	1%	1.4
43	1	Preverenges	387	77%	21%	2%	1.4
81	2	Muttenz	394	75%	25%	1%	1.3
76	2	Noranco	225	88%	12%	0%	1.1
42	6	Umfahrung Bern Ost	412	91%	9%	0%	1.1
54	3	Adliswil	415	98%	2%	0%	1.0

Tabelle 4.9: Verteilung der Fälle mit hoher Belastung nach Dauer

Langandauernde Belastungen über drei Stunden konzentrieren sich im wesentlichen auf die Überlandstrecken. Auf den Agglomerationsabschnitten ohne intensiven Wochenendverkehr sind langandauernde hohe Belastungen höchst selten.

Auf den am stärksten belasteten Agglomerationsabschnitten dauern die Belastungssituationen zu 50 % und mehr 2 - 3 Stunden, was darauf zurückzuführen ist, dass die Morgen- vor allem aber die Abendspitzen breit sind.

4.6 Merkmale des Verkehrs auf den stark belasteten Abschnitten

Es wird versucht, die stark belasteten Abschnitte aufgrund des Verkehrsgeschehens, wie es sich in den 1'000 am stärksten belasteten Stunden zeigt, zu typisieren.

Typ 1 Abschnitte mit Überlagerung von Agglomerations- und überregionalem Verkehr

Die Strassenabschnitte weisen häufige Belastungen auf, die bei kleinen Störungen zu Stau führen. Im Durchschnitt wird pro Tag und Richtung während mindestens zwei Stunden eine Verkehrsmenge abgewickelt, die den Richtwert für das QNC überschreitet.

Ort	Stunden > QNE	Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
Grauholz	437	2'000	69 %	11 %	2.2
Baregg	482	1'979	88 %	4 %	2.3
Cont. de Lausanne	457	1'891	82 %	6 %	2.1
Nordumfahrung Zürich	146	1'590	99 %	2 %	1.7

Tabelle 4.10: Hoch belastete Abschnitte in Agglomerationen

Die absoluten Spitzenbelastungen treten zwar mehrheitlich an Werktagen auf, vor allem bei Grauholz sind aber auch hohe Wochenendbelastungen zu verzeichnen.

Während der Woche entfällt nur ein geringer Anteil der hohen Belastungen auf Normalverkehrszeiten. Die täglichen Stosszeiten dauern aber oft zwei und mehr Stunden, was sich ausdrückt in einer langen Durchschnittsdauer der Perioden mit hoher Belastung. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit von Stau erhöht.

Gemeinsam ist diesen 4 Abschnitten auch, dass sie besondere Netzmerkmale aufweisen, wie eine gegenüber vor- und nachgelagerten Abschnitten reduzierte Spurenzahl (Baregg, Nordumfahrung Zürich) bzw. bedeutende Neigungen (Grauholz, Umfahrung Lausanne).

Typ 2 Abschnitte mit Dominanz des Agglomerationsverkehrs

Ort	Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
Umfahrung Winterthur	728	91 %	2 %	1.4
Préverenges	531	87 %	2 %	1.4
Well am Rhein	570	87 %	4 %	1.6
Muttenz	511	95 %	0 %	1.3
Umfahrung Bern Ost	460	91 %	0 %	1.1
Adliswil	429	100 %	0 %	1.1
Noranco	254	98 %	0 %	1.1

Tabelle 4.11: Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des Agglomerationsverkehrs

Die Strassenabschnitte weisen pro Werktag und Richtung etwa eine Spitzenstunde auf. Auf der Umfahrung Winterthur sind es für beide Richtungen 3, bei Noranco nur eine. Die Spitzenstunden fallen zu 90 % auf Werktage. Spitzenstunden während Normalverkehrszeiten sind selten. Es sind die ausgeprägten morgendlichen und abendlichen Stosszeiten, die ein Problem darstellen und die allenfalls länger als eine Stunde dauern.

Die hohen absoluten Verkehrsmengen auf der N2 in Muttenz werden von der 6-spurigen Strasse soweit verkraftet, dass die massgebenden Verkehrsmengen für das QND kaum je erreicht werden.

Typ 3 Abschnitte mit Dominanz des überregionalen Verkehrs

Die Zählstellen mit einer Dominanz des überregionalen Verkehrs sind dadurch geprägt, dass der Anteil der auf Werktage entfallenden hohen Belastungen verglichen mit den anderen Typen klein ist, dass der Anteil der Spitzenbelastungen während Normalverkehrszeiten und erweiterten Spitzenstunden hoch ist, und dass die Perioden mit hohen Belastungen relativ lang dauern. Im Unterschied zu Zählstellen in den Agglomerationen entstehen lang dauernde Belastungen v.a. während Wochenenden und während des Ferienverkehrs.

NS	Ort	Stunden > QNC	Anteil Mo - Fr	NVZ Mo - Fr	Dauer pro Fall
N 2	Gotthard	2'000	44 %	65 %	4.3
N 13	Kriessern	1'945	62 %	24 %	2.5
N 4	Andelfingen	2'000	74 %	21 %	3.1
N 1	Deitingen	466	35 %	12 %	2.2
N 1	Gunzgen	454	52 %	15 %	2.1
N 9	Grandvaux	433	51 %	7 %	1.9

Tabelle 4.12: Hoch belastete Abschnitte mit Dominanz des überregionalen Verkehrs

Betreffend der Anzahl von Spitzenstunden sind zwei Gruppen zu unterscheiden. Die 2-spurigen Strassen mit einer hohen Anzahl von Stunden und die 4-spurigen mit einer geringen.

Da für die 2 und die 4-spurigen Strassen die Qualitätsniveaus anders definiert sind, ist der Vergleich nur beschränkt möglich.

Werden bei Kriessern nur die Stunden mit einer Belastung über dem QND miteinbezogen, gleichen sich die Strukturmerkmale des Verkehrs denjenigen der Mittel-landstrecken an. Bei Andelfingen ergibt sich dagegen eine Angleichung an den Typus 2 (Agglomerationsverkehr). Beim Gotthard ändern sich die Strukturmerkmale nicht wesentlich.

5 Lastwagenverkehr

5.1 Fragestellung

Im Zusammenhang mit Kapazitätsengpässen im schweizerischen Autobahnnetz stellt sich die Frage nach der Bedeutung des Schwerverkehrs für die Belastung des Strassennetzes.

Der Schwerverkehr umfasst alle Fahrzeuge mit mehr als 3,5 t Gesamtgewicht. Innerhalb des Schwerverkehrs wird nochmals unterschieden zwischen Lastzügen einerseits sowie Lastwagen und Gesellschaftswagen andererseits. Lieferwagen werden den leichten Motorwagen (PW) zugerechnet.

5.2 Durchschnittlicher täglicher Lastwagenverkehr

Schwerverkehrsmengen

Im schweizerischen Nationalstrassennetz gibt es im wesentlichen die zwei Teilstrecken Winterthur - Bern der N1 und Basel - Härkingen auf der N2, die einen Lastwagenverkehr aufweisen, der deutlich über demjenigen aller anderen Teilstrecken liegt. Hier verkehren 5'500 - 7'000 Lastwagen pro Werktag. Bei Muttenz sind es gar beinahe 10'000. Auf den übrigen Strecken liegen die Schwerverkehrsmengen deutlich tiefer. Zwischen Winterthur und St. Gallen sind es 2'500, bei Lausanne und Luzern rund 3'500, über den Gotthard 2'000. (vgl. Karte 4)

Im Umkreis der Agglomerationen ist der Lastwagenverkehr auf den Autobahnen nicht wesentlich dichter als auf den Überlandstrecken, dies im Gegensatz zum Gesamtverkehr. Die Gebiete im Dreieck Zürich - Basel - Bern müssen wohl als ein einziger grosser Versorgungsraum verstanden werden mit vielen gegenseitigen Beziehungen. Im Personenverkehr dagegen sind die Beziehungen zwischen den Zentren stark überlagert vom Verkehr des Zentrums mit dem jeweiligen Umland.

Lastwagenanteil

Der Lastwagenanteil wird bezogen auf den durchschnittlichen Werktagsverkehr während 14 Stunden. Zusätzlich zum Lastwagenanteil wird auch der Anteil der grossen Fahrzeuge (Lastenzüge und Sattelzüge) am gesamten Lastwagenverkehr ausgewiesen.

Region	Zählstelle		LW-Anteil am DTV %	Anteil schwere Fz. am LW
Ost - West	östlich Winterthur	Gossau	9.9	49
Ost - West	Zürich - Bern	Hunzenschwil	14.1	58
Ost - West	Bern - Lausanne	Matron	9.0	51
Ost - West	Lausanne - Genf	Rolle	7.7	49
Nord - Süd	Basel - Härkingen	Belchen	19.5	64
Nord - Süd	Luzern	Ennethorw	8.7	44
Nord - Süd	Berggebiet	Gothard	17.0	66
Nord - Süd	N13	San Bernadino	10.4	55

Tabelle 5.1: Lastwagenanteil an ausgewählten Zählstellen

Hohe Lastwagenanteile sind auf der **Nord - Süd - Achse** zu verzeichnen. Im Raum Basel liegt der Lastwagenanteil bei einem hohen Gesamtverkehr bei 13 % in Muttenz und bei gar 19.5 % am Belchen. Im Raum Luzern sinkt der LW-Anteil auf weniger als 10 %, weil der Agglomerationsverkehr hoch ist. Auf der Bergstrecke ist an durchschnittlichen Werktagen der Lastwagenverkehr im Verhältnis zum Gesamtverkehr mit 17 % sehr hoch.

Auf der **Ost - West - Verbindung** liegt der Lastwagenanteil östlich von Zürich bei rund 10 %. Zwischen Zürich und Bern wird bei einem hohen Gesamtverkehr ein Lastwagenanteil von 14 - 15 % im zentralen Mittelland und von immer noch 10 % in den Agglomerationen Zürich und Bern erreicht. Westlich von Bern sinkt der Lastwagenanteil auf 7 - 9 %.

Auf der zweiten **Nord - Süd - Verbindung** über den San Bernardino wird bei eher niedrigem Gesamtverkehr auf der 2-spurigen Strasse ein Lastwagenanteil von 10 % erreicht.

Ein hoher Lastwagenanteil von 15 % wird auch auf der 2-spurigen N4 in Andelfingen verzeichnet.

Generell kann festgestellt werden, dass an Zählstellen mit einem hohen Anteil Lastwagen am Gesamtverkehr auch der Anteil der schwersten Fahrzeuge am Lastwagenverkehr hoch ist.

Anzahl Zählstellen	Bereich LW-Anteil	LW-Anteil Ø	Anteil schwere Fahrzeuge
11	> 12 %	14.1 %	57 %
7	10 - 12 %	10.7 %	53 %
6	8 - 10 %	9.0 %	47 %
10	< 8 %	6.7 %	43 %

Tabelle 5.2: LW-Anteil und Anteil von Lastenzügen an LW

1990 Schweizerische Strassenverkehrszählung

Durchschnittlicher Werktagsverkehr der schweren Güterfahrzeuge

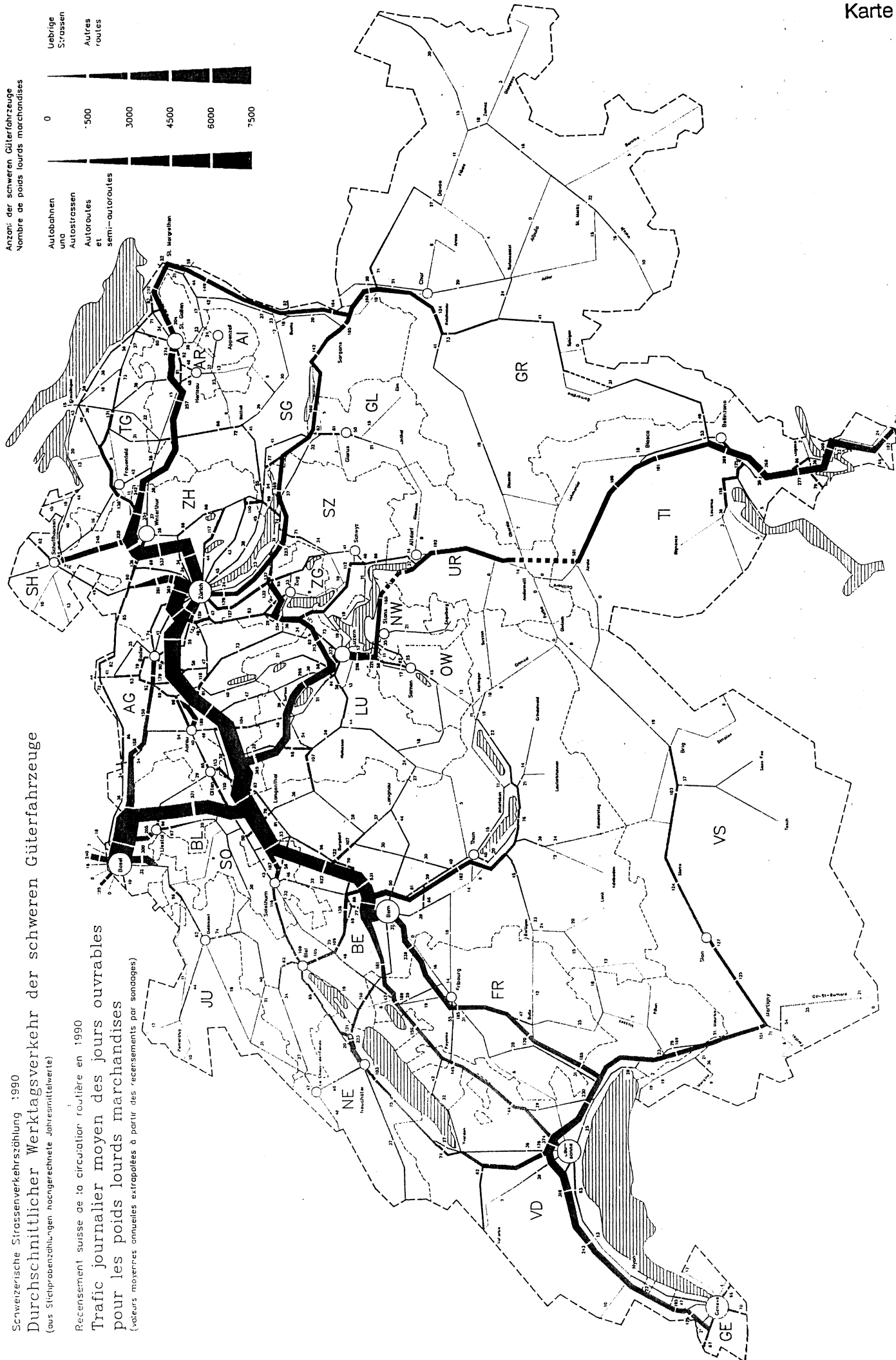
aus Stichprobenziehungen hochgerechnete Jahresmittelwerte)

Recensement suisse de la circulation routière en 1990

Trafic journalier moyen des jours ouvrables

pour les poids lourds marchandises

(voir les moyennes annuelles extrapolées à partir des recensements par sondages)



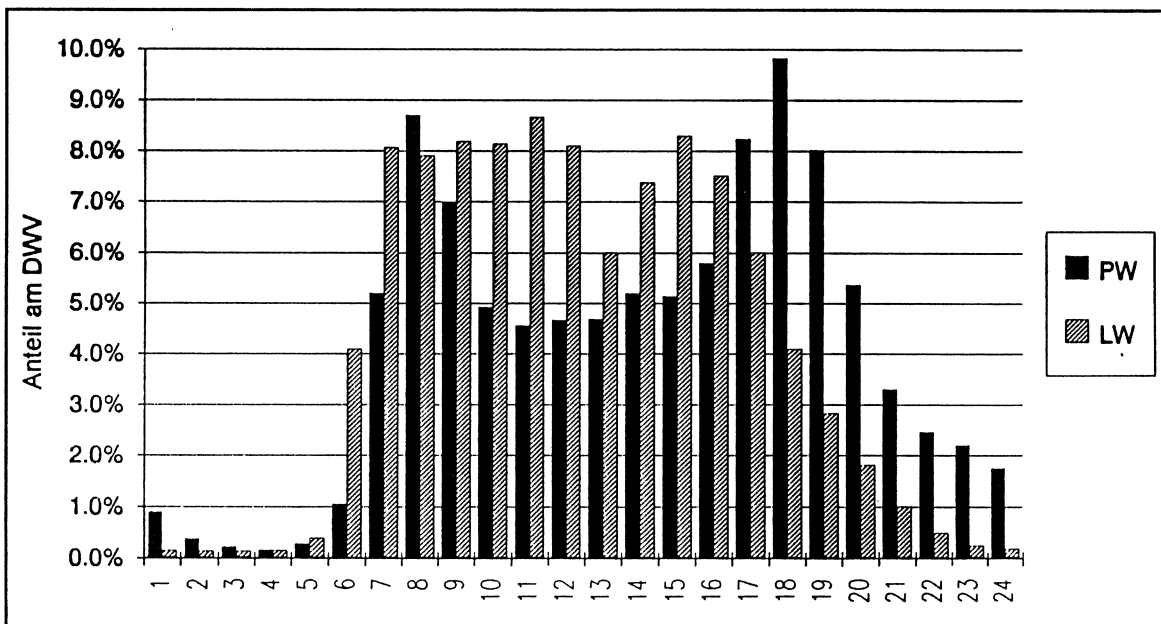
5.3 Ganglinien Schwerverkehr im Vergleich zu Ganglinien Personenwagen

Die Ganglinien im Schwerverkehr werden für drei Zählstellen mit den Ganglinien des PW-Verkehrs verglichen:

Baregg tunnel	als Beispiel für Agglomerationsverkehr
Gunzgen	als Beispiel für grossräumigen Verkehr
Gotthard	als Beispiel für Alpentransit

Agglomerationsverkehr (Baregg tunnel)

Typisch für die Ganglinie des Personenwagenverkehrs ist die Morgenspitze zwischen 7 und 8 Uhr und die breite Abendspitze zwischen 16 und 19 Uhr mit dem Tageshöchstwert zwischen 17 und 18 Uhr.



Figur 5.1: Tagesgang Baregg tunnel 1991 beide Richtungen

Typisch für die Ganglinie des Lastwagenverkehrs ist der frühere Beginn um 5 Uhr. Dann bleibt der Verkehr zwischen 6 und 12 Uhr recht konstant hoch. Nach der Mittagspause wird um 15 Uhr nochmals eine Spitze erreicht. Ab 16 Uhr geht der Verkehr stark zurück und erreicht schon zwischen 17 und 18 Uhr lediglich das Niveau des frühen Morgens zwischen 5 und 6 Uhr.

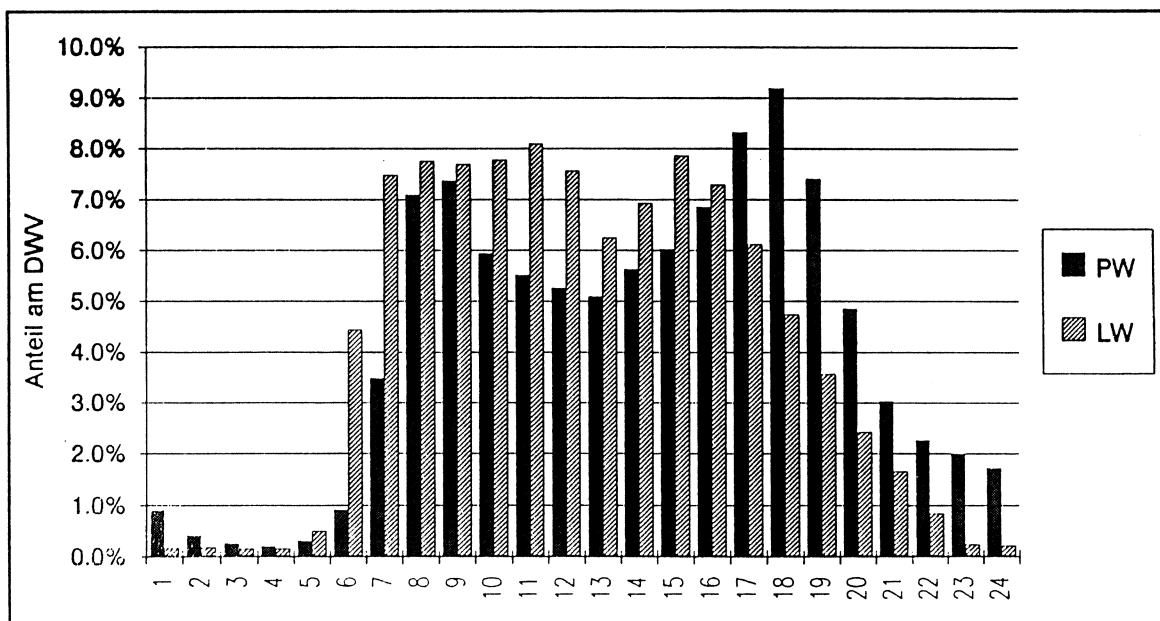
Während der im Agglomerationsverkehr deutlich ausgeprägten Morgenspitze besteht eine Konkurrenzsituation bei der Beanspruchung des Strassenraumes. Nach 17 Uhr, wenn der Höchstwert beim PW-Verkehr erreicht wird, ist diese Konkurrenzsituation in viel geringerem Ausmass vorhanden. Diese Schlussfolgerung gilt auch für andere Zählstellen wie z.B. Schönbühl.

Grossräumiger Verkehr (Gunzgen)

Typisch für den Tagesgang des PW-Verkehrs ist die schwach ausgebildete Morgenspitze, die zudem auf die Zeit von 8 bis 9 Uhr fällt. Die Abendspitze ist klar ausgeprägt und fällt, wie im Agglomerationsverkehr, in die Zeit von 17 bis 18 Uhr. Im Vergleich zum Agglomerationsverkehr ist die Abendspitze weniger deutlich ausgebildet.

Der Tagesgang für den Lastwagenverkehr entspricht im Gesamtverlauf demjenigen des Agglomerationsverkehrs. Er beginnt am frühen Morgen, bleibt zwischen 6 und 12 Uhr auf hohem Niveau recht konstant, erreicht nach der Mittagspause nochmals eine Nachmittagsspitze und beginnt ab 16 Uhr deutlich abzunehmen. Gegenüber dem Agglomerationsverkehr ist aber die Verteilung über den ganzen Tag ausgeglichener. Die Spitzen am Vormittag und Nachmittag und die Mittagspause sind weniger ausgeprägt, der Rückgang nach 16 Uhr erfolgt weniger rasch.

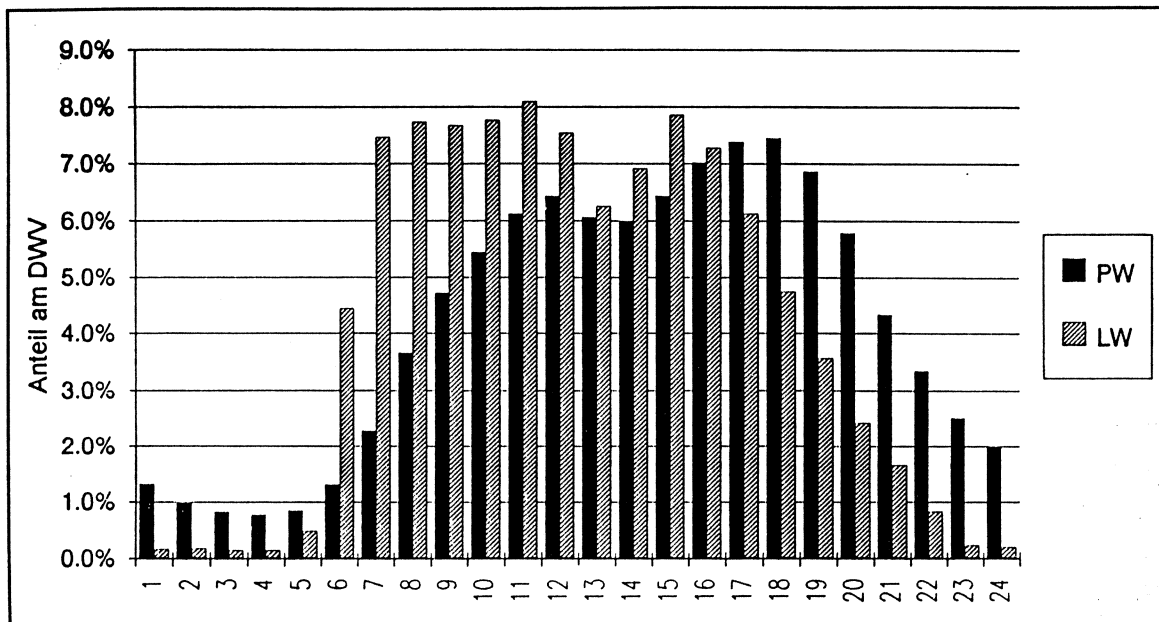
Während der wenig ausgeprägten Morgenspitze besteht somit eine deutliche Konkurrenzsituation, während der Abendspitze ist sie weniger bedeutend aber grösser als im Agglomerationsverkehr.



Figur 5.2: Tagesgang Gunzgen 1991 beide Richtungen

Alpentransit (Gotthard)

Typisch für den Personenverkehr ist die kontinuierliche Zunahme des Verkehrs bis mitte Vormittag, eine hohe Konstanz während des Tages, eine gering ausgebildete Abendspitze und der nur zögernde Rückgang während der Abendstunden. Der Verkehr von 21 bis 22 Uhr ist noch beinahe gleich hoch wie zwischen 7 und 8 Uhr.



Figur 5.3: Tagesgang Gotthardtunnel 1991 beide Richtungen

Beim Lastwagenverkehr fällt die sehr ausgeprägte Morgenspitze auf. Während des übrigen Tages ist die grosse Ausgeglichenheit bis 20 Uhr ein dominantes Merkmal.

Werden Zählstellen einbezogen, die weiter vom Alpenübergang entfernt sind wie Seelisberg und Noranco, gleicht sich der Tagesgang demjenigen des Überlandverkehrs an. Der wesentliche Unterschied bleibt der hohe Verkehr während der Abendstunden.

Für den Alpentransit ist wichtig, dass sich PW- und LW-Verkehr mit Ausnahme der Morgenspitze sehr ähnlich verhalten.

LW-Anteil im Tagesgang

Die Unterschiede in den Tagesgängen für Personenwagen und Lastwagen kommen in den Lastwagenanteilen zum Ausdruck.

Gemeinsam ist allen Zählstellen der hohe Lastwagenanteil am frühen Morgen, der auf das frühe Einsetzen des Lastwagenverkehrs zurückzuführen ist und die hohen Lastwagenanteile während des Tages.

Am Gotthard schwankt der Lastwagenanteil im Verlauf des Tages nur mehr gering zwischen 20.7 und 15.8 %.

Bei Gunzgen (Überlandverkehr) wird der höchste Lastwagenanteil in der Mitte des Vormittages erreicht, was auf die gegenläufigen Bewegungen von LW- und

PW-Verkehr zurückzuführen ist. Die stark sinkenden Anteile ab 16 Uhr sind ebenfalls auf gegenläufige Bewegungen zurückzuführen.

