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

EDV-Erfasst
Dat: 30.6.99

Ersatz der Gangliniennorm 641 230a

Remplacement de la norme 641 230a sur les courbes de variation

Forschungsauftrag: 17/96

Forschungsstelle: SNZ Ingenieurbüro AG
Seiler, Niederhauser, Zuberbühler
Dörflistrasse 112, 8050 Zürich

Bearbeitung: Dr. W. Berg, dipl. Ing. ETH/SVI
M. Buck, dipl. Ing. ETH/SVI

Fachliche Begleitung: VSS-Subkommission 171.2

Februar 1999

Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung I

Résumé IV

1 Einleitung 1

1.1 Ausgangslage 1

1.2 Aufgabenstellung 2

2 Ausgangssituation 3

2.1 Gangliniennormen 3

2.1.1 SNV 641 230: Typische Ganglinien und DTV („Schälchli-Kurven") 3

2.1.2 Gangliniennorm 641 230a 3

2.1.3 Fazit 6

2.2 Anwendungsspektrum und häufige Fragestellungen 6

2.2.1 Durchführung und Hochrechnung von Stichprobenzählungen auf DWV/DTV 6

2.2.2 Verkehrszunahmen, Netzbetrachtungen, begrenzte Kapazitäten 7

2.2.3 Massgebende Belastungen für Luft und Lärm 8

2.2.4 Weitere Anwendungen 8

2.2.5 Bedeutendste Fragestellung der Normanwendung 9

2.3 Generelle Auswirkungen eines Normverzichts 9

2.3.1 Wissensverlust 9

2.3.2 Aufwandbetrachtung 10

2.3.3 Fehlerbetrachtung 11

2.3.4 Referenzielle Grundlage 12

2.3.5 Zusammenfassung der generellen Auswirkungen 12

2.4 Drei Kernfragen als konkrete Auswirkungen 13

2.4.1 Gesetzmässigkeiten zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz 14

2.4.2 Auswahl eines Datensatzes mit vergleichbaren oder identischen Gesetzmässigkeiten 15

2.4.3 Überprüfung und Kontrolle der Datensatzauswahl 15

Seite

3 Datengrundlagen 17
3.1 Heute verfügbare Ausgangsdaten 17
3.1.1 Ausgangsdaten der Stichprobenerhebung 17
3.1.2 Daten von permanenten Zählstationen des ASTRA 18
3.1.3 Permanente Zählstellen der Kantone 20
3.1.4 Weitere Datenquellen 20
3.1.5 Beurteilung der aktuellen Datengrundlagen 22
3.2 Mittel- bis langfristig verfügbare Datengrundlagen 22
3.2.1 Ziel und Zweck von STRADA-DB 23
3.2.2 Inhalte von STRADA-DB mit Bezug zu Ganglinien 24
3.2.3 Referenzganglinien mit Normencharakter in STRADA-DB 25
3.2.4 Folgerungen für das weitere Vorgehen 26

4 Anforderungen und generelle Einflussfaktoren von Ganglinien 28
4.1 Anforderungen an einen Ersatz der Gangliniennorm 28
4.1.1 Geltungsbereich 28
4.1.2 Zugriffsmöglichkeiten 28
4.1.3 Aktualität und Repräsentativität 28
4.1.4 Genauigkeitsabschätzung und Prüfungen 29
4.1.5 Handhabung und Nachvollziehbarkeit 29
4.1.6 Zukünftige Bedürfnisse 29
4.2 Generelle Einflussfaktoren von Ganglinien 30
4.2.1 Transportbedürfnis (Verkehrs-Nachfrage) 30
4.2.2 Fahrtzwecke 32
4.2.3 Angebotswiderstände 33
4.2.4 Richtungsganglinien 34

5 Merkmale zur Bestimmung von zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrs 35
5.1 Räumliche Lage der Zählstelle 35
5.1.1 Lage der Zählstelle bezogen auf Landesteile 35
5.1.2 Geografische Lage der Zählstelle 35
5.2 Strassentyp 36
5.3 Lage der Zählstelle bezogen auf Siedlungsschwerpunkte 36
5.4 Netzspezifische Bedeutung des Strassenabschnitts 37
5.4.1 Verkehrsplanerische Funktion der Strasse 37
5.4.2 Parallelangebote, Alternativrouten 37

Seite

5.4.3 Auslastung des Strassennetzes ... 38

5.5 Räumliche Bedeutung bezogen auf Siedlung ... 38

5.5.1 Netzfunktion bezogen auf Siedlung ... 39

5.5.2 Kleinräumige, grossräumige Bedeutung ... 39

5.5.3 Wohngebiete/Einwohnerzahlen ... 40

5.5.4 Arbeitsplatzgebiete, Nutzungen ... 40

5.5.5 Freizeit, Sport, Tourismus ... 40

5.5.6 Abschätzung der Fahrtzwecküberlagerungen ... 41

5.6 Analyse der Verkehrsdaten einer Stichprobenzählung ... 41

5.6.1 Verkehrsstärke ... 42

5.6.2 Fahrzeugzusammensetzung ... 42

5.6.3 Ausprägung der Spitzenstunde ... 42

5.6.4 Verkehrsqualitätsstufe ... 43

5.6.5 Spezielle Ereignisse, Anlässe ... 43

5.7 Zusammenstellung der Merkmale und Beurteilung ... 44

6 Möglichkeiten zur Erarbeitung von Ganglinien ... 46

6.1 Handlungsbedarf und Auslegeordnung ... 46

6.2 Normiertes Hochrechnungsverfahren ... 48

6.3 Normentwurf: Erarbeitung von Ganglinien (vgl. Anhang B) ... 49

6.3.1 Voraussetzungen ... 49

6.3.2 Gesetzmässigkeiten zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz ... 49

6.3.3 Auswahl von Datensätzen (Referenzzählstellen) mit vergleichbaren Eigenschaften ... 49

6.3.4 Kontrolle der Datensatzauswahl ... 50

6.3.5 Beurteilung ... 50

6.4 Offensive Strategie durch umfassende Normierung ... 51

6.4.1 Inhalt einer umfassenden Normierung ... 51

6.4.2 Wichtigste Erfordernisse und Ablauf für eine umfassende Normierung ... 51

6.4.3 Beurteilung einer umfassenden Normierung ... 53

7 Vorschläge und Ausblick ... 55

7.1 Vorschläge ... 55

7.2 Ausblick und Forschungsbedarf im Bereich der zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Strassenverkehrs ... 55

Seite

Literaturverzeichnis 57

Anhänge

Anhang A: Beispiel einer vom ASTRA publizierten Jahresauswertung einer Zählstelle

Anhang B: Empfehlung „Erarbeitung von Ganglinien"

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Aufwand von Normerarbeitung und Normanwendung 11

Abbildung 2: Generelle Auswirkungen eines Normverzichts 13

Abbildung 3: Drei Kernfragen 14

Abbildung 4: Einflussfaktoren zum Entscheid über eine Fahrtausführung 31

Abbildung 5: Verkehrsmengen im Querschnitt nach Fahrtzweckgruppen 32

Abbildung 6: Mögliches Spektrum der Normierung 47

Abbildung 7: Ablauf und Arbeitsschritte einer umfassenden Norm 53

Zusammenfassung

Ausgangslage und Aufgabenstellung

Basierend auf Zähldaten aus den Jahren 1982 bis 1984 wurde 1990 die Gangliniennorm SN 641 230a[1] publiziert. Zwischenzeitliche Veränderungen der Lebensgewohnheiten und des wirtschaftlichen Umfelds, welche Auswirkungen auf die zeitliche Verkehrsverteilung mit sich bringen, legen den Schluss nahe, dass sich auch die Ganglinien in den letzten 15 Jahren verändert haben.
Bereits früher eingereichte Forschungsgesuche zur Aktualisierung der Gangliniennorm wurden abgelehnt mit der Begründung, dass sich die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Strassenverkehrs auch zukünftig ändern werden und somit vielmehr alternative Wege zur aufwendigen Normnachführung aufgezeigt und die Normierung von Ganglinien grundsätzlich überdacht werden sollte. Dabei sollten auch die Inhalte der im Aufbau begriffenen gesamtschweizerischen Strassendatenbank (STRADA), namentlich die Pilotapplikation Verkehrsdaten, in die Überlegungen einbezogen werden.

Vorgehen und Berichtsaufbau

In einem ersten Schritt (Kapitel 2) wird der Inhalt und die Bedeutung der heutigen Gangliniennorm mit Bezug zur Anwendung, insbesondere zu den häufigsten Fragestellungen aus der praktischen Tätigkeit, dargestellt. Es wird gezeigt, welche generellen Auswirkungen sich bei einem Verzicht auf normierte Ganglinien einstellen und welche konkreten Kernfragen bei der häufigsten Fragestellung (Hochrechnung einer Stichprobe) beantwortet werden müssen.
Den Bedürfnissen nach Ganglinien werden im zweiten Schritt (Kapitel 3) die heutigen und zukünftig verfügbaren Datengrundlagen gegenübergestellt, welche die quantitative Basis der Ganglinien bilden. Dabei ist ersichtlich, dass in STRADA zum Zwecke der Plausibilitätsprüfung und der Konsistenzkontrolle von Datensätzen sogenannte Referenzganglinien benötigt werden, welche vom Datenbanksystem selbst nicht generiert werden können.
Mit den Bedürfnissen nach Ganglinien einerseits und den vorhandenen Datengrundlagen andererseits lassen sich in einem nächsten Schritt (Kapitel 4) Anforderungen definieren, welche an eine neue Norm gestellt werden sollten. Gleichzeitig werden die generellen Einflüsse und Ursachen, welche letztlich zu der bei einer Verkehrszählung festgestellten zeitlichen Verkehrsverteilung führen, in Erinnerung gerufen.

---

1 Gemäss der neuen Normgliederung der VSS erhält diese Norm die Nummer 640 005

Im anschliessenden Kapitel 5 wird dargestellt, welche bestimmbaren Merkmale von Zählstellen und von Stichprobendaten welchen Einfluss auf die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrs im entsprechenden Strassenquerschnitt haben. Dabei zeigt es sich, dass Merkmale mit grossem Einfluss auf die Ganglinien sich nur mit grossem Aufwand bestimmen lassen und/oder bei der Bestimmung des entsprechenden Merkmals ein grosser Ermessensspielraum vorhanden ist. Dies führt zur Erkenntnis, dass einerseits zur selbständigen Erarbeitung von Ganglinien ein wesentlich grösserer Aufwand betrieben werden muss, andererseits aufgrund der auftretenden Ermessensspielräume erhöhte fachliche Voraussetzungen an die Benutzer gestellt werden müssen.
Im Kapitel 6 werden die Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Erarbeitung von Ganglinien normiert werden könnte. Das Spektrum erstreckt sich von einer Minimallösung aus der Sicht des Normierungsumfangs bis zur Wunschvorstellung einer umfassenden Norm über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten, welche aus der Sicht der Anwendung optimal wäre. Es wird auch die Möglichkeit in Betracht gezogen, den Normumfang auf die häufigste Fragestellung, die Hochrechnung einer Stichprobe, zu beschränken.

Normentwurf zur Erarbeitung von Ganglinien

Entsprechend der Aufgabenstellung für die vorliegende Arbeit wurde für die Minimallösung aus der Sicht des Normierungsumfangs ein Normentwurf erstellt (Anhang B). Mit Hilfe von Checklisten wird eine Anleitung gegeben, wie bei der selbständigen Erarbeitung von Ganglinien vorgegangen werden muss und welche Punkte es zu berücksichtigen gilt. Die wichtigsten Arbeitsschritte sind (Beispiel Hochrechnung einer Stichprobe):

- Bestimmung der räumlichen und funktionalen Merkmale des zu untersuchenden Strassenabschnitts und der allenfalls erhoben Stichprobendaten
- Auswahl von mindestens drei Referenzzählstellen (permanente Zählstellen des Bundes oder der Kantone mit vollständigen und konsistenten Datensätzen), welche eine möglichst gute Übereinstimmung bei den Merkmalen aufweisen
- Bestellung und Auswertung der Verkehrsdaten der Referenzzählstellen
- Überprüfung der Ganglinien der Referenzzählstellen hinsichtlich Plausibilität und Übereinstimmung mit den Verhältnissen im betrachteten Strassenabschnitt
- Bestimmung der benötigten Hochrechnungsfaktoren durch geeignete Mittelbildung bei den Daten der Referenzzählstellen

Dieses Verfahren ist aus der Sicht der Normanwender mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Aus diesem Grund ist die berechtigte Frage, in welchem Umfang diese Norm in der Praxis tatsächlich angewendet werden würde, eher negativ zu beantworten. Der erarbeitete Normentwurf kann deshalb bestenfalls als Übergangslösung auf dem Weg zu einer umfassenderen Norm betrachtet werden.
Welche Erfordernisse eine benutzerfreundlichere und umfassendere Norm über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr erfüllen sollte, welche Arbeiten damit verbunden wären, welche Grundlagen hierzu notwendig sind und wie die gestellten Anforderungen besser erfüllt werden könnten, wird im Kapitel 6.4 dargestellt.

Vorschläge

Die Vorschläge, die sich aus den durchgeführten Untersuchungen ableiten lassen, lauten:

1. Die heutige Gangliniennorm SN 641 230a (neu 640 005) ist mangels besserer praxistauglicher Alternativen vorläufig beizubehalten.

2. Der im Anhang B des Forschungsberichts auftragsgemäss erstellte Normentwurf „Erarbeitung von Ganglinien" soll als **Empfehlung** publiziert werden. Sie soll Fachleuten als Hilfsmittel und als Unterstützung bei gangliniensspezifischen Fragestellungen dienen.

3. Die heutige Gangliniennorm soll kurzfristig unter Beibehaltung der bestehenden Ganglinientypen datenmässig aktualisiert werden.

4. Je nach den bei der datenmässigen Aktualisierung zu Tage tretenden Veränderungen ist eine grundlegende Überarbeitung der Gangliniennorm hinsichtlich Systematik und Methodik anzugehen. Wesentliche Elemente dieser Überarbeitung umfassen:
   - Typisierung der Ganglinien
   - Zusammenhänge zwischen Ganglinientypen und Merkmalen von Zählstellen/ Zähldaten
   - Umgang mit der zunehmenden Überlastung des Strassennetzes (beschränkt den Anwendungsbereich der heutigen Gangliniennorm wesentlich)
   - Gewährleistung der kontinuierlichen Aktualisierung der Norminhalte aufgrund neuerer Beobachtungen und Zähldaten

temporelles du trafic des sections routières correspondantes. Il en ressort que les particularités ayant une grande influence sur les courbes de variation ne peuvent être déterminées qu'avec un gros travail et/ou que la détermination de la particularité correspondante fait place à une grande latitude d'appréciation. Cela amène à constater d'une part qu'il faut un travail beaucoup plus important pour établir soi-même des courbes de variation, d'autre part qu'il faut des connaissances techniques plus complètes aux utilisateurs en raison des appréciations nécessaires.
Les possibilités de normaliser l'élaboration de courbes de variation sont montrées au chapitre 6. L'éventail va d'une solution minimale du point de vue du contenu à normaliser jusqu'à une norme complète souhaitable sur les caractéristiques temporelles, norme qui serait optimale du point de vue de l'utilisateur. La possibilité est aussi envisagée de limiter le contenu de la norme au sujet le plus fréquent, soit la conversion d'un échantillon.

Projet de norme pour l'élaboration de courbes de variation

Selon la mission de la présente recherche, un projet de norme a été préparé selon la solution minimale du point de vue du contenu à normaliser (annexe B). A l'aide de check-lists, un mode d'emploi est indiqué sur la manière d'élaborer soi-même des courbes de variation et sur les points qu'il faut respecter. Les principales étapes de travail sont (à l'exemple de la conversion d'un échantillon):

- Détermination des particularités concernant la situation et la fonction du tronçon routier à examiner et, au besoin, de celles des données de l'échantillon
- Choix d'au moins trois postes de comptage de référence (compteurs permanents de la Confédération ou des cantons avec des séries complètes et cohérentes de résultats) qui correspondent le mieux possible aux particularités
- Commande et dépouillement des données des comptages de référence
- Examen des courbes de variation des comptages de référence du point de vue de leur plausibilité et de leur conformité avec les conditions du tronçon routier considéré
- Détermination des facteurs de conversion nécessaires à l'aide de moyennes obtenues convenablement à partir des données des comptages de référence.

Ce procédé exige un énorme travail de la part de l'utilisateur de la norme. Pour cette raison, il faut répondre négativement à la question de la façon dont une telle norme sera effectivement utilisée dans la pratique. C'est pourquoi le

Résumé

Situation de départ et mission

Sur la base de données de comptages des années 1982 à 1984, la norme 641 230a (1 Cette norme porte maintenant le numéro 640 005 selon la nouvelle organisation des normes de la VSS) sur les courbes caractéristiques de variation a été publiée en 1990. Depuis lors des changements sont intervenus dans les habitudes de vie et dans l'environnement économique. Ils ont eu des effets sur la répartition temporelle du trafic ce qui conduit à conclure que les courbes de variation ont aussi changé lors des 15 dernières années.
Des demandes de recherche présentées auparavant en vue d'actualiser les courbes de variation ont été refusées en arguant que les caractéristiques temporelles du trafic routier continueront à évoluer dans l'avenir et qu'il fallait plutôt trouver d'autres voies pour la mise à jour coûteuse de la norme sur les courbes de variation dont la conception devrait être fondamentalement revue. A cette occasion, il faudrait aussi tenir compte du contenu de la banque suisse de données routières (STRADA) en voie de constitution, en particulier de l'application pilote concernant les données de trafic.

Procédure et structure du rapport

Dans un premier pas (chapitre 2) le contenu et la portée de la norme actuelle est discuté en considérant son application et en particulier les questions les plus fréquentes provenant de la pratique. Il est montré quelles seraient les conséquences générales d'un renoncement aux courbes de variation normalisées et à quelles questions concrètes soulevées le plus fréquemment (conversion d'un échantillon) il faudrait apporter une réponse.
Les besoins en courbes de variation sont confrontés dans un deuxième pas (chapitre 3) aux données disponibles, aujourd'hui ou à l'avenir, qui représentent la base quantitative des courbes de variation. Il en ressort que, pour examiner la plausibilité et la cohérence des données contenues dans STRADA, il faut des courbes de référence qui ne peuvent pas être produites par le système de la banque de données elle-même.
A partir des besoins en courbes de variation d'une part et des données disponibles d'autre part, il est possible dans le pas suivant (chapitre 4) de définir les exigences qu'une nouvelle norme devrait remplir. En même temps sont rappelés les influences et causes générales qui occasionnent les répartitions temporelles du trafic constatées lors d'un comptage.
Le chapitre 5 qui suit explique quelles particularités définissables des comptages et des échantillons ont une influence sur les caractéristiques

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Mai 1990 wurde die Gangliniennorm SN 641 230a[1] publiziert. Diese Norm basiert auf Zähldaten aus dem Jahre 1984, teilweise sogar auf solchen der Jahre 1982 und 1983 (bei Zählerdefekten im Jahre 1984).
Beobachtungen im Verkehr sowie entsprechende Verkehrsdaten weisen darauf hin, dass sich die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrs und damit auch gewisse Ganglinien im Laufe der Zeit verändert haben. Grund dafür sind veränderte Lebensgewohnheiten und räumliche und zeitliche Veränderungen der wirtschaftlichen Aktivitäten, welche sich insbesondere auf die tageszeitliche Verkehrsverteilung auswirken. Als Beispiele können die Flexibilisierung der Arbeitszeiten mit der Zunahme der Teilzeit- und Halbtagesstellen auf dem Arbeitsmarkt, die Veränderung der Ladenöffnungszeiten, die zunehmende Auslagerung von Einkaufsmöglichkeiten in die Agglomerationsgürtel und auch die vermehrte Überlastung des Strassennetzes und als Folge davon das zeitliche Ausweichen der Fahrtausführung ausserhalb der Spitzenzeiten aufgeführt werden.
In den letzten 10 Jahren wurde das ASTRA-Zählstellennetz (Dauerzählstellen) kontinuierlich ausgebaut. Viele Kantone haben überdies eigene Dauerzählstellen eingerichtet. Die Datengrundlage hat sich hinsichtlich der Erfassung, der Aufbereitung und der Zugriffsmöglichkeiten seit der Inkraftsetzung der Norm vor 8 Jahren wesentlich verbessert. Im weiteren läuft derzeit die Pilotphase der Anwendung einer gesamtschweizerischen Strassendatenbank (STRADA), in welcher künftig auch die von den Kantonen erhobenen Verkehrsdaten integriert werden sollen. Die „Pilot-Applikation Verkehrsdaten" von STRADA sieht vor, die Daten aus den Querschnittszählungen detailliert zu erfassen (Stundenwerte richtungsgetrennt und fahrstreifenbezogen) und einzelne Kennwerte standardmässig zu bestimmen (z.B. DTV, DWV). Die Datenbank soll vorerst nur den Kantonen, später auch der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.
Die bisherigen und zukünftigen Veränderungen sowohl des verkehrlichen Umfelds wie auch der verfügbaren Datenumgebung führen dazu, dass die Normierung von Ganglinien grundsätzlich hinterfragt und alternative Wege aufgezeigt werden sollten.

---

1 Gemäss der neuen Normgliederung der VSS erhält diese Norm die Nummer 640 005

1.2 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll aufgezeigt werden, wie sich ein Verzicht auf eine Norm über typisierte Ganglinien auf die Praxis des Anwenders auswirkt. Mit der Abkehr von der Normierung der Ganglinien stellt sich die Frage, welche Wissens- und Erfahrungslücke dadurch entsteht. Es muss untersucht werden, wie beispielsweise das Vorgehen zur Hochrechnung einer Stichprobenzählung konkret aussieht, welche Datengrundlagen von Dauerzählstellen wie verwendet werden können und welche Schwierigkeiten dabei auftreten. Dabei gilt es vorerst abzuklären, für welche Zwecke und Fragestellungen Ganglinien ganz generell und die heutige Gangliniennorm im speziellen verwendet werden. Im weiteren ist darzustellen, wie einerseits die heutige Datengrundlage (Auswertungen der Dauerzählstellen ASTRA und Kantone) aussieht, anderseits welche Möglichkeiten der Datenerfassung, -aufbereitung und -verfügbarkeit mittel- und langfristig im Rahmen der bundesweiten Strassendatenbank STRADA-DB vorhanden sein werden und wie diese genutzt werden können.
Mit den Bedürfnissen nach Ganglinien auf der einen und der verfügbaren Datenbasis auf der anderen Seite ist, beispielsweise in Form von Checklisten aufzuzeigen, wie der Anwender vorgehen muss, um die benötigten Gesetzmässigkeiten und Ganglinien selbst bestimmen zu können. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten, mögliche Fehlerquellen und der damit verbundene Aufwand gegenüber heute (mit normierten Ganglinien) sollen ausgeleuchtet werden.
Schliesslich soll in Form eines Normentwurfs dargestellt werden, wie bei häufigen Fragestellungen vorgegangen werden muss, wenn keine normierten Ganglinien mehr vorhanden sind.

2 Ausgangssituation

2.1 Gangliniennormen

2.1.1 SNV 641 230: Typische Ganglinien und DTV

Diese erste (und veraltete) von der VSS-Kommission 2 (Verkehrstechnik) im Mai 1970 beschlossene Gangliniennorm [1] zeigte vier wesentliche Inhalte:

1. Darstellungsbeispiel von Jahres- und Tagesganglinien
2. Typische Jahres- und Tagesganglinien des Werktagsverkehrs für schweizerische Hauptverkehrsstrassen
3. Zuordnung der Strassen zu den typischen Ganglinien bzw. Verkehrsarten
4. DTV-Ermittlung aufgrund von Stichproben und mit Hilfe der typisierten Ganglinien

Die Norm bezeichnete vier typische Jahres- und Tagesganglinien (Verkehrsarten A - D) für Strassen mit städtischen Verkehr, regionalem Verkehr, Überlandverkehr und Touristenverkehr, wobei letzterer in drei Untertypen (Überlandstrassen mit starkem Touristenverkehr, Zufahrtsstrassen zu den Alpenpässen und Alpenpässe) aufgegliedert wurde. Für die Berechnung des DTV waren zwei Stichprobenzählungen, welche zur selben Tageszeit aber zu unterschiedlichen Jahreszeiten erhoben wurden, notwendig. Der zu bildende Quotient der beiden Werte wurde mit den entsprechenden Quotienten der typisierten Jahresganglinien verglichen und so die Verkehrsart bestimmt. Die Hochrechnung auf den DTV erfolgte anschliessend mit der entsprechenden Tagesganglinie der ausgewählten Verkehrsart.
1968 existierten rund 70 Zählstellen, wovon ein Grossteil erst 1966 und 1967 in Betrieb genommen wurden. Zur Bildung von Ganglinien musste deshalb auf eine stark beschränkte Datengrundlage zurückgegriffen werden (im Schnitt 7 Zählstellen je Verkehrsart). Folgende Nachteile dieser ersten Gangliniennorm sind aus heutiger Sicht festzustellen:

- Zur Quotientenbildung wurden zwei Stichproben zu unterschiedlichen Jahreszeiten benötigt.
- Sowohl die Auswahl der Verkehrsart als auch die Stichprobenanteile am DTV mussten grafisch bestimmt werden.
- Es wurde keine Fehlerbetrachtung durchgeführt.
- Bindung an Strassentypen (damals vermutlich zweckmässig)

2.1.2 Gangliniennorm 641 230a

Die gegenwärtig gültige Gangliniennorm 641 230a wurde im Mai 1990 publiziert. Sie umfasst Werktags -, Wochen- und Jahresganglinien für sechs defi-

nierte typische Zusammensetzungen des Gesamtverkehrs. Im November 1995 wurde die Norm durch eine Beilage ergänzt, welche die Ganglinientypen des schweren Verkehrs wiedergibt. Dabei wurden nur noch drei verschiedene Ganglinientypen unterschieden (Typ A: grossräumiger Schwerverkehr, Typ B: kleinräumiger Schwerverkehr und Typ C: Alpentransit), wobei die Typen A und B ausser bei den Werktagen zusammengefasst wurden.
Die Norm basiert auf den Forschungsberichten 121 [2], 210 [3] und 267 [4] der VSS. Im folgenden werden einzelne Aspekte der Norm und des Normhintergrunds beleuchtet.

a) Datengrundlage und Vorgehensmethodik

Die Ganglinienbestimmung des Gesamtverkehrs basierte auf den (1984) rund 160 automatischen Zählstellen des ASTRA. Bei Zählerdefekten wurde auf die Zähldaten von 1982 und 1983 zurückgegriffen. Für die Ganglinien der schweren Motorfahrzeuge wurden einerseits die 20 ASTRA-Zählstellen (1990) mit Längenklassenunterscheidung (LVC) und die Zähldaten der UNO-Zählung verwendet.
Beim Gesamtverkehr wurde für jede Zählstelle eine mittlere Werktagsganglinie (Mo - Fr ohne Feier- und Brückentage), eine durchschnittliche Wochenganglinie (Wochen ohne Feiertage und Ferien Mo - So) und eine mittlere Jahresganglinie erstellt.
Die Bildung der Ganglinientypen erfolgte primär aufgrund visueller Kriterien (Ganglinienform) bei den Tagesganglinien. Zur Kontrolle der Gruppenbildung wurden die Wochenganglinien, die Jahresganglinien und die Lage der Zählstelle im Netz als Kriterien herangezogen. Für die Festlegung der Anzahl Gruppen (insgesamt sechs) waren die folgenden Kriterien massgebend:

- Die Möglichkeit, deutliche Unterschiede sowohl optisch wie auch numerisch herauszuarbeiten.
- Die Möglichkeit, Ganglinien aufgrund der Verkehrszusammensetzungen und der Funktion der Strassen im Netz zu definieren.
- Die unvermeidbaren Fehler bei der konkreten Anwendung der Normganglinien möglichst klein zu halten.

Ein Hauptaspekt im Hinblick auf die praktische Anwendung der Gangliniennorm bildete die Beschreibung der einzelnen Ganglinientypen. Diese ist bei der Auswahl des Ganglinientyps, welche bei jeder Anwendung vorgenommen werden muss, von grosser Bedeutung. Die namentliche Bezeichnung der Ganglinientypen widerspiegelt den dominierenden Fahrtzweck.

b) Geltungsbereich

Die insbesondere bei den Ganglinien des Gesamtverkehrs zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (EDV, Statistikprogramme etc.) sowie das beschränkte Zeit- und Kreditbudget erforderten ein pragmatisches Vorgehen. Zählstellen, welche nicht eindeutig zu einer der Gruppen zugewiesen werden konnten, wurden ohne weitergehende Abklärungen vom Geltungsbereich der Norm ausgenommen.
Dies führte dazu, dass die Anwendung der definierten Ganglinientypen folgende Spezialfälle ausschloss:

- Strassen mit häufigen Überlastungen und deren Ausweichrouten
- Passstrassen und Strassen in deren Einflussgebiet
- Strassen in der Nähe von Zollstellen
- Sammelstrassen, Erschliessungsstrassen und Einbahnstrassen

Streng genommen wäre somit für einen Grossteil der Fragestellungen, welche sich sehr häufig auf das untergeordnete Strassennetz beziehen oder verkehrstechnische Optimierungen und Massnahmen bei überlasteten Strassenzügen umfassen, die Verwendung der Gangliniennorm nicht möglich. Mangels besserer Grundlagen und bei eng begrenzten Auftragsbudgets ist man in der Praxis trotzdem versucht, die normierten Ganglinien in irgendeiner Form anzuwenden. Besser wäre in diesen Fällen, direkt auf entsprechende Datensätze beim ASTRA zurückzugreifen.

c) Anwendungsschwierigkeiten der Gangliniennorm

Die Begrenzungen des Anwendungsbereichs ist eine der wesentlichen Schwierigkeiten der heutigen Gangliniennorm. Mit der landesweit feststellbaren zunehmenden Überlastung des Hochleistungs- und Hauptstrassennetzes wird die Anwendbarkeit der Norm eingeschränkt. Auf dem verkehrsorientierten Netz gibt es kaum mehr Strassenzüge, welche nicht mindestens kurzzeitige Überlastungserscheinungen aufweisen.
Eine zweite wesentliche Anwendungsschwierigkeit der Norm liegt in der Auswahl des entsprechenden Ganglinientyps. Dieser Bearbeitungsschritt setzt die Kenntnis der Verkehrszusammensetzung (Fahrtzwecke) auf dem zu bearbeitenden Strassenabschnitt voraus. In der Regel sind dazu keine Grundlagen vorhanden und die Eigenschaften des Querschnitts können somit nur aufgrund der Erfahrung abgeschätzt werden. Für die Auswahl des Ganglinientyps wird häufig auch die Lage des Querschnitts im Strassennetz herangezogen, für welche bei der Typenbeschreibung in der Norm ebenfalls gewisse Hinweise gegeben werden. Die mit der Wahl des Ganglinientyps verbundene Unsicherheit kann insofern relativiert werden, als in der Norm zusätzlich Fehler-

betrachtungen enthalten sind, welche den Einfluss einer fälschlichen Ganglinienwahl beziffern.
Die dritte Anwendungsschwierigkeit liegt in der Aktualität des zugrundeliegenden Datenmaterials. Wie bereits mehrfach erwähnt, basieren die Ganglinien des Gesamtverkehrs auf den Zähldaten des Jahres 1984 (bei Zählerdefekten teilweise gar aus den Jahren 1982 und 1983). Es ist dringend anzunehmen, dass sich die Eigenschaften der den Ganglinientypen zugewiesenen Zählstellen seither massgeblich verändert haben. Dies ist vor allem bedingt einerseits durch das Verkehrswachstum, welches aufgrund der zeitlich unterschiedlichen Reserven der Strasseninfrastruktur uneinheitlich erfolgte und anderseits die häufiger auftretenden Überlastungszustände auf dem Hochleistungsnetz mit den dadurch resultierenden Verkehrsverlagerungen und Verdrängungsprozessen.

2.1.3 Fazit

Aus diesen Darstellungen muss gefolgert werden, dass die heute gültige Gangliniennorm dem aktuellen Verkehrsgeschehen auf dem Strassennetz nicht mehr genügend Rechnung trägt. Ein Handlungsbedarf ist in jedem Fall angezeigt.

2.2 Anwendungsspektrum und häufige Fragestellungen

Bezogen auf die Aufgabenstellung der vorliegenden Forschungsarbeit ist es unabdingbar, die Bedürfnisse nach Ganglinien und der Gangliniennorm im Speziellen zu kennen. Eine breitangelegte Untersuchung bei verschiedenen Verkehrsingenieurbüros und deren Auswertung wurde aus Aufwandgründen verworfen. Vielmehr sollte durch eine firmeninterne Bedürfnisabklärung bei der Forschungsstelle und eine entsprechende Umfrage bei den Mitgliedern der begleitenden VSS-Subkommission die praktische Anwendung von Ganglinien in Erfahrung gebracht werden. Die Betrachtung erstreckt sich dabei nicht nur auf die strikte Anwendung der Gangliniennorm sondern zeigt auch auf, wie und in welchem Umfang Ganglinien ganz generell gebraucht werden.

2.2.1 Durchführung und Hochrechnung von Stichprobenzählungen auf DWV/DTV

Für verkehrstechnische Untersuchungen von Strassenabschnitten und Knoten werden häufig Kurzzeit-Erhebungen durchgeführt. Je nach Fragestellung beschränkt man sich dabei auf die Spitzenstunden (Morgen/Abend). Die Gang-

liniennorm kann bei der Beantwortung der folgenden Fragen Anwendung finden:

- Wann soll gezählt werden? (Durchschnittliche Verhältnisse aus Wochenganglinien)
- Ist die gezählte Stichprobe repräsentativ? (Betrachtung der Wochen- und Jahresganglinien)
- Sind die Werte plausibel? (Vergleiche mit Daten unterschiedlicher Herkunft und aus verschiedenen Erhebungszeiträumen, DWV und DTV)
- Wie hoch ist der MSV/SSV? (Berechnung via DTV)

Aus diesen Fragestellungen ist ersichtlich, dass das Anwendungsspektrum der Gangliniennorm bei Kurzzeitzählungen sehr breit gefächert ist. Je nach Fragestellung und Auftragsinhalt kann der Blick in die Norm sehr kurz sein, doch dient er dabei dem Erhalt von benötigten Kenngrössen und liefert Erklärungen, welche das Verständnis über den Verkehrsablauf fördern.

2.2.2 Verkehrszunahmen, Netzbetrachtungen und begrenzte Kapazitäten

Die isolierte Betrachtungsweise von lokalen Verkehrsproblemen ist nicht mehr zeitgemäss. Das praktisch allerorts hohe Belastungsniveau führt dazu, dass die generelle Netzstabilität immer mehr abnimmt. Lokale Eingriffe (kurz- oder langzeitige) in das Verkehrsgeschehen zum Zwecke der Verkehrsdosierung und Verkehrsberuhigung zeitigen wesentliche Auswirkungen auf das Gesamtnetz. Ganglinien finden häufig Anwendung bei Fragestellungen, welche sich auf Verkehrszunahmen (generelles Verkehrswachstum, Baustellen, Umleitungen etc.) und deren netzspezifische Auswirkungen beziehen, wobei ein gleichförmiges Wachstum aufgrund begrenzter Kapazitäten nicht mehr möglich ist. Bei folgenden Fragen kann die Analyse der Ganglinien zur Anwendung kommen:

- Welches sind die massgebenden Belastungszustände einer Strassenverkehrsanlage?
- Wie kann die Verkehrszunahme zeitlich bewältigt werden (Verteilung)?
- Wie lange dauert die Überlastungszeit und ist dies vertretbar?
- Wie gross ist das Verlagerungspotential auf parallele oder andere Achsen?

Für diese Fragestellungen, welche sich auf eine spezifische Situation beziehen, sollten die entsprechenden Ganglinien der Strassenanlagen bekannt sein. Die Gangliniennorm ist bei detaillierten Kapazitätsbetrachtung (Tagesganglinien, allenfalls Viertelstundenwerte) meist zu generell. Trotzdem lassen sie sich für Plausibilitätsprüfungen und gegebenenfalls auch für die Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen heranziehen.

2.2.3 Massgebende Belastungen für Luft und Lärm

Die Kenntnis der stündlichen Verkehrsbelastungen oder des DTV bildet die Grundlage zur Bestimmung der massgebenden Verkehrsmengen zur Berechnung der Lärm- und Luftemissionen. In vielen Kantonen sind die entsprechenden Verkehrsgrundlagen für die Kantons- und zum Teil auch für wichtige Gemeindestrassen vorhanden (s. auch Kapitel 3: Datengrundlagen). Für Grobabschätzungen bei untergeordneten Strassen oder zur Beurteilung von umweltbezogenen Auswirkungen von verkehrlichen Massnahmen kann die Gangliniennorm sehr hilfreich sein. Die Bestimmung des DTV kann unter Berücksichtigung des Geltungsbereichs der Norm sehr rasch vorgenommen werden. Insbesondere beim Lärm, wo die Unsicherheit bei den Verkehrsmengen aufgrund der logarithmischen Abhängigkeit nicht besonders stark ins Gewicht fällt, lässt sich mit geringem Aufwand eine Grobbeurteilung durchführen.

2.2.4 Weitere Anwendungen

Ganglinien und die Gangliniennorm im Speziellen spielen auch beim Aufbau und der Verwaltung von Verkehrsdatenbanken und der Modellanwendung eine wichtige Rolle. Als Beispiele können die Hochrechnung von Stichprobenzählungen (z.B. UNO-Zählungen) oder lückenhafte Datensätzen aus längeren Erhebungsperioden (z.B. Zählerdefekten) genannt werden. Dabei wird zuerst geschaut, ob der entsprechende Strassenquerschnitt einer anderen Dauerzählstelle zugeordnet werden kann und deren Werte übernommen werden können. Ist dies aus sachlichen Gründen nicht möglich, wird häufig auf die Ganglinientypen aus der Norm, oder eine Kombination davon, zurückgegriffen. Einzelne Verkehrsmodelle erlauben auch, Ganglinien in die Umlegungsrechnung einzubeziehen und so Kapazitätsbetrachtungen im Netz durchzuführen.
Eine weitere Anwendung der Gangliniennorm ist die Interpretation von vorhandenen Ganglinien hinsichtlich der dominierenden Fahrtzwecke. Insbesondere für eine allfällige Massnahmenplanung kann es hilfreich sein, die (grobe) Verkehrszusammensetzung resp. die dominierenden Fahrtzwecke im betrachteten Querschnitt zu kennen.
Schliesslich ist auch das Erkennen von atypischen Verkehrsaufkommen und von aussergewöhnlichen Ereignissen mit deren Wirksamkeit auf dem übergeordneten Netz häufig erst durch den Beizug einer vorhandenen Ganglinie möglich.

2.2.5 Bedeutendste Fragestellung der Normanwendung

Die bei der Forschungsstelle und bei den Mitgliedern der begleitenden Subkommission duchgeführte Umfrage ergab, dass Ganglinien sehr häufig und für unterschiedlichste Fragestellungen verwendet werden.
Die Gangliniennorm wird gebraucht, wenn die Verwendung von Zähldaten aus Dauerzählstellen nicht oder nur mit grossem Aufwand möglich ist. Der häufigste Fall betrifft die Hochrechnung einer Stichprobe auf den DWV/DTV. Die Ermittlung von DWV und DTV ist ein Hauptschritt in der Bearbeitung von mehreren Fragestellungen, da diese als Ausgangsgrössen für weitere Abklärungen benötigt werden. Für Vergleichszwecke sind die Wochen- und Jahresganglinien aus der Norm sehr bedeutsam, da selbst bei vorhandenen Daten und Ganglinien längerfristige Beobachtungen häufig fehlen.
Dem am häufigsten festgestellten Anwendungsfall „Hochrechnung einer Stichprobe" wird deshalb in der weiteren Bearbeitung der Forschungsarbeit die hauptsächliche Aufmerksamkeit verliehen.

2.3 Generelle Auswirkungen eines Normverzichts

Das generelle Ziel der Normierung besteht im Festhalten von allgemeingültigen Sachverhalten. Der Anlass zur Normierung entspringt dem Bedürfnis, eine referenzielle Grundlage zu schaffen und gleichzeitig Erkenntnisse und Zusammenhänge einem breiten Anwenderkreis zugänglich zu machen.
Zweck der Gangliniennorm ist es, die Zusammenhänge zwischen den Verkehrsmengen unterschiedlicher Bezugszeiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Verkehrszusammensetzung (Fahrtzwecke) aufzuzeigen. Die normierten Ganglinien sind somit u.a. ein Hilfsmittel, welches den Anwender bei der Beantwortung von Fragen bezüglich quantitativen, zeitlichen Betrachtungen beim Verkehr unterstützt, dessen Arbeit erleichtert und seinen Aufwand entsprechend reduziert. Die Auswirkungen, welche ein Normverzicht generell und der Wegfall der Gangliniennorm konkret mit sich bringt, wird im vorliegenden Kapitel aufgezeigt.

2.3.1 Wissensverlust

Der Verzicht auf eine Normierung führt immer auch zu einem Wissensverlust. Da es sich im Fall der Gangliniennorm um eine praxisbezogene Norm handelt, scheint dieser Verlust erheblich zu sein. Das wegfallende Wissen umfasst die generelle Kenntnis der zeitlichen Gesetzmässigkeiten und im Besonderen die Einflüsse der Verkehrszusammensetzung (Fahrtzwecke) auf diese Gesetzmässigkeiten. Die Norm basiert auf umfangreichen Untersuchungen, deren Resul-

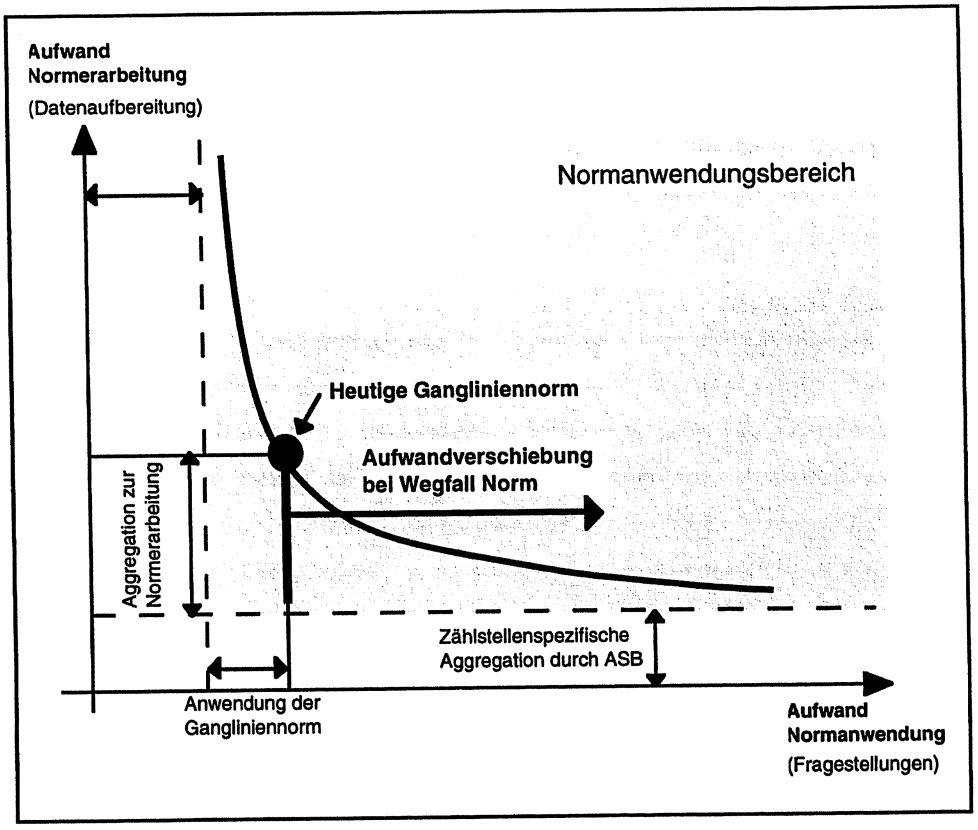
tate in kurzer und prägnanter Form wiedergegeben werden. Der dabei verwendete Lösungsansatz, die Ganglinientypen mit den durch das Transportbedürfnis hervorgerufenen Fahrtzwecke zu beschreiben, entspricht trotz einzelner Unzulänglichkeiten der Realität und ist bislang unwidersprochen. Die Quantifizierung dieses Zusammenhangs in der Form relativer Ganglinien hat sich als wichtiges Wissenselement in der Verkehrsplanung etabliert. Dadurch lassen sich andernfalls notwendige theoretische Erklärungen auf einen einfachen Verweis auf die Norm beschränken.

2.3.2 Aufwandbetrachtung

Die Gangliniennorm hat als Hilfsmittel eine ausgesprochen praxisorientierte Bedeutung. Die Anwendungsmöglichkeit erstreckt sich über eine Vielzahl von unterschiedlichen Fragestellungen, bei welchen der Aufwand für deren Beantwortung massgeblich und oftmals unter Beibehaltung einer ausreichenden Genauigkeit verringert werden kann. Dies ist im konkreten Anwendungsfall sowohl vom Auftraggeber wie auch vom Auftragnehmer durchaus erwünscht. Der Aufwandredukion von Seiten der Normanwender steht der Aufwand für die Normerarbeitung gegenüber. Eine „gute" Norm optimiert die Aufwandverhältnisse von Normerarbeitung und Normanwendung. Dieser Zusammenhang ist in der nachfolgenden Abbildung 1 schematisch veranschaulicht.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass mit dem Wegfall der (Ganglinien-)Norm der bisherige Aufwand für den Normanwender ansteigen wird. Wie stark dies der Fall sein wird, hängt vom Umfang und der Güte der Ersatzmassnahmen und der Ersatzinstrumente ab, welche inskünftig zur Verfügung gestellt werden.

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Aufwand von Normerarbeitung und Normanwendung



2.3.3 Fehlerbetrachtung

Bei der Anwendung der heutigen Gangliniennorm können dem Benutzer verschiedene Fehler unterlaufen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die entsprechende Normanwendung innerhalb des Geltungsbereichs befindet. Methodische Fehler haben ihre Ursache hauptsächlich in der Wahl einer falschen Ganglinien. Es wird beispielsweise von einer unzutreffenden Verkehrszusammensetzung ausgegangen (Typenwahl). Erwähnenswert ist zudem der absolute Fehler, welcher sich auf die Genauigkeit des Berechnungsresultats auswirkt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die einzelnen Ganglinienwerte gemittelte Werte mit Streubereichen darstellen.
Nebst den Ganglinien enthält die Norm Anwendungsbeispiele und Fehlerabschätzungen, welche den praktischen Gebrauch der Norm verdeutlichen, die Anfälligkeit für methodische Fehler minimieren und über die Aussagekraft (Genauigkeit) der Berechnungsresultate Aufschluss geben.
Durch den Normverzicht ist davon auszugehen, dass die Anfälligkeit v.a. für methodische Fehler stark ansteigt. Dies ist insbesondere auch auf den bereits

erwähnten Wissensverlust zurückzuführen (Typisierung der Ganglinien nach dominierenden Fahrtzwecken). Allfällige Ersatzinstrumente für die Gangliniennorm sollten eine Fehlerbetrachtung aufweisen, die es dem Benutzer erlaubt, den möglichen Fehler seiner ausgeführten Berechnungen abzuschätzen.