Stunde	Baregg %	Gunzgen %	Gotthard %
6	36.4	51.3	26.6
7	18.7	31.8	40.7
8	11.9	19.2	31.7
9	14.8	18.5	20.7
10	19.7	21.1	18.8
11	22.0	24.2	19.1
12	20.5	23.8	19.0
13	16.0	21.1	18.7
14	17.4	21.1	19.0
15	19.3	22.1	17.4
16	16.1	18.8	15.8
17	9.8	13.8	16.1
18	5.8	10.1	16.2
19	5.0	9.5	17.5
20	4.8	9.8	18.6
21	4.3	10.6	16.0
DLW	12.9	17.9	18.1

Tabelle 5.3: Lastwagenanteil am Werktagsverkehr in Prozent
(DLW = Durchschnittlicher Lastwagenanteil an Werktagen)

Bei der Zählstelle Baregg schwanken die Lastwagenanteile am stärksten. Der unterschiedliche Anteil während der Morgenspitze kommt dadurch zustande, dass bei hohem LW-Verkehr der PW-Verkehr eine Spitze ausbildet. Die Schwankungen während des Tages und während der Abendspitze ergeben sich aufgrund von jeweils gegenläufigen Bewegungen.

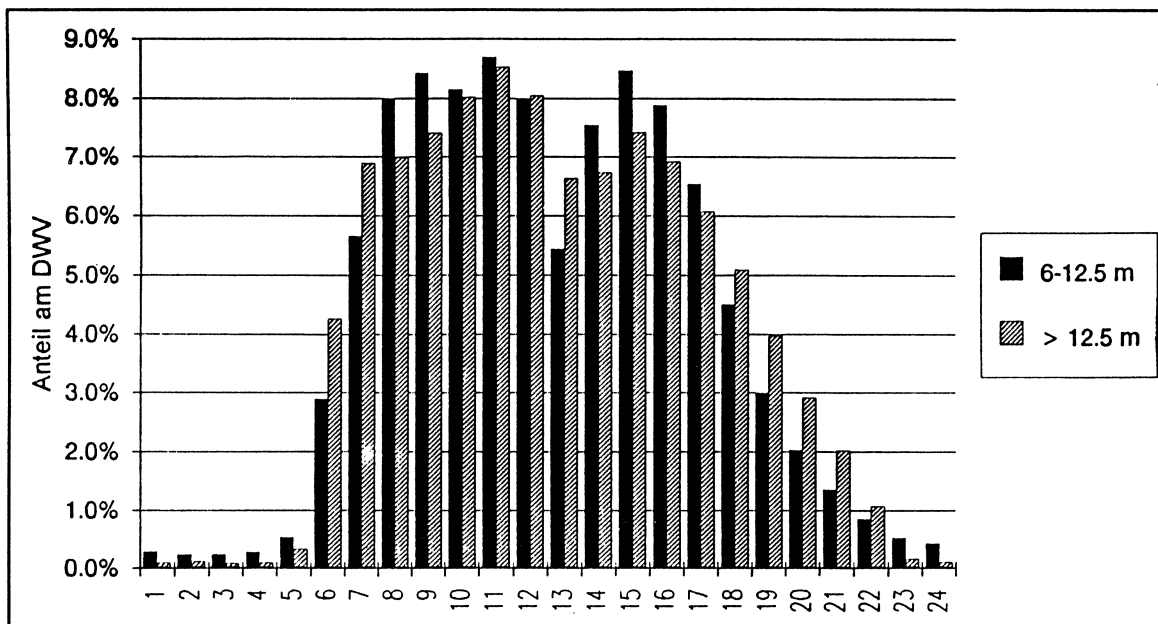
Wenn unterschieden wird zwischen stark konkurrierender und schwach konkurrierender Nutzung des Strassenraumes, kann für die verschiedenen Regionen etwa folgende Situation dargestellt werden.

	Morgenspitze	Tag	Abendspitze
Agglomeration	stark	gering	gering
Überland	stark	mittel	mittel
Alpentransit	gering	stark	stark

Tabelle 5.4: Grad der Konkurrenz zwischen LW und PW-Verkehr

5.4 Tagesgang Lastwagenverkehr nach Grösse der Fahrzeuge

Die verschiedenen Grössenklassen von Lastwagen weisen einen leicht unterschiedlichen Tagesgang auf.



Figur 5.4: Tagesgang 12 Zählstellen LW nach Grösse der Fahrzeuge

Wird auf eine Auswahl von 12 Zählstellen abgestellt (4 Agglomerationen, 4 Überland, 4 Nord-Süd-Achse) ist für Lastwagen von 6 - 12.5 m einerseits sowie Lasten- und Sattelzüge andererseits obenstehender Tagesverlauf feststellbar. (Figur 5.4)

Gemeinsam ist den beiden der frühe Beginn schon vor 7 Uhr, die Spitzen am Vormittag und am Nachmittag und der Rückgang nach 16 Uhr.

Unterschiede ergeben sich im Ausmass der Schwankungen:

Kleinere Lastwagen beginnen etwas später, erreichen dann während der morgendlichen Spitze ein hohes Niveau. Die Mittagspause ist ausgeprägter als beim schweren Verkehr. Die Unterschiede während der Abendspitze sind für die Summe der 12 berücksichtigten Zählstellen gering. Der schwere Güterverkehr ist am Abend stärker ausgeprägt als der leichte Güterverkehr.

Der schwere Güterverkehr, der auch eher als "grossräumiger Güterverkehr" zu interpretieren ist, weist einen Tagesgang auf, der eher gegeben ist durch die spezifischen Produktionsbedingungen des Transportgewerbes, also eher angebotsorientiert. Der leichte Güterverkehr, der auch eher dem Typus des "kleinräumigen Güterverkehrs" entspricht, ist eher auf die Arbeitszeiten ausgerichtet, also eher als kundenorientiert zu betrachten. Im Agglomerationsverkehr sind dann die Unterschiede zwischen dem schwereren und den leichteren Güterverkehr auch ausgeprägter als im Überlandverkehr und im alpenraversierenden Verkehr.

Für die in Bezug auf die Kapazitätsgrenzen kritischen Tagesstunden während der Morgen- und der Abendspitze bedeutet dies, dass ein hoher Anteil an kleineren

Fahrzeugen (kleinräumiger Verkehr) die Konkurrenzsituation zwischen Personenverkehr und Güterverkehr während der Morgenspitze akzentuiert. Während der Abendspitze hat die Zusammensetzung des Lastwagenverkehrs jedoch kaum eine Bedeutung.

5.5 Der Einfluss des Schwerverkehrs auf die Kapazität des Nationalstrassennetzes

Gewichtung der Lastwagen

Die Lastwagen sind erstens aufgrund ihrer Abmessungen stärker zu gewichten als Personenwagen. Zweitens reagieren sie in Steigungen eher mit einer Reduktion der Geschwindigkeit als Personenwagen.

Für schweizerische Verhältnisse kann weiter berücksichtigt werden, dass die signalisierte Höchstgeschwindigkeit für Lastwagen generell tiefer ist (80 LW, 120 PW) und dass Lastwagen auch deshalb für alle Teilstrecken stärker zu gewichten sind. Dem ist entgegenzuhalten, dass bei hohen Belastungen, um die es im vorliegenden Zusammenhang geht, nicht mehr die signalisierte Höchstgeschwindigkeit für Lastwagen, sondern die Dichte des Verkehrs für die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit massgebend ist.

Neigung	Länge des Abschnittes	typische LW	leichte LW	schwere LW	Busse
< 1 %		2	2	2	1.6
2 %	< 1/2 Meile	3	2	3 - 4	1.6
	> 1/2 Meile	4 - 5	2	4 - 5	1.6
3 %	< 1/2 Meile	4 - 5	3	4 - 5	1.6
	> 1/2 Meile	5 - 6	3 - 4	6 - 8	1.6
4 %	< 1/2 Meile	4 - 5	3 - 4	4 - 6	1.6
	> 1/2 Meile	5 - 8	4	7 - 9	1.6

Tabelle 5.5: Personenwagengleichwerte für Schwerverkehr gemäss HCM

Da im vorliegenden Zusammenhang die Bedeutung des LW-Verkehrs während der inbezug auf die Kapazität kritischen Stunden interessiert, sind Schwankungen des Lastwagenverkehrs im Tagesverlauf einzubeziehen. Es wird deshalb von einer theoretischen Kapazität eines Abschnittes allein aufgrund der Spurenzahl ausgegangen. Die Lastwagen werden in Abhängigkeit von der Neigung in Personenwagengleichwerte umgerechnet. Da nur für 8 der 18 als stark belastet bezeichneten Zählstellen sich der Tagesgang differenziert nach Lastwagen und Personenwagen darstellen lässt, wird die Problematik exemplarisch abgehandelt.

Agglomerationsverkehr ohne Neigung: Beispiel Baregg tunnel

Im Personenwagenverkehr ist für die Lastrichtung die Abendspitze etwas deutlicher ausgeprägt, vor allem aber breiter als die Morgenspitze. Während der Abendspitze wird die Verkehrsmenge für ein Erreichen des Qualitätsniveaus D schon durch die Personenwagen allein erreicht. In Kombination mit der relativ langen Dauer der hohen Verkehrsbelastung ist der Personenwagenverkehr allein schon störungsanfällig.

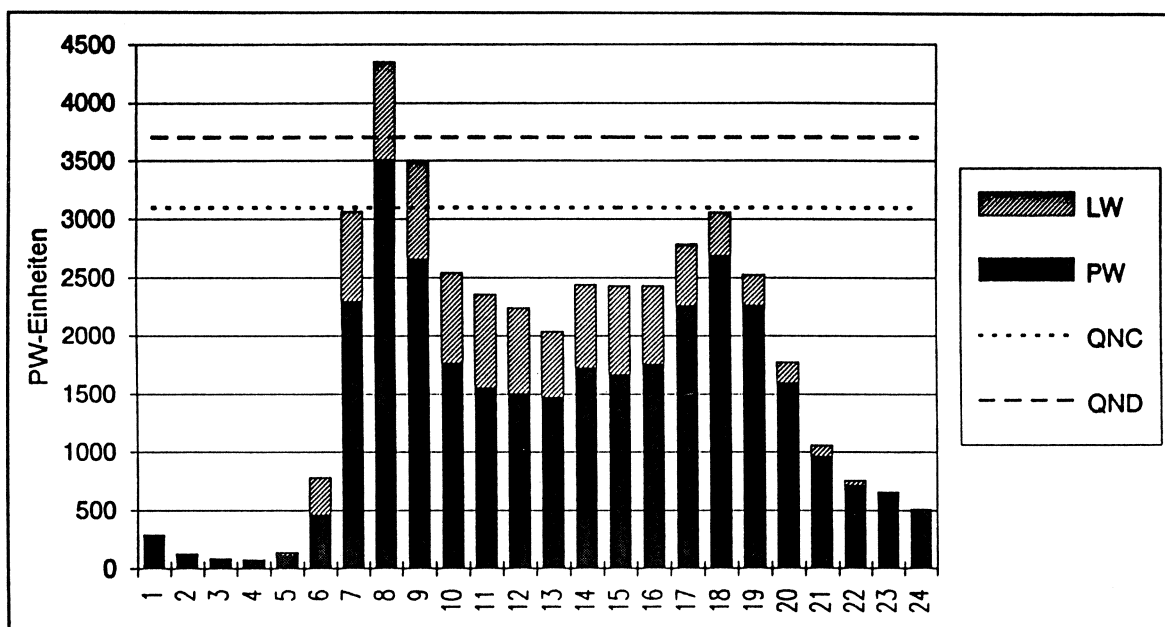
Wie gezeigt wurde, hat der Lastwagenverkehr eine deutlicher ausgeprägte Morgenspitze als der PW-Verkehr. Zudem sind Lastwagen stärker zu gewichten (1 LW = 2 PW-Einheiten). Dies führt dazu, dass bezogen auf den gewichteten Gesamtverkehr die Morgenspitze ausgeprägter wird als die Abendspitze.

Während der Morgenspitze (7 bis 8 Uhr) trägt der gewichtete Lastwagenverkehr 20 % zum Gesamtverkehr bei, während der Abendspitze 10 %. Die Grundlast aus dem PW-Verkehr beträgt also auch am Morgen 80 %. Der Lastwagenverkehr akzentuiert jedoch die Spitzen und hat zur Folge, dass Morgen- und Abendspitze sich in Dauer und Ausmass angleichen.

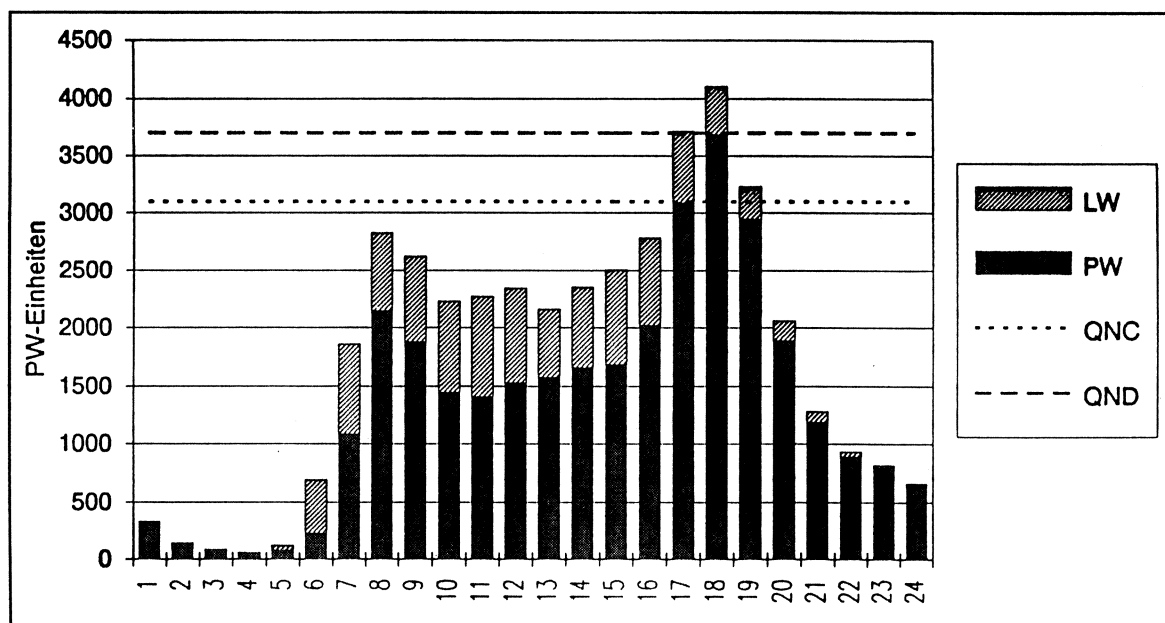
Diese Aussagen können für andere Zählstellen im Umkreis von Agglomerationen (ohne Neigungen) verallgemeinert werden:

Wenn während der Abendspitze kritische Qualitätsniveaus erreicht werden, ist dies v.a. dem PW-Verkehr zuzuschreiben. Der LW-Verkehr trägt aber dazu bei, dass ein Ausweichen auf die Zeit von 16 - 17 Uhr ebenfalls bereits zu hohen Belastungen mit der Gefahr von Staubildung führt.

Während der Morgenspitze ist der zusätzliche Lastwagenverkehr so bedeutend (20 %), dass die kritischen Grenzen von Qualitätsniveau D und E erreicht werden. Vor allem hat der Lastwagenverkehr zur Folge, dass die Morgenspitze breit wird.



Figur 5.5: Baregg tunnel Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr



Figur 5.6: Baregg tunnel Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr

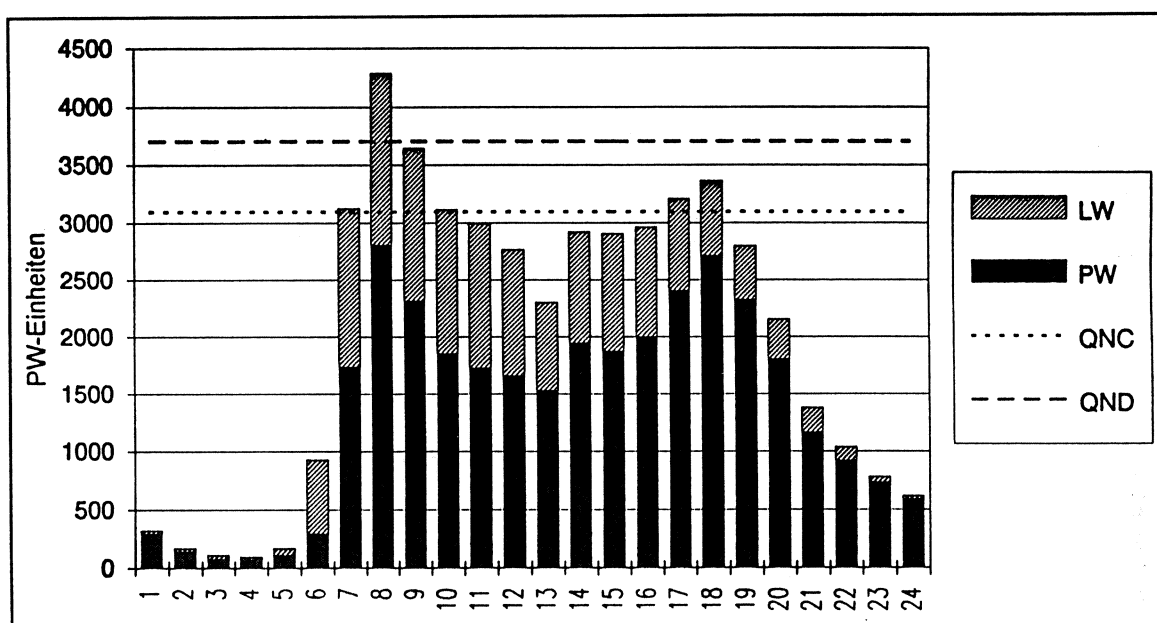
Agglomerationsverkehr mit Neigung: Beispiel Grauholz

Für die Zählstelle Grauholz liegen keine Messungen vor, die nach Fahrzeugtypen differenziert sind. Es wurde deshalb vom gemessenen Gesamtverkehr ausgegangen und der Lastwagenverkehr der Zählstelle Schönbühl übertragen. Abweichungen ergeben sich aus Zu- bzw. Abgängen von/nach der T6. Aufgrund der Neigung werden die Lastwagen mit 4 Personenwageneinheiten gewichtet.

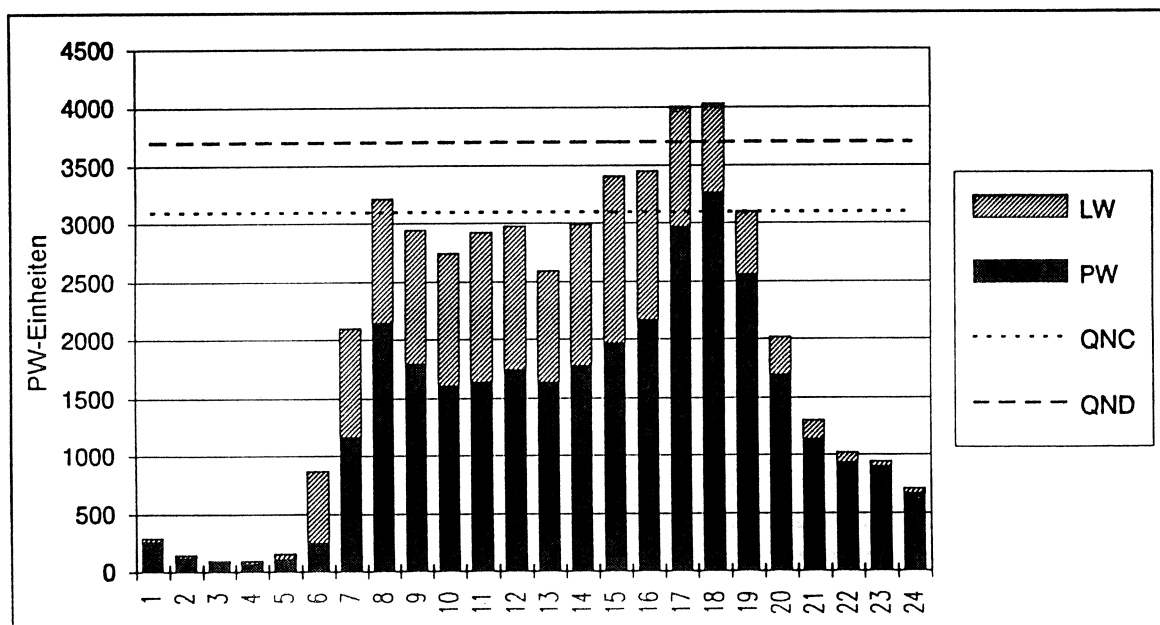
Es zeigt sich, dass insbesondere die Morgenspitze in Richtung Bern massgeblich vom Lastwagenverkehr mitgeprägt wird. Der gewichtete Lastwagenanteil beträgt während der Morgenspitze 35 %.

Während der Abendspitze wird allein mit dem PW-Verkehr lediglich das Qualitätsniveau C erreicht. Mit Einbezug des LW-Verkehrs wird während 2 Stunden das Qualitätsniveau E erreicht. Der gewichtete LW-Anteil beträgt auch während der Abendspitze 20 % bzw. 25 %.

Diese grosse Bedeutung der Lastwagen ergibt sich vor allem der Steigungen wegen. Der Lastwagenverkehr allein ist z.B. im Baregggtunnel mit rund 13 % höher als bei Grauholz (geschätzter LW-Anteil 10.5 %).



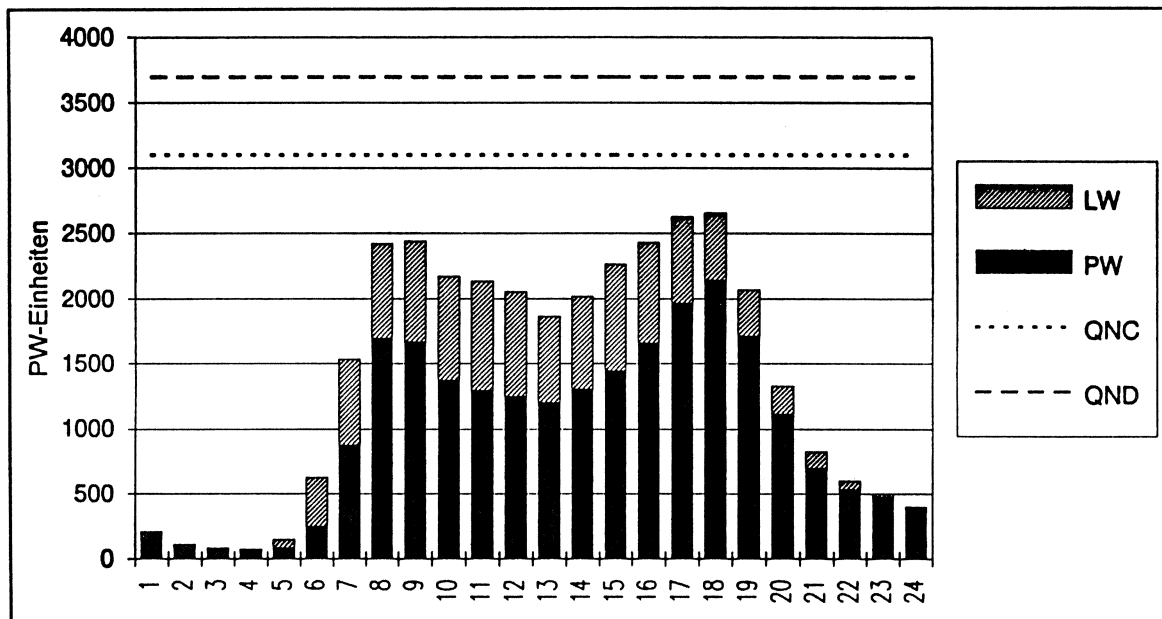
Figur 5.7: Grauholz Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr



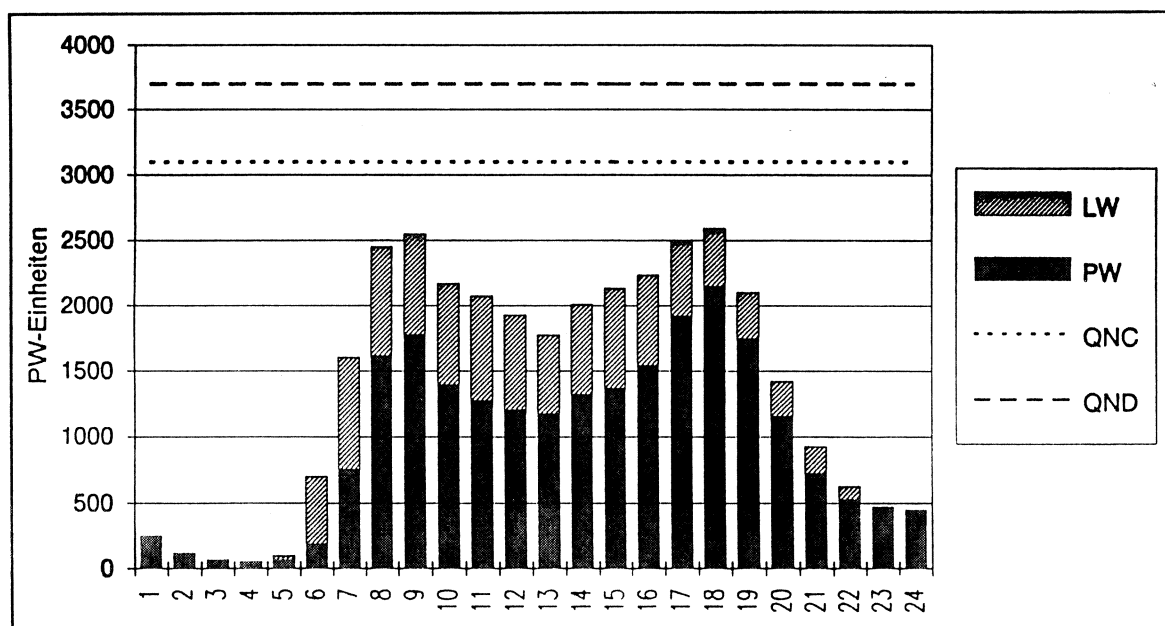
Figur 5.8: Grauholz Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr

Auch auf der Umfahrung Lausanne sind grössere Höhenunterschiede ein potentielles Problem. Der Lastwagenanteil ist aber mit 7.4 % bezogen auf den durchschnittlichen Werktagsverkehr so klein, dass dem Lastwagenverkehr für die Belastung der Strasse keine grössere Bedeutung zukommt als in anderen Agglomerationen, die nur geringe Steigungen, dafür höhere LW-Anteile aufweisen.

Überlandverkehr: Beispiel Gunzgen



Figur 5.9: Gunzgen Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr



Figur 5.10: Gunzgen Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr

Die Zählstelle Gunzgen, auf dem Abschnitt, wo der Verkehr von N1 und N2 überlagert ist, befindet sich soweit von den Zentren Zürich, Basel und Bern entfernt,

dass die Tagesspitzen nur schwach ausgebildet sind und sich nach Richtung kaum unterschieden. Beim hohen LW-Anteil von 18 % trägt der gewichtete Lastwagenverkehr während des Tages durchwegs zwischen 30 und 40 % zur beanspruchten Kapazität bei.

Wird für eine Überlandstrecke mit recht ausgeglichenem Tagesgang ein Qualitätsniveau C als noch akzeptierte Grenze angenommen, wird während des ganzen Tages rund 1/4 der gesamten Kapazität durch Lastwagen beansprucht.

Diese Aussagen können verallgemeinert werden für die N1 zwischen Winterthur und Bern und die N2 zwischen Basel und Zofingen, sofern der Abschnitt nicht im direkten Einzugsgebiet eines Zentrums liegt.

Für den Gotthardtunnel sind diese Aussagen insofern ebenfalls gültig, als der Lastwagenverkehr zwar bedeutend ist für die durchschnittlichen Belastungen, dass der ausgeglichene Tagesgang jedoch nicht zu Belastungen führt, bei welchen den Lastwagen ein besonderes Gewicht beizumessen wäre.