2.3.4 Referenzielle Grundlage

Eine weitere Auwirkung des Normwegfalls beinhaltet den Entzug einer referenziellen Grundlage. Obwohl Normen nie als allumfassende Weisheiten angesehen werden sollten, welche jeden x-beliebigen Einzel- und Sonderfall abzudecken vermögen, so stellen sie doch einen wichtigen Bezugspunkt in der praktischen Tätigkeit des Anwenders dar. Die durch den Normverzicht entstehende Bezugslücke führt zu einem grösseren individuellen Ermessensspielraum, welcher die Vergleichbarkeit von verschiedenen Arbeiten erschweren und durchaus etwaigen Konflikten (z.B. Expertenstreiten und Ping-Pong-Gutachten) Vorschub leisten kann.

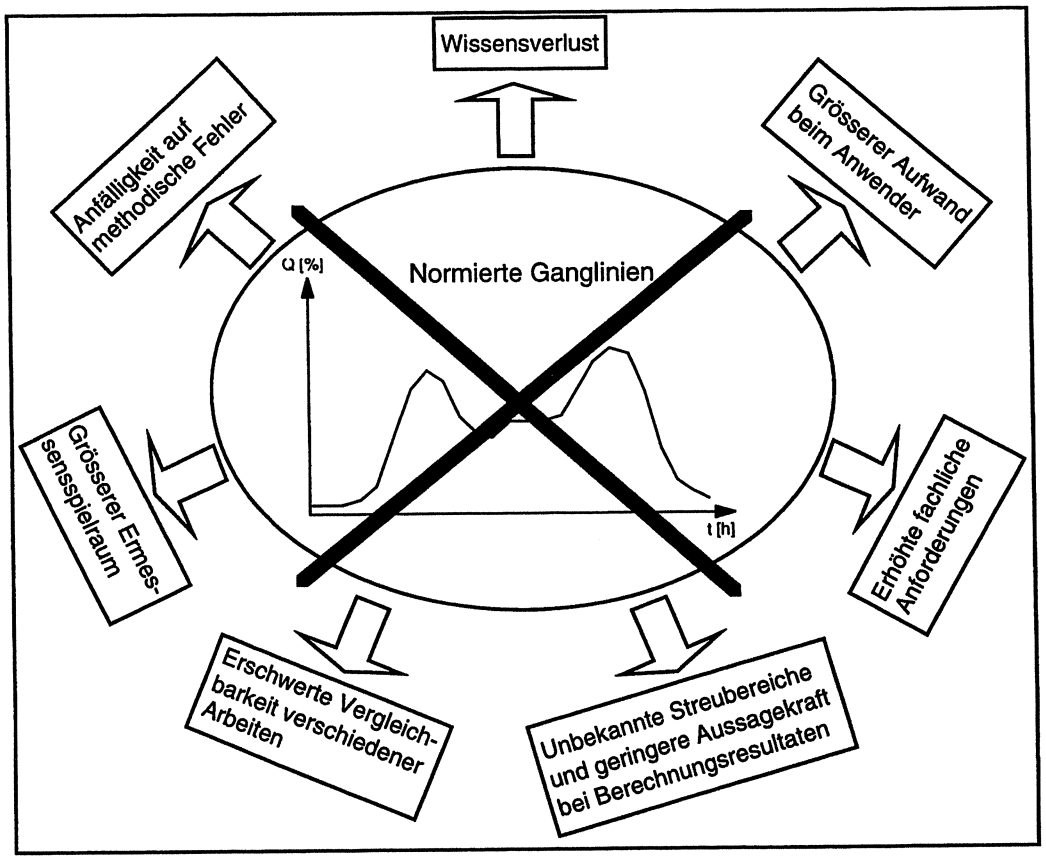
2.3.5 Zusammenfassung der generellen Auswirkungen

Zusammenfassend bringt ein Verzicht auf die Gangliniennorm die folgenden allgemein gefassten Auswirkungen mit sich (vgl. Abbildung 2):

- Allgemeiner Wissensverlust insbesondere bei den Zusammenhängen zwischen zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrs und der Verkehrszusammensetzung (Fahrtzwecke)
- Aufwandvergrösserung bei der Bearbeitung von ganglinienspezifischen Fragestellungen
- Vergrösserung der Anfälligkeit für methodische Fehler
- Unbekannte Streubereiche bei Berechnungsresultaten und damit Verringerung der Aussagekraft
- Höhere Anforderungen an die Erfahrung und das Fachwissen bei ganglinienspezifischen Fragestellungen
- Grösserer Ermessensspielraum und dadurch erschwerte Vergleichbarkeit von verschiedenen Arbeiten

Diese Auswirkungen, welche allesamt negativ zu werten sind, gehen von einem ersatzlosen Verzicht der heutigen Gangliniennorm aus und sollten durch geeignete Alternativen minimiert werden.

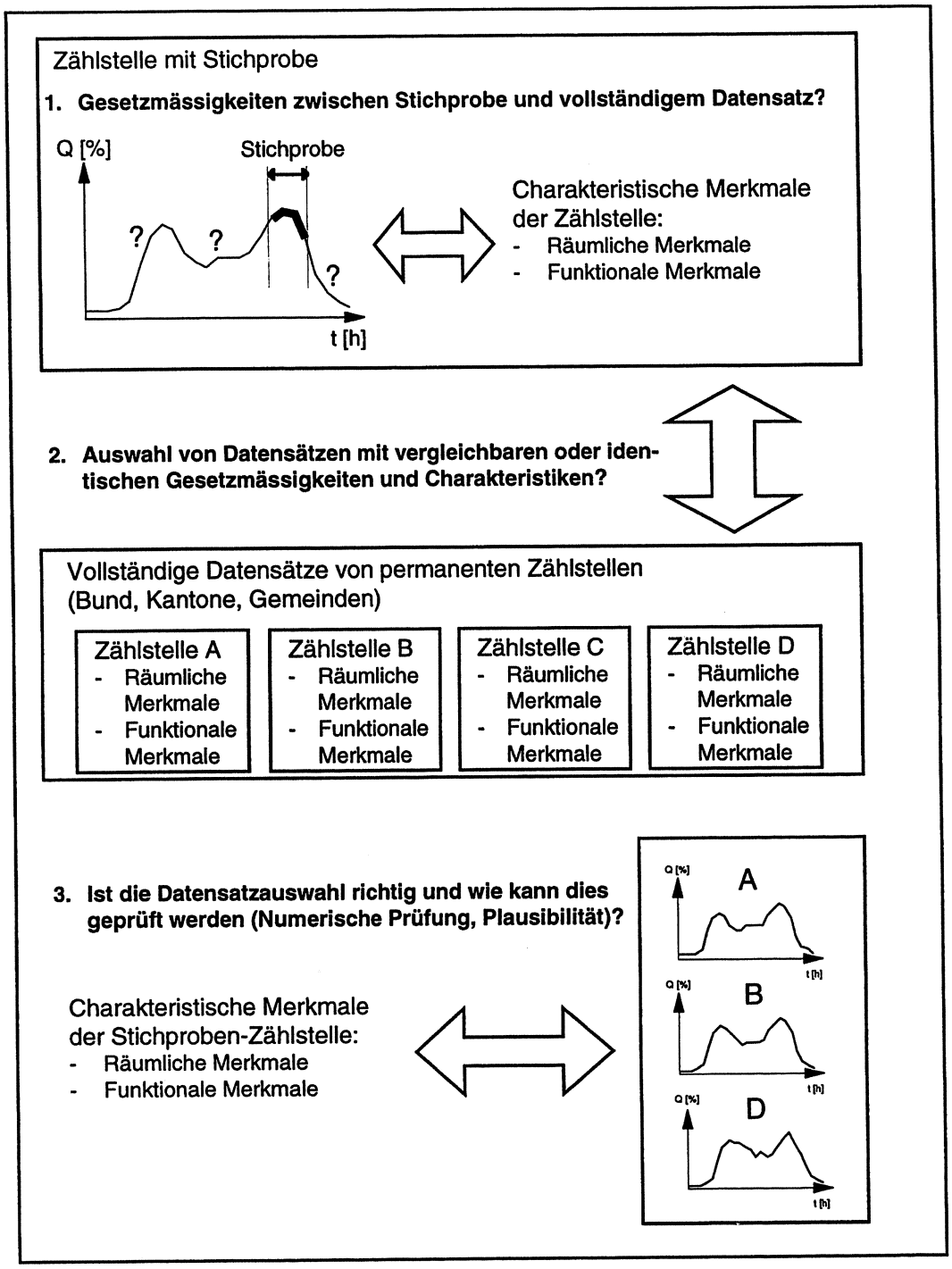
Abbildung 2: Generelle Auswirkungen eines Normverzichts



2.4 Drei Kernfragen als konkrete Auswirkungen

Um die **konkreten** Auswirkung eines Verzicht auf die Gangliniennorm, aufzuzeigen, wird die am häufigsten verwendete Fragestellung, Hochrechnung einer Stichprobenzählung auf DTV oder DWV, betrachtet. Im Sinne von plausiblen Arbeitshypothesen wird angenommen, dass die Daten sämtlicher Dauerzählstellen des Bundes und der Kantone lückenlos (Stundenwerte richtungsgetrennt), aber mit dem entsprechenden Beschaffungsaufwand, verfügbar sind. Die Stichprobenzählung soll ein werktägliches, dreistündiges Intervall von 16.00 - 19.00 Uhr (inkl. Abendspitzenstunde) umfassen.
Es stellt sich als erstes die Frage: "Wie erhalte ich Kenntnis über die Gesetzmässigkeit zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz?" Zweite Frage ist: „Wie erhalte ich einen vollständigen Datensatz oder Datensätze mit vergleichbaren oder identischen Gesetzmässigkeiten?" Dritte Frage ist: „Welche Gewähr habe ich, dass die Wahl der Datensätze richtig ist resp. wie prüfe ich das?" Diese drei Kernfragen werden im Detail analysiert

Abbildung 3: Drei Kernfragen



2.4.1 Gesetzmässigkeit zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz

Ausser bei Vorliegen von entsprechenden Datensätzen aus der Vergangenheit beim selben Objekt sind die Gesetzmässigkeiten zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz nicht bekannt. Dadurch stellt sich die Frage, ob und

wie aus den bekannten Gegebenheiten des Stichprobenobjekts die notwendigen Gesetzmässigkeiten abgeleitet werden können. Nebst den erhobenen Verkehrszahlen können weitere Angaben (z.B. Strassentyp, räumliche Lage etc.) aufgrund der Disposition der Zählstelle abgeleitet werden.
Die auf dem untersuchten Strassenabschnitt dominierenden Fahrtzwecke (PENT) sind kaum im Detail bekannt und lassen sich mit vernünftigem Aufwand nur ansatzweise abschätzen. Die Kenntnis über die Bedeutung der einzelnen Fahrtzwecke sowie deren relative Zusammensetzung im Querschnitt macht aber ohnehin nur Sinn, wenn die entsprechenden Angaben für die Dauerzählstellen vorhanden sind. Dies ist mit der heutigen Auswertung (s. Kapitel 3) nicht der Fall.

2.4.2 Auswahl eines Datensatzes mit vergleichbaren oder identischen Gesetzmässigkeiten

Mit der Gangliniennorm wurden die vorhandenen Datensätze von rund 160 Zählstellen durch Aggregation auf 6 Ganglinientypen reduziert. Die Auswahl des entsprechenden Typs wurde durch grobe Umschreibung der zugehörigen Eigenschaften erleichtert. Der Verzicht auf die Norm führt dazu, dass aus der Fülle der Rohdaten die für den Anwendungsfall geeigneten Datensätze ausgewählt werden müssen. Der Umfang und die Qualität des verfügbaren Datenmaterials aus den automatischen Zählstellen wird im Kapitel 3 ausführlich beschrieben. Der einfache und insbesondere für Grobabschätzungen effiziente Zugriff auf bereits aggregierte Grunddaten in Form der typisierten Ganglinien wird durch den Normwegfall wesentlich aufwendiger. Ähnlich wie bei der Analyse des Untersuchungsquerschnitts und bei der entsprechenden Erarbeitung der Gesetzmässigkeiten auf der Basis der querschnittsbezogenen Eigenschaften muss für die Auswahl der Referenzzählstellen ein analoges Verfahren entwickelt werden. Ausgehend von den bekannten zählstellenspezifischen Eigenschaften, welche gegebenenfalls durch den Anwender weiter interpretiert und ausgewertet werden müssen, müssen Kennwerte, Analogien und Gesetzmässigkeiten bestimmt werden, welche den Entscheid über deren Verwendung durch Vergleich mit dem Stichprobenquerschnitt ermöglichen.

2.4.3 Überprüfung und Kontrolle der Datensatzauswahl

Eine eigentliche Überprüfung der Wahl des Ganglinientyps wurde in der heutigen Gangliniennorm nicht vorgesehen. Hingegen besteht die Möglichkeit, bei Unsicherheit des richtigen Ganglinientyps die Hochrechnung für mehrere Ganglinientypen durchzuführen und entsprechend der Angaben in der Norm eine Fehlerabschätzung vorzunehmen. Solange der mögliche Fehler aus der Hochrechnung bekannt ist, ist dessen Grösse nur bedingt relevant. Sie kann

als Entscheidungsgrundlage über die Verwendbarkeit der Hochrechnungsresultate oder über notwendige Nacherhebungen ausschlaggebend sein.
Ohne normierte Ganglinien muss sichergestellt werden, dass die Genauigkeit und die Güte der Hochrechnungsresultate abgeschätzt werden kann. Dies ist je nach Weiterverwendungszweck der Daten wünschenswert oder gar zwingend notwendig.

3 Datengrundlagen

3.1 Heute verfügbare Ausgangsdaten

Dieses Kapitel verfolgt den Zweck einer Auslegeordnung betreffend der vorhandenen und verfügbaren Verkehrsdaten. Es soll Aufschluss darüber geben, wo und in welcher Form Verkehrsdaten bezogen werden können, resp. diese publiziert werden. Die verfügbaren Verkehrsdaten sind die wesentliche Grundlage, mit welcher die Gangliniennorm erarbeitet wurde und an denen sich auch alternative Möglichkeiten zur Bestimmung von Ganglinien orientieren müssen.
Während sich das Kapitel 3.1 den gegenwärtig verfügbaren Verkehrsdaten widmet (sowohl Ausgangsdaten, wie sie normalerweise bei einer Stichprobenerhebung vorliegen, als auch verfügbare Daten vom ASTRA und den Kantonen), wird im Kapitel 3.2 der Blick in die Zukunft gerichtet und die Bestrebungen des Bundes zum Aufbau einer Verkehrsdatenbank (STRADA-DB) mit den darin vorgesehenen Inhalten mit Bezug zu Ganglinien dargestellt.
Die Ausführungen in den Kapiteln 3.1 und 3.2 stützen sich unter anderem auf die im Rahmen der Pilotapplikation Verkehrsdaten durchgeführten Untersuchungen und Befragungen der Ämter [5, 6, 7, 8]. Weitere Hinweise wurden direkt bei Vertretern des ASTRA und einzelner Kantone in Erfahrung gebracht.

3.1.1 Ausgangsdaten der Stichprobenerhebung

Wie bereits festgestellt wurde, ergibt sich aufgrund der einzelnen Fragestellungen (Kapitel 2.3), dass Ganglinien hauptsächlich zur Hochrechnung einer Stichprobe auf DTV/DWV verwendet werden. Dieser Fragestellung wird die Hauptaufmerksamkeit gegeben.
Betrachtet wird wiederum ein Zählintervall im Querschnitt von 3 Stunden (16.00 - 19.00 Uhr), welches die Abendspitzenstunde enthält. In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der Stichprobenzählung die folgenden Angaben vorliegen oder einfach bestimmbar sind:

a) Verkehrszahlen der Stichprobe
- Stundenwerte nach Fahrzeugzusammensetzung und Richtungen aufgrund der Zählung

b) Strassentyp
- Aufgrund Klassierung im kantonalen, regionalen oder kommunalen Verkehrsplan und gemäss SN 640 040 b [9]

c) Lage des Querschnitts

- Räumliche Lage bezogen auf Siedlung aufgrund Zonenplan, Richtplan
- Funktionale Lage des Querschnitts im Netz aufgrund kantonalem, regionalem oder kommunalem Verkehrsplan und SN 640 040 b

d) Beobachtungen vor Ort, Spezialfälle

- Belastungs-/Überlastungszustand, ungefähres Geschwindigkeitsniveau
- Spezielle Begebenheiten wie Rückstaus, Unfälle etc.

Diese Ausgangsdaten und ergänzende verkehrsplanerische Überlegungen zum Nachfragepotential, Durchgangsverkehr etc. bildeten bis anhin die Grundlage für die Zuordnung des Querschnitts zu einer typischen Ganglinie aus der Norm (sofern der Geltungsbereich der Norm anwendbar war).

3.1.2 Daten von permanenten Zählstationen des ASTRA

a) Erhobene Daten

Die permanenten Strassenverkehrszählungen des Bundes (ASTRA) sind eine der wichtigsten Datenquellen. Gegenwärtig (1998) sind 227 Dauer-Zählstellen in Betrieb, welche sich auf das gesamte National- und teilweise auch auf das Kantonal- und Gemeindestrassennetz verteilen. Die Verkehrsmengen werden fahrstreifenweise erhoben und zu Stundenwerten zusammengefasst. Eine stetig wachsende Zahl von Zählstellen (derzeit 70) wird mit LVC-Geräten ausgerüstet, welche die gezählten Fahrzeuge in definierte Längenklassen einteilt und auch deren Geschwindigkeiten misst. Bei 20 dieser Geräte besteht zudem die Möglichkeit, den Verkehr nach 6 Fahrzeugkategorien zu unterscheiden. Dadurch besteht einerseits die Möglichkeit, Auswertungen bezüglich der Fahrzeugkategorien vorzunehmen, andrerseits kann der Verkehrsablauf in Abhängigkeit der Geschwindigkeit zeitlich nachgebildet werden.
Im Prüfstadium sind zudem drei Zählstellen, welche nebst der Erfassung von Längen- und Geschwindigkeitsklassen auch dynamische Achslastmessungen ermöglichen. Bei diesen Weight-In-Motion (WIM) - Anlagen am Gotthard (A2), in Mattstetten (A1) und im Plazzas-Tunnel (A13) werden auf dem Normalstreifen je Fahrtrichtung mittels Wägeplatte oder Wiegesensoren die Achsgewichte, Achsabstände und Achszahlen gemessen.

b) Auswertungen und Publikationen

Die standardmässige Auswertung und Publikation (in Papierform) umfasst die Monatsergebnisse und die Jahresauswertung je Zählstelle.

1. Monatsergebnisse

Für jede Zählstelle werden einerseits die Monatsmittel des 24-stündigen Verkehrs ausgewiesen. Die gemittelten Werte werden für unterschiedliche Tagesgruppen ausgewiesen. Angegeben werden die Mittelwerte für Normalwerktage (Di - Do), Werktage (Mo - Fr), Samstage und Sonntage sowie zusammenfassend über alle Wochentage des Monats.
Die einzelnen Tagesverkehrsmengen der Sonn- und Feiertage werden mit Datum separat ausgewiesen.
Als zusätzliche Information dienen die Angaben über die maximalen Verkehrsmengen. Sie umfassen den verkehrsstärksten Werktag und Samstag beim Tagesverkehr und die maximalen Stundenverkehre getrennt nach Werktagen, Samstagen und Sonntagen.
Zum Zweck der räumliche Zuordnung der Zählstellen wird eine Standortkarte der Schweiz mit den erfassten Strassenzügen beigelegt.

2. Jahresauswertung

Die Jahresauswertung umfasst sämtliche Monatsmittel der Normalwerktage, Werktage, Samstage, Sonntage und aller Wochentage zusammen. Für die einzelnen Betrachtungsperioden werden abschliessend auch die Jahresmittelwerte ausgewiesen.
Im Jahresbericht des ASTRA findet sich nebst zahlreichen Stunden-, Tages- und Entwicklungstabellen für jede einzelne Zählstelle ein separates Auswertungspapier (Zählstellenportrait). Dieses beinhaltet die Jahresdurchnittswerte je Richtung und im Querschnitt für den DTV und DWV sowie die einzelnen Stunden. Die gemittelten Tagesganglinien für den DTV und DWV sind als Grafik ebenfalls beigefügt.
Sowohl die Monatsergebnisse als auch die Jahresauswertung (ohne Zählstellenportrait) können als Dauerbestellung beim ASTRA angefordert werden. Die Zustellung der Monatsergebnisse und der Jahresauswertung erfolgt in der Regel mit einer Verzögerung von rund 3 - 4 Monaten.
Im Anhang A findet sich ein Beispiel einer zählstellenspezifischen Jahresauswertung.

c) Datenverfügbarkeit und individuelle Auswertung

Die Grundlage dieser Auswertungen bilden die Roherhebungsdaten, wie sie vom Dauerzählgerät erfasst und übermittelt werden, bzw. abgerufen werden können. Diese werden im Rechenzentrum des Bundes EDV-mässig verarbeitet. Für einen beschränkten Kreis von Benutzern (z.B. Kt. Solothurn) besteht die Möglichkeit, direkt via Modem von der Zählstation des Bundes die Rohdaten zum Zwecke einer Sofortauswertung abzurufen. Auf begründete Voranmeldung können auch Datensätze von einzelnen Zählstellen umgehend beim

ASTRA angefordert werden. Die Zustellung erfolgt dabei mit Datenträgern (Diskette, Zip, CD) auf dem Postweg oder allenfalls via E-mail.
Der Aufwand für die individuelle Auswertung der Rohdaten hängt ab vom Übertragungsformat der Rohdaten und der zur Verfügung stehenden Hard- und Software. Häufigstes Übertragungsformat ist die ASCII-Codierung, welche es erlaubt, Datensätze vergleichsweise einfach in gängige Tabellenkalkulationsprogramme (z.B. EXCEL) einzulesen und auszuwerten.

3.1.3 Permanente Zählstellen der Kantone

Das Netz der permanenten Zählstellen der Kantone wird laufend erweitert, wobei sich über 100 permanente Zählstellen in den Kantonen Basel, Tessin und Graubünden befinden (Stand 1994, [5]). Einzelne Kantone (z.B. beide Basel, Aargau) erfassen die Verkehrsmengen je Fahrstreifen, die meisten anderen Kantone erheben den Verkehr nur nach Richtung oder gar nur im Querschnitt. In einzelnen Kantonen laufen auch Bestrebungen zum Aufbau eigener Verkehrsdatenbanken.
In praktisch allen untersuchten Kantonen sind permanente Zählstellen vorhanden, welche die Erfassung der Verkehrsmenge nach Längenklassen erlauben. Von der möglichen Einteilung der Verkehrsmenge in Geschwindigkeitsklassen wird nur bei Bedarf Gebrauch gemacht.
Die erfassten Daten werden allerorts EDV-mässig verarbeitet. Im Gegensatz zu den Zählstellen des Bundes sind die Daten dieser kantonalen Zählstellen aber nur zum Teil per Modem abrufbar. Die Übertragungsformate der Rohdaten sind analog der ASTRA-Daten.
Publikationsform und -rhythmus der verwaltungsinternen Daten-Auswertung variieren von Kanton zu Kanton. Nebst Monats- und Jahresberichten werden häufig auch periodische Bulletins (ca. alle 2 Monate) publiziert.