5.6 Zusammenfassung: Bedeutung des LW-Verkehrs

Der Lastwagenverkehr trägt auf den Hauptstrassen des Mittellandes in erheblichem Masse zur hohen Grundbelastung bei. Der gewichtete Lastwagenverkehr trägt während des Tages rund 1/3 zur Belastung bei.

Für die Spitzenbelastungen im Tagesgang ist der LW-Verkehr am Morgen von grosser Bedeutung. Im Bareggunnel beträgt der gewichtete Lastwagenanteil 20 %. An einer Stelle wie Grauholz, wo ein hoher Lastwagenanteil kombiniert mit relevanten Steigungen auftritt, kann der Anteil bis 35 % steigen. Der Lastwagenverkehr hat zur Folge, dass Morgen- und Abendspitzen in Höhe und Breite einander angeglichen werden.

6 Unfälle und Staus

6.1 Unfälle

Daten

Es stehen die gesamten Unfallzahlen für die Autobahnen des Kantons Bern zur Verfügung (Nationalstrassen und kantonale Autobahnen). Die Gesamtzahl ist desaggregiert nach Tageszeit, Wochentag, Ursachen und Autobahnabschnitten. Das uns vorliegende Material lässt aber keine Kombination mehrerer Merkmale zu.

Die zur Verfügung stehenden Staudaten umfassen drei unabhängige Datenbestände:

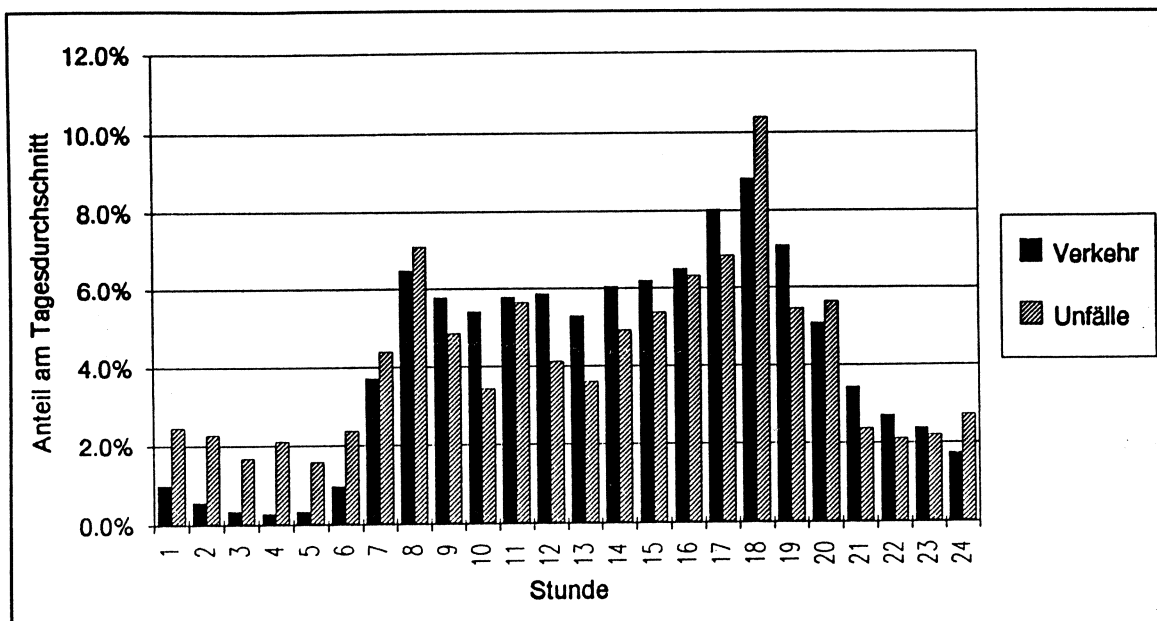
- Staus auf dem schweizerischen Strassennetz nach Aufzeichnungen der Verkehrsmeldezentralen während der Ferienzeiten, zusammengestellt von der Kantonspolizei Zürich
- Staus auf dem Autobahnnetz des Kantons Bern für das Jahr 1993
- Staus auf der N20 für das Jahr 1992

Sowohl bei Unfällen wie bei Staus ist das verzeichnet, was gemeldet wird bzw. was schwerwiegend genug ist, um gemeldet zu werden. So sind z.B. Unfälle mit kleineren Sachschäden, die von den Beteiligten selbst geregelt werden, nicht erfasst. Vor allem bei den Staus wird das normale, z.B. der stockende Kolonnenverkehr ohne besondere Ursache erst gemeldet, wenn er ein gewisses Ausmass erreicht.

Im vorliegenden Zusammenhang interessiert vor allem die Frage, welche Beziehung zwischen Dichte des Verkehrs und der Unfallhäufigkeit besteht. Führen hohe Verkehrsmengen zu Verhältnissen, die vermehrt Unfälle zur Folge haben, weil Verkehrsteilnehmer überfordert werden oder weil die Zeitlücken so klein sind, dass bei einer Störung des Flusses Auffahrunfälle wahrscheinlich werden? Da eine Zuordnung von Unfällen zu verkehrsstarken Stunden mit dem vorliegenden Material für den Einzelfall nicht möglich ist, werden die Unfälle mit dem Tagesgang in Beziehung gesetzt.

Tagesgang Unfälle und Verkehr

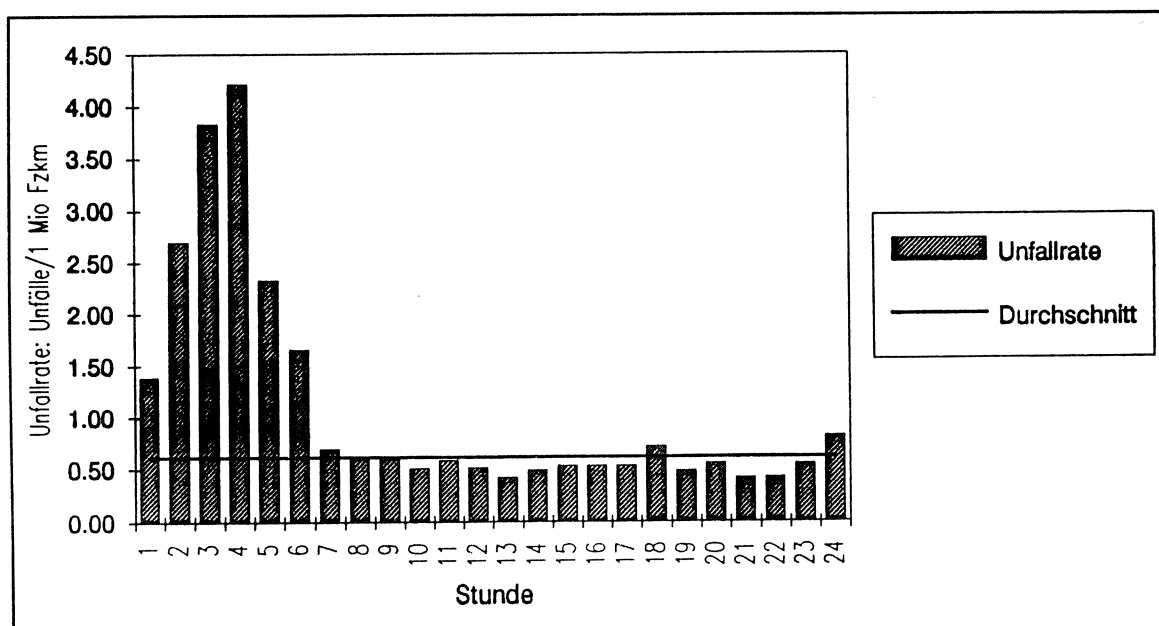
Der Tagesgang der Unfälle korrespondiert recht klar mit dem Tagesgang des Verkehrs.



Figur 6.1: Tagesgang Verkehr und Unfälle Kanton Bern 1991/92

Am meisten Unfälle geschehen während der Morgenspitzen zwischen 7 und 8 und der Abendspitze zwischen 16 und 18 Uhr. Ein auffallend hoher Anteil der Unfälle ereignet sich während der verkehrsschwachen Zeiten nachts. Während der Anteil des Verkehrs während der 8 Nachtstunden zwischen 22 und 6 Uhr 7.8 % beträgt, sind es bei den Unfällen 17.7 %. Während des Tages liegt der Anteil der Unfälle lediglich während der Abendspitzen höher als der Anteil des Verkehrs.

Unfallwahrscheinlichkeit



Figur 6.2: Unfallrate Autobahnen Kanton Bern, Durchschnitt 1991/92

Weitaus die höchsten Unfallraten sind während der Nachtstunden zu verzeichnen. Sie liegen ein Mehrfaches über dem Durchschnitt von 0.61 (Unfälle/1 Mio.

Fzkm). Dies ist wesentlich auf die besonderen persönlichen Bedingungen der Fahrzeuglenker zurückzuführen. Die geringen Verkehrsmengen während der Nacht dürften immerhin von einer gewissen Bedeutung sein, können die leeren Strassen doch als Rennstrecken benutzt werden.

Während der Zeit von 6 bis 22 Uhr beträgt die durchschnittliche Unfallrate 0.55 (Unfälle/1 Mio. Fzkm). Deutlich darüber liegen mit 0.69 bzw. 0.72 die Zeiten von 6 bis 7 und von 17 bis 18 Uhr. Während der frühen Morgenstunden ist die absolute Verkehrsmenge kein wesentlicher Einflussfaktor. Während der Abendspitze hingegen dürfte die Verkehrsdichte mit ein Grund sein, der zu einer höheren Unfallrate führt.

Ein Zusammenhang zwischen Unfallrate und Verkehr lässt sich auch für stärker und schwächer belastete Abschnitte feststellen. Allerdings sind die am stärksten belasteten Abschnitte auch solche mit einer kurzen Abfolge von Verflechtungsstrecken. Auf den Verflechtungsstrecken liegt die Unfallrate bei 0.96 gegenüber 0.45 auf offenen Strecken (Kanton Bern 1991/92).

Die Unfallrate auf den Autobahnen des Kantons Bern geben zwar ein deutliches Indiz, dass hohe Verkehrsmengen nicht nur eine Erhöhung der Unfallzahl, sondern auch der Unfallrate zur Folge haben können. Immerhin ist Vorsicht bei der Interpretation angebracht. Die Hypothese, dass Unfallhäufigkeit und Verkehrsmenge kausal zusammenhängen, impliziert Vorstellungen über verkehrsmengenabhängige, typische Unfallhergänge. Ein solcher typischer Unfallhergang ist z.B., dass auf Verflechtungsstrecken die Verkehrsteilnehmer sich stark auf die Seite konzentrieren müssen und bei hohen Verkehrsmengen die Fahrzeugabstände so klein sind, dass eine etwas verzögerte Reaktion einen Auffahrunfall zur Folge hat. Diese Problematik wird akzentuiert, wenn, wie es für die Morgenspitzen typisch ist, auch ein dichter Lastwagenverkehr herrscht. Die überdurchschnittliche Unfallrate zwischen 6 und 7 Uhr könnte damit zusammenhängen.

Erst aufgrund einer solchen Konkretisierung der Hypothese könnten ursächliche Zusammenhänge zwischen Verkehrsmenge und Unfallhäufigkeit plausibel hergestellt werden. Zweitens ist darauf hinzuweisen, dass aufgrund des vorliegenden Materials keinerlei Aussage gemacht werden kann, ab welchen kritischen Verkehrsmengen die Unfallhäufigkeit unter gegebenen Merkmalen der Strecken zunimmt.

6.2 Staus

Stauschwerpunkte

Die Stauschwerpunkte nach Aufzeichnungen der Verkehrsmeldezentralen beziehen sich auf Ferienzeit und Feiertage. Die werktäglichen Staus sind also nicht erfasst.

Im Jahr 1993 waren folgende Stauschwerpunkte zu beobachten.

NS	Abschnitt	Stunden
1	Zürich Ost - Baregg	51
1	Oftringen - Oensingen	59
1	Oensingen - Schönbühl	169
1	Schönbühl - Verzweigung N12	160
2	Basel - Härkingen	70
2	Gotthardrampen	317
3	Zürich - Thalwil	34
3	Pfäffikon - Wollerau	26
13	Chur - Rothenbrunnen	21

Tabelle 6.1: Stauschwerpunkte 1993

Die beiden weitaus wichtigsten Stauschwerpunkte sind die Gotthardrampen, die im wesentlichen mit dem Engpass Gotthardtunnel zusammenhängen und die N1 zwischen Oensingen und Bern.

Ein weiterer Stauschwerpunkt ist der Abschnitt zwischen Oftringen und Härkingen, wo sich der Verkehr von N1 und N2 überlagern.

Allein bezogen auf die Ferienzeit wurden 47 % der Staustunden mit Baustellen, 23 % mit Unfällen und 28 % mit allgemeiner Verkehrsüberlastung in Zusammenhang gebracht.

Für das Autobahnnetz des Kantons Bern und die Nordumfahrung Zürich liegen die Staudaten auch für die Werktage vor.

	Zeit	N20	Bern
SVZ	7 - 8, 16 - 18	55 %	48 %
NVZ	6 - 7, 9 - 15, 18 - 20	44 %	50 %
Randstunden	20 - 6	1 %	2 %

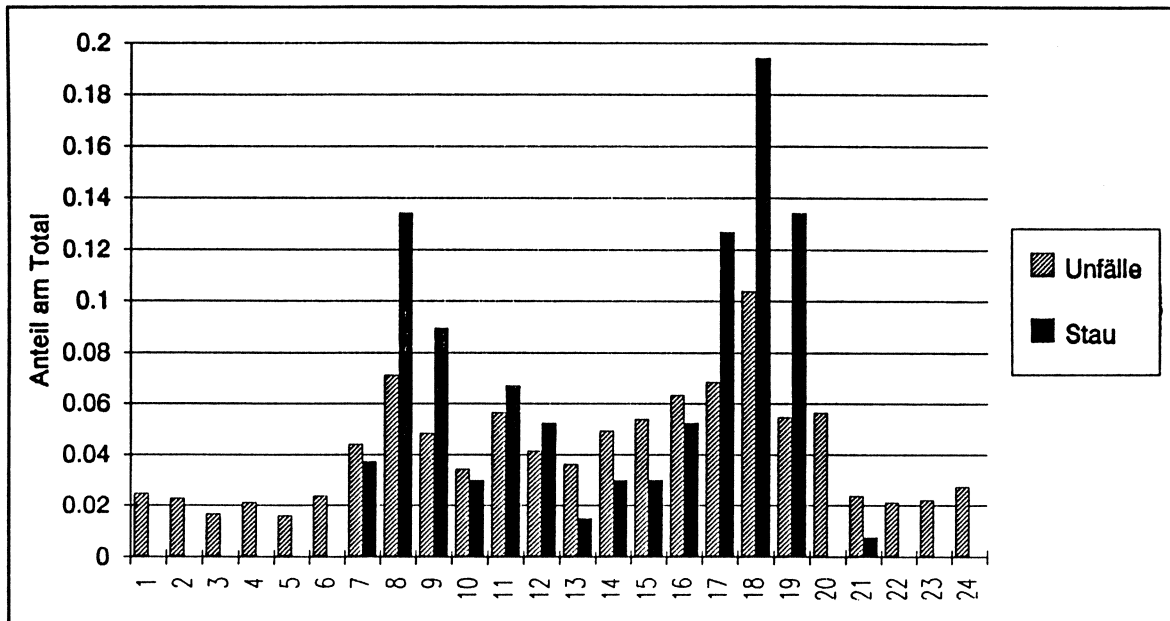
Tabelle 6.2: Staus auf Autobahnen Kanton Bern und N20

Die Staus an Werktagen entfallen zu rund 50 % auf die verkehrsstärksten Zeiten während Morgen- und Abendspitze. Die übrige Hälfte auf die Normalverkehrszeiten. Während der Randstunden von 20 bis 6 Uhr sind Staus selten.

Bei den Staus infolge von Unfällen ist die Konzentration auf die Spitzenverkehrszeiten noch ausgeprägter:

	N20	Bern
SVZ	66 %	52 %
NVZ	32 %	47 %
Randstunden	2 %	1 %

Tabelle 6.3: Staus infolge von Unfällen



Figur 6.3: Unfälle und Staus infolge von Unfällen, Autobahnen Kanton Bern, 1992

Werden die Verteilungen von Stauereignissen und Unfällen im Tagesverlauf miteinander verglichen, so zeigt sich eindeutig das bekannte Bild. Unfälle während der Spitzenstunden führen unweigerlich zu Staus. Während verkehrsschwächeren Zeiten kann der Verkehr auch bei grösseren Störungen weiterhin staufrei abgewickelt werden. Bei hohen Verkehrsmengen genügen schon kleine Störungen.

6.3 Zusammenfassung

Die Hypothese, dass eine hohe Verkehrsdichte eine erhöhte Unfallhäufigkeit zur Folge hat, lässt sich nur mit Vorbehalt bestätigen. Die weitaus höchste Unfallrate wird während der verkehrsschwachen Zeiten in der Nacht beobachtet. Während der Abendspitze liegt die Unfallrate über dem Durchschnitt des Tages. Es bleibt also zu vermuten, dass ab einer bestimmten Verkehrsmenge die Unfallhäufigkeit zunimmt.

Sehr klar lässt sich zeigen, dass die Zahl der Unfälle auf einem bestimmten Streckenabschnitt mit der Leistung auf dem entsprechenden Abschnitt zusammenhängt. D.h. die Unfälle nehmen zumindest proportional mit der Verkehrsmenge zu. Gerade dann, wenn im Hinblick auf die Bewältigung hoher Verkehrsmengen ein störungsfreier Ablauf notwendig wäre, erfolgen die Störungen am häufigsten.

Dass die werktäglichen Staus und besonders die Staus infolge von Unfällen zu einem hohen Anteil auf Zeiten mit hohen Verkehrsbelastungen fallen, heisst lediglich, dass bei hohen Verkehrsmengen Störungen zu Staus führen.

7 Zukünftige Kapazitätsengpässe

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wird keine eigentliche Verkehrsprognose erstellt in dem Sinne, dass ein plausibles, wahrscheinliches und mögliches Verkehrsgeschehen für eine definierte Zukunft beschrieben würde. Statt dessen wird lediglich untersucht, was die Zunahme des Verkehrs um 25 % bedeuten würde. Ob ein um 25 % höherer Verkehr überhaupt möglich wäre, wird für einzelne Strassenabschnitte diskutiert. Der Zustand mit 25 % Mehrverkehr im Vergleich zu 1991 wird mit Z1 bezeichnet.

Eine weitere Zunahme des Verkehrs um 25 % ist im Vergleich mit der Entwicklung in der Vergangenheit wenig spektakulär. Als Vergleich werden die vom privaten motorisierten Strassenverkehr erbrachten Leistungen an Personenkilometern (Pkm) und Tonnenkilometern (Tkm) aufgeführt.

Jahr	Pkm Mio.	Wachstum 5 Jahre	Tkm Mio.	Wachstum 5 Jahre
1970	46'000		4'900	
1975	56'000	21 %	5'000	2 %
1980	67'700	21 %	7'300	48 %
1985	76'000	12 %	9'000	23 %
1990	97'400	28 %	12'800	42 %

Tabelle 7.1: Entwicklung der Verkehrsleistung im privaten motorisierten Verkehr 1970 - 1990

Eine Zunahme der gesamten Verkehrsleistung von mehr als 20 % war in der Vergangenheit regelmässig innerhalb einer 5-Jahresperiode zu beobachten.

Wie wenig spektakulär eine Zunahme von 25 % ist, zeigt auch der Vergleich mit den absoluten Zunahmen an den am stärksten belasteten Querschnitten zwischen 1985 - 1990.

Bei einem Drittel der erfassten Zählstellen war in der kurzen Zeitperiode von 5 Jahren (1985 - 1990) ein höheres absolutes Wachstum als 25 % zu beobachten. Bei einem weiteren Drittel liegen die Werte bei 25 %. Für Zählstellen, für die auch ein Vergleichswert 1980 vorliegt, ist der Zuwachs über die Periode 1980 - 1990 generell beträchtlich höher als 25 %.

Eine Zunahme des Verkehrs um 25 % bei allen Zählstellen bedeutet, dass dann der durchschnittliche Tagesverkehr etwa so hoch ist wie der Spitzenwerktag im Jahr 1991. Auf der N2 werden heute an Spitzentagen noch deutlich höhere Verkehrsmengen abgewickelt.

Nr.	NS	Ort	Typ	DTV 1991	DTV Z1	Zunahme 85-90	Zunahme 91-Z1	Jährliche Zunahme% 85-90
81	N 2	Muttenz, Hard	6	87693	109616	14923	21923	3.9% a
118	N 1	Bern, Felsenauviadukt	6	69302	86628	9377	17326	3.1%
114	N 1	Brüttisellen	6	65908	82385	18775	16477	6.9% a
56	N1	Grauholz	4	73078	91348	-	18270	-
97	N 1	Baden, Baregg tunnel	4	71009	88761	17016	17752	5.7% a
20	N1C	Nordumfahrung Zürich	4	64920	81150	38952	16230	21.4%
64	N 9	Contourn. Lausanne	4	64271	80339	18175	16068	7.2%
60	N 1	Gunzgen	4	60007	75009	15941	15002	6.6% c
70	N 2	Basel, Weil a.R.	4	58914	73643	18762	14729	8.2%
43	N 1	Préverenges	4	58126	72658	13685	14532	5.7%
32	N 1	Deltingen	4	57735	72169	11520	14434	5.6%
93	N 1	Umfahrung Winterthur	4	55339	69174	13208	13835	5.8%
23	N 1	Schönbühl N	4	53463	66829	9400	13366	4.7%
42	N 6	Umfahrung Bern Ost	4	52399	65499	3229	13100	1.3% b
68	N 1	Colovrex Ost	4	50906	63633	11384	12727	5.3%
116	N 9	Grandvaux N	4	49616	62020	8909	12404	5.9%
26	N 2	Ennethorw	4	46933	58666	9729	11733	5.0%
84	N 1	St. Gallen, Rosenb.	4	46049	57561	19531	11512	12.5%
76	N 2	Noranco	4	45441	56801	8500	11360	4.5%
126	N 2	Luzern, Sonnenbergt.	4	44422	55528	15848	11106	9.7% c
54	N 3	Adliswil	4	41768	52210	3609	10442	1.8% c
104	N 6	Muri S	4	41747	52184	6249	10437	3.3% a
55	N 3	Richterswil	4	37607	47009	6433	9402	3.9%
117	N 4	Hünenberg N	4	36492	45615	10536	9123	7.4%
83	N 9	Tunnel de Glion S	4	32984	41230	10324	8246	8.1%
178	N4	Andelfingen	2	18681	23351	3623	4670	5.3%
150	N 2	S. Gottardo Tunnel	2	15803	19754	5025	3951	8.1% a
22	N 13	Kriessern	2	15557	19446	4751	3889	8.2%
a) Vergleich 1985/1991 gemäss schweizerischer Strassenverkehrszählung DTV 14								
b) Wert 1991 aus Tagesgang								
c) Wert für 1985 = 1986, Wert für 1995/1990 = 1986/1991								

Tabelle 7.2: Verkehrswachstum 1985 bis 1990 und 1991 bis Z1

Obwohl also zumindest erwiesen ist, dass so hohe Verkehrsmengen tatsächlich noch abgewickelt werden können, sind in Zukunft die Dauerbelastungen gleich hoch wie heute die absoluten Spitzenbelastungen.

Die Umfahrung Lausanne ist heute einer der vier am stärksten belasteten Abschnitte. Der dort im Jahr 1991 durchschnittlich abgewinkelte Verkehr führte regelmässig zu kritischen Situationen. Bei einer weiteren Verkehrszunahme um generell 25 % (Z1) wird der DTV auf 11 Autobahnabschnitten (4-Spur-Autobahnen) über diesem Referenzwert liegen. Neben Zählstellen in den Agglomeratio-

nen Zürich, Bern, Basel und Lausanne werden auch die Zählstellen Deitingen und Gunzgen auf der N1 im zentralen Mittelland dazugehören.

Nr.	NS	Ort	Typ	DTV 1991	DTV Z1	Spitzenwerktag 1991
81	N 2	Muttenz, Hard	6	87693	109616	110810
118	N 1	Bern, Felsenauviadukt	6	69302	86628	87926
114	N 1	Brüttisellen	6	65908	82385	84536
56	N1	Grauholz	4	73078	91348	90000
97	N 1	Baden, Baregg tunnel	4	71009	88761	88882
20	N1C	Nordumfahrung Zürich	4	64920	81150	80959
64	N 9	Contourn. Lausanne	4	64271	80339	80805
60	N 1	Gunzgen	4	60007	75009	81519
70	N 2	Basel, Weil a.R.	4	58914	73643	79186
43	N 1	Préverenges	4	58126	72658	75263
32	N 1	Deitingen	4	57735	72169	73771
93	N 1	Umfahrung Winterthur	4	55339	69174	72680
23	N 1	Schönbühl N	4	53463	66829	65659
42	N 6	Umfahrung Bern Ost	4	52399	65499	62908
68	N 1	Colovrex Ost	4	50906	63633	69290
116	N 9	Grandvaux N	4	49616	62020	64134
26	N 2	Ennethorw	4	46933	58666	65438
84	N 1	St. Gallen, Rosenb.	4	46049	57561	56626
76	N 2	Noranco	4	45441	56801	63366
126	N 2	Luzern, Sonnenbergt.	4	44422	55528	62908
54	N 3	Adliswil	4	41768	52210	52116
104	N 6	Muri S	4	41747	52184	50833
55	N 3	Richterswil	4	37607	47009	48119
117	N 4	Hünenberg N	4	36492	45615	47370
83	N 9	Tunnel de Glion S	4	32984	41230	43894
178	N4	Andelfingen	2	18681	23351	24549
150	N 2	S. Gottardo Tunnel	2	15803	19754	31449
22	N 13	Kriessern	2	15557	19446	20642

Tabelle 7.3: DTV 1991, Z1 und Spitzenwerktag 1991

Die Leistungen des Güterverkehrs sind in der Vergangenheit mit höheren Raten gewachsen als jene im Personenverkehr.

	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate	
	Pkm	Tkm
1970 - 1980	3.9	4.2
1980 - 1990	3.7	5.7
1970 - 1990	3.8	4.9

Tabelle 7.4: Wachstumsraten im motorisierten Individualverkehr

Der Güterverkehr reagiert stärker auf konjunkturelle Schwankungen als der Personenverkehr, weshalb für den Vergleich über kurze Perioden die Wahl der Ver-

gleichsjahre von Bedeutung ist. Im Vergleich über lange Zeiträume kommen die höheren Wachstumsraten im Güterverkehr aber zum Ausdruck.

Auf 19 stark belasteten Abschnitten, für die sich Personen- und Lastwagenverkehr aufteilen lassen, war das Wachstum des Lastwagenverkehrs zwischen 1985 und 1990 auf allen untersuchten Abschnitten erheblich höher als im Personenverkehr.

NS	Ort	85/90 PW	85/90 LW
N1 C	Nordumfahrung Zürich	21.6 %	25.4 %
N13	Kriessern	7.3 %	12.8 %
N1	Schönbühl N	3.8 %	10.8 %
N2	Ennethorw	4.1 %	11.9 %
N1	Deitingen	4.1 %	12.4 %
N1	Préverenges	5.9 %	9.7 %
N3	Adliswil	4.0 %	5.8 %
N1	Gunzgen	5.4 %	11.9 %
N2	Basel, Weil a. Rhein	8.7 %	10.8 %
N2	Noranco	4.7 %	9.0 %
N2	Muttenz, Hard	5.7 %	9.1 %
N1	Umfahrung Winterthur	7.3 %	12.2 %
N1	Baregg	6.0 %	10.6 %
N1	Brüttisellen	7.3 %	11.7 %
N9	Grandvaux	5.9 %	12.0 %
N4	Hünenberg	9.0 %	12.3 %
N1	Bern Felsenauviadukt	2.5 %	10.6 %
N2	Gotthard	4.0 %	14.2 %
N4	Andelfingen	4.6 %	13.3 %

Tabelle 7.5: Jährliches Wachstum von PW- und LW-Verkehr 1985 - 1990

Es gibt keinen plausiblen Grund anzunehmen, in Zukunft werde der Lastwagenverkehr weniger wachsen, als der Personenverkehr. Kapazitätsprobleme werden damit insofern verschärft, als Lastwagen im Zusammenhang mit Kapazitätserwägungen stärker zu gewichten sind als Personenwagen.

Die Zeitperiode, auf die sich die Aufwertung um 25 % bezieht, wird nicht näher definiert. Je nach angenommener Dauer ergeben sich die folgenden jährlichen Wachstumsraten:

Jahre	Wachstumsrate pro Jahr
10 Jahre	2.3 %
15 Jahre	1.5 %
20 Jahre	1.1 %

Tabelle 7.6: Jährliche Wachstumsraten bei Gesamtwachstum von 25 %

Der motorisierte Individualverkehr wuchs in der vergangenen Jahren mit durchschnittlich mehr als 3 %. Die aufgeführten Perioden sind im Hinblick auf allfällige Massnahmen zu betrachten. Im Zusammenhang mit grossen Bauprojekten oder

auch politischen Entscheidungsfindungen sind Perioden von 5 - 10 Jahren nicht besonders lang.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine weitere Zunahme des Verkehrs um 25 % auf allen betrachteten Abschnitten insofern möglich ist, als entsprechende Verkehrsmengen schon heute an Spitzentagen abgewickelt werden. Was solche Verkehrsmengen in Bezug auf Spitzen- und Dauerbelastungen bedeuten, ist in den nächsten Abschnitten zu zeigen.

In der Vergangenheit hat der Verkehr innerhalb von Perioden von 5 - 10 Jahren jeweils um 25 % zugenommen. Auch die absoluten Zunahmen, die sich mit der vorgenommenen Aufwertung ergeben, liegen im Rahmen von kurzen bis mittleren Zeitperioden.

Auch wenn für die Zukunft mit einer Abschwächung des Verkehrswachstums gerechnet wird, muss davon ausgegangen werden, dass die unterstellten Verkehrsmengen erreicht werden, bis allfällige Massnahmen sich spürbar auszuwirken vermögen.

7.1 Strassenabschnitte die in Zukunft stark belastet sein werden

Für die in Zukunft stark belasteten Abschnitte werden die gleichen Kriterien angewandt wie für die Analyse des Ist-Zustandes. Als "stark belastet" wird ein Abschnitt bezeichnet, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

Verkehr	30. h	= <	Qualitätsniveau E
Verkehr	100. h	= <	Qualitätsniveau D
Verkehr	200. h	= <	Qualitätsniveau C

Zusätzlich zu den heute schon bekannten stark belasteten Abschnitten kommen die folgenden hinzu: (Karte 5)

Nr.	NS	Ort
84	N1	St. Gallen Rosenbergunnel
114	N1	Brütisellen
23	N1	Schönbühl
118	N1	Bern Felsenauviadukt
104	N6	Muri
83	N9	Tunnel de Glion
143	N2	Basel Grenzbrücke
126	N2	Luzern Sonnenbergunnel
26	N2	Ennethorw

Tabelle 7.7: In Zukunft neu stark belastete Abschnitte

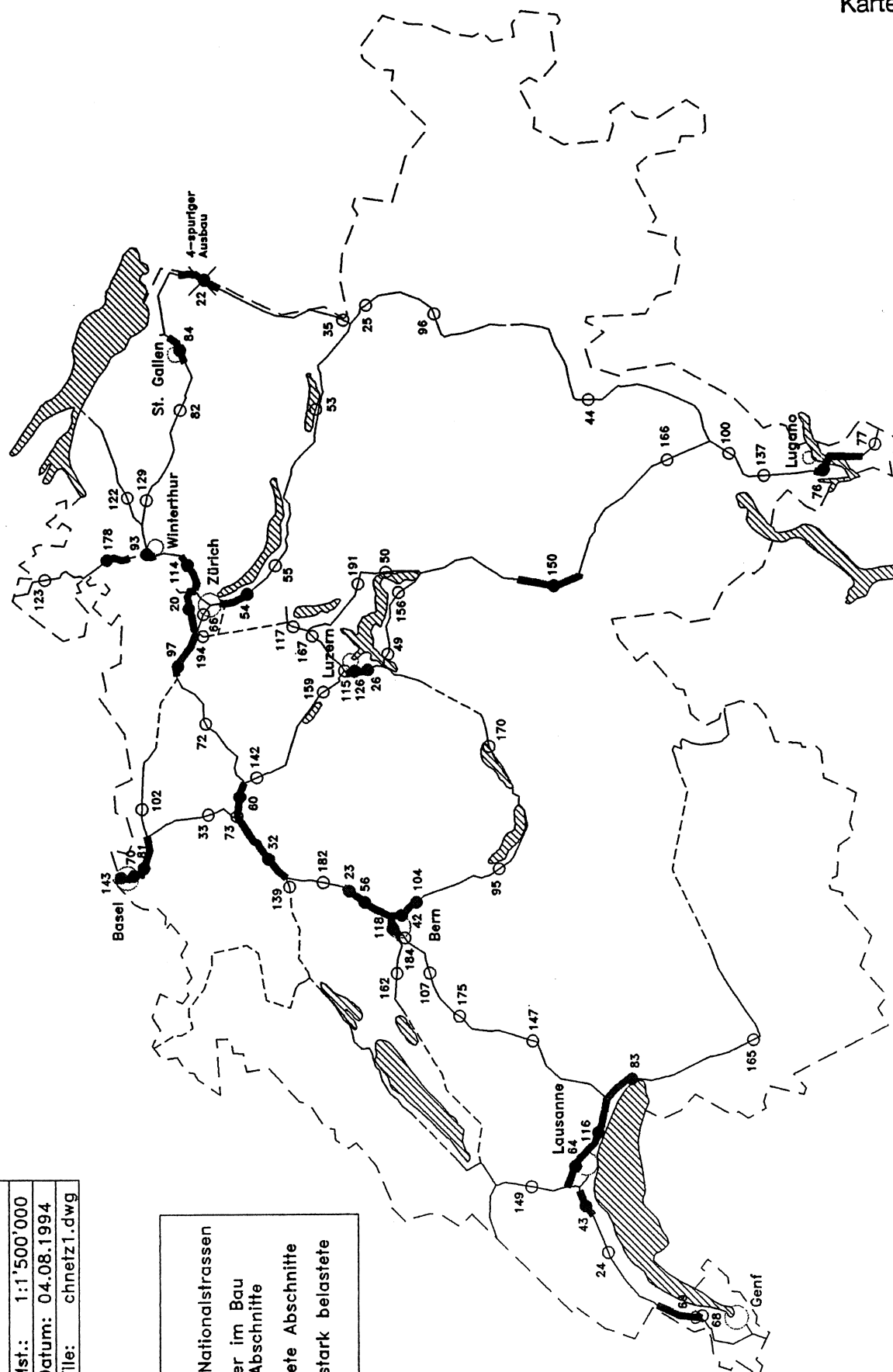
Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

**Stark belastete Strassen-
abschnitte 1991 und Z1**

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Mst.: 1:1'500'000 Datum: 04.08.1994 File: chnetz1.dwg
--	---

Legende

- Bestehende Nationalstrassen
- - - Geplante oder im Bau befindliche Abschnitte
- Stark belastete Abschnitte
- In Zukunft stark belastete Abschnitte



Die stark belasteten Abschnitte in den Agglomerationen Zürich, Bern und Basel werden länger. Zudem treten Kapazitätsprobleme auch in St. Gallen und Luzern auf.

Auch die 6-spurige N1 im Limmattal zwischen Weiningerkreuz und Bareggstunnel wird sehr stark belastet sein. Obwohl hier keine permanent erhobenen Zählraten vorliegen, lässt ein Vergleich zwischen Würenlos und Brüttisellen anhand der Schweizerischen Strassenverkehrszählung von 1990 den Schluss zu, dass hier Verkehrsmengen abzuwickeln sind, welche die formulierten Kriterien für "stark belastete" Abschnitte erfüllen.

Würde der Verkehr statt um 25 % um 50 % erhöht, ist das Resultat im wesentlichen das gleiche. Als stark belastet erscheint dann die ganze N1 zwischen Winterthur und Bern, N9/N1 entlang dem Genfersee, die N2 rund um die Zentren Basel, Luzern und Lugano sowie dem 2-spurigen Gotthardtunnel und schliesslich die N4 Schaffhausen - Winterthur und der Rosenbergstunnel in St. Gallen.

Zur Zeit werden zwei stark belastete Abschnitte ausgebaut. Die N1 bei Grauholz wird auf einer Strecke von 5.5 km von 4 auf 6 Spuren ausgebaut. Trotzdem bleibt die Strecke ein "stark belasteter" Abschnitt. Der 2-spurige Abschnitt im mittleren Rheintal, der zur Zeit auf 4 Spuren ausgebaut wird, ist nach dem Ausbau kein "stark belasteter" Abschnitt mehr.

8 Analyse der zukünftigen Belastungssituationen

8.1 Methode

Die 1'000 verkehrsstärksten Stunden des Jahres 1991 werden pro Zählstelle für jede Richtung getrennt (je 1'000 Stunden) um 25 % aufgewertet und anschließend analysiert betreffend ihrer Verteilung nach Qualitätsniveaus, Tageszeit und Wochentag.

Die Analyse der 1'000 am stärksten belasteten Stunden gibt einen Einblick in das effektive Verkehrsgeschehen:

- a) Eine Zahl von 1'000 Stunden gibt ein gutes Bild über die Wunschzeiten der Verkehrsteilnehmer. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verteilung der im Jahr 1991 am stärksten belasteten Stunden auf Wochentage und Tageszeiten auch für die Zukunft einen sinnvollen Indikator für die besondere Problemlage jeder Zählstelle abgibt. Bei den absoluten Spitzenwerten trifft dies nur bedingt zu, und es sollte ihnen deshalb auch nicht besondere Beachtung geschenkt werden.
- b) Für einen vollständigen Vergleich zwischen den Zählstellen genügt die Analyse von 1'000 Stunden nicht. Schon 1991 wurde die massgebende Verkehrsmenge für das Qualitätsniveau C für wenige Zählstellen an mehr als 1'000 Stunden überschritten. Für einen Vergleich zwischen den Zählstellen einerseits und zwischen 1991 und Z1 andererseits werden deshalb nur noch die Stunden mit einem Verkehr, der an der Grenze zu einem instabilen Ablauf liegt (QND + QNE) berücksichtigt. Die Zahl der Stunden mit hohen Verkehrsmengen kann als Indikator für den Grad der Belastung betrachtet werden.
- c) Die Verkehrsmenge, bei welcher der Verkehrsfluss extrem instabil wird (QNE) kann als Belastungsgrenze interpretiert werden. Bei Überschreitungen der massgebenden Verkehrsmenge für das QNE konnte für das Jahr 1991 festgestellt werden, dass es Verkehrsmengen waren, die noch abgewickelt werden konnten, weil die Zeitlücken extrem klein sind. Bei den aufgewerteten Zahlen kann dies nicht mehr vorausgesetzt werden. Ein Teil des darüberliegenden Verkehrs findet dann nicht statt, oder er wird zu andern Zeiten abgewickelt, was die Anzahl der Stunden mit QND bzw. QNC erhöhen würde.

Überschreitungen der für das Qualitätsniveau E massgebenden Verkehrsmengen sind ein Indikator für Überschreitungen der Belastungsgrenzen.

Jeder Strassenabschnitt hat eine bestimmte Charakteristik in der Verteilung der 1'000 verkehrsstärksten Stunden, die in der Form der Dauerkurven zum Ausdruck kommt.

Die Zählstelle Glion ist typisch für "**Freizeit- und Ferienverkehr**". Die Kurve ist gekennzeichnet durch wenige extreme Spitzenwerte. Dann fällt sie steil ab. Die Grundbelastung ist tief. Auch andere Zugänge zum Berggebiet weisen diesen Kurvenverlauf auf. (Figur 8.1)

Die Zählstelle Adliswil ist typisch für "**Pendelverkehr**". Neben den ausgeprägten Spitzen (Freizeitverkehr Graubünden) weist sie vor allem hohe Werte für die ersten 200 Stunden auf. Dann fällt die Kurve steil ab und erreicht das Niveau eher tiefer Grundbelastung. Andere Zählstellen mit einem ähnlichen Verlauf sind die N1 in St. Gallen, die N6 in Bern, die N2 nördlich von Basel und um Lugano. (Figur 8.2)

Die Zählstelle Gunzgen ist typisch für "**Überlandverkehr**" mit hoher Grundbelastung und wenig ausgeprägten Spitzen. Der Kurvenverlauf ist flach. Andere Zählstellen mit ähnlichem Kurvenverlauf finden sich auf der ganzen N1 ausserhalb des direkten Einzugsgebietes der Zentren. (Figur 8.3)

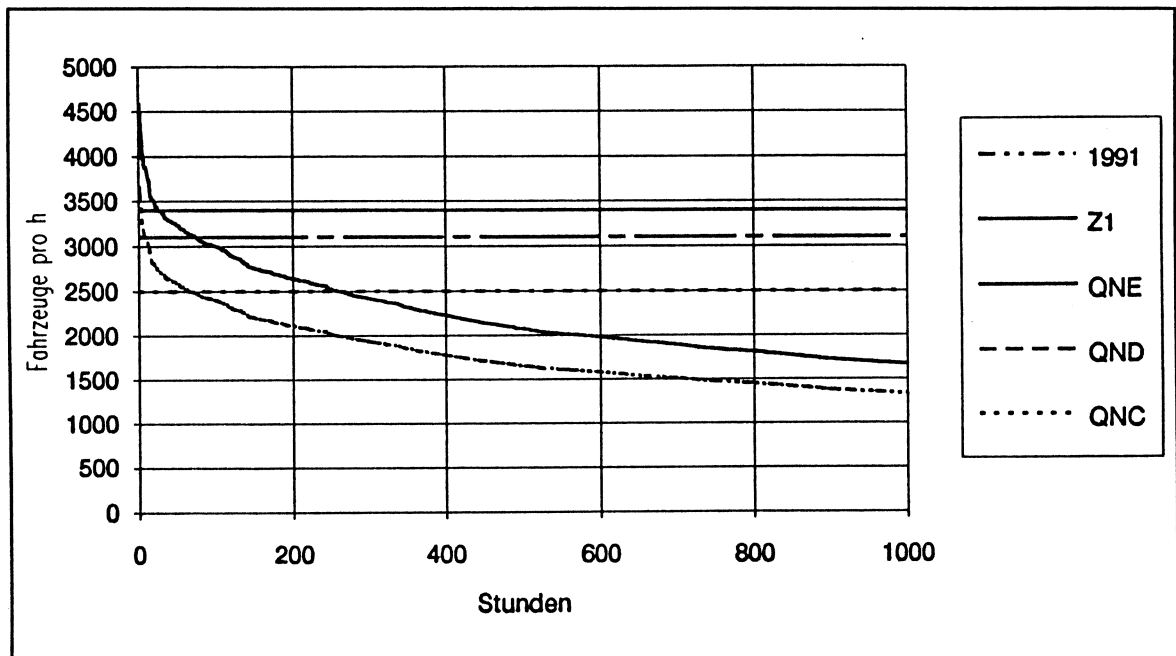
Neben diesen typischen Fällen mit dominierenden Verkehrszwecken ist an anderen Zählstellen der Verkehr vielfältig überlagert. Im Zusammenhang mit Kapazitätsengpässen ist vor allem die **Überlagerung von Überland- und Agglomerationsverkehr** auf der N1 um Zürich, Bern und Lausanne sowie auf der N2 um Basel und Luzern von Bedeutung. Als Beispiel wird die Umfahrung Lausanne aufgeführt. (Figur 8.4)

Werden diese Dauerkurven um 25 % aufgewertet, zeigt es sich, dass in Glion (Touristenverkehr) das Problem nach wie vor in eher episodischen Spitzenbelastungen besteht.

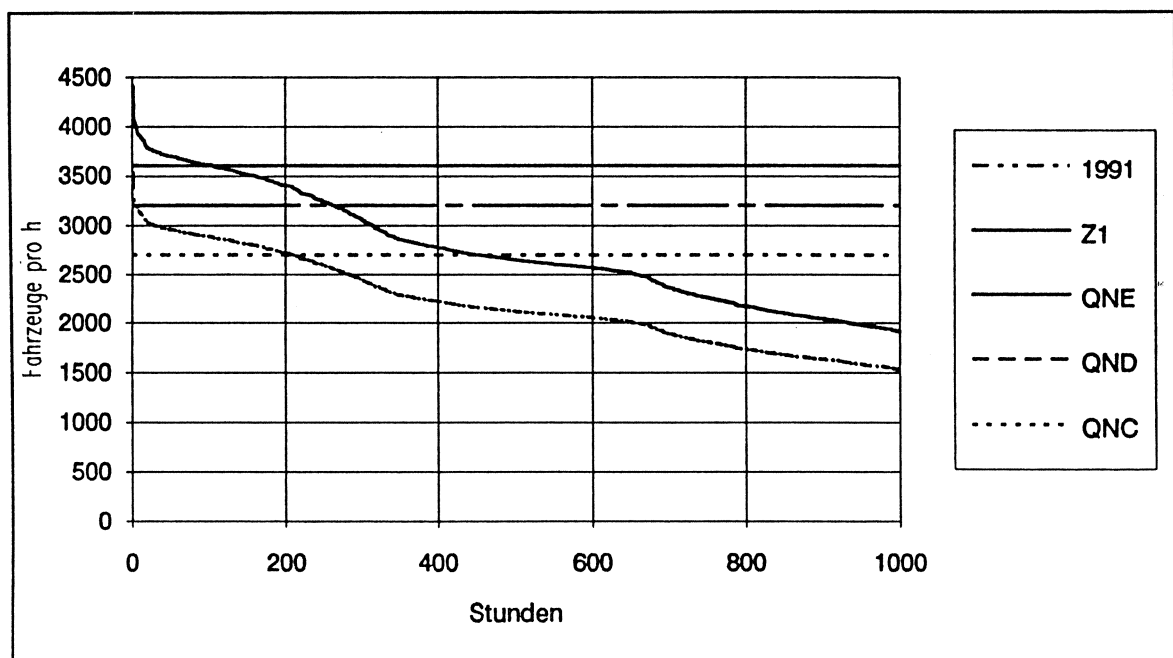
Beim Typus Pendelverkehr (z.B. Adliswil) verschärft sich das Problem der täglichen Spitzenstunden in dem Masse, dass der Verkehr zeitweilig nicht mehr bewältigt werden kann. Es bestehen aber noch Ausweichmöglichkeiten, da sich das Problem nach wie vor auf eine beschränkte Zahl von Stunden konzentriert.

Beim Typus Überlandverkehr (z.B. Gunzgen) sind es nach wie vor eher wenige Stunden, während denen die Grenze zu einem instabilen Verkehrsfluss (Qualitätsniveau D) erreicht wird. Der flache Kurvenverlauf hat aber zur Folge, dass nunmehr alle erfassten 1'000 Stunden so hohe Verkehrsmengen aufweisen, die bei stabilem Fluss eine reduzierte Geschwindigkeit verlangen und bei welchen Störungen einen erheblichen Einfluss haben (QNC).

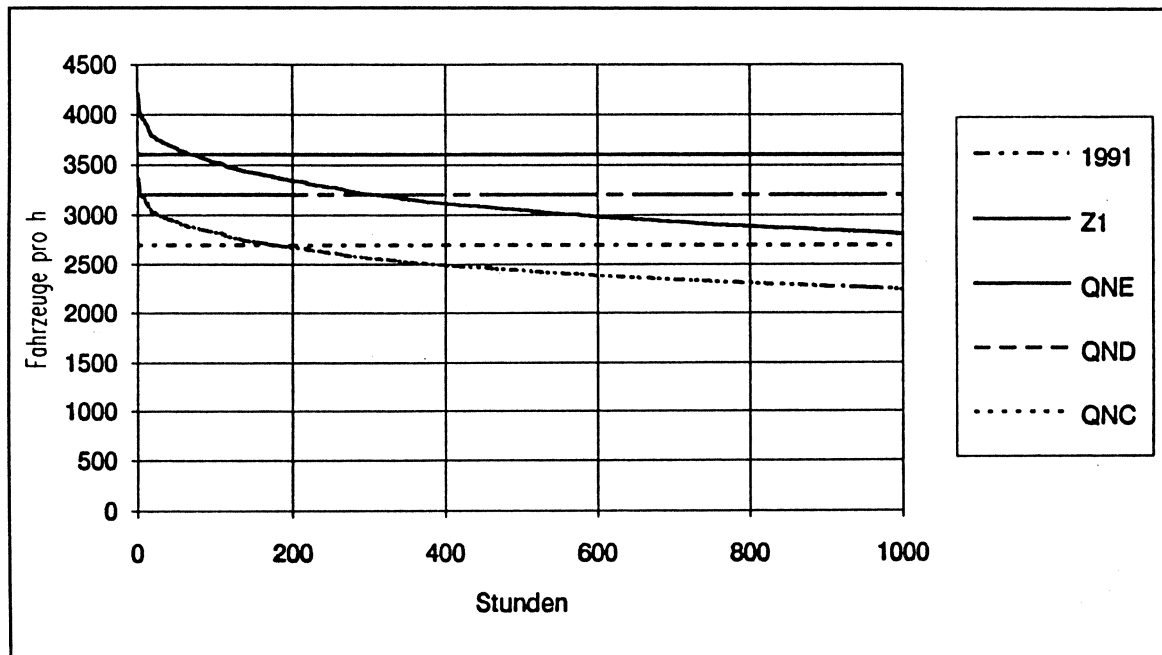
Im Falle von Überlagerung von Agglomerations- und Überlandverkehr (z.B. Umfahrung Lausanne) kann die gerechnete Verkehrsmenge während 300 bis 600 Stunden gar nicht mehr bewältigt werden. Wegen der hohen Grundbelastung bestehen aber nur sehr beschränkte Ausweichmöglichkeiten.



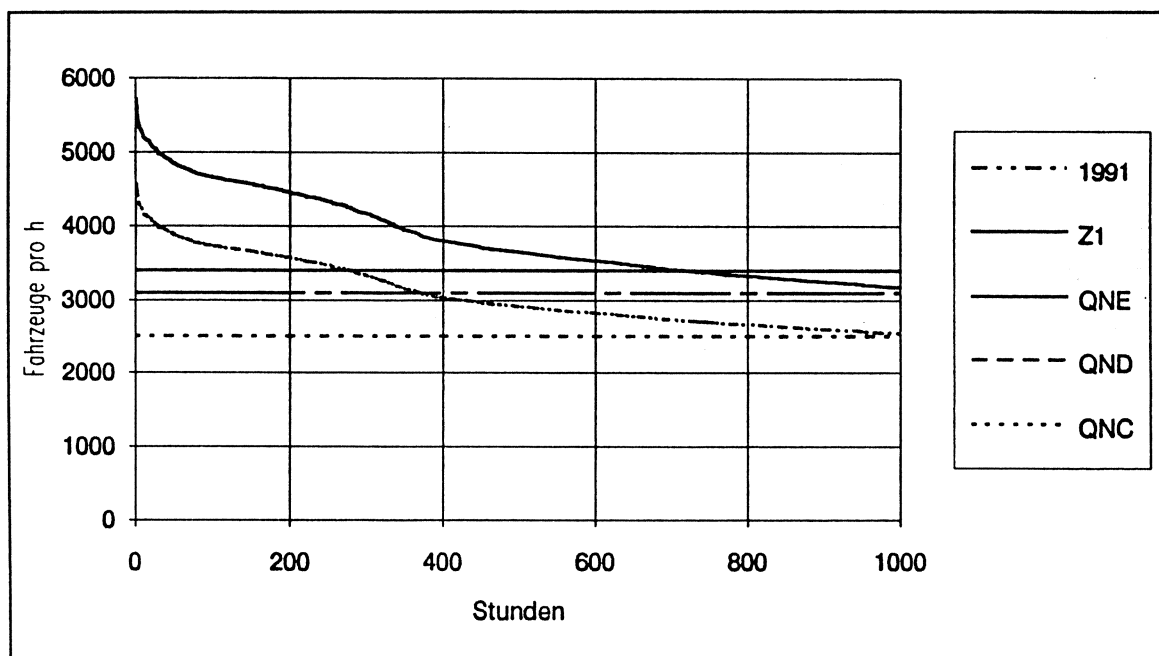
Figur 8.1: Dauerkurve Tunnel de Glion Richtung Martigny 1991 und Z1



Figur 8.2: Dauerkurve Adliswil Richtung Sargans 1991 und Z1



Figur 8.3: Dauerkurve Gunzgen Richtung Zürich 1991 und Z1



Figur 8.4: Dauerkurve Umfahrung Lausanne Richtung Bern 1991 und Z1

8.2 Anzahl der stark belasteten Stunden

Wenn alle Stunden mit einer Verkehrsmenge, die noch einen stabilen Ablauf bei reduzierter Geschwindigkeit erlaubt (QNC), berücksichtigt werden, genügt die Analyse der 1'000 stärksten Stunden pro Richtung nicht mehr. Für den weiteren Vergleich werden deshalb nur die Stunden mit einer Verkehrsmenge berücksichtigt, die an der Grenze zum instabilen Verlauf liegen (QND), einen extrem instabilen Verkehrsfluss zur Folge haben (QNE) oder nicht mehr bewältigt werden können.

Nr.	NS	Ort	1991			Z1		
			QNE	QND	tot	QNE	QND	tot
97	1	Baregg	482	395	877	1484	516	2000
64	9	Cont Lausanne	457	186	643	1317	606	1923
150	2	Gotthard	10	1035	1045	304	1614	1918
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	146	484	630	1238	640	1878
178	4	Andelfingen	1	785	786	222	1627	1849
93	1	Umfahrung Winterthur	28	287	315	571	319	890
43	1	Préverenges	1	39	40	235	575	810
60	1	Gunzgen	0	27	27	199	556	755
81	2	Muttenz	0	9	9	174	579	753
32	1	Deitingen	2	61	63	246	442	688
70	2	Weil a. Rhein	12	111	123	327	357	684
116	9	Grandvaux	8	78	86	254	361	615
42	6	Umfahrung Bern Ost	0	15	15	300	284	584
54	3	Adliswil	0	164	164	311	181	492
126	2	Luzern Sonnenbergt	1	34	35	160	274	434
104	6	Muri	0	3	3	62	358	420
76	2	Noranco	1	10	11	162	168	330
118	1	Bern Felsenauviadukt	0	0	0	8	297	305
23	1	Schönbühl	0	5	5	77	223	300
26	2	Ennethorw	0	24	24	88	152	240
84	1	Rosenbergtunnel	0	0	0	9	223	232
114	1	Brüttsellen	0	0	0	24	198	222
83	9	Tunnel de Glion	5	19	24	70	99	169
143	2	Basel Grenzbrücke	0	0	0	13	154	167
56	1	Grauholz	437	635	1072	2	97	99

Tabelle 8.1: Anzahl stark belastete Stunden Mo - So pro Richtung 1991 und Z1 nach Qualitätsniveaus

1991 sind Verkehrsmengen über dem QNE an den vier Zählstellen Grauholz, Baregg, Umfahrung Lausanne und Nordumfahrung Zürich regelmässig zu beobachten. Dies hat dort einen äusserst instabilen Verkehrsablauf zur Folge und führt regelmässig zu Stau. Auch versuchen die Verkehrsteilnehmer auf andere Zeiten auszuweichen, was zu breiten Tagesspitzen führt.