3.1.4 Weitere Datenquellen

a) Periodische Zählung des Bundes (UNO-Zählung)

Alle 5 Jahre führt der Bund periodische Strassenverkehrszählungen auf dem Ausserortsstrassennetz durch. Die UNO-Zählung 1995 umfasste 461 Zählstellen, von welchen gleichzeitig 241 Dauerzählstellen (Bund und Kantone) waren. Als Hochrechnungsgrundlage für die Kategorien der Güterfahrzeuge wurden die Daten der LVC-Geräte (total 58) eingesetzt. Die Erhebungsmethodik wird in [15] umfassend dargestellt. Die Resultate der UNO-Zählung werden in Publikationen des Bundesamts für Statistik im Fachbereich Verkehr und Nachrichtenwesen aufgeführt. Seit der Zählung 1995 können die

Resultate der UNO-Zählung für weitere Auswertungen beim Bundesamt für Statistik auf Diskette angefordert werden.
Auf die Hochrechnungsmethodik der UNO-Zählung, insbesondere für manuelle Zählstellen, welche nicht mit einer automatischen Zählstelle identisch waren, sei ein besonderes Augenmerk gerichtet. Bei diesen wurden „... basierend auf Gesetzmässigkeiten im jährlichen und täglichen Verkehrsablauf, Gruppen von automatischen Zählstellen gebildet, denen manuelle Zählstellen mit ähnlicher Charakteristik im Verkehrsablauf zugeordnet wurden..." [10]. Es ist genau die Bestimmung dieser „Charakteristik im Verkehrsablauf", welche für die vorliegende Arbeit von zentraler Bedeutung ist.

b) Periodische Zählungen der Kantone

Die meisten Kantone führen periodische Verkehrszählungen mit mobilen automatischen Zählgeräten während mehrerer Wochen im Jahr durch. Der Erfassungsumfang hinsichtlich Längen- und Geschwindigkeitsklassen, Fahrzeugkategorien und fahrstreifen- resp. richtungsspezifischen Verkehrsmengen variiert dabei sehr stark. Dasselbe gilt auch für die Auswertung und Publikation der Resultate.
Der Datentransfer der Erhebungsdaten für individuelle Auswertungen ist in seltenen Fällen mittels Modem möglich. Der Bezug erfolgt in der Regel mit Datenträger (Diskette).

c) Sporadische Verkehrszählungen und Stromzählungen

Solche Zählungen werden vorwiegend objektbezogen von Kantonen und Gemeinden durchgeführt. Dabei geht es in den meisten Fällen um konkrete Fragestellungen wie Knotenleistungsfähigkeit, mögliche Verkehrsumleitungen, Baustellen, Erfolgskontrollen von ausgeführten Bauwerken etc.. Die Resultate solcher Erhebungen werden deshalb auch nur indirekt publiziert. Häufig dienen sie als Entscheidungsgrundlagen für mögliche Massnahmen. Ohne zufällige Kenntnis darüber, dass solche Zählungen stattgefunden haben, ist deren Weiterverwendung für Dritte praktisch ausgeschlossen.
Bei dieser Gruppe von Verkehrszählungen handelt es sich zudem häufig um manuelle Kurzzeitzählungen. Zur Hochrechnung dieser Stichproben auf durchschnittliche Tages-, Wochen- oder Jahresverkehrsmengen werden jedoch Daten aus permanenten Zählstellen oder Kennwerte aus der bestehenden Gangliniennorm benötigt.

3.1.5 Beurteilung der aktuellen Datengrundlagen

Bezogen auf die Fragestellung des Forschungsauftrags gilt das Hauptinteresse den Datengrundlagen von permanenten Zählstellen. Nur mit ihnen ist es möglich, die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrsablaufs in einem Querschnitt vollständig zu erfassen und zu interpretieren. Es kann festgestellt werden, dass die heute verfügbaren Daten von permanenten Zählstellen des Bundes und der Kantone äusserst umfangreich sind. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass sich die permanenten Zählstellen ausschliesslich auf das verkehrsorientierte Strassennetz beschränken. Auf dem siedlungsorientierten Netz, insbesondere auf Gemeinde- und Erschliessungsstrassen finden sich praktisch keine Dauerzählstellen.
Für die individuelle Nutzung der erhobenen Verkehrsdaten, insbesondere bei ganglinienspezifischen Fragestellungen, ist einerseits die Verfügbarkeit der Daten, anderseits die ganglinienbezogenen Auswertungen durch die Datenerhebungs- und -verwaltungsstelle von zentraler Bedeutung.
Diesbezüglich hat die Jahresauswertung des ASTRA (Zählstellenprofil) mit den Durchschnittswerten für DWV und DTV (prozentuale Stundenwerte) je Zählstelle einen grossen Stellenwert.
Bei den Kantonen steht die ganglinienspezifische Auswertung der Zähldaten selten im Vordergrund. Spezifische Auswertungen bezüglich Lärm- und Luftemissionen oder die Datenaufbereitung zu deren Integration in ein Verkehrsmodell haben weitaus grössere Bedeutung.
Sowohl auf Bundes- wie auch auf kantonaler Ebene ist es möglich, umfassende und vollständige Rohdatensätze (Stundenwerte je Richtung) zu bestellen. Dadurch entsteht allerdings ein erheblicher Auswertungsaufwand beim individuellen Benutzer (EDV-Anforderungen vorausgesetzt), welcher je nach Fragestellung in krassem Missverhältnis zum vorgegebenen Budget stehen kann.

3.2 Mittel- bis langfristig verfügbare Datengrundlagen

Das ASTRA ist laufend daran, einerseits das bestehende Zählstellennetz kontinuierlich zu erweitern und anderseits die Zählstellen zunehmend mit LVC-Geräten zu bestücken. Auch bei den kantonalen Zählstellennetzen wird eine qualitative Verbesserung der Erhebungsdaten und der Auswertung angestrebt. Das primäre Bedürfnis gilt der „Höherqualifizierung" der einzelnen Zählstellen, was bedeutet, dass das bestehende, gesamtschweizerische Zählstellennetz derart aufgewertet wird, dass möglichst alle Zählstellen den folgenden Kriterien genügen:

- Die von permanenten Zählstellen gesammelten Messwerte sollen per Modem abgefragt werden können.
- Die Erhebung des Verkehrs soll im Hinblick auf das MSE grundsätzlich je Fahrstreifen möglich sein.
- Die Zählstellen sollen eine Erfassung der Verkehrsmengen nach Fahrzeugkategorien (Längenklassen) und nach Geschwindigkeitsklassen erlauben. Vor allem aber eine Unterscheidung zwischen Personen- und Güterverkehr. Zusätzlich muss die Genauigkeit der Erhebung der Verkehrsmenge nach Klassen bzw. Kategorien verbessert werden.
- Kantonale Zählstellen mit periodischen Erhebungen sollen zu solchen mit permanenter Erhebung umgewandelt werden. Ebenso sollen sporadische Zählungen zu periodischen aufgewertet werden mit entsprechender Anschaffung von mobilen Messgeräten.

Neben dieser Höherqualifizierung des Zählstellennetzes bestehen weitere Bedürfnisse zur Verbesserung der Datengrundlagen. Diese umfassen (Auszug) Messwerte über die Fahrzeuggewichte (ohne Geschwindigkeitsreduktion), eine bessere Unterscheidung von in- und ausländischen Fahrzeugen sowie eine vermehrte Kenntnis von Quell-Ziel-Beziehungen, Fahrtzwecken, Besetzungsgraden und Gütergruppen.
Im vorliegenden Kapitel wird der Blick auf die zukünftig verfügbaren Datengrundlagen von Dauerzählstellen gerichtet. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Inhalten der Pilotapplikation Verkehrsdaten von STRADA-DB. Dabei geht es nicht darum, alle Einzelheiten im Detail aufzuführen, es sollen vielmehr diejenigen Aspekte herausgegriffen werden, welche einen direkten oder indirekten Bezug zu Ganglinien aufweisen. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich ebenfalls auf die bislang erstellten Berichte zur Pilotapplikation Verkehrsdaten sowie auf einzelne Arbeitspapiere aus der gegenwärtigen Konzeptphase [5, 6, 7, 8].

3.2.1 Ziel und Zweck von STRADA-DB

a) Gesamtschau

Das ASTRA hat bereits im Jahre 1986 eine Voranalyse für die Entwicklung und Realisierung von Strassendatenbanken erarbeiten lassen. Daraus wurde in Zusammenarbeit mit den Kantonen das STRADA-DB-Konzept entwickelt. STRADA-DB ist ein informatisiertes Strassendatenbanksystem und umfasst den gemeinsamen Kern der Strassendatenbanken der Kantone und des Bundes. Das primäre Ziel der STRADA-DB ist die für das Management der Strassenerhaltung (MSE) benötigten Daten zur Verfügung zu stellen. Dementsprechend galt ursprünglich der Hauptverwendungszweck der in STRADA-DB aufzunehmenden Daten dem MSE. Es zeigte sich jedoch bald, dass die

Kantone STRADA-DB auch für andere Anwendungen nutzbar machen wollten.
Mit STRADA-DB soll die systematische Grundlagenerfassung, die Dateneingabe und die Datenverwaltung vereinheitlicht sowie der problemlose Datenaustausch zwischen den Verwaltungsstellen gewährleistet werden. Die entsprechenden Inhalte wurden aufgrund einer Umfrage bei den Kantonen und den interessierten Bundesämtern festgelegt.
Das Gesamtprojekt STRADA-DB besteht aus einer Vielzahl von Teilapplikationen, welche im Rahmen von Pilotphasen und in Zusammenarbeit mit ausgewählten Kantonen praktisch ausgetestet wurden. Eine dieser Pilotapplikationen betrifft die Erfassung und Verwaltung von Verkehrsdaten.

b) Pilotapplikation Verkehrsdaten

Die Inhalte der Pilotapplikation Verkehrsdaten sollen nicht nur dem Management der Strassenerhaltung dienen, sondern darüber hinaus für die Planung und Projektierung sowie die Beurteilung von Infrastrukturen und Massnahmen im Zusammenhang mit dem Strassenverkehr verwendet werden können.
Aufgrund einer breitangelegten Umfrage wurden sämtliche mögliche Anwendungs- und Datenbereiche erhoben, gegliedert und zusammengestellt. Darauf basierend konnte eine systematische Unterteilung der zu erfassenden Verkehrsdaten vorgenommen werden, welche die folgenden Teilbereiche umfasst:

- Verkehrsmengen (und deren Aufteilung auf die einzelnen Kategorien)
- Angaben zur zeitlichen Verteilung des Verkehrs (Ganglinien)
- Geschwindigkeiten

Für jeden dieser Teilbereiche werden sogenannte Informationsobjekte (z.B. Messort, Querschnittsbezeichnung, Wert der erhobenen Verkehrsmenge etc.) eingeführt, welche wiederum in Attribute (z.B. Richtung, Messgerät, Gültigkeitsbeginn, Kommentar etc.) unterteilt werden. Für jedes der Informationsobjekte wird ein Formularblock mit den dazugehörigen Attributen für die einheitliche Eingabe erstellt.
Besonderes Interesse gilt hier dem Teilbereich „Angaben zur zeitlichen Verteilung des Verkehrs (Ganglinien)".

3.2.2 Inhalte von STRADA-DB mit Bezug zu Ganglinien

Ganglinien werde gemäss Bedürfnisanalyse in der Verkehrsplanung auch im Zusammenhang mit dem Management der Strassenerhaltung verwendet (Baustellen während verkehrsarmen Zeiten). Im Rahmen der Voranalyse [5] wur-

den die folgenden in STRADA-DB aufzunehmenden relativen Ganglinien, gegliedert nach Fahrzeugkategorien (Längenklassen), vorgeschlagen:

- Ganglinie eines durchschnittlichen Tages auf 1/4-Stunden-Basis
- Ganglinie eines durchschnittlichen Tages auf Stundenbasis
- Ganglinie eines durchschnittlichen Werktages auf Stundenbasis
- Ganglinie eines durchschnittlichen Tages von DI-DO auf Stundenbasis
- Ganglinie eines durchschnittlichen Samstags auf Stundenbasis
- Ganglinie eines durchschnittlichen Sonntags auf Stundenbasis
- Ganglinie einer durchschnittlichen Woche auf Tagesbasis
- Jahresganglinie auf Wochenbasis

In der Detailspezifikation (Pflichtenheft für Realisierung) [7] wurde im Teilsystem „Datenabfrage und Darstellungen" eine Liste der Hauptfunktionen für die tabellarische Darstellung erstellt, welche die in der Voranalyse vorgeschlagenen Ganglinien im wesentlichen übernimmt.
Die ebenfalls in der Detailspezifikation beschriebenen Teilsystemen „Validation" und „Räumliche und zeitliche Aggregation" werden im folgenden genauer betrachtet. Der Grund liegt in der Bedeutung der sogenannten Referenzganglinien, welche insbesondere die vorgesehene zeitliche Aggregation der Daten in STRADA-DB erst ermöglichen. In STRADA-DB ist vorgesehen, Referenzganglinien wie folgt zur Verfügung zu stellen:

1. Funktionen, mit welchen sich aus der **in der Datenbank abgelegten Verkehrswerten** Referenzganglinien bestimmen lassen.
2. Im System abgelegte **Referenzganglinien mit Normencharakter** (Ganglinientypen gemäss VSS).
3. Im System abgelegte benutzerspezifische Referenzganglinien mit „Quasi-Normencharakter" (kantonseigene Referenzganglinien).

Die Funktionen zur Bestimmung von Referenzganglinien aus in der Datenbank abgelegten Verkehrswerten (Punkt 1) sind Bestandteil von STRADA-DB und werden applikationsseitig zur Verfügung gestellt. Auf die Vorstellungen über den Inhalt und die Anwendung der im System abgelegten Referenzganglinien mit Normencharakter (Punkt 2) wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

3.2.3 Referenzganglinien mit Normencharakter in STRADA-DB

a) Konkrete Anwendung der SN 641 230a (heutige Gangliniennorm)

Bei der zeitlichen Aggregation (Näherungsberechnung) ist der Einbezug des Hochrechnungsablaufs vorgesehen, wie er in der SN 641 230a beschrieben ist. Zweck der entsprechenden Funktion in STRADA-DB ist es, unter Verwen-

dung von Referenzwerten die Berechnung von Verkehrswerten zu ermöglichen, deren zeitliche Basis grösser ist als diejenige der Ausgangswerte. Da in der Pilotapplikation nur Zählungen berücksichtigt werden, welche an mindestens 7 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt wurden, ist für diese Funktion hauptsächlich mit der Anwendung der Wochen- und Jahresganglinien gemäss SN 641 230a zu rechnen. Bei der im Rahmen des Teilsystems „Validation" vorgesehenen Plausibilitäts- und Konsistenzkontrollen der erhobenen Einzelwerte können allerdings auch die Tagesganglinien der SN 641 230a Verwendung finden.
Beim vorgesehenen Einbezug der SN 641 230a in Form von Referenzganglinien treten allerdings gewisse Schwierigkeiten auf [8]. Sowohl das Teilsystem Validation wie auch die zeitliche und räumliche Aggregation basiert hauptsächlich auf den fahrstreifenbezogenen Erhebungswerten. Die Beschränkung des Geltungsbereichs der SN 641 230a einerseits auf die Ganglinien im Gesamtquerschnitt und anderseits auf das Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassennetz widerspricht den Bedürfnissen der STRADA-DB. Wünschenswert wären fahrstreifen-, mindestens aber richtungsspezifische Referenzganglinien.

b) Neubestimmung von Referenzganglinien

In [8] wird auch die Möglichkeit einer Neubestimmung der Normganglinien ins Auge gefasst, um den Bedürfnissen und Anforderungen von STRADA-DB gerecht zu werden. Dabei wird vorgeschlagen, die Daten vor allem der permanenten Zählstellen des ASTRA und der Kantone fahrstreifenspezifisch sowohl für den Gesamtverkehr als auch für die Verkehrsteilmengen (Verwendung von LVC-Zählstellen) auszuwerten. Dabei könnte die Gruppenbildung (heutige Ganglinientypisierung) mit Hilfe von statistischen Analysemethoden (in diesem Fall einer Clusteranalyse) erfolgen. Durch die Mittelung der gemessenen Ganglinien eines Clusters könnten die fahrstreifen- bzw. richtungsbezogenen Referenzganglinien mit entsprechenden Streuungsbereichen bestimmt werden. Die so erfolgte Typisierung müsste für die Strassenabschnitte in STRADA-DB entsprechend übernommen werden.
Auf die Frage, ob sich derart bestimmte fahrstreifenspezifische Referenzganglinien auch für die praktische Anwendung ausserhalb von STRADA-DB eignen, wird im Kapitel 4.2.4 (Richtungsbezogene Ganglinien) kurz eingegangen.

3.2.4 Folgerungen für das weitere Vorgehen

Mit der Implementierung von STRADA-DB wird dereinst eine gesamtschweizerische Strassen- und Verkehrsdatenbank zur Verfügung stehen, deren Inhalte einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung stehen werden. Unter anderem wird die Möglichkeit geschaffen, für die in der Datenbank erfassten Strassen-

abschnitte unterschiedliche Ganglinien **zur Verfügung zu stellen**, welche für Fragestellungen der Verkehrsplanung weiterverwendet werden können.
Zu diesem Zweck werden für die Teilsysteme „Validation" und „zeitliche Aggregation" innerhalb der Pilotapplikation Verkehrsdaten sogenannte Referenzganglinien **benötigt**, welche allerdings kaum mehr aus der heutigen Gangliniennorm abgeleitet werden können. Aufgrund der Datenbankstruktur von STRADA-DB ist es wünschenswert, dass die Referenzganglinien fahrstreifen-, resp. richtungsspezifisch bestimmt werden und in dieser Form in die Datenbank eingespiesen werden können.
Für die Fragestellung der vorliegenden Forschungsarbeit sind die nachfolgenden Punkte von Bedeutung:

1. Nebst den aus gemessenen Verkehrswerten direkt gebildeten Ganglinien werden in STRADA-DB auch Referenzganglinien benötigt, mit welchen einzelne Datenbankfunktionen (z.B. Plausibilitätsprüfung, Konsistenzkontrolle, zeitliche Aggregation etc.) unterstützt werden sollen.
2. Diese Referenzganglinien sollten anlehnend an die Datenbankstruktur fahrstreifen-, resp. richtungsbezogen sowie je Verkehrsteilmenge bestimmt werden (vgl. dazu auch Kapitel 4.2.4 Richtungsganglinien).
3. Aus der heutigen Gangliniennorm lassen sich die benötigten Referenzganglinien nur unter Inkaufnahme von Unsicherheiten rechnerisch bestimmen. Zudem ist der Geltungsbereich auf das Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassennetz beschränkt und entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand.
4. Bei einer allfälligen Neubestimmung der Normganglinien sollten die für STRADA-DB ausgewiesenen Bedürfnisse aufgenommen und mit den Normanforderungen abgestimmt werden.

4 Anforderungen und generelle Einflussfaktoren von Ganglinien

4.1 Anforderungen an einen Ersatz der Gangliniennorm

Aus den Erkenntnisse der vorangegangen Kapitel können Anforderungen definiert werden, welche an Ersatzinstrumente für die Gangliniennorm gestellt werden müssten. Dabei handelt es sich gewissermassen um einen Wunschkatalog, welcher auch über die Anwendungsmöglichkeiten der heutigen Gangliniennorm hinausgeht. Die dargestellten Anforderungen decken vielfältige Bedürfnisse ab. Es wird bewusst keine Gewichtung der einzelnen Anforderungen vorgenommen, um das Spektrum für alternative Möglichkeiten möglichst offen zu halten.

4.1.1 Geltungsbereich

Der Geltungsbereich der Ersatzmassnahmen sollte möglichst umfassend sein. Die in der heutigen Norm bezeichneten hauptsächlichen Einschränkungen (nur Hochleistungs- / Hauptverkehrsstrassennetz und überlastungsfreie Strassen) sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Wünschenswert wären zudem Instrumente, welche auch die Bestimmung von Ganglinien von (teilweise) überlasteten Strassen zuliessen oder entsprechende Veränderungen quantitativ ausweisen könnten. In jedem Fall ist der Geltungsbereich klar zu definieren.

4.1.2 Zugriffsmöglichkeiten

Analog der heutigen Gangliniennorm sollte auch ein Ersatz für die breite Öffentlichkeit einfach und rasch zugänglich sein. Nur dadurch kann die Praxistauglichkeit gewährleistet werden. Für die Papierform würde sich die Normierung eignen. Denkbar wären auch gezielte Publikationen in einschlägigen Fachzeitschriften, welche den mutmasslichen Anwenderkreis vollumfänglich abzudecken vermögen.
Im gegenwärtigen Zeitalter der Computerisierung ist die elektronische Publikation auf Internet in jedem Fall ein Erfordernis.

4.1.3 Aktualität und Repräsentativität

Die vorzuschlagenden Ersatzmassnahmen für die Gangliniennorm sollten die Aktualität und die Repräsentativität der dabei verwendeten Datengrundlagen

klar ausweisen. Die laufende Integration von neu erhobenen Daten und deren Auswirkungen sollte gewährleistet sein. Zusätzliche Informationen, welche für den Benutzer von Bedeutung sein könnten (z.B. Umfang der verwendeten Daten bezogen auf Gesamtmenge, vorgenommene Interpolationen etc.), müssten vermerkt werden. Das Manko der heutigen Gangliniennorm, dass sie trotz veralteter Verkehrsgrundlagen weiterhin Gültigkeit besitzt und im Laufe der Jahre nie mit aktuelleren Verkehrszahlen aufdatiert wurde, sollte vermieden werden. Die dynamische Komponente eines Normersatzes sollte gebührend berücksichtigt werden.

4.1.4 Genauigkeitsabschätzung und Prüfungen

Ähnlich der heutigen Norm sollte es auch möglich sein, eine Abschätzung der möglichen Fehler vornehmen zu können. Dies ist insbesondere bei Ermessensentscheiden, wie sie in allfälligen Arbeits- und Berechnungsabläufen auftreten können, von grosser Bedeutung.
Daneben sollten für den Anwender Prüfungswerkzeuge bereitgestellt werden, welche einerseits die Kontrolle der eigenen durchgeführten Arbeit ermöglicht, anderseits aber auch die Plausibilität der Berechnungsresultate ganz allgemein beurteilen lassen.

4.1.5 Handhabung und Nachvollziehbarkeit

Schliesslich sollte grossen Wert auf die **Einfachheit** der Ersatzmassnahmen gelegt werden. Komplizierte Ablaufschemata und Berechnungsgänge müssen tunlichst vermieden werden. Nur so kann auf die Akzeptanz des vorgesehenen breiten Benutzerkreises gezählt werden. Einzelne schwierige Zusammenhänge könnten mit erklärenden Bemerkungen oder mittels Fussnoten erläutert werden.
In jedem Fall muss die Nachvollziehbarkeit bei der Verwendung der vorzusehenden Ersatzinstrumente gewährleistet werden.

4.1.6 Zukünftige Bedürfnisse

Die absehbaren Entwicklungen und Bedürfnisse von STRADA-DB nach (Referenz-) Ganglinien sollten in die Überlegungen einbezogen werden. Dadurch wird gewährleistet, dass nebst der praktischen Bedeutung des Ganglinienersatzes für den einzelnen Anwender auch dessen bedarfsgerechte Verwendung in der landesweiten Verkehrsdatenbank und damit letztlich auch wieder für den individuellen Benutzer berücksichtigt wird. Die entsprechenden Verwendungszwecke sollten in die Überlegungen zum Normersatz einfliessen.

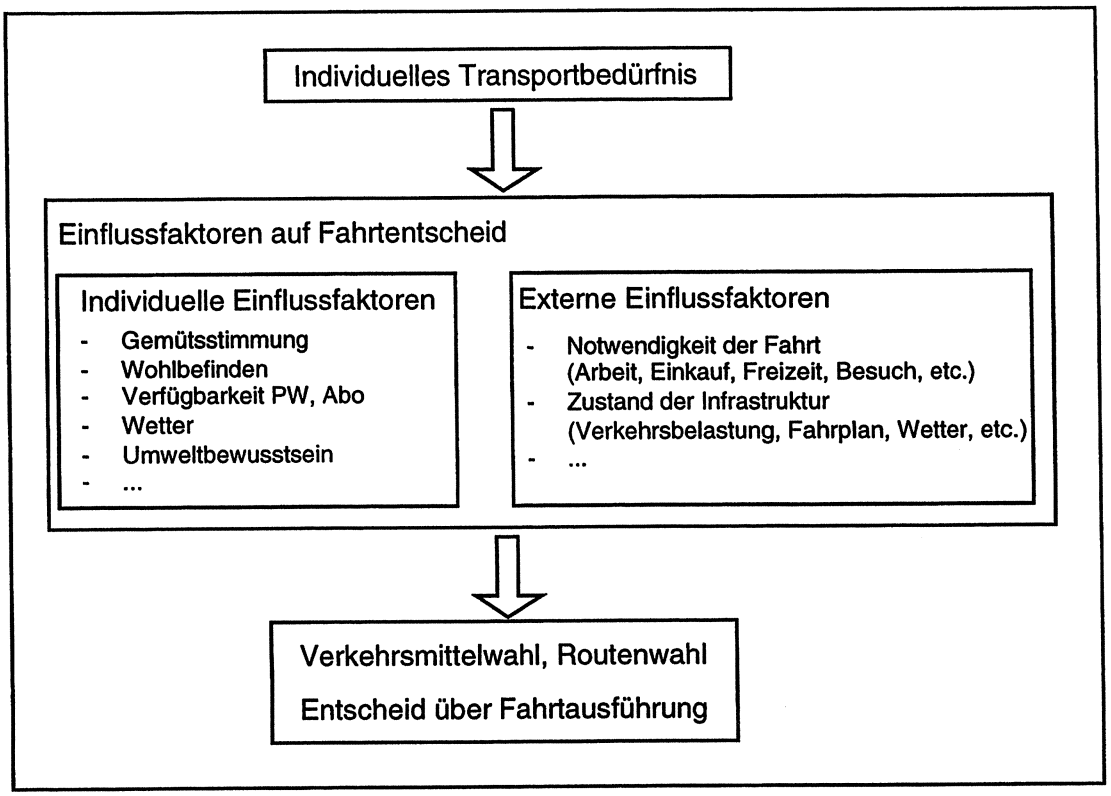
4.2 Generelle Einflussfaktoren von Ganglinien

Es erscheint im Hinblick auf die weiteren Untersuchungen zweckmässig, grundsätzliche Überlegungen zur Herkunft und zur Bedeutung der Ganglinien anzustellen. Ganglinien stellen den Bezug her zwischen der Verkehrsmenge und deren zeitlichen Auftretens in einem betrachteten Querschnitt.
Die Wahl der zugrundegelegten Zeiteinheit ist grundsätzlich frei, richtet sich aber nach dem Detaillierungsgrad und dem Umfang der vorhandenen Datengrundlagen. Die kleinste Einheit ist in der Regel das Stundenintervall.
Die erfassten Verkehrsmengen pro Zeiteinheit geben einen ersten Einblick in das Verkehrsgeschehen im betrachteten Strassenquerschnitt. Im Rahmen von Verkehrserhebungen lassen sich die Verkehrsmengen weiter unterteilen in Fahrzeugarten (visuelle Erfassung) und in Längenklassen (automatische Erfassung), allenfalls auch noch in Geschwindigkeits- und Gewichtsklassen. Die Bestimmung der **Ursache** der festgestellten Verkehrsmengen zu bestimmten Zeitpunkten, welche sich letztlich in der Ganglinienform niederschlägt, ist demgegenüber ungleich schwieriger. Die Ausführungen in den folgenden Kapiteln dienen deshalb dazu, die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Transportbedürfnis, zeitlicher Ausführung der Fahrt, Belastungszustand des Strassennetzes und der resultierenden Ganglinien in Erinnerung zu rufen.

4.2.1 Transportbedürfnis (Verkehrs-Nachfrage)

Jeder Mensch hat seine individuellen Transportbedürfnisse, welche sich durch seine Tätigkeiten und durch die Erfüllung seiner Wünsche ergeben. In der Lehre [11, 12] werden die menschlichen Grundaktivitäten aufgrund deren räumlichen Trennung in vier Gruppen aufgeteilt: Wohnen, Arbeiten, Erholen, Konsumieren. Transportbedürfnisse treten sowohl zwischen den einzelnen „Aktivitätszentren", als auch innerhalb derselben auf. Die Art und Weise, ob und wie diese Bedürfnisse befriedigt werden, hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Die Beurteilung und Gewichtung dieser Faktoren durch das Individuum, insbesondere auch die Wahl des Verkehrsmittels, führt schliesslich zum Entscheid, wann und wie welche Fahrt unternommen wird.
Die erwähnten Einflussfaktoren sind äusserst vielschichtig. Sie umfassen die Gegebenheiten in den Aktivitätszentren selbst (z.B. Arbeits-, Öffnungs-, Besuchszeiten, Wetter), die zur Verfügung stehende Infrastruktur für die auszuführende Fahrt (Verkehrsangebot, Betriebsqualität) aber auch Aspekte im persönlichen Umfeld des Individuums wie z.B. Verfügbarkeit eines PW, Umweltempfinden, Wohlbefinden, Zweck der Fahrt, Witterungsbedingungen etc..
In der folgenden Abbildung 4 sind die Einflussfaktoren, welche letztendlich zum Entscheid über die Ausführung einer Fahrt führen, in groben Zügen dargestellt.

Abbildung 4: Einflussfaktoren zum Entscheid über eine Fahrtausführung

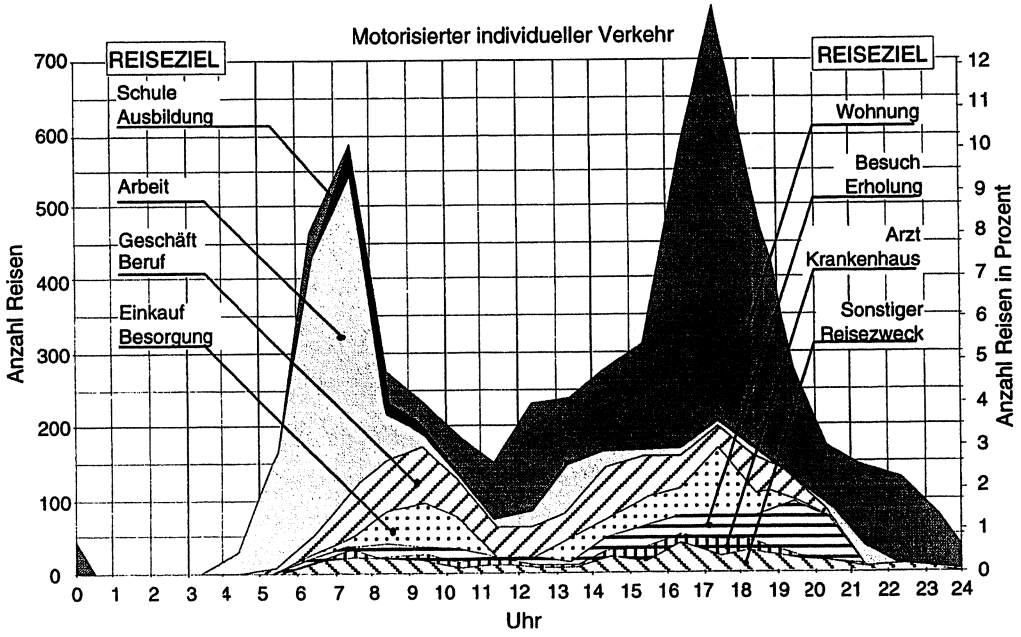


Die Einflussfaktoren, welche sich durch das **individuelle Umfeld** ergeben, können zwar entscheidend sein für die Ausführung der Fahrt selbst, für die Routen- und Verkehrsmittelwahl und bei der Wahl der Tageszeit, die entsprechenden Prozesse der Entscheidungsfindung sind aber weder fassbar, noch folgen sie allgemeingültigen Gesetzmässigkeiten. Aus diesen Gründen wird in den nachfolgenden Ausführungen nicht mehr weiter auf die individuellen Einflussfaktoren eingegangen. Deren Bedeutung muss aber gleichwohl im Auge behalten werden. Im weiteren wird unterstellt, dass die Verkehrsmittelwahl zugunsten des motorisierten Individualverkehrs erfolgt.

4.2.2 Fahrtzwecke

Mit der Umsetzung eines Transportbedürfnisses in eine Fahrt zwischen oder innerhalb der Aktivitätszentren ergibt sich automatisch auch der Zweck der Fahrt. Gemäss [11] lässt sich der Verkehr in die folgenden Fahrtzwecke gliedern: **Pendlerverkehr, Einkaufs- und Besucherverkehr, Nutzverkehr, Touristik- und Freizeitverkehr sowie Wirtschaftsverkehr (E+N).** Mit dieser Einteilung der Fahrtzwecke wird auch ein grober zeitlicher Bezug der Fahrtausübung hergestellt.
Für die einzelnen Fahrtzwecke gelten **generelle zeitliche** Gesetzmässigkeiten. So sind beispielsweise Pendlerfahrten als regelmässige Verschiebungen zwischen Wohn- und Arbeits-, resp. Bildungsort definiert. Deren zeitliches Auftreten wird bestimmt durch die festgelegte werk- oder sonntägliche Arbeitszeit (Stundenplan), Erfassungsort (räumlicher Bezug), Strassentyp und -funktion, Ferienzeit und Feiertage etc.. Als Regelfall kann die Normalarbeitszeit (0800 - 17.00 Uhr) zugrundegelegt werden. Dieser besitzt zwar eine dominierende Häufigkeit, die grundsätzliche Übertragung auf den konkreten Einzelquerschnitt ist allerdings mit Unsicherheiten behaftet.
Für die anderen Fahrtzwecke lassen sich ebenfalls generellen Gesetzmässigkeiten formulieren.
Die beobachteten Verkehrsmengen in einem bestimmten Querschnitt können somit (theoretisch) unterteilt werden in Teilverkehrsmengen der einzelnen Fahrtzweckgruppen (s. Abbildung 5).

Abbildung 5: Verkehrsmengen im Querschnitt nach Fahrtzweckgruppen
Quelle: Kessel (1972) aus [15]



Je nach Tagesstunde, Wochentag und Monat verändert sich das Verhältnis der Fahrtzwecke untereinander. Die resultierenden Ganglinien stellen deshalb immer eine Summe oder Überlagerung der Ganglinien der einzelnen Fahrtzweckgruppen dar. Die permanenten Zählstellen liefern als Resultat nur diese Überlagerung der fahrtzweckspezifischen Ganglinien.
Es kann gefolgert werden, dass einerseits die Befriedigung der vielfältigen Transportbedürfnisse (Verkehrsnachfrage) durch die Einführung von vier Fahrtzweckgruppen zwar stark vereinfacht aber dennoch realitätsnah dargestellt werden kann und anderseits mit vollständiger Kenntnis des Einflussfaktors Fahrtzweck die Ganglinien ziemlich exakt bestimmt werden könnten. Letzteres stösst allerdings im konkreten Anwendungsfall auf gewisse Schwierigkeiten. Generelle Gesetzmässigkeiten (gesamtschweizerische Auswertung) würden sich aufgrund der Mikrozensus-Daten 1994 bestimmen lassen. Zur Zeit gibt es diesbezüglich noch keine Auswertungen. Gleichwohl lassen sich die fahrtzweckspezifischen Ganglinien in einem spezifischen Querschnitt kaum mit vernünftigem Aufwand bestimmen (umfangreiche Verkehrsbefragung). Die Zusammensetzung der Fahrtzwecke und deren zeitliche Variation müsste somit auf anderen Wegen bestimmt werden können.
Bei Erschliessungs- und allenfalls bei Sammelstrassen mit begrenztem Einzugsgebiet könnten beispielsweise vorhandene Strukturdaten (Einwohner, Arbeitsplätze, Parkfelder) Aufschluss über die Fahrtzweckzusammensetzung geben. Bei Hauptverkehrs- und Durchgangsstrassen mit grösserem Einzugsgebiet und vielschichtiger Überlagerung von klein- und grossräumigen Verkehr stösst aber auch dieser Ansatz auf grosse Schwierigkeiten.

4.2.3 Angebotswiderstände

Nebst den direkt nachfragebedingten Einflussfaktoren gibt es auch auf der Angebotsseite Einflüsse, welche die Verkehrsmittelwahl, die Routenwahl, den Zeitpunkt der Fahrt oder gar die Entscheidung zur Durchführung einer Fahrt selbst beeinflussen. Unter der erneuten Annahme, dass die Verkehrsmittelwahl zugunsten des Individualverkehrs erfolgt, sind die Widerstände im Strassennetz ein bedeutsamer Einflussfaktor für die Routenwahl und auch für die zeitliche Ausführung der Fahrt. Überlastete Strassen werden bei Vorhandensein von geeigneten Alternativen nach Möglichkeit gemieden. Der Zeitfaktor ist dabei meist entscheidend [13, 14]. Bei genügender Flexibilität in der Wahl des Zeitpunkts der Fahrtausführung wird den meist auf die Spitzenzeiten begrenzten Überlastungen zeitlich ausgewichen.
Die Überlastungszustände und das zeitliche Ausweichen schlagen sich direkt in der Form der (Tages-)Ganglinien nieder. Die prozentualen Anteile der Verkehrsspitzen werden kleiner und dehnen sich auf die benachbarten Stundenintervalle aus. Es ist zu erwarten, dass bei zeitweise überlasteten Strassenabschnitten auch Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Fahrtzweck-

gruppen resultieren. Entsprechende Untersuchungen, welche diese Hypothese belegen, gibt es allerdings nicht.
Insbesondere auf dem verkehrsorientierten Strassennetz treten länger dauernde Überlastungszustände immer häufiger auf. Der ursprüngliche Ausnahmefall wird immer öfter zum Regelfall. Die detaillierten Auswirkungen dieser Erscheinung auf die Ganglinien sind aber nur in Einzelfällen untersucht worden. Grössere Untersuchungen, welche diese Erkenntnisse stützen, wurden bisher nicht durchgeführt.

4.2.4 Richtungsganglinien

Die Verkehrsdaten von permanenten Zählstellen werden meist je Richtung, z.T. sogar fahrstreifenspezifisch erhoben. Damit besteht die Möglichkeit, auch die Ganglinien richtungs- oder fahrstreifenspezifisch darzustellen. Dabei stellt sich die Frage, welcher Informationszuwachs dadurch entstehen könnte. Richtungsspezifische Tagesganglinien können Aufschluss geben über die Netzfunktion des Strassenabschnitts, den Anteil des Pendlerverkehrs und die ungefähre Lage von dessen Quelle und Ziel. Insbesondere für die Bestimmung des massgebenden Spitzenstundenverkehrs zum Zwecke der Dimensionierung der verkehrlichen Infrastruktur sind die richtungsspezifischen Verkehrsmengen von Bedeutung.
Es muss aber beachtet werden, dass Ganglinien immer auch ein Abbild der verkehrlichen Eigenschaften des betreffenden Strassenabschnitts darstellen. Durch die isolierte Betrachtung von Richtungsganglinien und deren Weiterverwendung geht ein Teil dieser Eigenschaften verloren.
Es kann davon ausgegangen werden, dass ein überwiegender Anteil der ausgeführten Fahrten aus mindestens einer Hin- und einer Rückfahrt bestehen. Im allgemeinen führt die Hin- und Rückfahrt auch über dieselbe Route resp. denselben Querschnitt, sodass im Tagesverkehr Symmetrie der Richtungsbelastungen herrscht. Ausnahmen bilden städtische Netze, klein- und grossräumige Anordnungen von Einrichtungsverkehr oder nachfrage- resp. angebotsspezifische Eigenheiten mit Auswirkungen auf die Routenwahl. Dieselbe Symmetriewirkung in den Richtungsbelastungen liess sich in Deutschland auch für die Wochenganglinien nachweisen [15].
Richtungsbezogene Betrachtungen haben ihre Berechtigung insbesondere bei Netzbetrachtungen, bei Untersuchungen von Knoten und deren Belastungen und sie können auch Aufschluss geben über die Grösse des Pendleranteils. Der Einbezug und die Weiterverwendung von Richtungsbelastungen und Richtungsganglinien würde zwar zu einer wesentlichen Vergrösserung (Verdopplung) der Datenmenge für die Ganglinienanalyse führen, zur Beibehaltung der zählstellenspezifischen Eigenschaften empfiehlt es sich aber, die Ganglinienbetrachtung mit dem Gesamtquerschnitt durchzuführen.

5 Merkmale zur Bestimmung von zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Verkehrs

In Anlehnung an die im Kapitel 4.2 dargestellten generellen Einflussfaktoren stellt sich nun die Frage, welche konkreten Merkmale einer Zählstelle sich mit welchem Aufwand bestimmen lassen und wie gross deren Bedeutung auf die Form der Ganglinien sind. Wissenswert ist dabei auch die Grösse des Ermessensspielraums bei der Bestimmung der entsprechenden Merkmale. Die folgenden Ausführung stützen sich einerseits auf die bisherigen Kenntnisse über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten ohne Berücksichtigung allfälliger zwischenzeitlicher Veränderungen und andererseits auf die praktische Erfahrung. Die Beurteilung der Merkmale hinsichtlich der einzelnen Aspekte ist schwer fassbar, in hohem Masse vom konkreten Anwendungsfall abhängig und kann deshalb lediglich qualitativ erfolgen („klein", „mittel", „gross").

5.1 Räumliche Lage der Zählstelle

5.1.1 Lage der Zählstelle bezogen auf Landesteile

Beim Wochenendverkehr wurden Unterschiede in der zeitlichen Verkehrsverteilung zwischen den einzelnen Landesteilen festgestellt. Zu diesem Zweck wurde beim Gesamtverkehr je eine Sonntagsganglinie in [8] für die Deutschschweiz, die Westschweiz und das Tessin bestimmt. Die einzelnen Stundenwerte dieser drei Ganglinien differieren jedoch nicht mehr als max. 1 - 1.5% (Prozentwerte des Tagesverkehrs). Die wetterbedingten Einflüsse des Sonntagsverkehrs liegen etwa in derselben Grössenordnung, wenn man von eigentlichen „Ausflugsstrassen" absieht. Massgebliche Unterschiede in den Werktags- resp. der Samstagsganglinien bestehen hingegen nicht.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**klein**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein**

5.1.2 Geografische Lage der Zählstelle

In Bezug auf die geografische Lage einer Zählstelle wurden in den bisherigen Forschungsarbeiten zahlreiche Spezialfälle erkannt. Zu erwähnen sind inbesondere Strassen im grenznahen Gebiet, wo der Einfluss des Grenzgängerverkehrs und auch des Ferien-/Freizeitverkehrs einen massgeblichen Einfluss ausüben. Bei diesen Strassen liessen sich bisher keine einheitlichen Gesetzmäs-

sigkeiten erkennen. Auch Strassen entlang bedeutender Transitkorridore (z.B. Gotthard, San Bernardino) sind als Spezialfälle erkannt, welche sich v.a. in Bezug auf die Schwerverkehrsganglinien vom übrigen Strassennetz unterscheiden.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**klein/fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein**

5.2 Strassentyp

Die Einteilung des Schweizerischen Strassennetzes in Strassentypen basiert auf der SN 640 040b [9]. In [16] wurde vergeblich versucht, mit Hilfe statistischer Methoden für verschiede Strassentypen die Anteile der einzelnen Fahrzeugkategorien zu schätzen. Entsprechende Diskriminanzfunktionen konnten nicht gefunden werden.
Ein ähnlicher Versuch wurde in Deutschland durchgeführt, in welchem ebenfalls mit Hilfe statistischer Methoden versucht wurde, Ganglinien aufgrund des Strassentyps zu typisieren [17]. Dabei zeigte es sich ebenfalls, dass sich das Merkmal Strassentyp für die Ganglinientypisierung nicht eignet, resp. aufgrund das Strassentyps nicht ohne weiteres auf die Ganglinienform geschlossen werden kann.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**klein**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein**

5.3 Lage der Zählstelle bezogen auf Siedlungsschwerpunkte

Zur Bestimmung dieses Merkmals ist es notwendig, eine grossräumigere Betrachtung des Siedlungsgebiets und des Strassennetzes durchzuführen. Strassenabschnitte im Nahbereich von Ballungszentren weisen eher ausgeprägte Morgen- und Abendspitzen aus (Einfluss des Pendleverkehrs). Mit zunehmender Distanz von den Siedlungsschwerpunkten flachen die Ausprägungen der Spitzenstunden etwas ab.
Die Distanzabhängigkeit vom Siedlungsschwerpunkt lässt sich häufig auch bei den Richtungsganglinien erkennen. Deren Spitzenstundenausprägungen

verschieben sich zeitlich mit zunehmender Distanz in Richtung des Fahrtanfangs resp. -endes (abhängig von den Pendlerflutrichtungen).
Bei Strassen inmitten von Siedlungsschwerpunkten sind in der Regel kaum mehr Ausprägungen aufgrund des Pendlerverkehrs zu erkennen. Dies ist auch auf die Bedeutung der übrigen Fahrtzwecke zurückzuführen (v.a. Einkaufs-/Nutzverkehr).
Vereinzelte Untersuchungen zeigen überdies, dass markante Mittagsspitzen im Zentrumsbereich mit zunehmender Distanz vom Zentrum weniger ausgeprägt sind (s. Beispiel Zentrum Aarau in [2]).

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**mittel**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.4 Netzspezifische Bedeutung des Strassenabschnitts

5.4.1 Verkehrsplanerische Funktion der Strasse

In den meisten Fällen lässt sich einem Strassenabschnitt eine verkehrsplanerische Funktion (Erschliessen, Sammeln, Verbinden oder Durchleiten) zuweisen. Um einen Hinweis auf die zeitliche Verkehrsverteilung zu erhalten, muss jede Funktion hinterfragt werden: Was wird erschlossen? Welche Verkehrsströme (Herkunft) werden gesammelt? Was wird verbunden? Welcher Verkehr wird durchgeleitet?
Mit der Beantwortung dieser Fragen erhält man Angaben zur Herkunft des Verkehrs auf dem Strassenabschnitt und damit auch zu den zu erwartenden Fahrtzwecken. Der Einfluss der verkehrsplanerischen Funktion auf die Ganglinien ist entsprechend gross. Ebenso gross ist allerdings der Ermessensspielraum, insbesondere, wenn die Ursache resp. Herkunft des Verkehrs bestimmt werden sollte.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross/fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.4.2 Parallelangebote, Alternativrouten

Das Vorhandensein eines Parallelangebots oder einer Alternativroute kann je nach Situation eine massgebende Bedeutung auf die Ganglinienform haben. Dabei ist zu beurteilen, wie die Funktionsteilung zwischen der Alternativroute und der untersuchten Strasse aussieht.