Mit dem Ausbau der Teilstrecke Grauholz sind hier zwar noch regelmässig hohe Verkehrsmengen zu bewältigen. Die Kapazitätsgrenze wird aber vorerst nicht mehr erreicht.

Bei den anderen drei kritischen Abschnitten (Nordumfahrung Zürich, Baregg und Umfahrung Lausanne) kann der gerechnete Verkehr zu den Wunschzeiten nicht mehr bewältigt werden. Selbst wenn die 30. Stunde von 1991 als Referenzgrösse für einen Verkehr genommen wird, der unter besonderen örtlichen Verhältnissen und bei der spezifischen Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer auf einem gegebenen Abschnitt noch bewältigt werden kann, liegen die Verkehrsmengen bei 25 % Mehrverkehr an diesen 3 am stärksten belasteten Abschnitten noch während je 500 - 600 Stunden darüber. Ein Teil dieses Verkehrs findet somit nicht mehr statt, oder er muss auf andere Zeiten ausweichen. Nur ist dies bei der ohnehin hohen Grundbelastung nur noch schwer möglich.

Auf den zwei berücksichtigten 2-Spur-Autostrassen Gotthardtunnel und N4 bei Andelfingen - die N13 im Rheintal wird z.Zt. auf 4 Spuren ausgebaut - sind 200 - 300 Stunden mit extrem instabilem Verkehrsfluss (QNE) zu verzeichnen. Ihr wichtigstes Merkmal sind aber die häufigen Belastungen an der Grenze zu einem noch stabilen Fluss (QND). Im Gotthardtunnel wird wie bisher eine maximale Verkehrsmenge zugelassen werden, die einen stabilen Fluss noch gewährleistet, was aber vermehrte Wartezeiten vor den Tunnelportalen zur Folge hat.

Auf 9 weiteren Abschnitten, die schon 1991 zur Gruppe der stark belasteten gehören, wurden bisher Verkehrsmengen, die zu extrem instabilem Fluss führen (QNE), kaum je erreicht. In Zukunft wird dies etwa einmal pro Werktag der Fall sein. Auf den typischen Abschnitten mit ausgeprägtem Zentrumsverkehr (Umfahrung Winterthur, Basel Nord, Umfahrung Bern Ost und Adliswil) sind diese Spitzenstunden das Hauptproblem. Die Abschnitte auf der N1 im zentralen Mittelland (Deitingen, Gunzgen), am Genfersee (Préverenges, Grandvaux) und bei Basel (Muttenz) sind gekennzeichnet durch Belastungen an der Grenze zu einem instabilen Verkehrsfluss (QND). Auf allen diesen Abschnitten sind Verkehrsverhältnisse zu erwarten, wie sie heute auf der Nordumfahrung Zürich herrschen.

Auf den Abschnitten, die erst in Zukunft als stark belastet zu betrachten sind, werden vor allem die Zeiten mit einer Verkehrsmenge an der Grenze zu einem instabilen Verkehrsfluss (QND) ein Problem darstellen. Auf der N2 in den Zentren Luzern und Lugano werden aber auch öfters Verkehrsmengen abzuwickeln sein, die einen extrem instabilen Verkehrsfluss zur Folge haben.

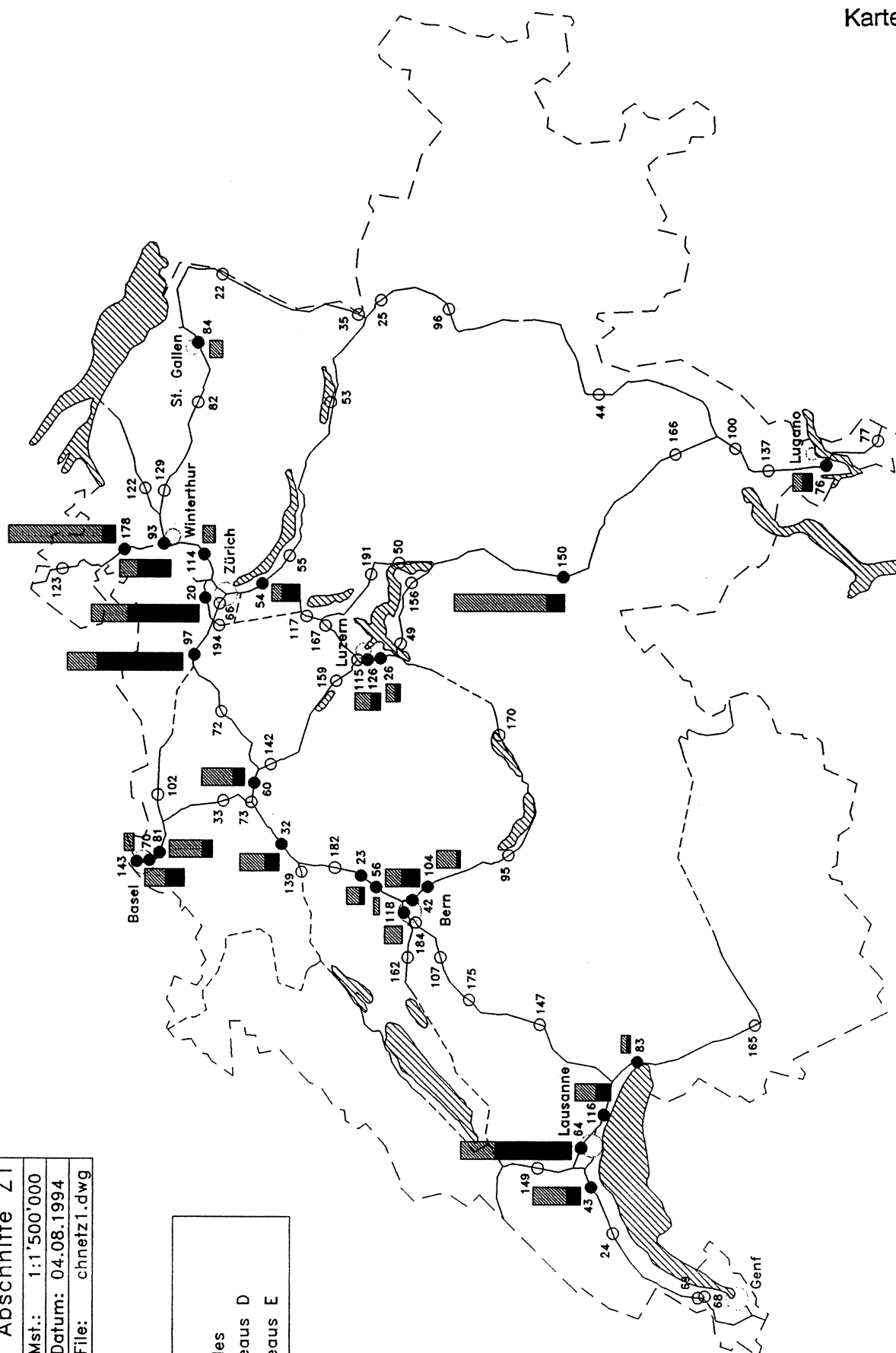
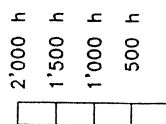
Werden die stark belasteten Abschnitte nach der Zahl der Stunden gewichtet, die eine Verkehrsmenge aufweisen, die an der Grenze zu einem instabilen Fluss liegen, ergibt sich nachfolgendes Bild. (vgl. Karte 6)

Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

Anzahl Spitzenstunden der
stark belasteten Abschnitte Z1

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Mst.: 1:1'500'000 Datum: 04.08.1994 File: chnetz1.dwg
--	---

Legende
Überschreitung des
Qualitätsniveaus D
Qualitätsniveaus E



Mehr als 1'500 Stunden pro Jahr

- 4-Spur-Abschnitte auf der N1 im Einzugsgebiet der Zentren Zürich und Lausanne
- 2-Spur-Abschnitte N4 und N2 Gotthardtunnel

500 - 1'000 Stunden pro Jahr

- N1 im zentralen Mittelland
- N1/N9 im erweiterten Einzugsgebiet der Zentren Zürich und Lausanne
- N2 im Raum Basel

Weniger als 500 Stunden pro Jahr

- Abschnitte in mittelgrossen Zentren (St. Gallen, Luzern, Lugano)
- Abschnitte im Einzugsgebiet der grossen Zentren, welche nicht Teil der grossen nationalen Verbindungen sind

Rund um die Zentren Zürich, Basel und Bern sind auch die 6-spurigen Strassenabschnitte stark belastet.

8.3 Verteilung der stark belasteten Stunden auf die Wochentage

Um die stark belasteten Stunden vergleichen zu können zwischen 1991 und Z1 einerseits und zwischen den verschiedenen Abschnitten andererseits, werden nur jene Stunden berücksichtigt, welche über dem Qualitätsniveau D liegen. Die Anzahl Spitzenstunden wird in Stunden pro Tag ausgedrückt, bezogen auf die Summe beider Richtungen. (vgl. Karte 7)

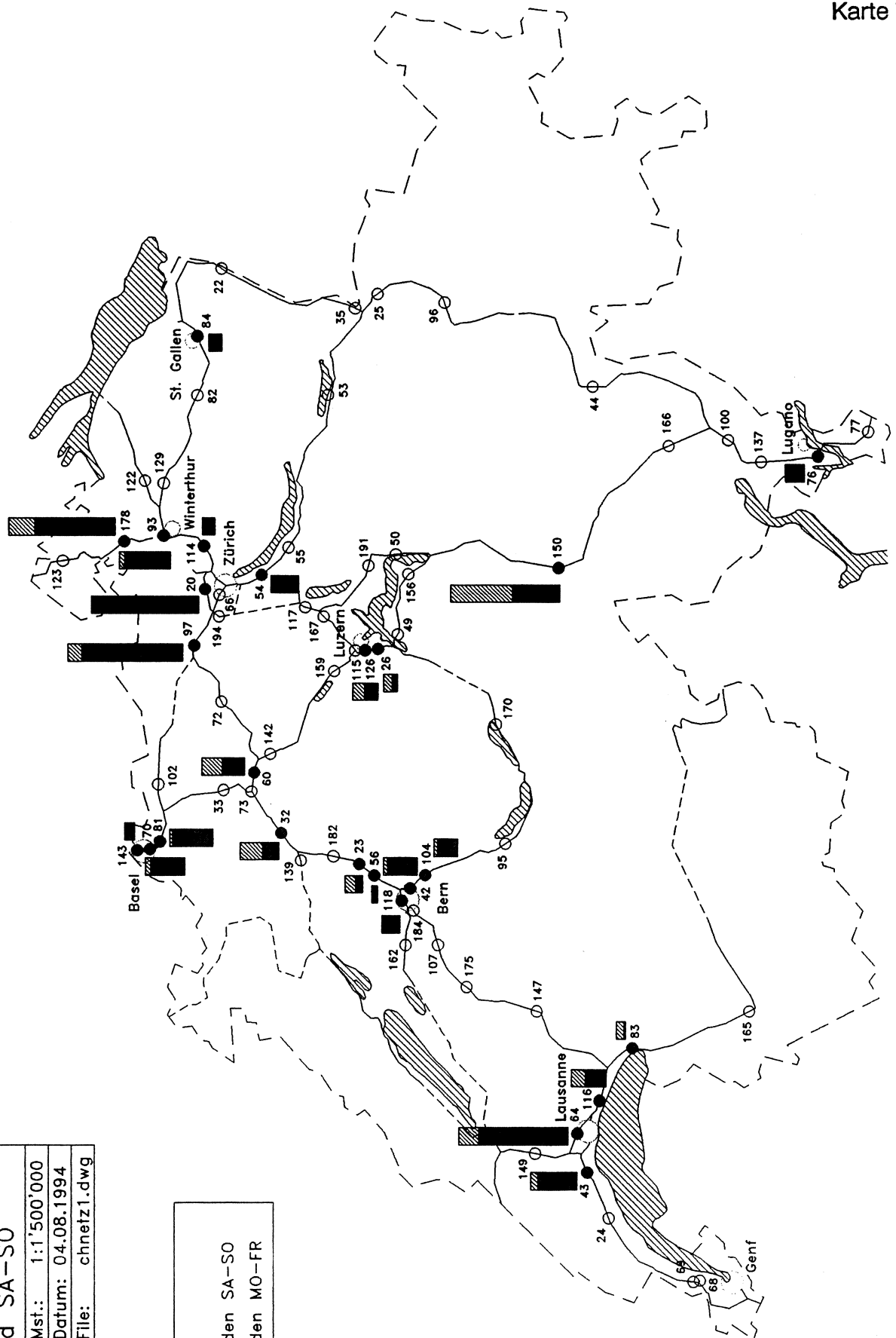
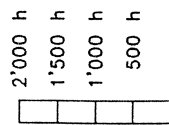
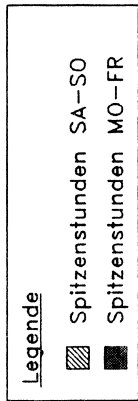
In einer ersten Gruppe von Abschnitten mit durchschnittlich mehr als 4 Spitzenstunden pro Tag (Tabelle 8.2, Spalte 6) weist lediglich die Nordumfahrung Zürich eine ausgeprägte Konzentration nur auf die Werktage auf. Die anderen Abschnitte (N1 in den Agglomerationen und 2-Spur-Abschnitte) sind sowohl an Werktagen wie an Wochenenden pro Tag zumindest während 2 Stunden stark belastet.

In einer zweiten Gruppe mit Spitzenbelastungen von 1 - 3 Stunden pro Tag sind die N1 im zentralen Mittelland und die N1/N9 im Einzugsgebiet von Lausanne an Werktagen und an Wochenendtagen stark belastet. In Luzern dominiert der Wochenendverkehr. Auf den übrigen Abschnitten, die alle im Einzugsgebiet grösserer Zentren liegen, konzentrieren sich die hohen Belastungen auf die Werktage.

In der letzten Gruppe von Abschnitten mit Spitzenbelastungen von weniger als einer Stunde pro Tag ergibt sich jeweils eine klare Dominanz der Werktagsbelastungen (Zentrumsverkehr) oder der Wochenendbelastungen (N9, N2 Luzern).

Schweiz. Strassenverkehrsverband
Kapazitätsengpässe auf
dem Nationalstrassennetz

Anzahl Spitzenstunden Z1 MO-FR und SA-SO	
Bernath & Partner	Mst.: 1:1'500'000
Schindlerstr. 22	Datum: 04.08.1994
8006 Zürich	File: chnetz1.dwg



Nr.	NS	Ort	Anzahl Stunden			Stunden pro Tag			Anteil	
			MO-FR	SA-SO	MO-SO	MO-FR	SA-SO	MO-SO	MO-FR	SA+SO
			1	2	3	4	5	6	7	8
97	1	Baregg	1761	239	2000	6.9	2.2	5.5	88%	12%
64	9	Cont Lausanne	1571	352	1923	6.2	3.2	5.3	82%	18%
150	2	Gotthard	831	1087	1918	3.3	9.9	5.3	43%	57%
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	1847	31	1878	7.2	0.3	5.1	98%	2%
178	4	Andelfingen	1396	453	1849	5.5	4.1	5.1	76%	24%
93	1	Umfahrung Winterthur	801	89	890	3.1	0.8	2.4	90%	10%
43	1	Préverenges	686	124	810	2.7	1.1	2.2	85%	15%
60	1	Gunzgen	392	363	755	1.5	3.3	2.1	52%	48%
81	2	Muttenz	704	49	753	2.8	0.4	2.1	93%	7%
32	1	Deitingen	286	402	688	1.1	3.7	1.9	42%	58%
70	2	Weil a. Rhein	589	95	684	2.3	0.9	1.9	86%	14%
116	9	Grandvaux	368	247	615	1.4	2.2	1.7	60%	40%
42	6	Umfahrung Bern Ost	515	69	584	2.0	0.6	1.6	88%	12%
54	3	Adliswil	486	6	492	1.9	0.1	1.3	99%	1%
126	2	Luzern Sonnenbergt	232	202	434	0.9	1.8	1.2	53%	47%
104	6	Muri	354	66	420	1.4	0.6	1.2	84%	16%
76	2	Noranco	320	10	330	1.3	0.1	0.9	97%	3%
118	1	Bern Felsenauviadukt	305	0	305	1.2	0.0	0.8	100%	0%
23	1	Schönbühl	121	179	300	0.5	1.6	0.8	40%	60%
26	2	Ennethorw	90	150	240	0.4	1.4	0.7	38%	63%
84	1	Rosenbergtunnel	230	2	232	0.9	0.0	0.6	99%	1%
114	1	Brütisellen	222	0	222	0.9	0.0	0.6	100%	0%
83	9	Tunnel de Glion	32	137	169	0.1	1.2	0.5	19%	81%
143	2	Basel Grenzbrücke	167	0	167	0.7	0.0	0.5	100%	0%
56	1	Grauholz	74	25	99	0.3	0.2	0.3	75%	25%

Tabelle 8.2: Verteilung der Spitzenstunden nach Wochentagen

8.4 Verteilung der stark belasteten Stunden innerhalb der Werktage

Für die Verteilung des Verkehrs innerhalb des Tages wird unterschieden in Spitzenverkehrszeiten SVZ (7 - 8, 16 - 18 Uhr), erweiterten Spitzenverkehrszeiten SVZ2 (6 - 7, 8 - 9, 18 - 19 Uhr) und Normalverkehrszeiten NVZ (9 - 16, 19 - 22 Uhr). Spitzenbelastungen während der Nacht kommen hauptsächlich am Gotthard vor und werden dort mit den Normalverkehrszeiten verrechnet.

Nr.	NS	Ort	MO-FR h	MO-FR SVZ	MO-FR SVZ2	MO-FR NVZ
<i>Gruppe 1</i>						
81	2	Muttenz	704	95%	5%	1%
42	6	Umfahrung Bern Ost	515	98%	1%	0%
54	3	Adliswil	486	98%	2%	0%
104	1	Muri	354	100%	0%	0%
76	2	Noranco	320	95%	5%	0%
118	1	Bern Felsenauviadukt	305	100%	0%	0%
84	1	Rosenbergtunnel	230	100%	0%	0%
114	1	Brüttisellen	222	100%	0%	0%
143	2	Basel Grenzbrücke	167	100%	0%	0%
56	1	Grauholz	74	96%	3%	1%
<i>Gruppe 2</i>						
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	1847	72%	26%	2%
97	1	Baregg	1761	59%	37%	4%
64	9	Cont Lausanne	1571	68%	25%	6%
93	1	Umfahrung Winterthur	801	81%	16%	3%
43	1	Preverenges	686	84%	13%	3%
<i>Gruppe 3</i>						
178	4	Andelfingen	1396	51%	32%	17%
150	2	Gotthard	831	23%	13%	64%
70	2	Weil a. Rhein	589	71%	23%	6%
60	1	Gunzgen	392	65%	17%	19%
116	9	Grandvaux	368	78%	14%	8%
32	1	Deitingen	286	61%	21%	18%
126	2	Luzern Sonnenberg	232	81%	13%	6%
23	1	Schönbühl	121	74%	17%	9%
26	2	Ennethorw	90	79%	16%	6%
83	9	Tunnel de Glion	32	59%	22%	19%

Tabelle 8.3: Verteilung der verkehrsstärksten Stunden nach Tageszeiten und Wochentagen

Bezüglich der Verteilung an Werktagen lassen sich folgende Gruppen von Abschnitten bilden:

Konzentration der Belastungssituationen auf die Spitzenstunden (7 - 8, 16 - 18 Uhr)

Die Abschnitte mit einer Konzentration der starken Belastungen auf die Spitzenverkehrszeiten liegen alle im direkten Einzugsgebiet der Zentren (Tabelle 8.3, Gruppe 1). Die Spitzen des Pendelverkehrs können sich hier zu den Wunschzeiten ausbilden. Dazu gehören die 6-Spur-Abschnitte im Umkreis von Zürich, Basel und Bern, sowie 4-Spur-Abschnitte mit geringer Grundbelastung (N1 St. Gallen, N2 Basel Nord, Lugano, N3, N6).

Hohe Belastungen während Spitzenverkehrs- und erweiterten Spitzenverkehrszeiten (6 - 9, 16 - 19 Uhr)

Auf den drei am stärksten belasteten Abschnitten Nordumfahrung Zürich, Baregg und Umfahrung Lausanne weicht ein Teil der Verkehrsteilnehmer den Spitzenzeiten aus, was in den hohen Anteilen von Belastungssituationen während der erweiterten Spitzenverkehrszeiten zum Ausdruck kommt (Tabelle 8.3, Gruppe 2).

Diese Verdrängung geschieht, wenn auch in etwas geringerem Masse, ebenfalls auf der Umfahrung Winterthur und westlich von Lausanne. Es handelt sich um eine typische Problematik von sehr stark belasteten Abschnitten in der Nähe von Zentren.

Bedeutendes Gewicht von Normalverkehrszeiten

Mit Ausnahme von Gotthardtunnel und N4 bei Andelfingen entfällt die Mehrzahl von Stunden mit hoher Verkehrsbelastung allerdings auch bei dieser Gruppe auf die Spitzenverkehrszeiten. Für diese Abschnitte ist aber von Bedeutung, dass Belastungssituationen auch entstehen aufgrund der Überlagerung von Überlandverkehr, Ferien-/Freizeitverkehr und Pendelverkehr. (Tabelle 8.3, Gruppe 3) Dazu gehören die N1 zwischen Baregg und Bern, die N2 südlich der Agglomeration Basel und die N9.

8.5 Verteilung der stark belasteten Stunden an Wochenenden

An Wochenenden sind Spitzenbelastungen viel gleichmässiger auf den ganzen Tag verteilt. Hohe Belastungen während Spitzenverkehrszeiten entfallen häufig auf den Sonntagabend, wobei dann vor allem die Zählstellen in der Nähe der Ballungszentren betroffen sind. Zählstellen, die weiter entfernt von den Ziel- und Quellgebieten der Verkehrsteilnehmer liegen, haben die Spitzenbelastungen im Laufe des Tages. Dies wird z.B. beim Gotthard deutlich. Besonders ausgeprägt ist der Zusammenhang auch in Basel, wo die Touristen aus Deutschland, die eine lange Fahrt vor bzw. hinter sich haben, während dem mittleren Vor- und Nachmittag durchfahren.

Nr.	NS	Ort	SA/SO h	SA/SO SVZ	SA/SO SVZ2	SA/SO NVZ
150	2	Gotthard	1087	21%	12%	67%
178	4	Andelfingen	453	36%	8%	57%
32	1	Deitingen	402	27%	14%	58%
60	1	Gunzgen	363	33%	16%	51%
64	9	Cont Lausanne	352	35%	17%	48%
116	9	Grandvaux	247	36%	21%	43%
97	1	Baregg	239	43%	14%	43%
126	2	Luzern Sonnenberg	202	39%	13%	48%
23	1	Schönbühl	179	35%	13%	53%
26	2	Ennethorw	150	43%	11%	47%
83	9	Tunnel de Glion	137	45%	15%	41%
43	1	Préverenges	124	35%	22%	43%
70	2	Weil a. Rhein	95	6%	1%	93%
93	1	Umfahrung Winterthur	89	53%	30%	17%
42	6	Umfahrung Bern Ost	69	61%	23%	16%
104	1	Muri	66	62%	27%	11%
81	2	Muttenz	49	8%	0%	92%
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	31	65%	29%	6%
56	1	Grauholz	25	36%	16%	48%
76	2	Noranco	10	50%	40%	10%
54	3	Adliswil	6	83%	17%	0%
84	1	Rosenbergtunnel	2	100%	0%	0%
118	1	Bern Felsenauviadukt	0	-	-	-
114	1	Brütisellen	0	-	-	-
143	2	Basel Grenzbrücke	0	-	-	-

Tabelle 8.4: Verteilung der stark belasteten Stunden an Sonntagen

8.6 Verbreiterung der Tagesspitzen

Aufgrund der 1'000 verkehrsstärksten Stunden kann gezeigt werden, wo, wann, wie oft, wie lange ein bestimmtes Qualitätsniveau überschritten wird. Allerdings werden dabei auch Verkehrsmengen in die Analyse einbezogen, die zu den heutigen Wunschzeiten nicht mehr abgewickelt werden können. Aufgrund der durchschnittlichen Tagesgänge soll nun gezeigt werden, wie diese Verkehrsmengen auf die Nachbarstunden umgelegt werden müssten, wenn die unterstellte Verkehrszunahme von 25 % bewältigt werden sollte. Es wird also wiederum eine hypothetische Aussage über einen zukünftig notwendigen Tagesgang gemacht.

Das Vorgehen soll beispielhaft für die Nordumfahrung Zürich dargelegt werden.

Wie der durchschnittliche Tagesgang in Figur 8.5 zeigt, übersteigt der um 25 % aufgewertete Verkehr zwischen 16 und 18 Uhr die Belastungsgrenze. Er wird auf die Nachbarstunden verteilt werden. Dabei genügt es noch nicht, die Stosszeit bis 19 Uhr auszudehnen. Ein Teil des Verkehrs mit einer Wunschzeit zwischen 16

und 18 Uhr müsste auch noch auf den Nachmittag zwischen 15 und 16 Uhr ausweichen.

Beim durchschnittlichen Tagesgang handelt es sich um einen Mittelwert aus allen Werktagen bzw. Wochenendtagen. Die einzelnen Tageswerte streuen um diesen Durchschnitt. Die festgelegten Qualitätsniveaus beziehen sich ebenfalls auf einen Mittelwert. Je nach Wetter, Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer, speziellen Vorkommnissen wie z.B. Unterhaltsarbeiten sind auch die massgebenden Verkehrsmengen für die Qualitätsniveaus unterschiedlich. Es ist also zu beachten, dass im vorliegenden Zusammenhang eine Streuung um die Mittelwerte bereits angenommen wird und deshalb die Grenzwerte für die Qualitätsniveaus strenger zu interpretieren sind als bei der Analyse von Einzelwerten.

Auf 9 Abschnitten ist eine Zunahme des Verkehrs um 25 % während der Wunschzeiten, wie sie im durchschnittlichen Tagesgang zum Ausdruck kommen, nicht mehr möglich. Der zusätzliche Verkehr müsste auf die benachbarten Stunden verteilt werden analog dem Beispiel Nordumfahrung Zürich.

In der folgenden Tabelle wird angegeben, während welcher Zeiten die Strasse bis zur Belastungsgrenze (QNE) belastet ist und auf welche ausgewichen werden müsste, wenn der Verkehr tatsächlich abgewickelt werden müsste. Eine Alternative besteht auch darin, dass die Verkehrsteilnehmer auf die Fahrt verzichten oder ein anderes Verkehrsmittel benutzen.