Schwierig wird die Situation insbesondere dann, wenn sich die Bedeutung des Parallelangebots in Abhängigkeit der Netzbelastung ändert (zeitliches Ausweichen bei Überlastungen, s. auch folgendes Kapitel). Der konkrete Einfluss auf die Ganglinienform lässt sich dann nur mit grossen Unsicherheiten abschätzen.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross/fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**fallspezifisch**

5.4.3 Auslastung des Strassennetzes

Die zunehmende Überlastung des Strassennetzes ist eine weitverbreitete Erscheinung, welche sich zukünftig weiter verschärfen wird. Die wachsende Bedeutung der angebotsorientierten Planung und der gezielten Einflussnahme auf den Verkehrsablauf (Verkehrsmanagement) wird nicht ohne Wirkung auf das Verkehrsverhalten bleiben. Auszuführende Fahrten werden zunehmend geplant. Von den Möglichkeiten zur räumlichen und zeitlichen Verschiebung der Fahrtausübung wird verstärkt Gebrauch gemacht.
Dass diese Situation Auswirkungen auf die Ganglinien zeitigt, ist offensichtlich; wie diese allerdings im konkreten Fall aussehen, lässt sich nicht in allgemeiner Form beschreiben. In der Regel wird erst dann zeitlich ausgewichen, wenn die Möglichkeiten des räumlichen Ausweichens (s. vorheriges Kapitel) ausgeschöpft sind. Beobachtungen zeigen, dass das zeitliche Verschieben von Fahrten generell zu einer flacheren Tagesganglinie führt. In Fällen, wo weder räumlich noch zeitlich ausgewichen werden kann (insbesondere während Spitzenzeiten), kann eine Ausdehnung der Spitzenstundenbelastung festgestellt werden. In diesen Fällen ist die Ausprägung der Spitzenstunde in der Tagesganglinie nicht mehr markant.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.5 Räumliche Bedeutung bezogen auf Siedlung

Nebst den netzspezifischen Merkmalen ist die räumliche Bedeutung der Strasse resp. des Strassenquerschnitts bezogen auf die Siedlung ein massgebender Einflussfaktor für die zeitliche Verkehrsverteilung. Da jede Fahrt im Sied-

lungsgebiet beginnt oder endet (Ausnahmen beim Freizeitverkehr), gibt dieses Merkmal am gezieltesten Aufschluss über die mutmassliche Fahrtzweckzusammensetzung im betrachteten Querschnitt.
Die folgenden Merkmale (Kapitel 5.5.1 - 5.5.6) geben Aufschluss über die detaillierte Betrachtungsweise, welche schliesslich eine Abschätzung der Fahrtzweckzusammensetzung erlaubt.

5.5.1 Netzfunktion bezogen auf die Siedlung

Die Bestimmung dieses Merkmals stellt eine vertiefte Betrachtungsweise der reinen verkehrsplanerischen Funktion dar (s. Kapitel 5.4.1). Anhand der Nutzungsplanung kann der Funktion des untersuchten Strassenabschnitts ein räumlicher Bezug zugewiesen werden. So sind zu den verkehrsplanerischen Funktionen wie bspw. „Erschliessen" und „Sammeln" folgende Fragen zu beantworten: Welche Gebiete werden konkret erschlossen? Welche Verkehrsströme aus welchen Gebieten werden gesammelt? etc.. Die Behandlungstiefe dieser Fragen hängt ab vom Genauigkeitsanspruch und des zur Verfügung stehenden Budgets und reicht von einer Grobbeurteilung mit Hilfe z.B. des Zonenplans bis zur detaillierten Berechnung des Verkehrsaufkommens von Gebieten und Betrieben.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross/fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**mittel**

5.5.2 Kleinräumige, grossräumige Bedeutung

Die in [4] vorgenommene Typisierung der Gesamtverkehrsganglinien lässt eine grobe Unterteilung zwischen Typen mit eher gross- (Fern- und Freizeitverkehr) oder eher kleinräumigem Verkehr (Pendler-, Orts- und Regionalverkehr) aufgrund der Ganglinienform zu. Die Typisierung der Schwerverkehrsganglinien unterscheidet bei den Werktagsganglinien explizit zwischen gross- und kleinräumigem Schwerverkehr. Eine Definition und damit eine Quantifizierbarkeit von Gross- und Kleinräumigkeit ist schwierig vorzunehmen. Im Sinne eines Richtwertes liegt die Grenze wohl irgendwo im Bereich von 20 km Fahrtlänge.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross/fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.5.3 Wohngebiete/Einwohnerzahlen

Der Einfluss von Wohngebieten und deren Einwohnerzahlen auf die Ganglinienform in einem Strassenquerschnitt ist direkt abhängig von der Funktion der Strasse und dem mengenmässigen Anteil des entsprechenden Verkehrsaufkommens am Gesamtverkehr im Querschnitt. Der Absolutwert lässt sich mit einer überschlägigen Berechnung (Basis: Parkplatzzahl, Spezifisches Verkehrspotential, Einwohnerzahlen, Zonenplan etc.) bestimmen. Die zeitliche Verteilung kann anhand bestehender Ganglinien von Erschliessungsstrassen reiner Wohngebiete abgeleitet werden. Die distanzbedingte zeitliche Verzögerung (Fahrtanfang resp. -ende bis zum betrachteten Querschnitt) ist dabei zu berücksichtigen.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**mittel**

5.5.4 Arbeitsplatzgebiete, Nutzungen

Zur Bestimmung der Einflüsse von Arbeitsplatzgebieten kann ein analoges Vorgehen wie für die Wohngebiete gewählt werden. Die Bestimmung sowohl des absoluten Verkehrsaufkommens als auch der zeitlichen Verteilung stösst aber bei den Arbeitsplatzgebieten auf wesentlich grössere Schwierigkeiten. Zwischen den einzelnen Nutzungen (Dienstleistung, Industrie, Gewerbe etc.) bestehen grosse Differenzen im Verkehrsaufkommen. Dasselbe gilt auch für die zeitliche Verteilung des Verkehrs, da je nach Situation eine Überlagerung von bis zu drei Fahrtzwecken (Pendler-, Einkaufs- und Nutzverkehr) resultieren kann. Eine exakte Bestimmung des Einflusses diese Merkmals ist nicht möglich, und auch nur eine grobe Schätzung ist mit grösseren Unsicherheiten und einem erheblichen Ermessensspielraum verbunden.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**gross**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.5.5 Freizeit, Sport, Tourismus

Der Freizeit- und Tourismusverkehr weist gesamtschweizerisch unter den einzelnen Fahrtzwecken den grössten Anteil der Verkehrsleistung (ca. 50 %) auf [18]. Dessen Einfluss auf die Ganglinienform, insbesondere an den Wochenenden ist entsprechend gross. Die Witterungsabhängigkeit, die Jahreszeit, das breitgefächerte Freizeitangebot, die zunehmende Überlagerung von

Freizeit und Arbeitszeit sind nur eine Auswahl von Einflussfaktoren, welche die zeitliche Verteilung des Freizeitverkehrs in entscheidendem Masse beeinflussen. Besondere Aufmerksamkeit ist bei Freizeitanlagen geboten, welche grösseren Veranstaltungen dienen und dadurch grosse Verkehrsmengen in kurzer Zeit produzieren.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**fallspezifisch**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**fallspezifisch**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**mittel**

5.5.6 Abschätzung der Fahrtzwecküberlagerung

Aufgrund der vorangegangen Unterkapitel lässt sich, im Sinne einer Gesamtbetrachtung, die räumliche Bedeutung der untersuchten Strasse bezogen auf die Siedlung mittels einer Abschätzung der fahrtzweckspezifischen Verkehrsüberlagerungen vornehmen. Die Bedeutungen der einzelnen Einflussfaktoren und Merkmale sind einander gegenüberzustellen resp. gegeneinander abzuwägen. Welches sind die wohl dominierenden Fahrtzwecke im betrachteten Querschnitt? Welches ist deren relative Bedeutung untereinander? Sind bei der Betrachtung verschiedener Zeiträume (Tag, Woche, Jahr) unterschiedliche Verhältnisse zu erwarten?
Mit der Beantwortung dieser Fragen kann man sich behutsam an die zeitliche Verkehrsverteilung herantasten, allfällige Unsicherheiten erkennen und wonötig vertiefte Abklärungen vornehmen.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross**

5.6 Analyse der Verkehrsdaten einer Stichprobenzählung

Die zur Verfügung stehenden und hochzurechnenden Stichprobendaten haben ihrerseits einen gewissen Informationsgehalt mit Bezug zur zeitlichen Verkehrsverteilung, welcher vollumfänglich genutzt werden sollte. Die einzelnen Merkmale werden basierend auf der Annahme einer dreistündigen Verkehrszählung zwischen 16.00 und 19.00 Uhr (s. Kapitel 5.1) im folgenden kurz beleuchtet.

5.6.1 Verkehrsstärke

Aufgrund der Verkehrsstärke kann zunächst auf die verkehrliche und netzspezifische Bedeutung des untersuchten Strassenabschnitts geschlossen werden. Ein plausibilisierender Abgleich zwischen gezählten Verkehrsstärken und Lage des Strassenabschnitts im Netz/Netzfunktion sollte durchgeführt werden.
Die Verkehrsmenge selbst hat auf die Ganglinienform (relative Betrachtung) keinen bedeutenden Einfluss.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**klein**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein**

5.6.2 Fahrzeugzusammensetzung

Die Analyse der Fahrzeugzusammensetzung gibt ebenfalls Aufschluss über die verkehrliche und räumliche Bedeutung des betrachteten Strassenabschnitts. Je nach Schwerverkehrsanteil kann bspw. ein Hinweis erhalten werden, ob es sich um eher klein- oder grossräumigen (Schwer-) Verkehr handelt. Bedeutende Anteile von Nutzfahrzeugen (Lieferwagen) deuten auf intensive wirtschaftliche Aktivität im Einflussbereich der Strasse hin. Mit der Fahrzeugzusammensetzung allein lässt sich allerdings nicht auf die Ganglinienform schliessen.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**mittel**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein**

5.6.3 Ausprägung der Spitzenstunde

Werden wie im Fallbeispiel auch die der (mutmasslichen) Spitzenstunde benachbarten Stunden erhoben, kann eine Aussage über allfällige Überlastungserscheinungen gemacht werden. Sind die Verkehrsstärken während mehr als einer Stunde etwa gleich hoch, ist mit einer zumindest zeitweisen Überlastung des betrachteten Strassenabschnitts zu rechnen. Entsprechende Beobachtungen während der Zählung und auch eine Netzbetrachtung (mögliche Alternativrouten) sind in diese Beurteilung miteinzubeziehen. Zeitlich ausgedehnte Spitzenstunden führen zu tieferen prozentualen Anteilen einzelner Stunden am Tagesverkehr (vgl. dazu auch [14]).

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**mittel**

Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein/fallspezifisch**

5.6.4 Verkehrsqualitätsstufe

Mit der Bestimmung der Verkehrsqualitätsstufe (vgl. Highway Capacity Manual) für den betrachteten Zeitraum lassen sich ebenfalls Überlastungserscheinungen auf der betrachteten Strasse und im umliegenden Netz ansatzweise erkennen. Der entsprechende Einfluss auf die Ganglinien ist analog dem vorherigen Merkmal.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**mittel**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**klein**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**klein/fallspezifisch**

5.6.5 Spezielle Ereignisse, Anlässe

Die häufigste Unterlassung und Quelle von Interpretationsfehlern bei Zähldaten ist die Vernachlässigung oder das Ausserachtlassen von speziellen Ereignissen während der Zähldauer. Beispiele umfassen temporäre Umleitungen, Baustellen, Fest- oder Sportveranstaltungen, Unfälle, lokale Feiertage etc.. Deren Einfluss auf die zeitliche Verkehrsverteilung kann erheblich sein. Werden entsprechende Anomalitäten in den Ganglinien erst im nachhinein festgestellt, ist deren Ursache nur schwer und mit grossem Aufwand (wenn überhaupt) ermittelbar. Selbst wenn spezielle Ereignisse im voraus bekannt sind, ist deren Einflussbereich schwierig zu bestimmen.

Einfluss des Merkmals auf die Ganglinien:	**gross**
Aufwand zur Bestimmung des Merkmals:	**mittel**
Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals :	**gross/fallspezifisch**

5.7 Zusammenstellung der Merkmale und Beurteilung

Tabelle 1: Zusammenstellung der Merkmale

Merkmale einer Zählstelle	Einfluss auf Ganglinien (i.d.R.)	Aufwand bezogen auf Nutzen (i.d.R.)	Ermessensspielraum (i.d.R.)
A. Räumliche Lage (Landesteile)	klein	klein	klein
B. Geografische Lage (Transitkorridore)	klein (fallspezifisch)	klein	klein
C. Strassentyp	klein	klein	klein
D. Einflüsse und Lage bez. auf Siedlungsschwerpunkte	mittel	mittel	gross
E. Netzspezifische Bedeutung			
E1 Verkehrsplanerische Funktion der Strasse	gross (fallspezifisch)	mittel	gross
E2 Parallelangebot, Alternativrouten, Baustellen, Umleitungen	gross (fallspezifisch)	mittel	fallspezifisch
E3 Auslastung des Strassennetzes	gross	mittel	gross
F. Räumliche Bedeutung bezogen auf Siedlung			
F1 Netzfunktion bez. auf Siedlung	gross (fallspezifisch)	mittel	mittel
F2 kleinräumig / grossräumig	gross (fallspezifisch)	mittel	gross
F3 Wohngebiete/EW-Zahlen	fallspezifisch	mittel	mittel
F4 AP-Gebiete, AP-Zahlen, Nutzungen	fallspezifisch	gross	gross
F5 Freizeit, Sport, Tourismus	fallspezifisch	fallspezifisch	mittel
F6 Abschätzung der Bedeutung der Fahrtzwecke	gross	mittel	gross
G. Analyse der Stichprobendaten			
G1 Verkehrsstärke	klein	klein	klein
G2 Fahrzeugzusammensetzung	mittel	klein	klein
G3 Ausprägung Spitzenstunde	mittel	klein	klein (fallspezifisch)
G4 Verkehrsqualitätsstufe	mittel	klein	klein (fallspezifisch)
G5 Ereignisse / Anlässe, Ferien/Feiertage, Unfälle	gross	mittel	gross (fallspezifisch)

Die Gesamtbetrachtung in Tabelle 1 zeigt, dass bei praktisch allen Merkmalen mit grossem Einfluss auf die Ganglinien entweder der Aufwand zur oder der Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Merkmals ebenfalls gross ist. Es muss deshalb festgestellt werden, dass die selbständige Erarbeitung von Ganglinien aufgrund der fehlenden Kenntnis von allgemeingültigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Merkmalen und den Ganglinien auf gewisse Schwierigkeiten stösst. Diese umfassen den mit der Ganglinienerarbeitung verbundenen Aufwand und den dabei auftretenden Ermessensspielraum, mit welchem sich der Anwender konfrontiert sieht.
Den Einflüssen aufgrund spezieller Ereignisse und Anlässe (Kapitel 5.6.5) ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Deren Berücksichtigung ist nicht nur bei Stichprobenerhebungen, sondern auch bei der Plausibilitätsprüfung und der Interpretation von Verkehrsdaten aus permanenten Zählstellen von grosser Bedeutung.

6 Möglichkeiten zur Erarbeitung von Ganglinien

6.1 Handlungsbedarf und Auslegeordnung

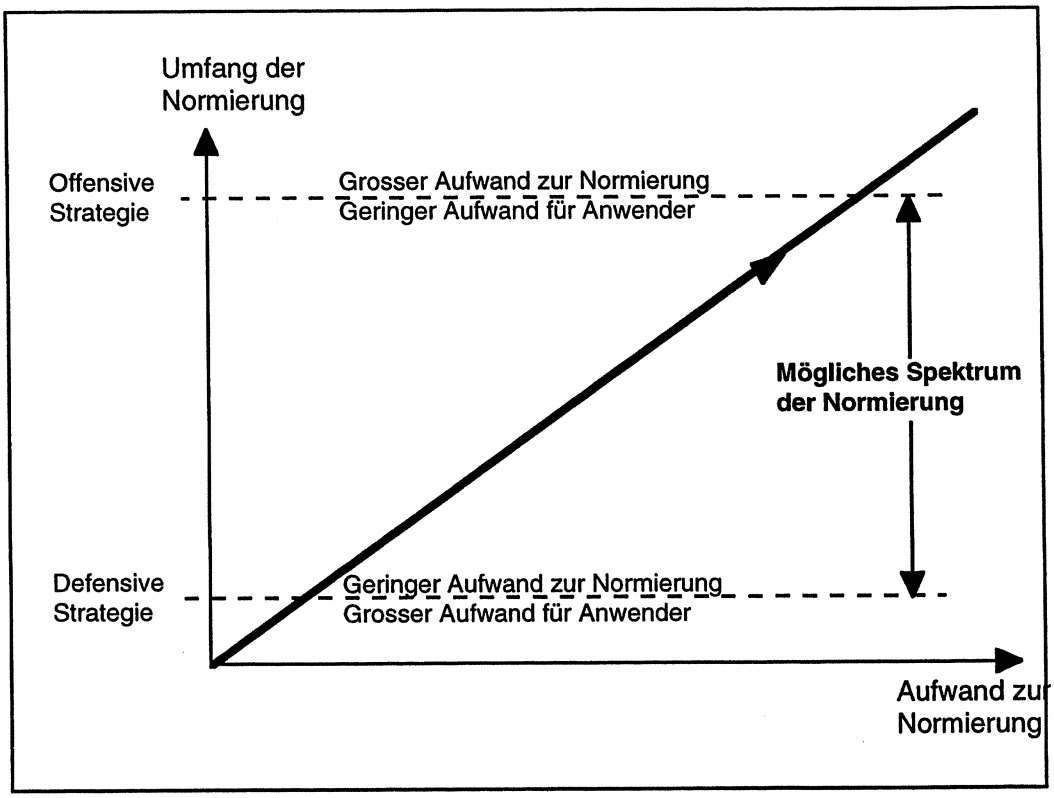
Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass aufgrund fehlender Kenntnisse der unmittelbaren ursächlichen Zusammenhänge über die Ganglinien bei einem Normverzicht ein Wissensverlust entsteht, welche die Behandlung von entsprechenden Fragestellungen wesentlich erschwert und grosse Ermessensspielräume schafft. Ein Handlungsbedarf für den Umgang mit dieser Situation ist in jedem Fall gegeben. Die entsprechenden Anforderungen wurden im Kapitel 4.1 eingehend dargestellt. Im Kapitel 5 wurde gezeigt, welche Merkmale einer Zählstelle sich bestimmen lassen und wie gross deren Einfluss auf die zeitliche Verkehrsverteilung ist. Unter Berücksichtigung der Anforderungen einerseits und den bestimmbaren Merkmalen einer Zählstelle andererseits sind verschiedene konkrete Möglichkeiten denkbar, wie zukünftig Ganglinien bestimmt werden können.

Die grundlegende Bedeutung der Ganglinien für Fragestellungen im Bereich der Verkehrsplanung und die vorliegende Aufgabenstellung legen nahe, dass die Anleitung zur Erarbeitung von Ganglinien nach Möglichkeit in Form einer Norm festgelegt werden sollte. Dabei kann grundsätzlich unterschieden werden zwischen einer defensiven oder einer offensiven Strategie.

Die defensive Strategie beinhaltet einen minimal vertretbarer Aufwand auf der Seite der Normierung und einen entsprechend grösserer Aufwand zur Ganglinienerarbeitung durch die Anwender. Diese defensive Strategie deckt sich mit der Fragestellung des vorliegenden Forschungsauftrags, alternative Möglichkeiten zu finden zur ansonsten aufwendigen Nachführung von typisierten Normganglinien.

Demgegenüber beinhaltet eine offensive Strategie eine weitgehende Analyse und Aufbereitung von Rohdaten, deren Auswertung und Interpretation sowie eine konzentrierte Bündelung der Erkenntnisse zur praktischen Anwendung in Form einer benutzerfreundlichen Norm. Die entsprechende, umfassende Norm ist dabei derart ausgearbeitet, dass sie auch von Laien auf dem Gebiet der Verkehrsplanung angewendet werden kann.

Abbildung 6: Mögliches Spektrum der Normierung



Schliesslich wäre es auch denkbar, sich in Abweichung zur vorliegenden Fragestellung ganz von einer Norm über Ganglinien zu lösen und sich auf die häufigste Fragestellung (Hochrechnung einer Stichprobenzählung) zu beschränken. Das Spektrum der Möglichkeiten lässt sich somit wie folgt beschreiben:

1. **Beschränkung der Normierung auf häufigste Fragestellung mit Bezug zu Ganglinien (Normiertes Hochrechnungsverfahren)**

2. **Defensive Strategie (Normentwurf „Selbständige Erarbeitung von Ganglinien"): Geringer (minimaler) Aufwand auf Seite der Normierung, grosser Aufwand auf Seite der Anwender.**
   Dies entspricht der Fragestellung des vorliegenden Forschungsauftrags

3. **Offensive Strategie („Umfassende Normierung"): Grosser Aufwand auf Seite der Normierung, geringer Aufwand auf Seite der Anwender**
   Diese Möglichkeit entspricht in ihrer Aussagekraft mindestens der heutigen Gangliniennorm; inhaltlich geht sie eher noch darüber hinaus und stellt deshalb eine Art Wunschvorstellung dar in Bezug auf einen umfassenden Anwendungsbereich.

Die beiden Extremfälle der **Ganglinien**normierung (2. und 3.) stecken den Rahmen ab, in welchem ein breites Spektrum von Zwischenlösungen denkbar ist.

6.2 Normiertes Hochrechnungsverfahren

In Abweichung zur Normierung von Ganglinien resp. der Erarbeitung von Ganglinien wäre auch ein beschränkter Normumfang denkbar, welcher sich nur auf die häufigste Fragestellung bei Ganglinienanwendungen bezieht; die Hochrechnung einer Stichprobenzählung. Resultat wäre ein normiertes Hochrechnungsverfahren.
Unter Berücksichtigung entsprechender Erfahrungen in Deutschland mit normierten Hochrechnungsverfahren ist dabei Folgendes zu bedenken:

- Der Aufwand und die Vorgehensmethodik zur Erarbeitung eines normierten Hochrechnungsverfahrens weichen kaum ab von derjenigen einer umfassenden Ganglinien-Norm.
- Die ebenfalls notwendige Typisierung von Ganglinien würde gezielt in Abhängigkeit von den Stichprobendaten erfolgen. Die entsprechenden Normen SN 641 211/213/215 (Verkehrserhebungen) müssten überarbeitet werden.
- Mit der Beschränkung auf nur eine Fragestellung besteht die Gefahr, dass den ursächlichen Zusammenhängen der Ganglinien zuwenig Bedeutung beigemessen wird und das vorhandene Wissen verloren geht.

Die alleinige Ganglinienuntersuchung zum Zwecke eines normierten Hochrechnungsverfahren trägt dem ursächlichen Zusammenhang zwischen individuellem Verkehrsverhalten und der resultierenden Ganglinie zu wenig Rechnung. Die Kenntnisse über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr werden für die Problemlösungen der Zukunft (Instrumente der Verkehrslenkung und Verkehrsmanagement aufgrund zunehmender Überlastung der Strassen) von grosser Bedeutung sein. Ein normiertes Hochrechnungsverfahren wäre zwar durchaus sinnvoll, es sollte aber als Nebenprodukt aus einer umfassenden Betrachtung der zeitlichen Gesetzmässigkeiten hervorgehen. Diese Möglichkeit wird deshalb im Rahmen dieses Berichts nicht mehr weiterverfolgt.

6.3 Normentwurf: Erarbeitung von Ganglinien (vgl. Anhang B)

6.3.1 Voraussetzungen

Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein:

- Es müssen sogenannte **Referenzzählstellen** vorhanden sein. Diese umfassen alle automatischen Zählstellen (Bund, Kantone, Gemeinden (soweit vorhanden)), bei welchen die erhobenen Verkehrsdaten vollständig, plausibilisiert und für jedermann verfügbar (abrufbar) sind.
- Zählstellen mit unvollständigen oder unplausiblen Datensätzen müssen als solche erkennbar und für die Anwender unzugänglich gemacht werden.
- Weitere Informationen zu den Referenzzählstellen, mindestens deren genaue Lage mit Hilfe eines Situationsplans, sollten ebenfalls verfügbar sein.