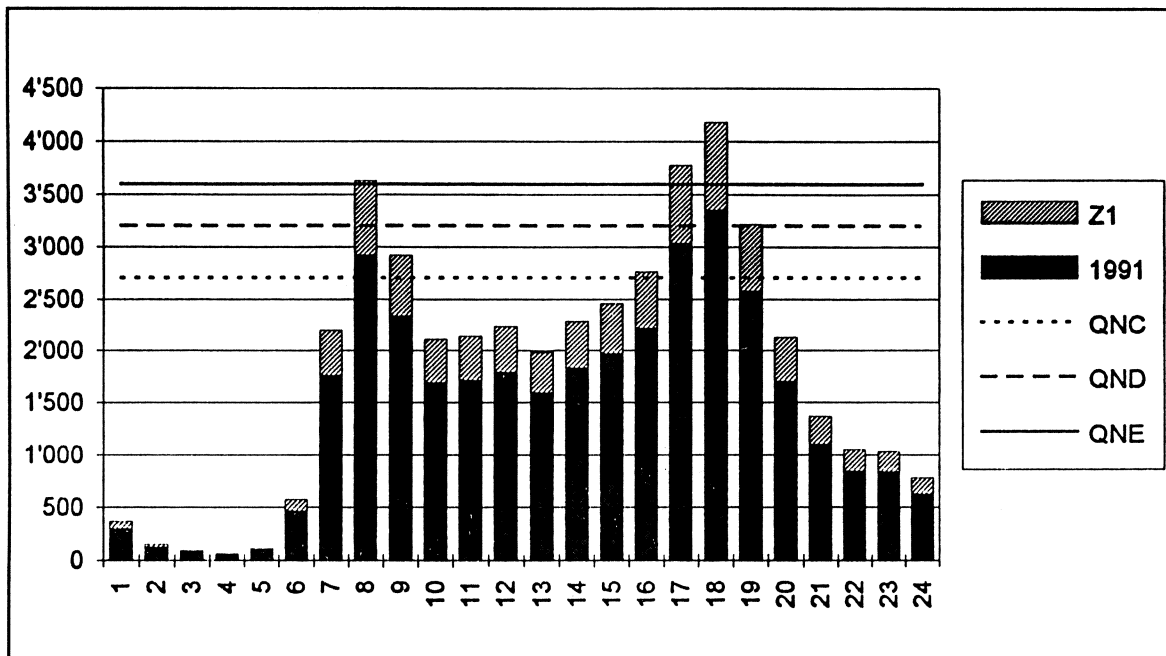
Abschnitt	Richtung 1 h mit Verkehr QNE	Ausweich- zeiten	Richtung 2 h mit Verkehr QNE	Ausweich- zeiten
Baregg	6 - 9	9 - 10	15 - 19	14 - 15, 19 - 20
Umfahrung Lausanne	7 - 9	6 - 7	15 - 19	19 - 20
Nordumfahrung Zürich	7 - 9	6 - 7	16 - 19	15 - 16, 19 - 20
Genf, Colovrex	7 - 9	6 - 7	16 - 18	
Basel, Weil a. Rhein	-	-	16 - 18	15 - 16, 19 - 20
Umfahrung Winterthur	7 - 8	6 - 7, 8 - 9	17 - 18	16 - 17, 18 - 19
Adliswil	7 - 8	6 - 7, 8 - 9	-	-
Andelfingen	7 - 8	8 - 9	-	-
Umfahrung Bern Ost	-	-	17 - 18	16 - 17

Tabelle 8.5: Abschnitte mit Verkehr über der Belastungsgrenze

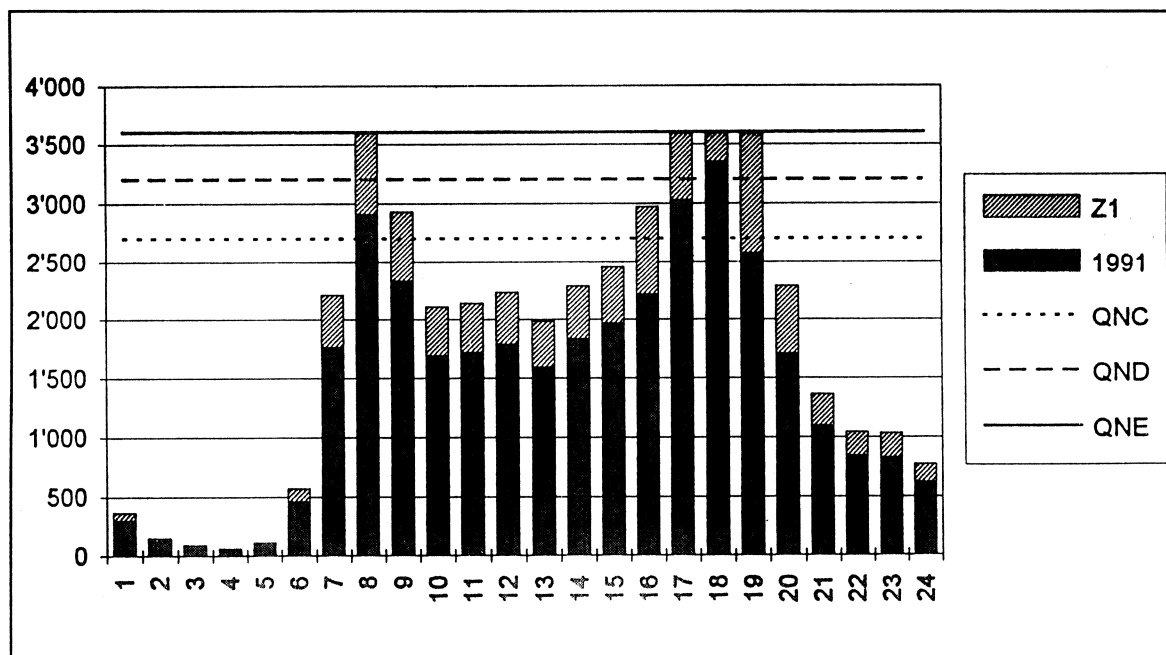
Auf den vier Abschnitten Umfahrung Winterthur, Adliswil, Andelfingen und Umfahrung Bern Ost ist ein Ausweichen auf benachbarte Stunden insofern noch möglich, als durchschnittliche Belastungen über einer Verkehrsmenge, die bei kleinsten Störungen zu Stau führt (QNE), jeweils nur während einer Stunde auftreten.

In Basel Nord ist am Abend zwischen 16 - 18 Uhr mit so hohen Verkehrsmengen zu rechnen, dass auf den mittleren Nachmittag oder den Abend ausgewichen werden muss.

In Genf werden am Morgen und am Abend während zwei Stunden Verkehrsmengen erreicht, die ein Ausweichen erforderlich machen.



Figur 8.5: Nordumfahrung Zürich Richtung Weiningen: Tagesgang W 1991 und Z1 ohne Beschränkung auf QNE



Figur 8.6: Nordumfahrung Zürich Richtung Weiningen: Tagesgang W 1991 und Z1 mit Beschränkung auf QNE

Auf den drei Abschnitten Nordumfahrung Zürich, Baregg und Umfahrung Lausanne dauern die Zeiten mit Höchstbelastungen während der Abendspitze 3 - 4 Stunden. Dies ist insofern eine hypothetische Aussage, als viele Fahrten nicht sinnvoll um Stunden verschoben werden können. Wahrscheinlicher ist dann, dass die Verkehrsteilnehmer auf das lokale und regionale Netz ausweichen, das öffentliche Verkehrsmittel benutzen oder auf die Fahrt verzichten.

Auf den übrigen Abschnitten können bei einer Verkehrszunahme um 25 % die Verkehrsteilnehmer eine Fahrt noch zu den Wunschzeiten unternehmen, wie sie im durchschnittlichen Tagesgang von 1991 zum Ausdruck kommen.

Tägliche Durchschnittsbelastungen an der Grenze zu einem stabilen Verkehrsfluss (QND) kommen in den Agglomerationen Basel, Lausanne und St. Gallen an weiteren Zählstellen vor. Auf allen Überlandabschnitten werden im durchschnittlichen Tagesgang höchstens Verkehrsmengen erreicht, die eine reduzierte Geschwindigkeit erfordern und störungsanfällig sind (QNC).

Ein solches Ausweichen auf benachbarte Stunden wird auf allen Abschnitten geschehen, wo der Verkehr die Kapazitätsgrenze regelmässig erreicht (vgl. Tabelle 8.1). Neben den bereits aufgeführten, wo es auch im durchschnittlichen Tagesgang zum Ausdruck kommt, sind es vor allem Abschnitte auf der N1 im zentralen Mittelland, N1/N9 entlang dem Genfersee und der Gotthardtunnel. Auf diesen Abschnitten treten die Spitzenbelastungen etwas weniger regelmässig auf als auf den erfassten Abschnitten im Umkreis von Städten. Sie kommen deshalb im durchschnittlichen Tagesgang weniger zum Ausdruck.

8.7 Lastwagenverkehr

Auswirkungen auf die Grundbelastung

Bei einem Qualitätsniveau C ist ein flüssiger Verkehr bei etwas reduzierter Geschwindigkeit noch möglich. Ausserhalb der Stosszeiten und ohne Berücksichtigung von Behinderungen durch Baustellen, kann dieses Qualitätsniveau in etwa als sinnvolle Kapazitätsgrenze betrachtet werden, weil sonst die Funktion einer Nationalstrasse als überregionale Verbindung in Frage gestellt ist. Die Lastwagen (ausgedrückt in Personenwagengleichwerten) beanspruchen heute auf den stark befahrenen Abschnitten der N1 und der N2 20 - 25 % dieser Kapazität.

	Durch Lastwagen beanspruchte Kapazität		
	1991	Z1	Z1A
Baregg	25 %	31 %	35 %
Gunzgen	25 %	32 %	35 %
Schönbühl	20 %	25 %	27 %
Muttenz	20 %	25 %	28 %
Gotthardtunnel (Sommer)	20 %	25 %	28 %

Tabelle 8.6: Durch Lastwagen beanspruchte Kapazität 7 - 16 Uhr

Wird für den Lastwagenverkehr eine Zunahme um 25 % angenommen, beansprucht er in Zukunft zwischen 25 % und 32 % der Kapazität. Wird eine Zunahme um 40 % angenommen (Z_{1A}), sind es 27 % bis 35 %. Auf den am stärksten belasteten Abschnitten (Baregg und Gunzgen) wird je nach angenommener Entwicklung 60 - 70 % der rechten Spur durch Lastwagen besetzt sein, auf den anderen stark belasteten Abschnitten von N1 und N2 zwischen 50 % und 60 %. Dies bedeutet bei ebenfalls zunehmendem PW-Verkehr, dass Spurwechsel erschwert werden. Alle Verkehrsteilnehmer haben sich in den herrschenden Verkehrsfluss einzuordnen, und die gefahrene Geschwindigkeit verschiedener Fahrzeugkategorien gleicht sich an.

Gesamthaft trägt der Lastwagenverkehr in sehr erheblichem Mass zur hohen Grundbelastung bei. Auf den Abschnitten mit schwach ausgeprägten Spitzenverkehrszeiten wie Gunzgen und Gotthard und während der Normalverkehrszeiten auf Agglomerationsabschnitten beansprucht der Lastwagenverkehr zwischen 25 % und 32 % der Kapazität.

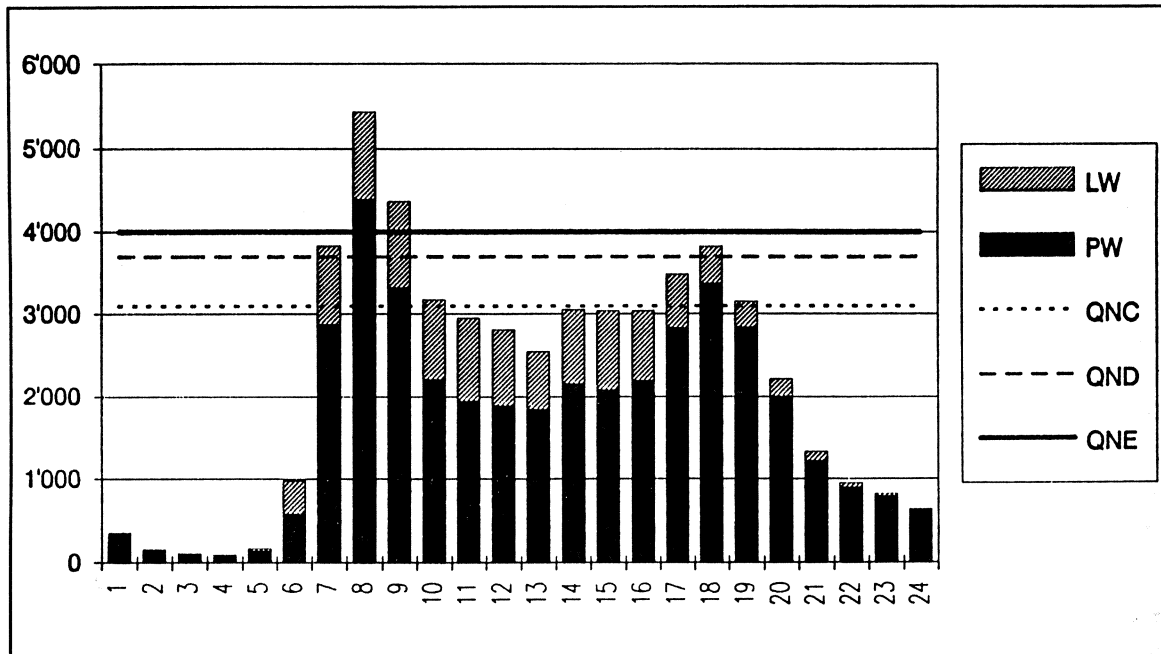
Auswirkungen auf die Stosszeiten

Während der Stosszeiten ist der gewichtete Lastwagenanteil deutlich tiefer als während der Normalverkehrszeiten.

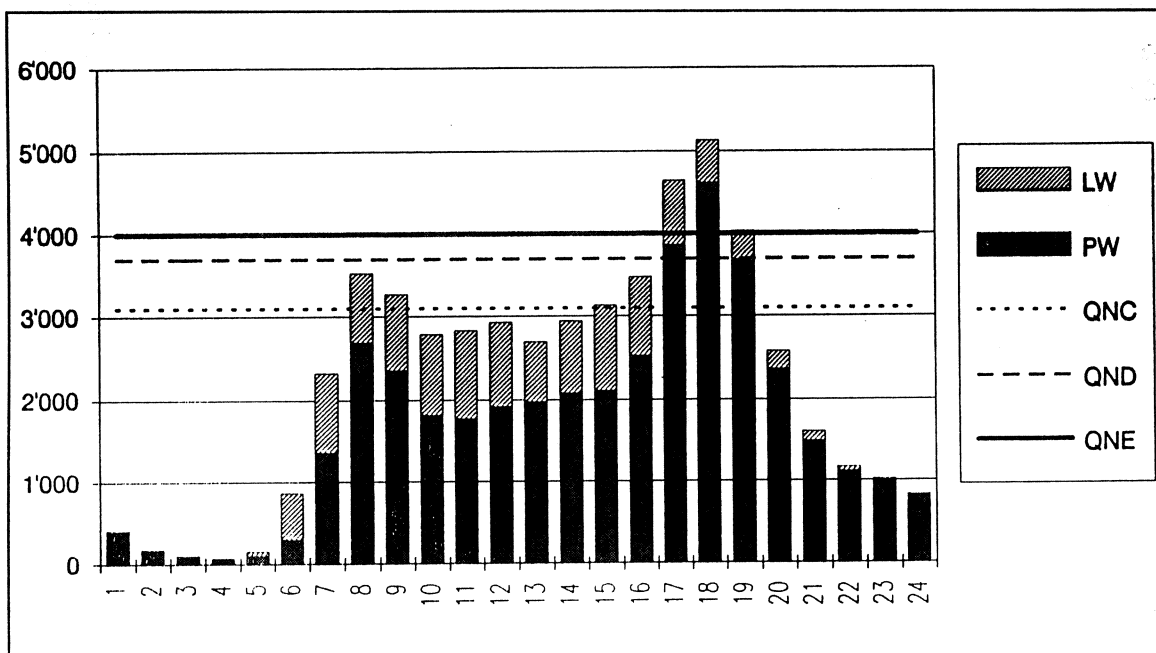
Zählstelle	Gewichtete Lastwagenanteile			Richtung 2		
	Richtung 1			7 - 16	7 - 8	17 - 18
Schönbühl	35.4	27.5	16.7	34.3	32.3	16.3
Muttenz	28.7	21.5	10.6	32.0	22.0	16.8
Baregg	27.5	19.4	12.0	31.5	24.1	10.2

Tabelle 8.7: Gewichtete Lastwagenanteile während der Stosszeiten

Zwischen Personenwagen- und Lastwagenverkehr besteht während der Morgenspitze eine deutliche Konkurrenzsituation. Bei einem dichten Lastwagenverkehr ergeben sich am Morgen niedrige Lastwagenanteile allein aufgrund der ausgeprägten Spitze beim Personenwagenverkehr. Nach 16 Uhr jedoch geht der Lastwagenverkehr absolut zurück. Die Konkurrenzsituation wird während der Abendspitze entschärft.



Figur 8.7: Baregg Richtung Zürich: Tagesgang gewichteter Verkehr Z1



Figur 8.8: Baregg Richtung Bern: Tagesgang gewichteter Verkehr Z1

Die Zunahme des Verkehrs um 25 % hat zur Folge, dass auf verschiedenen Abschnitten die verfügbare Kapazität ausgeschöpft ist und die Verkehrsteilnehmer auf andere Zeiten auszuweichen versuchen. Schon heute springt der Lastwagenverkehr am Morgen früher an als der PW-Verkehr. Da am frühen Morgen noch viel freie Kapazität vorhanden ist, dürfte der Lastwagenverkehr noch vermehrt ausweichen. Ein erheblich dichter Lastwagenverkehr zwischen 5 und 7 Uhr morgens schafft vor allem Probleme mit der Lärmbelastung. Betreffend Kapazitätsprobleme ist ein solches Ausweichen aber erwünscht.

Kritisch werden die Verhältnisse auf der N1 in der Umgebung der Zentren, wie das Beispiel Baregg zeigt. (vgl. Figur 8.8)

Erstens zeigt sich hier, dass während der Morgenspitze die Lastwagen erheblich zur Kapazitätsüberschreitung beitragen. Während der Abendspitze sind es vor allem die Personenwagen.

Sowohl während der Morgenspitze wie während der Abendspitze kann schon allein der Personenwagenverkehr zu den Wunschzeiten nicht mehr bewältigt werden. Dies führt zur bekannten Verbreiterung der Spitzenstunden. Damit wird aber dem Lastwagenverkehr die Möglichkeit genommen, auf die Nebenzeiten auszuweichen. Es ist somit mit einer Akzentuierung der Konkurrenz zu rechnen. Wenn die Lastwagen noch weiter ausweichen, wird die Grundbelastung während der Normalverkehrszeiten noch deutlicher durch die Lastwagen geprägt werden.

Gesamthaft wird mit der Verbreiterung der Verkehrsspitzen der Spielraum eingeschränkt, auf verkehrsärmere Stunden auszuweichen. Lastwagenverkehr und Personenverkehr werden vermehrt in Konkurrenz um die knappen Kapazitäten treten.

8.8 Spezifische Problemlagen der einzelnen Abschnitte

Je nach spezifischer Problemlage der einzelnen Abschnitte sind die Überlastungssituationen unterschiedlich zu gewichten.

Abschnitte mit Verkehrsmengen über der Kapazitätsgrenze

Auf den drei Abschnitten

- Nordumfahrung Zürich
- Bareggunnel
- Umfahrung Lausanne

ist die Kapazitätsgrenze in dem Sinn erreicht, dass täglich während mehrerer Stunden eine Verkehrsmenge bewältigt werden muss, die zu extrem instabilem Verlauf bzw. zu Stau führt. Ein Teil des Verkehrs findet nicht mehr statt, weicht auf

das lokale und regionale Netz aus, oder die Verkehrsteilnehmer benutzen das öffentliche Verkehrsmittel.

Die Abschnitte sind gekennzeichnet durch hohe Grundbelastungen, starken Lastwagenverkehr und lange dauernde Stosszeiten, weil sich die Tagesspitzen nicht mehr zu den Wunschzeiten ausbilden können. Diese Konstellation führt auch dazu, dass PW-Verkehr und LW-Verkehr vermehrt in Konkurrenz treten.

Diese drei Abschnitte liegen auf der wichtigsten Ost-West-Verbindung im direkten Einzugsgebiet grosser Zentren. Überregionaler Verkehr und Zentrumsverkehr sind überlagert.

Agglomerationsverkehr mit hoher Grundbelastung

Bei einer zweiten Gruppe von Abschnitten ist die Problemkonstellation im wesentlichen die gleiche wie bei den drei kritischsten Abschnitten: Eine hohe Grundbelastung ist überlagert durch Zentrumsverkehr. Der Lastwagenverkehr ist dicht und zusätzlich zu den dominierenden Werktagsspitzen kommen auch häufige Spitzenbelastungen an Wochenenden vor.

Es handelt sich um die Abschnitte:

- Umfahrung Winterthur
- Basel, Weil am Rhein
- Préverenges (Lausanne West)

Auch auf diesen Abschnitten weichen die Verkehrsteilnehmer den absoluten Tagesspitzen aus, was zu lange dauernden Stosszeiten führt. Die zukünftigen Verkehrsverhältnisse sind in etwa vergleichbar mit der heutigen Situation auf der Nordumfahrung Zürich.

Auf den 6-spurigen Autobahnabschnitten

- Zürich - Winterthur
- Limmattal
- Muttenz
- Grauholz
- Felsenauviadukt

ist der Verkehr ebenfalls gleich strukturiert, d.h. hohe Grundbelastung, ausgeprägte Spitzen, hoher Lastwagenverkehr. Auf diesen Abschnitten konzentrieren sich aber die kritischen Situationen vorerst noch auf die werktäglichen Stosszeiten.

Alle Abschnitte dieser zweiten Gruppe liegen auf den grossen Verbindungsachsen N1 und N2 im Umkreis der grossen Zentren.

Hohe Grundbelastung

Das Problem sind nicht so sehr die absoluten Spitzenbelastungen mit extrem instabilem Verkehrsablauf, sondern häufige Verkehrsmengen an der Grenze zu einem instabilen Verlauf bzw. dichter Verkehr mit reduzierter Geschwindigkeit.

Es handelt sich um:

- N1 Zentrales Mittelland (Gunzgen, Deitingen und weniger deutlich Schönbühl)
- N2 Gotthardtunnel
- N4 Andelfingen

Spitzenbelastungen ergeben sich vornehmlich an Wochenenden. Die Spitzenbelastungen an Werktagen fallen häufig nicht auf Spitzenverkehrszeiten. Die Lastwagenanteile liegen sehr hoch (um 15 %). Der Lastwagenverkehr beansprucht rund 1/3 der Kapazität, wenn als massgebendes Qualitätsniveau ein stabiler Verkehrsablauf angenommen wird.

Zugänge zu den Alpen

- N9 Grandvaux, Tunnel de Glion
- N2 Luzern (Sonnenbergtunnel, Ennethorw)

Diese Abschnitte sind gekennzeichnet durch ausgeprägte Spitzenbelastungen und weniger durch hohe Grundbelastungen. Selbst im Umkreis der Zentren (Lausanne, Luzern) sind Wochenendspitzen eher bedeutender als Werktagsspitzen. Viele Spitzenbelastungen fallen auf Stunden ausserhalb der Spitzenverkehrszeiten.

Die Transitproblematik kommt auch im starken Lastwagenverkehr zum Ausdruck. Allerdings werden höchstens halb so viele Lastwagen gezählt wie auf der N1 zwischen Zürich und Bern.

Im Ferien-, Freizeit- und Transitverkehr entstehen Probleme dort, wo eine Überlagerung mit Zentrumsverkehr gegeben ist.

Pendelverkehr

Spitzenbelastungen ergeben sich zum allergrössten Teil während der werktäglichen Stosszeiten. Die Grundbelastungen sind gering, ebenso die Lastwagenanteile.

Diese Problemkonstellation trifft für folgende Abschnitte zu:

- N1 St. Gallen
- N1 Genf
- N2 Basel Nord
- N2 Noranco
- N3 Adliswil
- N6 Umfahrung Bern Ost, Muri

Für Genf liegen keine vollständigen Analysedaten vor. Der durchschnittliche Tagesgang lässt aber auf eine geringe Grundbelastung schliessen.

Es handelt sich bei diesen Abschnitten selbstredend um Nationalstrassen um die grossen Zentren. Eine geringe Grundbelastung ergibt sich deshalb, weil es sich nicht um nationale Hauptverbindungen handelt, oder weil die entsprechenden Zentren nahe an der Grenze liegen.

Die schwerwiegendsten Kapazitätsprobleme ergeben sich auf den 4-spurigen Abschnitten der N1 im Raum Zürich (Nordumfahrung und Baregg tunnel) und der Umfahrung Lausanne, weil diese Abschnitte eine weitere Verkehrszunahme um 25 % gar nicht mehr bewältigen können. Die Umfahrung Winterthur ist von diesem Zustand nicht weit entfernt.

Auf der N1 zwischen Baregg und Schönbühl, insbesondere zwischen Verzweigung N2 (Zofingen) und Verzweigung N5, werden sich Grundbelastungen ergeben, welche die Funktion der N1 als schnelle nationale Hauptverbindung in Frage stellen.

Im Raum Basel nähert sich neben den bestehenden 4-Spur-Abschnitten auch der 6-Spur-Abschnitt der Kapazitätsgrenze.

Die häufigen Spitzenbelastungen der N4 zwischen Schaffhausen und Winterthur und dem Gotthardtunnel hängen mit der relativ geringen Kapazität von 2-Spur-Autostrassen zusammen.

Auf allen übrigen "stark belasteten" Abschnitten sind die Spitzenbelastungen stark geprägt durch einen einzigen Verkehrszweck (Pendel- oder Freizeitverkehr) und sind deshalb weniger stark zu gewichten als die Probleme auf der N1 bzw. auf der N2 im Raum Basel.

8.9 Zunahme der Belastungssituation

Nationalstrassenabschnitte unterscheiden sich in der Art, wie sich der gesamte Verkehr auf Spitzenbelastungen und Normalbelastungen verteilt. Bei tiefem durchschnittlichem Verkehr kann davon ausgegangen werden, dass Spitzenbelastungen an der Kapazitätsgrenze episodische Ereignisse sind. Sie werden mit zunehmendem Gesamtverkehr häufiger. Ab einer bestimmten Verkehrsmenge werden sie regelmässig. Am Beispiel von Umfahrung Lausanne und Baregg kann gezeigt werden, wie sich der Durchschnittsverkehr und die Anzahl Spitzenstunden entwickeln.

Jahr	Umfahrung Lausanne		Baregg	
	DTV	Anzahl Stunden > QND	DTV	Anzahl Stunden > QND
1980	33'500	3	45'503	0
1985	48'500	26	53'311	89
1991	59'500	507	71'009	748

Tabelle 8.8: DTV und Anzahl Spitzenstunden, Umfahrung Lausanne und Baregg, 1980 - 1991

Bis zu einem DTV von rund 50'000 sind Stunden mit einer Belastung an der Grenze zu einem instabilen Verlauf ein episodisches Ereignis. Dann nimmt die Anzahl der Spitzenstunden sprunghaft zu.

Was für die Vergangenheit am Beispiel von Umfahrung Lausanne und Baregg gezeigt wurde, wird in näherer Zukunft auf einer grösseren Zahl der stark belasteten Abschnitte eintreten.

Die Zunahme des DTV um 25 % wird auf den erfassten stark belasteten Abschnitten in etwa zu einer Vervierfachung der Anzahl Spitzenstunden führen. Dabei ist die Zunahme eher unterschätzt, weil ein Teil des Verkehrs, der über der Kapazitätsgrenze liegt, auf andere Zeiten verlagert wird und damit die Zahl der stark belasteten Stunden nochmals zunimmt.