6.3.2 Gesetzmässigkeiten zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz

Die Gesetzmässigkeiten zwischen Stichprobe und vollständigem Datensatz können mit den im Kapitel 5 dargestellten Merkmalen beschrieben werden. Als Hilfe dienen die Checklisten des Normentwurfs (Punkt D) im Anhang B. Die Beantwortung aller aufgeführten Punkte führt zu einem eigentlichen Zählstellenspiegel, der über die räumlichen und funktionalen Eigenschaften der Stichprobenzählstelle, aber auch über entsprechende Unsicherheiten und zu beachtende Spezialfälle Auskunft gibt.

6.3.3 Auswahl von Datensätzen (Referenzzählstellen) mit vergleichbaren Eigenschaften

Während bei der Stichprobenzählstelle meist umfangreiche Informationen vorhanden sind, welche die Merkmals-Bestimmung gemäss dem Zählstellenspiegel ermöglichen, ist das Ausfüllen der entsprechenden Checkliste für die Referenzzählstellen ungleich schwieriger. Werden von der Datenverwaltungsstelle nicht entsprechende Angaben zur Verfügung gestellt, ist dieser Arbeitsschritt entweder mit grossem Aufwand verbunden, oder das Ausfüllen der Checkliste kann nur durch eine Grobbeurteilung der einzelnen Punkte erfolgen. Dies allerdings kann nur von erfahrenen Fachleuten auf dem Gebiet der Verkehrsplanung mit Erfolg durchgeführt werden.
Um eine Referenzzählstelle auswählen zu können, ist eine möglichst grosse Übereinstimmung der beiden Zählstellenspiegel erforderlich. Falls dies nicht möglich ist, sollte zumindest bei denjenigen Merkmalen Übereinstimmung vor-

handen sein, welche eine grosse Bedeutung auf die zeitliche Verkehrsverteilung aufweisen (in der Checkliste speziell gekennzeichnet).

6.3.4 Kontrolle der Datensatzauswahl

Eine Kontrolle der Datensatzauswahl im Sinne einer Fehlerbetrachtung wäre nur möglich, wenn entsprechende Auswertungen für die Referenzzählstellen vorhanden wären. Da eine entsprechende Auswertung durch den Anwender aus Aufwandgründen nicht realistisch ist, sollte die Fehlerminimierung durch Auswahl mehrerer Referenzzählstellen (mindestens drei) und anschliessender Mittelbildung erfolgen.

6.3.5 Beurteilung

Vorteile:

- Der Aufwand für die Datenverwaltungsstelle beschränkt sich auf die Auswertung und Plausibilisierung, die kontinuierliche Aufdatierung und die Freigabe der Datensätze für die Öffentlichkeit.
- Die Normierung beschränkt sich inhaltlich auf das eigentliche Vorgehen zur selbständigen Ganglinienerarbeitung. Da in der Norm keine numerischen Auswertungen vorhanden sind, ist deren Nachführung für längere Zeit voraussichtlich nicht notwendig.

Nachteile:

- Der Aufwand für die Anwendung der Norm, insbesondere für einfache Fragestellungen, steigt markant. Es stellt sich die Frage, ob der vorgeschlagene Normentwurf auch wirklich angewendet würde.
- Aufgrund der grossen Ermessensspielräume bei der Merkmalsbestimmung sollte die Normanwendung nur durch Fachleute auf dem Gebiet des Verkehrswesens erfolgen. Selbst dadurch besteht aber keine Gewähr, dass bei der konkreten Anwendung keine Fehler gemacht werden.
- Als Norm erlangt das vorgeschlagene Vorgehen zwar Breitenwirkung, die konkrete Anwendung richtet sich aber aus inhaltlichen Gründen gezielt an eine spezifische Berufsgruppe, was die angestrebte Breitenwirkung wesentlich relativiert.
- Verschiedene Fachleute kommen zu unterschiedlichen Resultaten (Vergleichbarkeit).

Der dargestellte Normentwurf im Anhang B ist im Sinne der Normierung als Minimallösung zu betrachten. Die im Kapitel 4.1 gestellten Anforderungen werden in weiten Teilen nicht erfüllt. Mit erheblichem Aufwand und unter

Inkaufnahme grosser Ermessensspielräume und entsprechender Unsicherheiten lassen sich Ganglinien selbst erarbeiten.
Aufgrund der erwähnten Nachteile ist es fraglich, ob diese Norm im gewünschten Ausmass praktische Anwendung finden würde. Drei wesentliche Gründe sprechen dagegen:
Erstens ist es aufgrund des Kostendrucks bei Aufträgen mit Verkehrserhebungen in den seltensten Fällen möglich, den in der Norm vorgesehenen Aufwand zur Hochrechnung gegenüber Auftraggebern zu vertreten.
Zweitens steht die benötigte Zeit (insbesondere Datenbeschaffung, Auswertung und Interpretation) in den meisten Fällen gar nicht zur Verfügung.
Drittens wirkt bei der Anwendung erschwerend, dass keine Anhaltspunkte mehr darüber vorhanden sind, wie sich verschiedene Ganglinienformen überhaupt voneinander unterscheiden. Wenn aber diese Norm nicht im vorgesehenen Umfang angewendet wird, resultieren dieselben Auswirkungen wie bei einem ersatzlosen Verzicht auf die heutige Gangliniennorm (s. Kapitel 2.3).

6.4 Offensive Strategie durch umfassende Normierung

6.4.1 Inhalt einer umfassenden Normierung

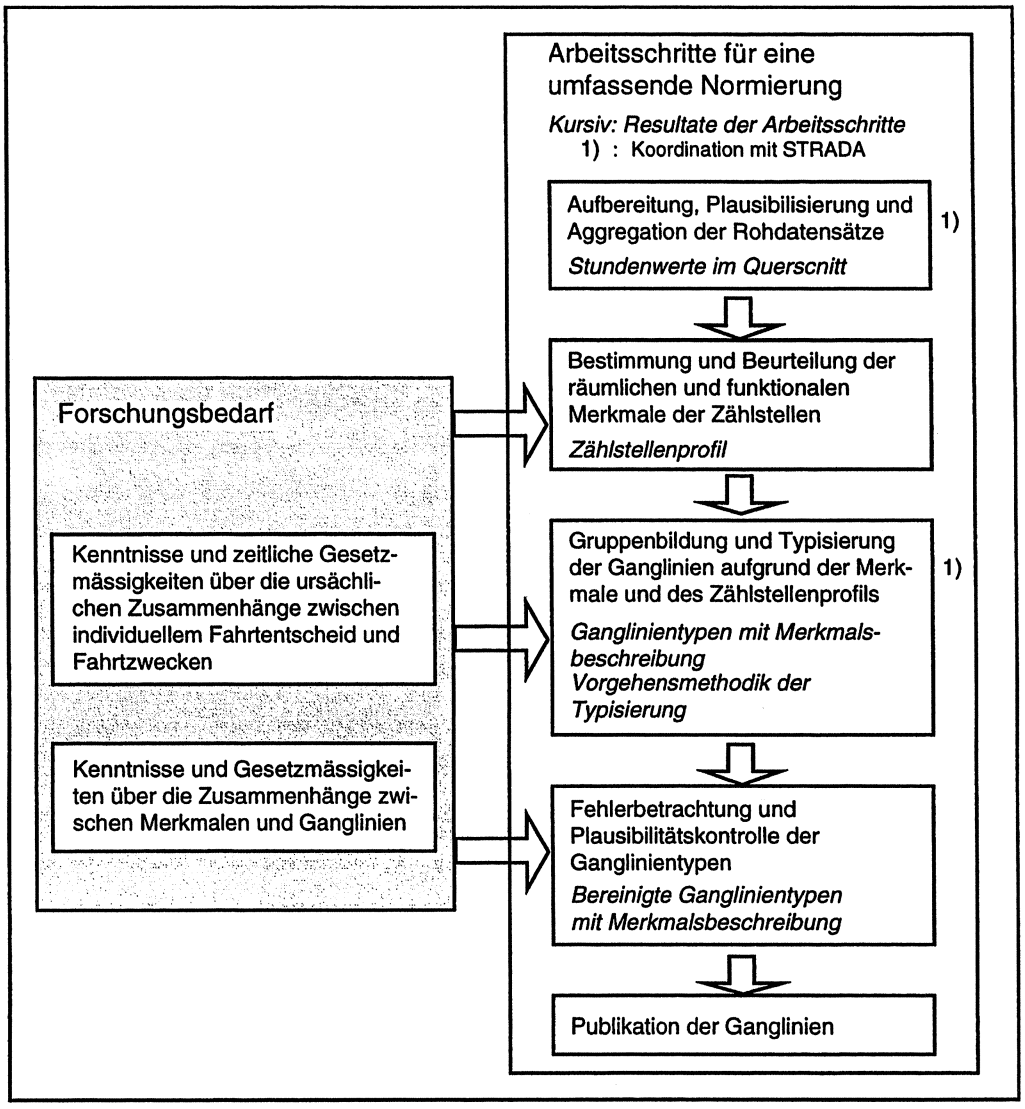
Dieser Extremfall der Normierung stellt einen Idealzustand aus der Sicht der Anwender dar. Das zur Verfügung stehende Hilfsmittel zur Ganglinienbestimmung deckt, über die heutige Norm hinausgehend, ein grosses Spektrum möglicher Anwendungsfälle und Fragestellungen ab.
Das Erstellen einer umfassenden Ganglinien-Norm führt zu einem gewissen Aufwand auf der Seite der Datenaufbereitung und Datenauswertung. Eine Ausdehnung des Geltungsbereichs gegenüber der heutigen Norm bedingt eine eingehende Untersuchung der ursächlichen Zusammenhänge und der zeitlichen Verteilung des Verkehrs, insbesondere auch auf dem siedlungsorientierten Strassennetz.
Anhand von einfach zu bestimmenden Merkmalen wäre es auch für Anwender ohne vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet des Verkehrswesens möglich, rasch und ohne grossen Aufwand den gesuchten Ganglinientyp mit Hilfe der Norm zu bestimmen. Die Norm würde kontinuierlich mit aktualisierten, auswechselbaren Ganglinienblättern aufdatiert, sofern wesentliche Änderungen im Verlauf der Zeit auftreten.

6.4.2 Wichtigste Erfordernisse und Ablauf für eine umfassende Normierung

Die Erstellung und kontinuierliche Nachführung einer solchen umfassenden Norm erfordert gegebenermassen einen entsprechenden Aufwand. Zur Aus-

weitung des Geltungsbereich gegenüber der heutigen Norm werden auch vollständige Datensätze auf dem siedlungsorientierten Strassennetz benötigt. Eine Ausweitung der Datenbasis und des Zählstellennetzes wären angezeigt.
Es ist davon auszugehen, dass eine Bildung von Ganglinien-Typen, zu welchen die einzelnen Zählstellen zugeordnet werden können, sinnvoll ist. Zur Typisierung von Ganglinien könnten zwar als Hilfsmittel statistische Methoden (z.B. clusteranalytische Verfahren wie u.a. in [27] beschrieben) herangezogen werden; die Interpretation, der Plausibilitätsnachweis und schliesslich die Beschreibung der resultierenden Ganglinientypen müssten aber aufgrund von funktionalen und räumlichen Merkmalen erfolgen (Merkmale gemäss Kapitel 5). Nebst der Beschreibung der Ganglinientypen sind auch die Merkmale der den einzelnen Typen zugewiesenen Zählstellen zu bestimmen und allfällige spezielle Eigenschaften zu vermerken. Nur mit Hilfe der Merkmalsbestimmung und der Kenntnis deren Einflüsse auf die zeitlichen Gesetzmässigkeiten lassen sich Ganglinien von Stichprobenzählstellen bestimmen resp. einzelnen Ganglinientypen zuweisen.
Den festgestellten, grossen Ermessensspielräumen bei der Merkmalsbestimmung und der weitgehenden Unkenntnis über die Gesetzmässigkeiten zwischen Fahrtentscheid, zeitlicher Ausführung, Routenwahl und Netzzustand ist mit gezielter Grundlagenforschung zu begegnen.
Schliesslich ist eine Fehlerbetrachtung notwendig, um die Zuverlässigkeit der Resultate aufzuzeigen und eine gewisse Anwendungssicherheit der Norm zu gewährleisten. Der mögliche Ablauf und die Arbeitsschritte einer solchen umfassenden Norm sind in der folgenden Abbildung 7 dargestellt:

Abbildung 7: Ablauf und Arbeitsschritte einer umfassenden Norm



6.4.3 Beurteilung einer umfassenden Normierung

Vorteile:

- Breites Zielpublikum dank einfacher Handhabung
- Umfassende Wissensvermittlung über die zeitlichen Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr auch für Personen ohne vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet des Verkehrswesens
- Laufend nachgeführte (z.B. jährlich) und aktuelle Norm-Ganglinien
- Integrations- und Verwendungsmöglichkeiten im Rahmen von STRADA (Referenz- oder Normganglinien)

Nachteile:

- Grosser aber einmaliger Aufwand zur Erarbeitung der Vorgehensmethodik über die Aufbereitung der Rohdaten bis zur Festlegung der Ganglinientypen
- Aufwendige (jährliche) Aktualisierung und Versand von Teilen der Norm

Wie bereits erwähnt würde es sich dabei um eine Wunschvorstellung aus der Sicht der Normanwendung handeln. Die in Kapitel 4.1 gestellten Anforderungen werden weitgehend erfüllt. Es stellt sich die Frage nach dem Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen einer umfassenden Normierung. Die breite Anwendung einer umfassenden Norm sowohl im Rahmen von konkreten Fragestellungen aus der Praxis als auch als Nachschlagewerk wäre gewährleistet. Es erscheint aber sinnvoll, die einzelnen Schritte bei der Normerarbeitung und insbesondere bei der Normnachführung im Detail zu betrachten und aufwandvermindernde Optimierungen anzubringen. Die Aktualisierung der Normganglinien kann beispielsweise weitgehend automatisiert werden und anstelle eines aufwendigen Normversands sollten die jeweils gültigen Ganglinien auf dem Internet publiziert werden und abrufbar ein. In diesem Sinne ist eine umfassende Gangliniennormierung zwar erwünscht, aufgrund des damit verbundenen zeitlichen Aufwands (insbesondere bezogen auf die Erhebung noch nicht vorhandener Grundlagendaten) kann diese aber kaum innert nützlicher Frist erarbeitet werden. Eine solche Norm sollte deshalb als mittelfristiges Ziel anvisiert und die entsprechenden Arbeiten raschmöglichst angegangen werden. Synergieeffekte und automatisierte Abläufe (insbesondere bei der Plausibilisierung und Aufbereitung/Aggregation der Rohdatensätze) sollten in enger Koordination mit STRADA erfolgen (s. auch Abbildung 7).

7 Vorschläge und Ausblick

7.1 Vorschläge

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen lassen sich folgende Vorschläge formulieren:

1. Die heutige Gangliniennorm SN 641 230a (neu 640 005) ist mangels besserer praxistauglicher Alternativen vorläufig beizubehalten.

2. Der im Anhang B des Forschungsberichts auftragsgemäss erstellte Normentwurf „Erarbeitung von Ganglinien" soll als **Empfehlung** publiziert werden. Sie soll Fachleuten als Hilfsmittel und als Unterstützung bei gangliniensspezifischen Fragestellungen dienen.

3. Die heutige Gangliniennorm soll kurzfristig unter Beibehaltung der bestehenden Ganglinientypen datenmässig aktualisiert werden.

4. Je nach den bei der datenmässigen Aktualisierung zu Tage tretenden Veränderungen ist eine grundlegende Überarbeitung der Gangliniennorm hinsichtlich Systematik und Methodik anzugehen. Wesentliche Elemente dieser Überarbeitung umfassen (s. Kapitel 6.4):
   - Typisierung der Ganglinien
   - Zusammenhänge zwischen Ganglinientypen und Merkmalen von Zählstellen/ Zähldaten
   - Umgang mit der zunehmenden Überlastung des Strassennetzes (beschränkt den Anwendungsbereich der heutigen Gangliniennorm wesentlich)
   - Gewährleistung der kontinuierlichen Aktualisierung der Norminhalte aufgrund neuerer Beobachtungen und Zähldaten

7.2 Ausblick und Forschungsbedarf im Bereich der zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Strassenverkehrs

Die allerorts feststellbaren Überlastungserscheinungen auf dem Strassennetz und die vorherrschende Tendenz, das Verkehrsangebot nur in eingeschränktem Masse zu erweitern, führen dazu, dass den Instrumenten zur Verkehrsbewältigung zukünftig grosse Bedeutung zukommen wird. Der gezielte Einsatz der Verkehrslenkung und des Verkehrsmanagements bedingen unter anderem

Kenntnisse über das zeitliche Verkehrsverhalten, welches sich letztendlich in den Ganglinien widerspiegelt.
Die zeitlichen Gesetzmässigkeiten des Strassenverkehr, insbesondere die bis anhin und auch zukünftig erfolgenden Veränderungen aufgrund des sich wandelnden wirtschaftlichen Umfelds und die entsprechenden Auswirkungen auf die Entscheidungsprozesse der Fahrtausführung sind grundlegende Themata, bei welchen ein Handlungs-, Nachhol- und Untersuchungsbedarf besteht. Im Speziellen sei dabei auf die weitgehende Unkenntnis der quantitativen Zusammenhänge zwischen einfach bestimmbaren Merkmalen eines Strassenquerschnitts und dessen zeitlicher Verkehrsverteilung hingewiesen.

SNZ#3007/bu
5.2.99

Literaturverzeichnis

[1] Typische Ganglinien und durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV); SNV 641; VSS; Mai 1970

[2] „Zeitliche Gesetzmässigkeiten im Strassenverkehr (Ganglinien)"; SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich, Rudolf Keller AG, Basel; Forschungsauftrag 3/85 auf Antrag der VSS; EVED, ASB; Oktober 1986

[3] „Zeitliche Gesetzmässigkeiten des Wochenendverkehrs"; SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich, Rudolf Keller AG, Basel; Forschungsauftrag 5/87 auf Antrag der VSS; EVED, ASB; Dezember 1990

[4] „Ganglinien der schweren Motorfahrzeuge"; SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich; Forschungsauftrag 9/90 auf Antrag der VSS; EVED, ASB; Januar 1993

[5] „STRADA-DB, Voranalyse für die Pilotapplikation Verkehrsdaten", Bericht und Anhang; Holinger AG R+R, Baden, Abay&Meier, Zürich; EVED, ASB, Kt. AG, Kt. NE; Januar 1994

[6] „Strassendatenbank STRADA-DB, Pilotapplikation „Verkehrsdaten", Konzeptbericht Kt. Aargau und Neuenburg"; Abay&Meier et al.; EVED, ASB, Kt. AG, Kt. NE; Juli 1995

[7] „Strassendatenbank STRADA-DB, Pilotapplikation „Verkehrsdaten", Detailspezifikation, Zusammenfassende Beschreibung der Teilsysteme"; Abay&Meier et al.; EVED, ASB, Kt. AG, Kt. NE; Oktober 1996

[8] „STRADA-DB Pilotprojekt Verkehrsdaten, Referenzganglinien für die Teilsysteme Validation und Aggregation"; Abay&Meier; 24.7.96 und 19.3.1997

[9] Projektierung, Grundlagen; SN 640 040 b; VSS; April 1992

[10] „Schweizerische Strassenverkehrszählung 1995, Neue Methode, bessere Resultate"; Werner Kündig, ASB, Peter Hitz, Sigmaplan; Fachartikel in „Strasse und Verkehr", Nr. 1; Januar 1997

[11] „Strassenprojektierung"; K. Dietrich, M. Rotach, E. Boppart, IVT; 1993

[12] „Verkehrsplanung"; C. Hidber, E. Meier, P. Schirato, IVT; 1985

[13] „Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen"; SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich; Forschungsauftrag 43/91 auf Antrag der SVI; September 1995

[14] „Äussere Grenzen der Mobilität"; SNZ Ingenieurbüro AG, Zürich; Forschungsauftrag 5/89 auf Antrag der VSS; EVED, ASB; April 1993

[15] „Erhebungs- und Auswertemethoden für Querschnittszählungen des Strassenverkehrs"; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 256; Bundesminister für Verkehr; 1978

[16] „Anteil der Fahrzeugkategorien in Abhängigkeit vom Strassentyp"; Abay&Meier; Forschungsauftrag 35/88 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI); August 1990

[17] „Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitzählungen im Innerortsbereich"; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 732; Bundesministerium für Verkehr; 1996

[18] „Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 2: Strategien zur Problemlösung"; R+R Burger und Partner, Baden, Büro Z Arbeitsgemeinschaft für Wohnen und Stadtfragen, Zürich; Forschungsauftrag 49/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI); März 1998

[19] „Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik der Strassenverkehrszählung 1970 in der BRD", Dipl.-Ing. Gerhard Schmidt, Aachen; Artikel in „Strasse und Autobahn", Heft 4; Kirschbaumverlag, Bonn - Bad Godesberg; April 1972

[20] „Typisierung von Verkehrsstärkeganglinien - Methodik und Ergebnisse -, Dirk Heidemann u. Paul Wimber, Bergisch Gladbach, Artikel in „Zeitschrift für Verkehrswissenschaft", Heft 4; Hrsg. Prof. Dr. R. Willeke, Köln; Verkehrsverlag J. Fischer, Düsseldorf; 1983

[21] „Veränderungen im tageszeitlichen Verlauf des Kfz-Verkehrs und Anteile des Berufsverkehrs"; Manfred Pfeifle, Wolfgang Dörge, Stuttgart; Artikel in „Strassenverkehrstechnik"; Heft 5, 1990

[22] Empfehlung für die Anlage von Hauptverkehrsstrassen (EAHV); 1993

[23] „Bedürfnisse an Entwicklungsindizes"; Forschungsauftrag 42/95; SVI; in Bearbeitung

[24] „Hochrechnungsfaktoren für Kurzzeitzählungen auf Innerortsstrassen"; Gerhard Schmidt, Aachen; Artikel in „Strassenverkehrstechnik"; Heft 11, 1996

[25] „Untersuchungen über Gesetzmässigkeiten im Verkehrsablauf auf den Strassen in der Bundesrepublik Deutschland"; Prof. M.-E. Feuchtinger, T. Murányi, H. Billinger, Stuttgart; Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm des Bundesverkehrsministeriums und der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.; Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 10; Bundesminister für Verkehr, Abt. Strassenbau, Bonn; 1960

[26] „Strassenverkehrsprognose auf der Grundlage von Querschnittszählungen, Teil 1: Analytisch-methodische Vorarbeiten zur Verbesserung des bestehenden Prognosemodells, Teil 2: Analyse der verkehrlichen Auswirkungen von Neu- und Ausbaumassnahmen"; Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 389; Bundesminister für Verkehr; 1983

[27] „Typisierung von Ganglinien auf Bundesautobahnen", Andrea Bressler und Ning Wu; Fachartikel in „Strassenverkehrstechnik", Heft 8/98; 1998

[28] „Grundlagen für Verkehrsmodellberechnungen", Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF), GVF-Auftrag 204/205, März 1993

[29] „Accuracy of annual traffic flow estimates from short period counts", Transport and Road Research Laboratory (TRRL), Supplementary Report 514, Crowthorne, Berkshire, 1979

[30] „Estimation of annual flow from short period counts", Transport and Road Research Laboratory (TRRL), Supplementary Report 802, Crowthorne, Berkshire, 1984