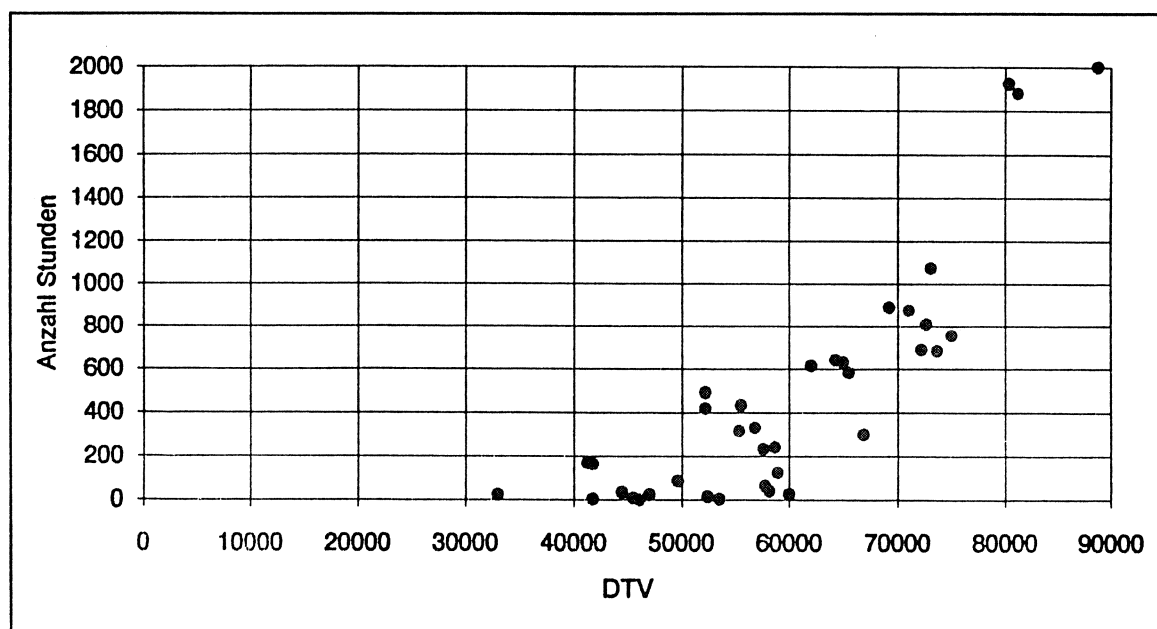
Auf der N1 im zentralen Mittelland und auf den 6-Spur-Abschnitten in den Agglomerationen waren Spitzenbelastungen an der Grenze zu einem instabilen Verlauf bisher höchst selten. Bei einer Zunahme des DTV um 25 % werden es 1 bis 2 Stunden pro Tag sein.

Die kritische Grenze, ab welchem die Anzahl Spitzenstunden stark zunimmt, liegt zwischen 50'000 und 60'000 Fahrzeugen pro Tag, je nach Form der Dauerkurve.

Nr.	NS	Ort	1991 Anzahl h > QND	Z1 Anzahl h > QND	Zunahme 1991 - Z1
97	1	Baregg	877	2000	1123
64	9	Cont. Lausanne	643	1923	1280
150	2	Gotthard	1045	1918	873
20	1C	Umfahrung Zürich Nord	630	1878	1248
178	4	Andelfingen	786	1849	1063
93	1	Umfahrung Winterthur	315	890	575
43	1	Prevèrenes	40	810	770
60	1	Gunzgen	27	755	728
81	2	Muttenz	9	753	744
32	1	Deitingen	63	688	625
70	2	Weil a. Rhein	86	615	529
116	9	Grandvaux	86	615	529
42	6	Umfahrung Bern Ost	15	584	569
54	3	Adliswil	164	492	328
126	2	Luzern Sonnenbergtunnel	35	434	399
104	6	Muri	3	420	417
76	2	Noranco	11	330	319
118	1	Bern Felsenauviadukt	0	305	305
23	1	Schönbühl	5	300	295
26	2	Ennethorw	24	240	216
84	1	Rosenbergtunnel	0	232	232
114	1	Brütisellen	0	222	222
83	9	Tunnel de Glion	24	169	145
143	2	Basel Grenzbrücke	0	167	167
Total			4925	18658	13733

Tabelle 8.9: Veränderung der Anzahl Stunden mit Spitzenbelastungen 1991 - Z1

In der folgenden Graphik sind DTV und Anzahl Spitzenstunden, wie sie sich aus den Daten für 1991 und Z1 ergeben, zueinander in Beziehung gesetzt worden.



Figur 8.9: Beziehung zwischen DTV und Anzahl Spitzenstunden > QND für 4-spurige Autobahnen

Bis zu einem DTV von 40'000 sind auf 4-spurigen Nationalstrassenabschnitten nur selten Spitzenbelastungen zu verzeichnen. Zwischen 40'000 und 50'000 gibt es solche Fälle, die Zahl der Spitzenstunden ist aber noch gering. Zwischen 50'000 und 60'000 sind je nach Form der Dauerkurven mehr oder weniger Spitzenstunden zu verzeichnen. Ab einem DTV über 60'000 ist dies in der Grössenordnung von einer Stunde pro Tag und Richtung der Fall.

Ab einer kritischen Grenze, die für 4-spurige Abschnitte bei einem DTV zwischen 50'000 und 60'000 Fahrzeugen pro Tag liegt, nimmt die Zahl der Spitzenstunden bei einem weiteren Wachstum des DTV sprunghaft zu.

9 Auswirkungen von Ausbauten und Vervollständigungen des Netzes

9.1 Vorgesehene Bauten

Die vorgesehenen Bauten im schweizerischen Nationalstrassennetz lassen sich unterscheiden in:

- Netzteile, die mittelfristig eröffnet werden (bis ca. 2000)
- Netzteile, die längerfristig eröffnet werden (nach 2000)
- Ausbauten bestehender Engpässe

(vergleiche Karte 8)

Kurzfristige Vervollständigungen

Gemäss BRB vom 1. April 1992 ist bis etwa zum Jahr 2000 mit folgenden Veränderungen im Nationalstrassennetz zu rechnen:

- | | |
|-----|---|
| N1 | Yverdon - Löwenberg |
| N3 | Frick - Birrfeld |
| N4 | Schaffhausen - Winterthur |
| N8 | Ewil - Sarnen |
| N9 | Sion - Gampel |
| N16 | Taubenloch - Tavannes; Glovelier - Delémont |

Die zur Zeit sich im Bau befindlichen Teilstücke von N1 und N3 werden wichtige Lücken schliessen.

Mittelfristige Vervollständigungen

Folgende wichtige Nationalstrassenabschnitte werden erst nach dem Jahr 2000 eröffnet:

- | | |
|-------|---------------------------------|
| N2 | Basel - Landesgrenze F |
| N4 | Knonaueramt mit Üetlibergtunnel |
| N1/N3 | Stadtdurchfahrt Zürich |
| N5 | Zuchwil - Biel |
| N5 | Neuenburgersee |
| N7 | Schwaderloch - Landesgrenze |
| N9 | Gampel - Brig |
| N16 | Fehlende Teilstücke |

Kurzfristige Ausbauten des bestehenden Netzes

Zur Zeit werden zwei bestehende Teilstücke ausgebaut:

- N1 Grauholz von 4 auf 6 Spuren
- N13 Rheintal von 2 auf 4 Spuren

Damit wird die Kapazität zweier heute stark belasteter Abschnitte erheblich erhöht. In Grauholz um ca. 30 %, bei Kriessern um mehr als das Doppelte. Grauholz weist zwar immer noch Zeiten mit hohen Belastungen auf, die Rheintalautobahn nicht mehr.

Geplante Ausbauten des bestehenden Netzes

Für folgende bestehende Engpässe sind Ausbauten geplant:

- N1 Baregg tunnel Bau einer zweiten Tunnelröhre. Ausbau von 4 auf 7 Spuren
- N9 Umfahrung Lausanne Ausbau auf 6 Spuren
- N2 Luzern - Horw Durchgezogene Beschleunigungs-/Verzögerungsspuren zwischen geplantem Anschluss Schlund und Anschluss Grosshof (1.7 km)

Mit Ausnahme der Nordumfahrung Zürich bestehen für wichtige örtliche Engpässe Ausbaupläne.

9.2 Auswirkungen der weiteren Eröffnungen und Ausbauten

Sofern Angaben aus Umweltverträglichkeits- oder Zweckmässigkeitsprüfungen vorliegen, werden sie in der Argumentation berücksichtigt. Im übrigen geht es um die beschränkte Frage, ob von den weiteren Eröffnungen und den Ausbauten massgebliche Einflüsse auf bestehende stark belastete Strassen ausgehen.

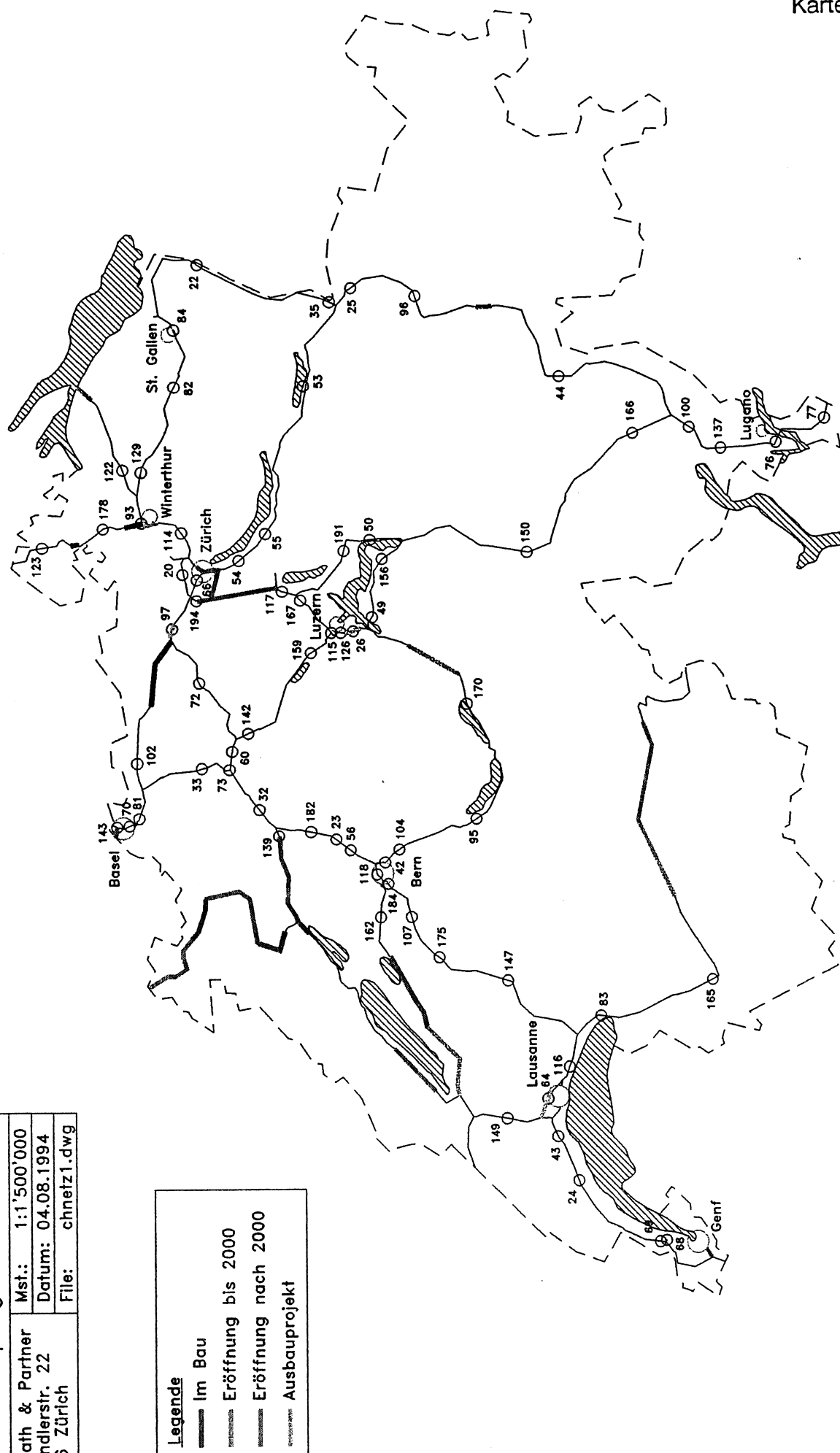
N1 Löwenberg - Yverdon

Mit der Fertigstellung der N1 wird ein Teil des Verkehrs von der Route N12/N9 Bern - Lausanne auf die N1 umgelenkt.

Dies könnte u.U. eine gewisse Entlastung der stark belasteten Abschnitte Vevey - Lausanne und Umfahrung Lausanne zeitigen.

Langfristiges Bauprogramm

Bernath & Partner Schindlerstr. 22 8006 Zürich	Mst.: 1:1'500'000 Datum: 04.08.1994 File: chnetz1.dwg
--	---



Die Werktagsbelastungen konzentrieren sich recht stark auf die Spitzenstunden, d.h. auf den Verkehr zwischen dem Zentrum Lausanne und dem Umland am Genfersee. Die starken Wochenendbelastungen müssen als Freizeitverkehr zwischen dem Genferseegebiet und dem Wallis interpretiert werden. Beide sind von der N1 Yverdon - Löwenberg nicht betroffen. So ist zwar davon auszugehen, dass eine gewisse Entlastung der N9 erzielt wird. Der Einfluss ist aber eher als gering einzuschätzen.

Die Eröffnung der N1 Yverdon - Löwenberg kann auch die N1 nördlich von Bern stärker belasten. Es würde sich dabei allerdings um einen näher nicht bezifferten Neuverkehr handeln. Umlagerungen von der noch nicht fertig gestellten N5 auf die N1 sind in grossem Mass nicht zu erwarten.

N5 Zuchwil - Biel; Neuenburgersee

Die N5 würde sich als zweite Verbindung zwischen der Schweiz östlich von Olten und der französischen Schweiz eignen. Ein möglicher Effekt bestünde vor allem darin, dass die N1 zwischen Verzweigung N1/N5 und Bern entlastet würde. Dieser Abschnitt weist eine hohe Grundbelastung auf mit starkem Lastwagenverkehr und häufigen Spitzenbelastungen an Wochenenden.

Die N5 entlang dem Bielersee ist als 2-spurige Anlage gebaut und weist eine entsprechend geringe Kapazität auf. Sie eignet sich nicht als vollwertige Ausweichroute für die N1. Sie kann aber u.U. während Spitzenbelastungen im Ferien- und Freizeitverkehr eine gewisse Entlastung der N1 zur Folge haben.

Wenn allerdings eine solche Erhöhung der Kapazität im Gesamtsystem N1/N5 von Bedeutung ist, muss gefolgert werden, dass auf dem im zentralen Mittelland am stärksten belasteten Abschnitt zwischen Verzweigung N1/N5 und Verzweigung N1/N2 weiterer Mehrverkehr zu bewältigen wäre.

Wenn von der Eröffnung der N5 ein Einfluss auf die Belastung der N1 ausgeht, dann im Sinne einer Entlastung zwischen Verzweigung N1/N5 und Bern und einer Zusatzbelastung zwischen Verzweigung N1/N5 und Verzweigung N1/N2.

N3 Frick - Birrfeld

Die Fertigstellung der N3 zwischen Frick und Birrfeld verkürzt die Reisezeit zwischen Zürich und Basel und erschliesst neue Siedlungsgebiete beidseits des Bözberges.

Die ZMP Ausbau N1/Baregg kommt zum Ergebnis, dass die Eröffnung der N3 am Baregg zu einem Mehrverkehr von 3 - 7 % führen werde. Der eher geringe Wert wird damit begründet, dass ein grosser Teil des zukünftigen N3-Verkehrs bereits heute via Bözbergstrasse und Anschluss Baden durch den Bareggtunnel

fahre. Dennoch ist klar, dass die N3 am Engpass Baregg und auf dem ebenfalls stark belasteten 6-spurigen Abschnitt im Limmattal zu einer weiteren Erhöhung des Verkehrs führt.

Mit der genau gleichen Argumentation ist auch für die N3 zwischen Frick und Verzweigung N2/N3 sowie die nachfolgende N2 mit einem Mehrverkehr zu rechnen. Betroffen sind die schon heute stark belasteten Abschnitte in Basel.

Die Fertigstellung der N3 hat eine Entlastung der N1 zwischen Birrfeld und Härkingen zur Folge, da der Verkehr zwischen Basel und Zürich, der bisher den Weg über N2/N1 nahm, neu die Direktverbindung N3 benutzt. Die Entlastung liegt in der Grössenordnung von 6'000 Fahrzeugen pro Tag. Das sind auf der N1 8 - 10 %.

N2 Nordtangente Basel

Die Nordtangente Basel hat in erster Linie die Aufgabe, den städtischen Verkehr auf dem Nationalstrassennetz zu kanalisieren.

Auf dem kritischen Abschnitt der Osttangente und der N2 in Muttenz hat dies zur Folge, dass der Verkehr gesamthaft tendenziell zunimmt. Die Abendspitze dürfte zudem ausgeprägter werden, weil die bisherige regulierende Wirkung der städtischen Ausfallstrassen teilweise entfällt.

N4 Schaffhausen - Winterthur

Die Fertigstellung der N4 zwischen Schaffhausen und Winterthur (Stadtdurchfahrt Schaffhausen, Henggart-Verzweigung N1) verbessert die Erschliessungswirkung im Weinland nochmals und schafft über die T15 einen direkten Anschluss an das deutsche Autobahnnetz. Es ist deshalb mit Verkehrszunahmen sowohl im grossräumigen wie im kleinräumigen Verkehr zu rechnen. Allerdings ist die Kapazität der 2-spurigen Autostrasse so gering, dass eine weitere Zunahme gegenüber den schon angenommenen 25 % schwierig wird.

Auf der N4 wird mit noch häufigeren und ausgeprägteren Überlastungssituationen gerechnet.

Eine weitere Zunahme ist auch auf der anschliessenden, ebenfalls bereits stark belasteten N1 zwischen Winterthur und Zürich zu erwarten.

N4/N20 Knonauer Amt

Zum UVB N4/N20 wurde vom Büro Jenni + Gottardi ein Spezialbericht Verkehr erstellt, in welchem u.a. untersucht wird, welchen Einfluß

- der Üetlibergtunnel
- die Fertigstellung der N4 zwischen Bergermoos und Knonau
- die direkte Verbindung N1/N3 (Stadtdurchfahrt)

auf die übrigen Nationalstrassenabschnitte haben wird.

		Projekt Üetlibergtunnel	+ N4	+ Stadtdurchfahrt
N3	Adliswil	+ 2 %	- 4 %	+ 4 %
N1	Limmattal	+ 1 %	+ 1.5 %	+ 3 %
N20	Gubrist	- 1 %	+ 2 %	- 2 %

Tabelle 9.1 : Einfluss von N4/N20 auf stark belastete Nationalstrassenabschnitte

Gesamthaft sind die berechneten Veränderungen als sehr gering einzuschätzen. Vor allem auf der N1 im Limmattal wird tendenziell der Verkehr jedoch zunehmen. Auf der N20 Nordumfahrung führt die N4 zu einer gewissen Mehrbelastung, eine Stadtdurchfahrt zu einer geringen Minderbelastung.

N9 Oberwallis

Die Fertigstellung der N9 im Oberwallis schliesst die touristischen Zentren im Oberwallis an das Nationalstrassennetz an. Dies kann zu einem gewissen Mehrverkehr auf der N9 entlang des Genfersees führen. Die Konkurrenzsituation zwischen Lötschberg-Autoverlad und N9 für Fahrten in den Norden wird dadurch aber nicht massgebend beeinflusst.

Der Einfluss der N9 im Oberwallis auf die Kapazitätsengpässe am Genfersee wird als gering eingeschätzt.

Ausbau N1 Baregg

Im ZMP Ausbau N1/Baregg wird in einem speziellen Kapitel auf die Frage eingegangen, inwiefern dem Baregg eine Ventilfunktion zukommt und mit seinem Ausbau der Stau verlagert würde.

Gemäss dieser Untersuchung bestehen im Westen auf dem Abschnitt bis Birrfeld Probleme, weil hier der Verkehr von N1 und N3 zusammenkommen. Weiter westlich verliere sich der Einfluss des Bareggtunnels, so dass er das Entstehen allfälliger weiterer Engpässe nur wenig beeinflusse.

"Östlich vom Baregg ergeben sich zusätzliche Kanalisierungseffekte, die eine verstärkte Belastung der N1 zur Folge haben. Bestimmender Abschnitt ist hier das Teilstück Anschluss Dietikon - Weininger Kreuz, das bis zur Leistungsgrenze ausgelastet sein wird. Betroffen ist in erster Linie die Fahrtrichtung Zürich. In der Gegenrichtung regulieren Gubristtunnel und städtische Ausfallstrassen den Zufluss

teilweise, so dass hier im fraglichen Abschnitt die Staugefahr gering ist." Auf dem 6-spurigen N1-Abschnitt im Limmattal werden kritische Verhältnisse erwartet unabhängig davon, ob der Baregg Tunnel ausgebaut wird oder nicht. Immerhin ist zu beachten, dass dem Gubristtunnel eine mengenregulierende Wirkung zukommt.

9.3 Zusammenfassung

Die beschlossenen und geplanten Vervollständigungen und Ausbauten im Netz ergeben für die Gewichtung der Kapazitätsengpässe einige neue Aspekte:

Mit dem Ausbau des 4-spurigen Baregg隧nells wird ein wichtiger Engpass behoben. Die westliche Ausfahrt von Zürich bleibt aber ein Abschnitt, der bis an die Kapazitätsgrenze belastet ist.

Die N1 zwischen Verzweigung N1/N3 Birrfeld und Verzweigung N1/N2 Härkingen wird mit der Eröffnung der N3 zwischen Frick und Birrfeld etwas entlastet. Zwischen Härkingen und Verzweigung N1/N5 bleiben die Engpässe bestehen.

In Zürich und in Basel werden mit dem Bau von neuen Tangenten die Belastungssituation auf dem bestehenden Netz akzentuiert.

In Zürich (Limmattal) und in Basel sind auch die 6-spurigen Abschnitte an der Grenze der Kapazität angelangt.

10 Zusammenfassung der Ergebnisse

Kapazitätsengpässe sind ein Problem des Agglomerationsverkehrs

Die Kapazitätsengpässe im schweizerischen Nationalstrassennetz liegen zu einem grossen Teil im direkten Einzugsgebiet der Agglomerationen:

St. Gallen	N1	West und Zentrum
Zürich	N1	von Winterthur bis Baregg
	N3	vor allem stadteinwärts
Bern	N1	von Schönbühl bis Verzweigung N12
	N6	Ostumfahrung bis Muri
Lausanne	N1	westlich Lausanne
	N9	Verzweigung N1 bis Verzweigung N12
Genf	N1	östlich Genf
Basel	N2	nördliche und südliche Abschnitte
Luzern	N2	Verzweigung N14 bis Ennethorw
Lugano	N2	südlich von Lugano

In den Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte weisen die Nationalstrassen erstens einen dichten Regionalverkehr auf, zweitens erzeugen die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzzentren auch einen hohen überregionalen Ziel-/Quellverkehr. Überlastungssituationen sind in den Agglomerationen stark geprägt durch die täglichen Verkehrsspitzen am Morgen und am Abend. Aufgrund vielfältiger Überlagerungen ergeben sich aber unterschiedliche Problemkonstellationen:

Auf der N1 zwischen Winterthur und Baregg, im Einzugsgebiet von Bern und auf der N2 im Raum Basel überlagert der regionale Verkehr mit seinen typischen Stosszeiten eine hohe Grundbelastung. Auf 4-spurigen Nationalstrassenabschnitten führt dies auch ausserhalb der Stosszeiten regelmässig zu hohen Belastungen. Auf 6-spurigen Abschnitten sind Höchstbelastungen vorerst noch auf die Stosszeiten beschränkt.

Eine vergleichbare Problemkonstellation besteht auf der Umfahrung von Lausanne.

Auf den Nationalstrassenabschnitten ausserhalb des Dreiecks Zürich - Bern - Basel, die im nahen Umkreis eines Zentrums liegen, beschränken sich die Zeiten mit Höchstbelastungen im wesentlichen auf die täglichen Stosszeiten. Eine Ausnahme bildet hier lediglich Luzern, wo ein erheblicher Teil der Höchstbelastungen auf den Ferien- und Freizeitverkehr zurückzuführen ist.

Kapazitätsengpässe sind ein Problem der N1

Die N1 zwischen Zürich und Bern weist an Werktagen und an Wochenendtagen eine hohe Grundbelastung mit nur wenig ausgeprägten Tagesspitzen auf. An Werktagen kommt dies u.a. in einem dichten Lastwagenverkehr zum Ausdruck, der rund 1/3 der gesamten Kapazität beansprucht. Der westliche Teil zwischen Verzweigung N1/N2 (Rothrist) und Bern ist dabei stärker belastet als der östliche Teil zwischen Verzweigung N1/N3 (Birrfield) und Verzweigung N1/N2 (Rothrist).

Kapazitätsengpässe sind ein Problem von Diskontinuitäten im Netz

Im schweizerischen Nationalstrassennetz sind es vor allem drei stark belastete Abschnitte, die mit der Diskontinuität im Netz zusammenhängen.

Der Gotthardstrassentunnel ist ein zweispuriger Abschnitt, dem der Verkehr von beiden Seiten auf einer 4-spurigen Strasse zugeführt wird.

Der Baregg tunnel ist ein 4-Spurabschnitt (ohne Standstreifen), an den beidseits ein 6-Spurabschnitt anschliesst.

Im zentralen Mittelland zwischen Rothrist und Härkingen haben die beiden wichtigsten Nationalstrassen, die N1 und die N2, ein gemeinsames Teilstück von rund 9 km.

Stark belastete Abschnitte sind störungsanfällig

Die Unfallhäufigkeit steigt mit zunehmendem Verkehr. Vor allem aber äussern sich hohe Belastungen bei jeder Störung in Stau und stockendem Kolonnenverkehr. Dies gilt für alle Störungen, seien sie nun unfall-, baustellen- oder wetterbedingt. Die Auswirkungen von Störungen sind umso grösser, je länger die hohen Belastungen andauern.

Wenn, wie das für die am stärksten belasteten Abschnitte anzunehmen ist, die täglichen Spitzenbelastungen an der Kapazitätsgrenze pro Tag und Richtung im Durchschnitt zwei und mehr Stunden dauern, werden auch die Verkehrszusammenbrüche ein regelmässiges Ereignis werden. Dies muss zumindest für den Baregg tunnel, die Umfahrungen Zürich und Lausanne, die N1 bei Genf und die N4 angenommen werden. Aufgrund der Anzahl stark belasteter Stunden muss auch für die N1 im zentralen Mittelland, die N2 im Raum Basel und die N1/N9 im Raum Lausanne mit einer erheblich erhöhten Störungsanfälligkeit gerechnet werden, die vergleichbar ist mit den bestehenden heutigen Verhältnissen auf den Umfahrungen Zürich und Lausanne.

Konkurrenz von Lastwagen- und Personenwagenverkehr

Heute besteht eine Konkurrenz um den knappen Strassenraum während der Morgenspitze. Ansonsten benutzen die Lastwagen vor allem freie Kapazitäten am frühen Morgen und während des Tages.