Anhang A

Beispiel einer vom ASTRA publizierten Jahresauswertung einer Zählstelle

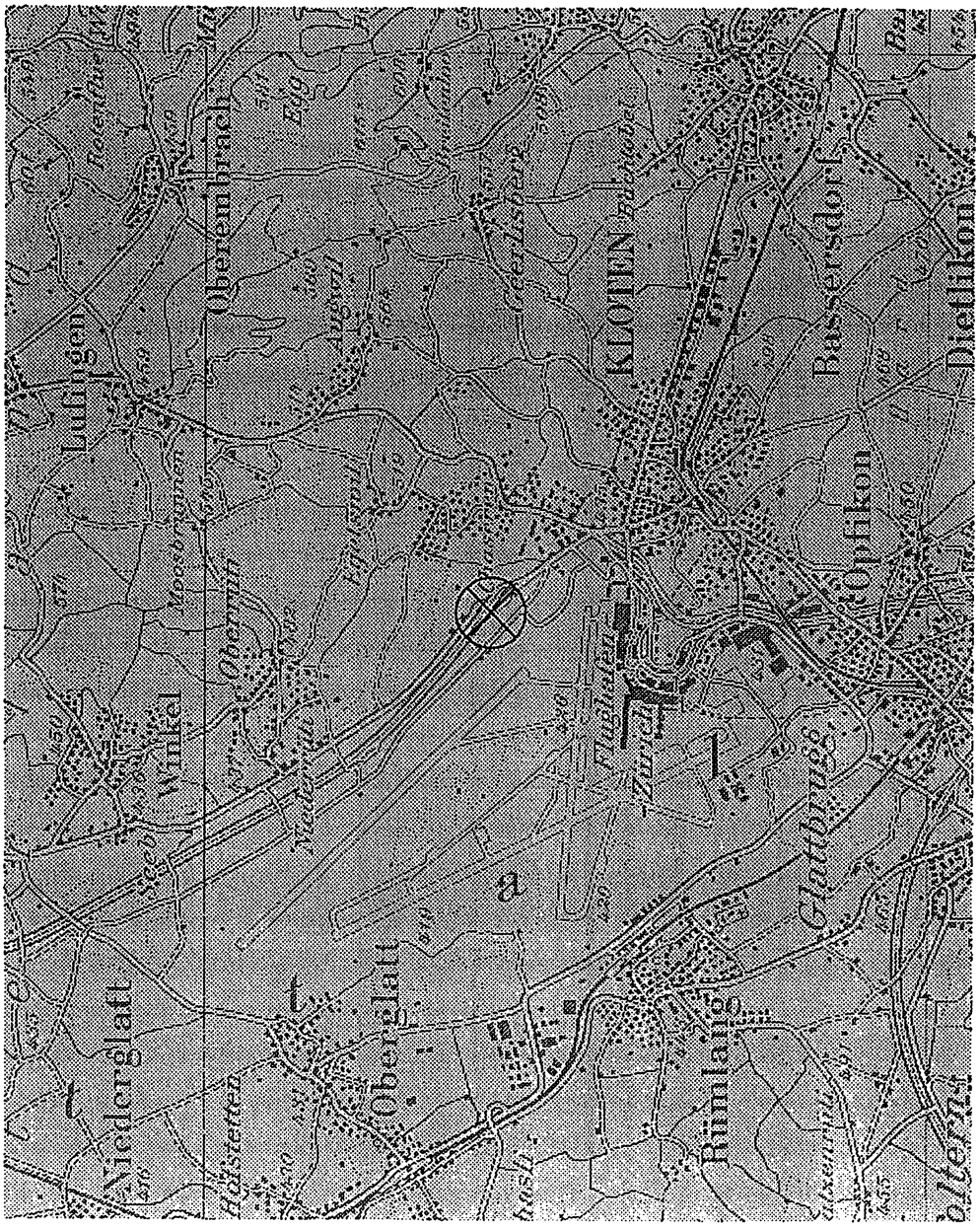
Beispiel einer vom ASTRA publizierten Jahresauswertung einer Zählstelle

ZH 902

Zählstelle / poste de comptage:	ZH 902 KLOTEN N, AB
Strasse / route:	0004
Koord. / coord.:	685380/257630
Vergleichbar mit 1990 / comparable avec 1990:	Ja / oui
Ersetzt / remplace:	
Automat / automate (Koord./coord.):	ASB 176 (684680/258300)

ASB, BFS, Sigmaplan, 3.1.1995

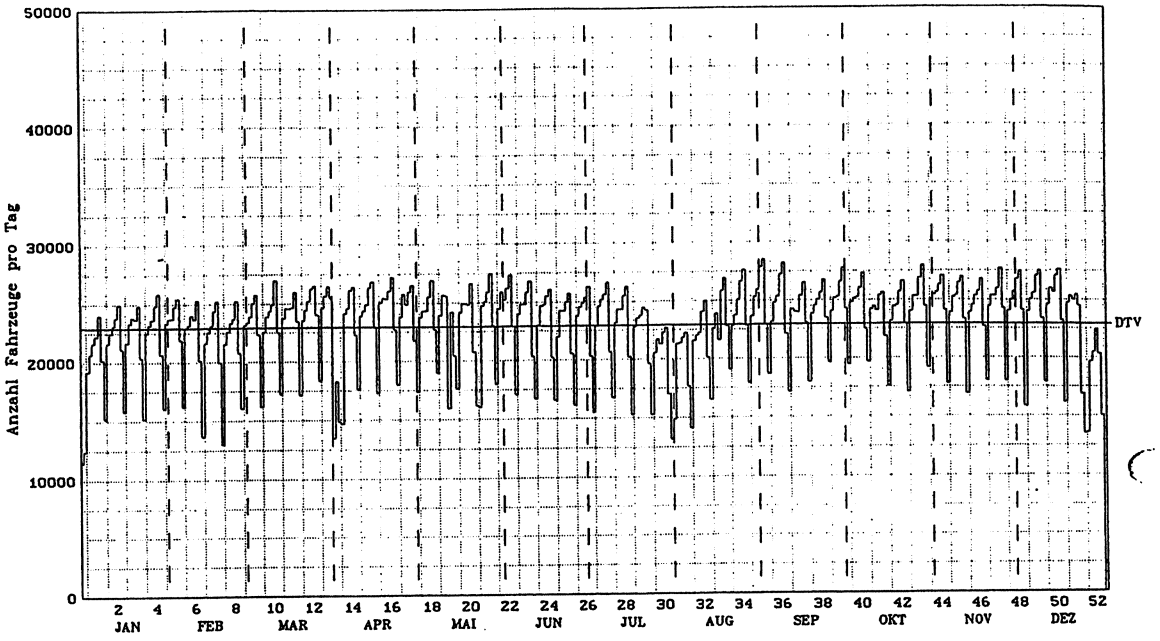
Massstab / échelle 1:50'000 (10605)



Quelle: Bundesamt für Landestopographie / Bundesamt für Statistik, GEOSTAT

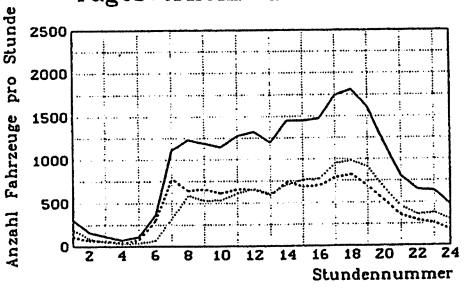
Kloten N (AB) 176

Jahresganglinie der täglichen Verkehrsmengen 1994

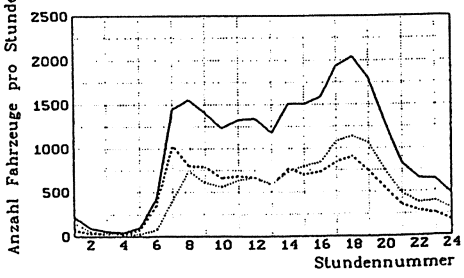


Stunden-nummer	Durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV)				Durchschnittlicher Werktagsverkehr (DWV)			
	Fahrzeuge			Proz.	Fahrzeuge			Proz.
	Richtung Kloten	Richtung Bülach	Beide Richtungen	Beide Richtungen	Richtung Kloten	Richtung Bülach	Beide Richtungen	Beide Richtungen
1	113	193	306	1.3%	72	147	219	0.9%
2	70	95	165	0.7%	34	57	91	0.4%
3	59	57	116	0.5%	27	31	58	0.2%
4	44	33	77	0.3%	27	18	45	0.2%
5	74	35	109	0.5%	72	28	100	0.4%
6	296	68	364	1.6%	353	76	429	1.7%
7	786	322	1'108	4.8%	1'035	411	1'446	5.9%
8	645	588	1'233	5.4%	805	746	1'551	6.3%
9	662	528	1'190	5.2%	795	611	1'406	5.7%
10	614	534	1'148	5.0%	662	570	1'232	5.0%
11	661	615	1'276	5.6%	689	638	1'327	5.4%
12	657	664	1'321	5.8%	669	669	1'338	5.4%
13	589	606	1'195	5.2%	584	593	1'177	4.8%
14	739	709	1'448	6.3%	771	736	1'507	6.1%
15	684	765	1'449	6.3%	707	799	1'506	6.1%
16	696	778	1'474	6.4%	736	848	1'584	6.4%
17	788	953	1'741	7.6%	848	1'085	1'933	7.8%
18	828	982	1'810	7.9%	903	1'136	2'039	8.3%
19	694	915	1'609	7.0%	740	1'058	1'798	7.3%
20	521	665	1'186	5.2%	545	743	1'288	5.2%
21	353	455	808	3.5%	346	480	826	3.3%
22	290	361	651	2.8%	284	375	659	2.7%
23	259	379	638	2.8%	252	391	643	2.6%
24	177	299	476	2.1%	170	303	473	1.9%
Tot.	11'299	11'599	22'898	100%	12'126	12'549	24'675	100%
%	49.3%	50.7%	100%	——	49.1%	50.9%	100%	——

Durchschnittlicher Tagesverkehr 1994 DTV'94



Durchschnittlicher Werktagsverkehr 1994 DWV'94



Richtung Kloten .....
Richtung Bülach .....
Beide Richtungen ——

Anhang B

Erarbeitung von Ganglinien: Empfehlung

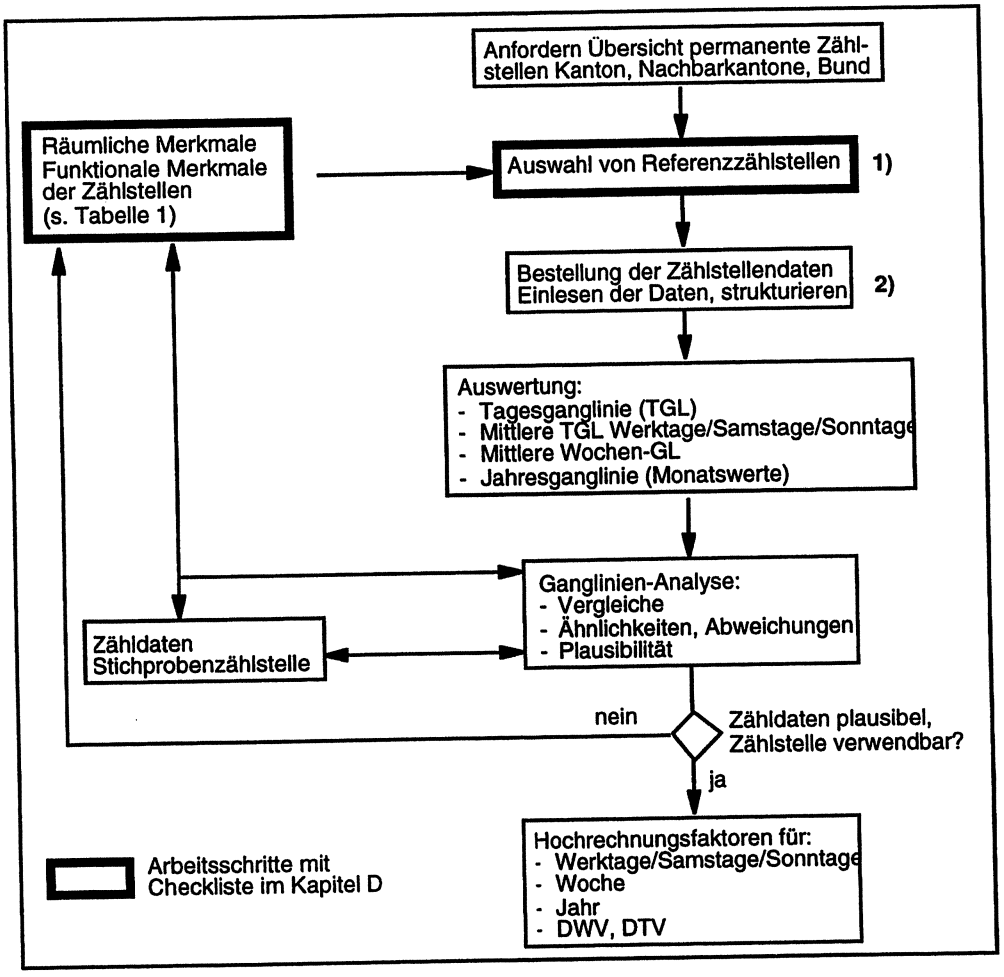
Bemerkung:
Die nachfolgende Empfehlung gibt nützliche Hinweise über zu berücksichtigende Aspekte bei Aufgabenstellungen mit Bezug zu Ganglinien. In diesem Sinn kann sie als Hilfsmittel in der praktischen Tätigkeit und als Ergänzung zur bestehenden Gangliniennorm verwendet werden.

C. Genereller Ablauf zur Hochrechnung einer Stichprobenzählung

8. Genereller Ablauf und Arbeitsschritte

In der nachfolgenden Abbildung 1 ist der Vorgehensablauf mit den einzelnen Arbeitsschritten dargestellt.

Abbildung 1: Genereller Ablauf zur Hochrechnung einer Stichprobenzählung



1) Es sollten mindestens drei Zählstellen ausgewählt werden. Dies ermöglicht eine optimale Prüfung der Plausibilität und bei positivem Entscheid bezüglich Verwendbarkeit, eine ausgewogene Mittelbildung.

2) Dieser Arbeitsschritt kann je nach Datenformat und Verfügbarkeit der Daten sehr gross und zeitintensiv sein. Es empfiehlt sich, frühzeitig entsprechende Ab-klärungen durchzuführen. Die Datenlage ist zum Zeit-punkt der Bestellung häufig nicht bekannt. Die erfor-derliche Datenaufbereitung auf EDV-Basis erfordert gewisse Voraussetzungen an Hard- und Software auf der Anwenderseite.

Folgende Erkenntnisse können aufgrund der Betrachtung und Interpretation der Tabelle 1 abgeleitet werden:

1. Merkmale, welche keinen oder nur einen kleinen Ermessensspielraum aufweisen und mit wenig Aufwand bestimmt werden, haben in den meisten Fällen keinen prägenden Einfluss auf Ganglinien. Demgegenüber sind die Merkmale, welche nur mit grossem Ermessens- und Interpretationsspielraum bestimmt werden können und welche einen massgeblichen Einfluss auf Ganglinien haben, nur mit sehr grossem, meist unverhältnismässigem Aufwand oder gar nicht exakt bestimmbar.

2. Die Beurteilung und Bestimmung der Merkmale mit grossem Ermessensspielraum ist bei der Erarbeitung von Ganglinien unabdingbar und notwendig.

3. Der erhebliche Ermessens- und Interpretationsspielraum bei den entsprechenden Merkmalen lässt erwarten, dass zwei verschiedene Fachpersonen die entsprechenden Merkmale kaum identisch bestimmen.

4. Die Fehleranfälligkeit, welche sich durch eine unterschiedliche Einschätzung der Merkmale ergibt, muss minimiert werden. Dies kann dadurch erreicht werden, indem geschlossene Arbeitsabläufe (z.B. Auswahl von Referenzzählstellen) mehrfach und durch unabhängige Fachpersonen durchgeführt werden.

Unter „D. Checklisten" werden Hinweise gegeben, was bei der Beurteilung und Bestimmung insbesondere der Merkmale mit grossem Ermessensspielraum zu berücksichtigen ist.

D. Checklisten

9. *Checkliste zur Bestimmung und Beurteilung von räumlichen und funktionalen Merkmalen von Zählstellen (vgl. Tabelle 1)*

A/B Wo befindet sich die Zählstelle (Landesteile, Transitkorridore)?
Handelt es sich um einen Spezialfall?

C Welchem Strassentyp ist der untersuchte Strassenabschnitt zugeordnet (SN 640 040b)?

D Gibt es massgebliche Einflüsse von Siedlungsschwerpunkten (Klein-, Mittel-, Grosszentren; Bedeutung der Richtungsanteile)?

E1 Welches ist die verkehrliche Bedeutung des untersuchten Strassenabschnitts im Netz (Erschliessen, Sammeln, Verbinden, Durchleiten)?
Wie gross ist deren realtive Bedeutung?

E2 Sind Ausweichrouten vorhanden oder ist die betrachtete Strasse eine Ausweichroute?
Unter welchen Bedingungen werden/wird diese benützt?

E3 Zeigt die betrachtete Strasse oder das Verkehrsnetz Überlastungserscheinungen

F1 Welche räumliche und siedlungsbezogene Bedeutung hat der untersuchte Strassenabschnitt?

F2 Handelt es sich eher um klein- oder grossräumigen Verkehr?

F3-5 Was wird über den untersuchten Strassenabschnitt erschlossen (Wohn-/Arbeitsplatzgebiete, Freizeitanlagen, Tourismusstätten)?
Wie ist die Verkehrsintensität der einzelnen Erschliessungsanlagen einzuschätzen?

F6 Wie setzt sich der Verkehr im untersuchten Strassenquerschnitt zusammen (Erschliessungsverkehr, Verbindung zwischen Zentren oder zwischen übergeordneten Verkehrsträgern, Durchgangsverkehr)?
Wie wird die Bedeutung der Fahrtzwecke (PENT) eingeschätzt? Absolut und relativ?

G Sind die erhobenen Zähldaten plausibel oder gibt es Anlass, aussergewöhnliche Ereignisse zu vermuten (Ferien, kant. Feiertage, grössere Anlässe im Einflussbereich, Umleitungen, Baustellen, Unfälle etc.)?

5. *Voraussetzungen für die Anwendung der vorliegenden Empfehlung*

Das in der Empfehlung aufgezeigte Vorgehen zur Erarbeitung und Bestimmung von Ganglinien enthält in weiten Teilen grosse Ermessens- und Interprationsspielräume, welche zu Fehleinschätzungen, falschen Entscheiden und letztendlich zu fehlerhaften Resultaten führen können.
Aus diesem Grund bedingt die Anwendung der vorliegenden Empfehlung umfassende Fachkenntnisse auf dem Gebiet der Verkehrsplanung, insbesondere der verkehrlichen Zusammenhänge und der örtlichen Verhältnisse.

B. Merkmale und deren Einflüsse auf Ganglinien

6. *Grundsätzliches zu Ganglinien*

Das Auftreten eines Fahrzeugs an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt ist das Resultat eines vorgängig durchgeführten individuellen Entscheidungsablaufs das Fahrzeuglenkers (Fahrtzweck).
Abhängig von Ziel und Zweck einer Fahrt werden vom Fahrzeuglenker deren Zeitpunkt und Route gewählt. Die Ganglinie eines Strassenquerschnitts stellt das lokal beobachtete Resultat einer Vielzahl von individuellen Fahrtentscheiden zu verschiedensten Zwekken dar. Diese lassen sich summarisch zu Fahrtzweckgruppen zusammenfassen.
In der Praxis werden am häufigsten die folgenden Fahrtzweckgruppen unterschieden:

P: Pendlerverkehr
E: Einkaufsverkhr
N: Nutzverkehr
T: Tourismus- und Freizeitverkehr

Bei der Erarbeitung und Bestimmung von Ganglinien geht es darum, die Verkehrszusammensetzung nach Fahrtzwecken und deren gegenseitige Überlagerungen auf den untersuchten Strassenabschnitten abzuschätzen.
Zu diesem Zweck sind Merkmale zu bestimmen, welche einen prägenden Einfluss auf die Fahrtzweckü̈berlagerungen, resp. deren Abschätzung aufweisen. Diese Merkmale umfassen die verkehrlichen und räumlichen Eigenschaften der untersuchten Querschnitte.

7. *Merkmale und deren Einflüsse auf Ganglinien*

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Merkmale, das Ausmass deren Einflusses auf die Ganglinien, den notwendigen Aufwand zur Bestimmung des Merkmals sowie den damit verbundenen Ermessensspielraum .

Tabelle 1: Merkmale zur Bestimmung von Ganglinien

Merkmale einer Zählstelle	Einfluss auf Ganglinien (i.d.R.)	Aufwand bezogen auf Nutzen (i.d.R.)	Ermessensspielraum (i.d.R.)
A. Räumliche Lage (Landesteile)	klein	klein	klein
B. Geografische Lage (Transitkorridore)	klein (fallspezifisch)	klein	klein
C. Strassentyp	klein	klein	klein
D. Einflüsse und Lage bez. auf Siedlungsschwerpunkte	mittel	mittel	gross
E. Netzspezifische Bedeutung			
E1 Verkehrsplanerische Funktion der Strasse	gross (fallspezifisch)	mittel	gross
E2 Parallelangebot, Alternativrouten, Baustel-len, Umleitungen	gross (fallspezifisch)	mittel	fallspezifisch
E3 Auslastung des Strassennetzes	gross	mittel	gross
F. Räumliche Bedeutung bezogen auf Siedlung			
F1 Netzfunktion bez. auf Siedlung	gross (fallspezifisch)	mittel	mittel
F2 kleinräumig/grossräumig	gross (fallspezifisch)	mittel	gross
F3 Wohngebiete/EW-Zahlen	fallspezifisch	mittel	mittel
F4 AP-Gebiete, AP-Zahlen, Nutzungen	fallspezifisch	gross	gross
F5 Freizeit, Sport, Tourismus	fallspezifisch	fallspezifisch	mittel
F6 Abschätzung der Bedeutung der Fahrtzwecke	gross	mittel	gross
G. Analyse der Stichprobendaten			
G1 Verkehrsstärke	klein	klein	klein
G2 Fahrzeugzusammensetzung	mittel	klein	klein
G3 Ausprägung Spitzenstunde	mittel	klein	klein (fallspezifisch)
G4 Verkehrsqualitätsstufe	mittel	klein	klein (fallspezifisch)
G5 Ereignisse/Anlässe, Ferien/Feiertage, Unfälle	gross	mittel	gross (fallspezifisch)

projet de norme élaboré ne peut représenter qu'une solution transitoire en attendant une norme plus complète.
Le chapitre 6.4 aborde les questions des exigences à remplir par une norme sur les caractéristiques temporelles du trafic routier plus complète et plus facile à utiliser, des travaux et des bases qui seraient nécessaires pour l'élaborer et de la manière de mieux correspondre aux attentes.

Propositions

Les propositions qui ressortent des analyses entreprises sont:

1. La norme actuelle SN 642 230a (nouveau no 640 005) sur les courbes de variation doit être pour l'instant maintenue en l'absence de meilleures solutions pratiques.

2. Le projet de norme "Elaboration de courbes de variation", préparé à l'annexe B conformément au mandat de recherche, peut être publié en tant que recommandation qui doit servir d'aide et de support aux spécialistes lors de questions relatives aux courbes de variation.

3. La norme actuelle sur les courbes de variation doit être actualisée à brève échéance en maintenant les types existants des courbes.

4. Selon les changements qui seront mis en évidence lors de cette actualisation avec des données récentes, il faudra envisager un refonte de la norme sur les courbes de variation du point de vue systématique et méthodique. Les principaux éléments d'une telle refonte comprennent :
   - La classification des courbes de variation
   - Les relations entre les courbes caractéristiques de variation et les particularités des postes et des données de comptage
   - L'intégration de la saturation croissante du réseau routier (limite sensiblement le domaine d'application de la norme actuelle)
   - La garantie de l'actualisation continue du contenu de la norme sur la base des plus récentes observations ou données de comptage.