Die Konkurrenz zwischen Personenwagen- und Lastwagen wird sich aus zwei Gründen verschärfen.

Erstens beanspruchen die Lastwagen auf Abschnitten mit einer hohen Grundbelastung ca. 1/3 der gesamten Kapazität. Bei ebenfalls zunehmendem PW-Verkehr werden damit Spurwechsel erschwert. Dies bedeutet, dass sich alle Verkehrsteilnehmer in den herrschenden Verkehrsfluss einordnen müssen und sich die effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten von Personenwagen und Lastwagen angleichen. Ein wesentlich durch die Lastwagen bestimmter Verkehrsfluss ist vor allem auf der N1 zwischen Winterthur und Bern zu erwarten.

Zweitens bedeuten die breiten Morgen- und Abendspitzen in den Agglomerationen Zürich, Bern, Basel, Lausanne und Genf, dass der Lastwagenverkehr diesen Spitzen immer weniger ausweichen kann. Diese Kumulation der Ansprüche an den knappen Strassenraum verschärft das Kapazitätsproblem. Es kommt hinzu, dass sich bei Störungen des Systems ein resultierender Stau bei hohem Lastwagenanteil schwieriger auflösen lässt als bei geringem.

Verkehrsverlagerungen zwischen Nationalstrassen- und regionalem Netz

Häufige Verkehrsstörungen auf dem Nationalstrassennetz können zur Folge haben, dass der Verkehr auf das regionale Netz ausweicht. Bisher bestand ein wichtiges Element der Verkehrspolitik darin, den Verkehr aus den Wohngebieten zu verdrängen und auf die Hochleistungsstrassen zu kanalisieren. Der Spielraum für eine Kanalisierung des Verkehrs auf die Hochleistungsstrassen wird mit zunehmender Belastung dieses Netzes kleiner werden.

Die Zahl der Überlastungsfälle wächst schneller als der Verkehr

Bis zu einem DTV von ca. 40'000 sind auf 4-spurigen Autobahnen Überlastungsfälle episodische Ereignisse. Zwischen 40'000 und 50'000 werden sie häufiger. Ab einer Grenze, die je nach Form der Dauerkurve zwischen 50'000 und 60'000 Fahrzeugen pro Tag liegt, nehmen sie sprunghaft zu.

Heute wird auf der N1 zwischen Zürich und Bern, auf der N2 in Basel und Luzern und auf der N1/N9 zwischen Verzweigung N12 und Genf ein DTV gezählt, der an dieser Schwelle von 50'000 bis 60'000 Fahrzeugen pro Tag liegt. Bei einem weiteren Wachstum auf diesen Strecken werden die Überlastungsfälle schneller zunehmen als der Verkehr.

Kapazitätsprobleme werden in naher Zukunft aktuell werden

Eine Zunahme des Verkehrs um 25 % war in der Vergangenheit jeweils innerhalb recht kurzer Perioden von eher weniger als 10 Jahren zu verzeichnen. Wenn für die Zukunft ein Wachstum von 25 % angenommen wird, ist damit ebenfalls ein Zeitraum von 10 allenfalls 15 Jahren abgedeckt. Kapazitätsprobleme auf dem bestehenden Netz werden deshalb auch ausserhalb einzelner bekannter Flaschenhälse zu erwarten sein, noch bevor das beschlossene Netz fertiggestellt ist.

11 Lösungsansätze

Kapazitätsprobleme im schweizerischen Nationalstrassennetz sind absehbar in Form von täglichen Überlastungssituationen in allen grossen Agglomerationen und auf der N1 zwischen Zürich und Bern. Kapazitätsprobleme können nicht mehr vornehmlich interpretiert werden als eine Frage von einzelnen Engpässen. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage das Angebot übersteigt. Bei einer solchen Problemformulierung bestehen im wesentlichen drei Lösungsansätze:

- Beschränkung der Nachfrage bzw. des Nachfragewachstums
- Ausweitung des Angebotes
- Effizientere Nutzung der Kapazitäten mittels Bewirtschaftungsmassnahmen

Diese möglichen Lösungsansätze können in diesem Rahmen nicht umfassend gewürdigt und im Hinblick auf die Wirksamkeit für die Lösung der Kapazitätsprobleme nicht abschliessend überprüft werden. Dies gilt insbesondere für die Beschränkung der Nachfrage. Hier öffnet sich mit der Thematik der Mobilitätsgrenzen ein breites Feld zur Gesellschaftspolitik. Obwohl allfällige Massnahmen zur generellen Beschränkung des Verkehrs im Zusammenhang mit Kapazitätsengpässen im Nationalstrassennetz relevant sind, sprengt deren Diskussion den Rahmen der vorliegenden Studie.

11.1 Regelung der Nachfrage

Bevorrechtigung gut besetzter Fahrzeuge

Die Gegenüberstellung von Kapazität und Verkehrsmenge bezog sich bisher immer auf die Anzahl Fahrzeuge. Im Bareggunnel ist während der verkehrsstärksten Zeiten ein Fahrzeug mit durchschnittlich 1.1 Personen besetzt, d.h. in 10 Fahrzeugen fährt lediglich in einem noch ein Beifahrer mit. Die Nachfrage nach Verkehrsraum zu den Spitzenzeiten könnte gesenkt werden, wenn sich der Besetzungsgrad erhöhen liesse. Bei einem Besetzungsgrad von 1.3 z.B. liesse sich in der Spitzenzeit die Anzahl von Fahrzeugen um immerhin 15 % reduzieren. Auch dann noch wären 70 % der Fahrzeuge nur mit einer Person besetzt, 30 % mit zwei.

Unter den heutigen Bedingungen steht jedes Fahrzeug gleichermassen in Staus, unabhängig davon, ob die Fahrt nötig oder unnötig und ob mehrere Insassen oder nur eine einzige Person betroffen sind. Mit der Bevorrechtigung stark besetzter Fahrzeuge würde ein Anreiz geschaffen, "car-pooling" zu praktizieren. Die Bevorzugung gut besetzter Fahrzeuge kann örtlich und zeitlich selektiv vorgenommen werden.

Voraussetzung für die Bevorrechtigung stark besetzter Fahrzeuge auf Autobahnen ist eine dritte Spur.

In den USA sind HOV-Spuren (High occupancy vehicles) ein häufig angewandtes Mittel der Nachfragesteuerung.

Beschränkung des Pendelverkehrs

Da täglich auftretende Überlastungssituationen auf den Nationalstrassen in Agglomerationsgebieten eng mit dem Pendelverkehr zusammenhängen, kann mit einer Reduktion der Pendelfahrten auch die Verkehrsspitze etwas gebrochen werden. Auf den Nationalstrassen können allerdings die Pendler nicht aussortiert werden. Bekannte Massnahmen sind Parkplatzbewirtschaftung (öffentliche und private Parkplätze) und finanzielle Anreize bzw. Benachteiligung.

11.2 Erweiterung des Angebotes

Kontinuität des Netzes herstellen

Im schweizerischen Nationalstrassennetz bestehen Diskontinuitäten in dem Sinne, dass auf einem bestimmten Streckenteil die vor- und nachgelagerten Abschnitte eine wesentlich höhere Kapazität aufweisen. Ein solches Beispiel ist etwa der Baregg Tunnel.

Auf anderen Abschnitten wird der Verkehr von zwei leistungsfähigen Strassen auf einem Abschnitt überlagert, ohne dass er eine höhere Kapazität aufwiese. Ein Beispiel ist etwa die N1 zwischen Rothrist und Härkingen, wo der Verkehr von N1 und N2 überlagert sind.

An solchen Diskontinuitäten erweisen sich Kapazitätsprobleme am deutlichsten, auch wenn sie sich, wie ausführlich gezeigt wurde, nicht auf solche Diskontinuitäten beschränken.

Reduktion der Störungsanfälligkeit

Stark belastete Abschnitte sind gekennzeichnet durch langandauernde Spitzenbelastungen. Um solche Verkehrsmengen abwickeln zu können, ist ein möglichst störungsfreier Betrieb notwendig. Bei hohen Verkehrsmengen ist der Betrieb aber nicht nur störungsanfällig, die Störungshäufigkeit nimmt auch zu.

Bauliche Massnahmen können Abhilfe schaffen, wo eine unübersichtliche Strassenführung oder schwierige Verflechtungsbedingungen häufig zu Unfällen und Staus führen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Unterhalt. Baustellen dürfen nicht zu starken Spurverengungen oder gar zu Spurverlust führen. Nur so ist es möglich, die Kapazität zu halten, wenn auch auf tieferem Qualitätsniveau.

Mit derartigen baulichen Massnahmen wird zwar die Spitzenkapazität einer Strasse nicht erhöht, wohl aber deren Verfügbarkeit.

Netzausbau

Zur Zeit beziehen sich Bauprojekte vor allem auf örtliche Engpässe, Netzdiskontinuitäten und Unfallherde, d.h. auf jeweils kurze Abschnitte mit einer besonderen Problemlage.

Es stellt sich darüber hinaus die Frage, ob auch Kapazitätserhöhungen über grössere Netzteile im Sinne eines Ausbaus auf 6 Spuren ins Auge zu fassen seien.

Die sich abzeichnenden Kapazitätsprobleme, vor allem auf der N1 zwischen Zürich und Bern zeigen, dass hier verkehrspolitische Entscheidungen in absehbarer Zukunft nötig sein werden.

Im Sinne einer vorsorglichen Massnahme sollte die Option einer allfälligen Spurenergänzung auf den stark belasteten Strecken in Mittelland als eine der möglichen Lösungen der Kapazitätsproblematik nicht verbaut werden.

11.3 Verkehrslenkssysteme

Ziel und Mittel

Mehrere grossangelegte Programme wie PROMETHEUS, DRIVE oder NAVIS gehen davon aus, dass die Verkehrsnachfrage schneller wächst als die bereitgestellten Kapazitäten und sie setzen sich deshalb zum Ziel, mittels Verkehrsmanagement die anstehenden Probleme zu lösen. Die Zielsetzungen sind breit, indem nicht nur die knappen Kapazitäten effizienter genutzt, sondern auch die Verkehrssicherheit erhöht und die Umweltbelastung reduziert werden sollen.

Die Stossrichtung dieser Programme ist vor allem die Bereitstellung von Informationen: Das Verkehrsgeschehen wird differenziert erfasst und für die individuelle Verkehrslenkung den einzelnen Verkehrsteilnehmern bzw. für die kollektive Verkehrslenkung der Polizei zur Verfügung gestellt.

Bisher schon weit gediehen sind Mittel für die differenzierte, abschnittsweise Verkehrserfassung. Dabei werden nicht nur die Verkehrsmenge erfasst, sondern

auch Zeitlücken, Geschwindigkeit und Spurwechsel. Solche Systeme erlauben es, Staus, instabilen Verkehrsablauf, abnehmende Durchschnittsgeschwindigkeit frühzeitig zu erfassen und damit auch frühzeitig zu reagieren.

Ebenfalls weit gediehen sind technische Systeme zur automatischen Gebührenerfassung. Das ist für sich noch kein Mittel der Verkehrslenkung. Es wird aber die Voraussetzung geschaffen, dass die Verkehrsnachfrage vermehrt über den Preis geregelt werden kann.

Mit Verkehrsleitsystemen können im wesentlichen drei Ziele erreicht werden:

- Umlenkung des Verkehrs mittels Wechselwegweisern und individueller Information von stark belasteten auf weniger stark belastete Strassen
- Zeitlich bessere Verteilung des Verkehrs, brechen von absoluten Verkehrsspitzen mittels Stauinformationen
- Verstetigung des Verkehrsflusses mittels wechselnder Geschwindigkeitssignalisation und geschwindigkeitsabhängiger Abstandregelung.

Einfluss von Leitsystemen auf die Kapazität

Es stellt sich die Frage, ob für das schweizerische Nationalstrassennetz, im besonderen für die stark belasteten Abschnitte, Leitsysteme eine Erhöhung der Systemkapazität zeitigen können.

Umlenkung von stark belasteten auf weniger stark belastete Abschnitte

Eine solche Massnahme setzt voraus, dass für bestimmte Wunschlinien alternative Wege bestehen.

Bezogen auf das schweizerische Nationalstrassennetz bestehen solche Alternativen nur in sehr beschränktem Masse.

Im **alpen traversierenden Verkehr** kann die Route über Gotthard oder San Bernardino gewählt werden (Simplon gehört zwar zu den Nationalstrassen, ist aber für gemischten Verkehr angelegt). Für ausländische Verkehrsteilnehmer ist eine sehr frühzeitige Information notwendig, weil der gewählte Grenzübergang den Alpenübergang weitgehend bestimmt. Innerhalb der Schweiz stehen für die Verkehrsteilnehmer aus dem Grossraum Zürich die beiden Alternativen zur Verfügung. Im alpen traversierenden Verkehr ist ein Ausgleich zwischen zwei Übergängen somit grundsätzlich möglich.

Im **Ost-West-Verkehr zwischen Bern und Lausanne** besteht in Zukunft die Alternative zwischen N1 und N12/N9. Für den stark belasteten Abschnitt der N9 östlich von Lausanne ist dies von Bedeutung. Die N12 ist so wenig belastet, dass vorerst keine Kapazitätsprobleme entstehen. Dort wo die bedeutendsten Kapazi-

tätsprobleme bestehen, im Raum Lausanne, kommen die beiden Alternativrouten wieder zusammen.

Im Ost-West-Verkehr zwischen **Solothurn und Yverdon** besteht dereinst die Alternative zwischen einem stark belasteten Abschnitt der N1 und der N5. Allerdings ist die N5 auf einem Teil längs der Seen für gemischten Verkehr ausgelegt und kann nicht als gleichwertige Alternative betrachtet werden.

Auf den kritischen Abschnitten der N1 zwischen Zürich und Verzweigung N1/N5, und zwischen Lausanne und Genf, der N2 im Raum Basel und Luzern, der N4 zwischen Schaffhausen und Winterthur, sowie der N3 und der N6 bestehen keine Alternativen. Dort, wo sich die Kapazitätsprobleme am dringendsten stellen, ist somit ein Ausgleich zwischen stärker und schwächer belasteten Nationalstrassenabschnitten nicht möglich.

Informationen zur zeitlichen Verschiebung einer Fahrt

Die Verkehrsteilnehmer werden frühzeitig über Staus und potentielle Staus informiert, damit sie ihre Fahrt zeitlich verschieben.

Dies ist dann möglich, wenn die hohen Belastungen episodisch auftreten und deshalb verkehrsärmere Ausweichzeiten bestehen. Im **Ferien- und Freizeitverkehr** auf den Alpenzugängen wäre ein Ausweichen möglich, und die Verkehrsteilnehmer sind schon heute informiert, dass sie vor dem Gotthardtunnel warten müssen. Das Problem besteht offenbar darin, dass bei den hohen Belastungen in den kritischen Perioden die Fahrt nicht um Stunden sondern um Tage verschoben werden müsste. Die Italienhungrigen ziehen es unter solchen Bedingungen vor, vier Stunden vor dem Gotthardtunnel zu warten anstatt zwei Tage zuhause.

Im Agglomerationsverkehr bestehen auf den etwas weniger stark belasteten Abschnitten wie der N1 in St. Gallen, der N3 in Zürich und der N6 in Bern noch Möglichkeiten, den absoluten Spitzen zwischen 17 und 18 Uhr auszuweichen.

Auf den besonders stark belasteten Agglomerationsabschnitten lassen die breiten, über zwei und mehr Stunden dauernden Spitzen, kaum mehr sinnvolle Ausweichzeiten zu.

Auch auf den **Überlandabschnitten** der N1 sind die Grundbelastungen so hoch, dass sich die Verkehrsverhältnisse im Laufe des Tages nicht grundlegend verändern und deshalb eine zeitliche Verschiebung der Fahrt keine besseren Bedingungen verspricht.

Informationen zu allen Arten von vorhandenen und absehbaren Störungen sind für den einzelnen Verkehrsteilnehmer von grosser Bedeutung, damit er rechtzeitig eine Wahl treffen kann betreffend benutztes Verkehrsmittel, Zeitpunkt der

Fahrt und Routenwahl, bzw. dass er eine Fahrt gar nicht antritt. Damit kann erreicht werden, dass die Verkehrsteilnehmer weniger häufig von Verkehrsstörungen betroffen werden.

Für das Verkehrsgeschehen auf den Nationalstrassen kann dies zur Folge haben, dass die Standdauer verkürzt und unter Umständen Staus auch vermieden werden können, mit den positiven Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Anlagen.

Eine wesentliche Erhöhung der Kapazität in dem Sinne, dass ungenützte Reserven während verkehrsärmeren Zeiten genutzt werden, ergab sich bisher mit der Verbreiterung der Tagesspitzen und indem der Lastwagenverkehr den Abendspitzen auswich. Der mögliche Einfluss einer verbesserten Information auf einen weiteren Ausgleich zwischen verkehrsstarken und verkehrsschwachen Zeiten wird als eher gering eingeschätzt.

Verstetigung des Verkehrsflusses

Die höchsten Verkehrsmengen werden heute im Pendelverkehr erreicht, wenn im Vergleich zur Geschwindigkeit mit sehr kleinen Zeitlücken gefahren wird. Allerdings ist dann auch die Störungsanfälligkeit besonders hoch. Eine Verstetigung des Verkehrsflusses erhöht die Spitzenkapazität einer Strasse nicht. Wenn allerdings Spitzenbelastungen regelmässig während mehrerer Stunden zu verzeichnen sind, wird mit einer störungsfreien Abwicklung der höchste Durchfluss erzielt. Die ebenfalls erreichbare Senkung der Unfallhäufigkeit ist ein Wert an sich.

Auf den stark belasteten Abschnitten in den Agglomerationen und auf der N1 sind Massnahmen zur Verstetigung des Verkehrsflusses sowohl betreffend optimale Kapazitätsauslastung wie auch betreffend Verkehrssicherheit positiv zu beurteilen.

Besonders auf stark belasteten Tunnelabschnitten ist solche Verkehrslenkung schon heute Praxis. Es sind aber bisher Insellösungen, die sich auf kurze Abschnitte beziehen. Die Wirksamkeit solcher Massnahmen ist höher, wenn sie grössere Streckenabschnitte umfassen.

Nutzen von Verkehrslenkssystemen

Gesamthaft betrachtet kann nicht erwartet werden, dass mittels Verkehrslenkung eine effizientere Nutzung des knappen Strassenraumes erreicht werden könnte in dem Sinne, dass ein Ausgleich zwischen stark und schwach belasteten Abschnitten bzw. zwischen stärker und schwächer belasteten Zeiten erzielt werden könnte. Dort wo dies möglich ist, wie z.B. im Pendelverkehr oder im Schwerverkehr, verfügen die Verkehrsteilnehmer selber über genügend differenzierte Informationen, um ihre Wunschzeiten anzupassen. Die Information der Verkehrsteilnehmer

über Störungen ist aber wertvoll, um die Verfügbarkeit der Anlagen zu verbessern.

Auch die Spitzenkapazität kann mittels Systemen der Verkehrslenkung nicht erhöht werden. Dies würde voraussetzen, dass ohne negative Auswirkungen auf die Sicherheit die Zeitlücken verkleinert werden könnten. Programme mit solchen Zielsetzungen wie z.B. das Amerikanische "Advanced Vehicle Control System" AVC sind noch zu wenig weit fortgeschritten.

Von Verkehrsleitsystemen kann aber erwartet werden, dass der Verkehrsfluss verstetigt werden kann. Nicht die Kapazität, wohl aber die Verfügbarkeit einer Verkehrsanlage lässt sich steigern.

11.4 Zusammenfassung

Kapazitätsprobleme im schweizerischen Nationalstrassennetz sind zu einem erheblichen Teil Probleme des Agglomerationsverkehrs. Innerhalb dieses ganzen Komplexes sind Lösungen, die sich allein auf das Nationalstrassennetz beziehen weder sinnvoll noch möglich. Massnahmen sind auf den verschiedenen Ebenen angezeigt. Klar ist immerhin, dass einer weiteren Kanalisierung des Verkehrs auf die Nationalstrassen bei den schon erreichten Verkehrsmengen und beim gegebenen Ausbau des Netzes enge Grenzen gesetzt sind.

Zwei Lösungsansätze bieten sich an:

1. Ausbau des Netzes, damit es sich zur Bevorrechtigung hoch besetzter Fahrzeuge eignet. Dies bedeutet einen Ausbau von 4 auf 6 Spuren.
2. Verfügbarkeit des Netzes mittels Verkehrslenkung und Verkehrsinformationen erhöhen. Dies ist notwendig, wenn die Funktionstüchtigkeit des Netzes bei langandauernden Spitzenbelastungen erhalten werden soll.

Kapazitätsprobleme im Nationalstrassennetz konzentrieren sich ausserhalb der Agglomerationen auf die N1 zwischen Zürich und Bern. Die Kapazitätsprobleme äussern sich hier auf den Netzdiskontinuitäten besonders deutlich.

Wiederum kann mit baulichen Massnahmen und mit Verkehrslenkung die Störungsanfälligkeit reduziert, d.h. die Verfügbarkeit der Anlage erhöht werden. Aufgrund der absehbaren häufigen Überlastungssituationen auf dieser nationalen Verbindung sollte die Option offengehalten werden, die N1 zwischen Zürich und Bern allenfalls auf 6 Spuren auszubauen.

Verwendete Grundlagen

Netzdaten

Bundesamt für Strassenbau
Schweizerische Nationalstrassen: Informationen
1992, 1993, 1994

Bundesamt für Strassenbau
Schweizerische Nationalstrassen: Abschnittverzeichnis
Stand 1.1.1993

Bundesamt für Strassenbau
Strada - DB
Netzdaten Nationalstrassen

Kapazität

Transportation Research Board
Highway Capacity Manual, Special Report 209
Washington D.C. 1985

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe
Strassenentwurf
Richtlinien für die Anlage von Strassen RAS, Teil Querschnitte RAS-Q
Ausgabe 1982

Bundesminister für Verkehr Abteilung Strassenbau (Hrsg.)
Leistungsfähigkeit von Hauptverkehrsstrassen
Bericht der wissenschaftlichen Expertengruppe der OECD, Juli 1983

ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Geschwindigkeiten von Lastwagen in Steigungen und Gefällen
IVT Bericht Nr. 84/5, Oktober 1984

Schweizerische Normenvereinigung (SNV)
Massgebender Verkehr
Normblatt SNV 641 140
Mai 1970

Schweizerische Normenvereinigung (SNV)
Leistungsfähigkeit und zulässige Belastung
Normblatt SNV 641 145
April 1973

ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Kapazitätsuntersuchung der Nationalstrasse N2, Basel - Chiasso
Vorstudie

ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Zwischentypen
Eine Untersuchung über mögliche Betriebsformen für Hochleistungsstrassen
IVT Bericht 83/2, Juni 1983

R. Keller
Verkehrstechnische Dimensionierung, Konzept und Zusammenhänge
Forschungsauftrag 15/87 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer
Strassenfachleute
Hrsg. Bundesamt für Strassenbau, März 1993

SNZ, Ingenieurbüro AG
Äussere Grenzen der Mobilität
Forschungsauftrag 5/89 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer
Strassenfachleute
Hrsg. Bundesamt für Strassenbau, 1993

Verkehrsdaten

Bundesamt für Strassenbau
Automatische Strassenverkehrszählung
1970, 1975, 1977/1978, 1979/1980, 1989, 1990, 1991

Bundesamt für Strassenbau
Automatische Strassenverkehrszählung: Fahrzeuge nach Längenklassen
1990, 1991

Bundesamt für Strassenbau
Automatische Strassenverkehrszählung 1991
1000 Verkehrsstärkste Stunden nach Zählstelle und Richtung

Bundesamt für Statistik
Schweizerische Strassenverkehrszählung 1985
Amtliche Statistik der Schweiz Nr. 075

Bundesamt für Statistik
Schweizerische Strassenverkehrszählung 1990
Amtliche Statistik der Schweiz Nr. 331

Bundesamt für Statistik
Schweizerische Verkehrsstatistik 1990
Amtliche Statistik der Schweiz Nr. 386

Tiefbauamt des Kantons Zürich

Spezialbericht Verkehr: Verkehrsprognosen zu den Nationalstrassenabschnitten N20/N4 und SN1/SN3 als Grundlage für die Berichte der Umweltverträglichkeit.
Januar 1991

Kanton Aargau

Zweckmässigkeitsprüfung Ausbau N1/Baregg
Schlussbericht der Behördendelegation
November 1992

Unfälle und Staus

Bundesamt für Strassenbau

Sektion Betrieb Nationalstrassen und Koordination

Gemeldete Staus während der Ferienzeit 1993, Samstag 19. Juni - Sonntag 23. August

Kantonspolizei Bern

Unfälle auf den Autobahnen im Kanton Bern 1991

Kantonspolizei Bern

Unfälle auf den Autobahnen im Kanton Bern 1992

Kantonspolizei Bern

Staus auf den Nationalstrassen des Kantons Bern 1992 und 1993
Auswertung der Staudatei

Kantonspolizei Zürich

Unfälle auf N20 und Umfahrung Winterthur 1991
Spezialauswertung

Kantonspolizei Zürich

Staus auf der N20 im Jahr 1992
Spezialauswertung

Kantonspolizei Zürich, Verkehrsabteilung West

Stau auf dem schweizerischen Strassennetz nach Aufzeichnungen der Verkehrsmeldezentralen
Jahre 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993

Verkehrslenkung

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen

Neue Technologien zur Beeinflussung des Strassenverkehrs
Köln 1993

Topp Hartmut H.
HOV-Spuren näher betrachtet
in: Strasse und Verkehr, 11/1993

Topp Hartmut H.
Verkehrsmanagement in den USA
in: Strasse und Verkehr 6/1993

Sodeikat Heinz
Wie kann das dynamische Verkehrsleitsystem Ali-scout helfen, Verkehrsprobleme zu lösen und die Durchsetzung öffentlicher Verkehrspolitik zu fördern
in: Strasse und Verkehr 6/1993

Fricker Hans
Automatische Verkehrserfassung und Verkehrslenkung im Kanton Luzern
in: Strasse und Verkehr 5/1990

Schweig Karl-Heinz, Horstmann Thilo
DiVA - Digitale Verkehrs-Analyse
in: Strasse und Verkehr 11/1992

Erb H.U.
Verkehrslenkungsmassnahmen im Zusammenhang mit dem Neubau der N4
in: Strasse und Verkehr 1989/6

DRIVE Infrastructure Group
Integrated Road Safety, Information and Navigation System (IRIS)
in: Strasse und Verkehr 11/1992

Gifford Jonathan L.
Standards for Intelligent Vehicle-Highway System Technologies
Transportation Research Board 1358

Bundesministerium für Verkehr
Strategiepapier Telematik im Verkehr zur
Einführung und Nutzung von neuen Informationstechniken

Arbeitsgruppe Verkehrsinformatik
Nationales Verkehrsinformationssystem (NAVIS)
Ergebnisse einer Vorstudie
in: Strasse und Verkehr 1992/11

Wegmann Max, Spring Marcel
TRAVIS - Verkehrsanalyse mit Videobildverarbeitung
in: Strasse und Verkehr 1993/10

Verwendete Grundlagen

Petersen Gerhard
Grenzüberschreitende europäische Verkehrsprojekte RTI
in: Strasse und Verkehr 1992/11

Verkehrsleittechnik - Gegenwart und Zukunft
Unterlagen der Tagung vom 5. Mai 1994

SVI, Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
Innovatives Verkehrsmanagement
Unterlagen der Tagung vom 5. Juli 1994

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
De Carpoolwisselstrook Rijksweg A1/A6
April 1993