



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einfluss- bereiches von Knoten**

**Fonctions de résistance pour des tronçons routiers  
urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours**

**Capacity restraint functions for urban road sections not  
affected by intersection delays**

**büro widmer ag**  
**Paul Widmer**  
**Thomas Buhl**

**Rudolf Keller & Partner AG**  
**Daniel Bärlocher**  
**André Heitz**

**Forschungsauftrag SVI 2005/001 auf Antrag der Schweizerischen  
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

**Dezember 2010**

**1339**

# **IMPRESSUM**

## **Forschungsstelle und Projektteam**

### **Projektleitung**

Paul Widmer

### **Mitglieder**

Thomas Buhl

Daniel Bärlocher

André Heitz

## **Begleitkommission**

### **Präsident**

Samuel Hinden

### **Mitglieder**

Jürg Dietiker

Ruedi Häfliger

Simon Kettner

Milenko Vrtic

## **Antragsteller**

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

## **Bezugsquelle**

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

# INHALTSVERZEICHNIS

## IMPRESSUM

## ZUSAMMENFASSUNG

## RÉSUMÉ

## SUMMARY

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung	1
1.2	Auftrag	1
1.3	Vorgehen und Aufbau des Berichtes	1
<b>2</b>	<b>WIDERSTANDSFUNKTIONEN</b>	<b>3</b>
2.1	Einleitung	3
2.1.1	Verkehrsstärke, Kapazität	3
2.1.2	Geschwindigkeitsbegriffe	4
2.1.3	Grundsätzliches zu den Widerstandsfunktionen	5
2.2	Beispiele bekannter Widerstandsfunktionen	6
2.2.1	BPR-Funktion	6
2.2.2	Akçelik-Funktion	9
2.2.3	Konische Funktion	11
2.3	Heutige Praxis bei der Anwendung von Widerstandsfunktionen	13
<b>3</b>	<b>EMPIRISCHE ERHEBUNGEN</b>	<b>14</b>
3.1	Einleitung	14
3.2	Strassen-/Umfeldsituationen im Innerortsbereich	14
3.2.1	Klassifikation nach Strassenquerschnitt	14
3.2.2	Klassifikation nach der Strassenfunktion	15
3.2.3	Klassifikation nach Gebietstypen	15
3.3	Gewählte Typisierung der Innerortsstrassen	16
3.4	Fallbeispiele	17
3.5	Durchführung der Erhebungen	18
3.5.1	Fahrzeug-Nachfahrten	18
3.5.2	Querschnittszählungen und Geschwindigkeitsmessungen	18
3.5.3	Videoaufnahmen der Störeinflüsse	18
3.6	Ergebnisse der Erhebungen	19
3.6.1	Geschwindigkeitsprofile	19
3.6.2	Reisegeschwindigkeit in Funktion der Störeinflüsse	20
3.6.3	Fallbeispiel ohne Störeinflüsse	23
3.6.4	Zusammenfassung	24
<b>4</b>	<b>MIKROSIMULATIONEN</b>	<b>25</b>
4.1	Kalibration der Mikrosimulationen	25
4.1.1	Querschnittsbezogene Geschwindigkeiten	25
4.1.2	Streckenbezogene Geschwindigkeiten	27
4.2	Fallbeispiele und Verkehrssituationen	28

4.3	Annahmen für die Simulationen	31
4.3.1	Charakterisierung von Störeinflüssen	31
4.3.2	Verkehrszusammensetzung	32
4.3.3	Variation der Belastung	32
4.3.4	Variation der Wunschgeschwindigkeit	32
4.3.5	Örtliche Lage und Intensität der Störungen	32
4.4	Simulationsergebnisse	33
4.4.1	Belastungs-Geschwindigkeits-Kurven	33
4.4.2	Auswirkungen der Störeinflüsse	35
4.4.3	Vergleich zwischen den Fallbeispielen	38
4.4.4	Qualitative Interpretation der Ergebnisse	40
<b>5</b>	<b>REGRESSIONSMODELLE FÜR DIE KAPAZITÄTEN</b>	<b>42</b>
5.1	Einleitung	42
5.2	Differenzierung nach Strassentyp und Wunschgeschwindigkeit	42
5.3	Abhängigkeit der Kapazitäten von den Störeinflüssen	45
<b>6</b>	<b>PARAMETERSCHÄTZUNGEN</b>	<b>49</b>
6.1	Belastungen unterhalb der Kapazitätsgrenze	49
6.1.1	BPR-Widerstandsfunktion	49
6.1.2	Akçelik-Widerstandsfunktion	55
6.1.3	Konische Widerstandsfunktion	61
6.1.4	Diskussion der drei geschätzten Widerstandsfunktionen	67
6.1.5	Gemeinsame BPR-Widerstandsfunktionen für ähnliche Verkehrssituationen	68
6.2	Belastungen über der Kapazitätsgrenze	80
<b>7</b>	<b>EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ANWENDUNG IN DER PRAXIS</b>	<b>84</b>
7.1	Einleitung	84
7.2	Wahl des Strassentyps	85
7.3	Wahl der massgebenden Wunschgeschwindigkeit	85
7.3.1	Einleitung	85
7.3.2	Hinweise für die Handhabung in der Praxis	85
7.4	Wahl der Verkehrssituation	88
7.5	Festlegung des Linktyps und der zugeordneten Parameter	90
<b>8</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND FORSCHUNGSBEDARF</b>	<b>91</b>
8.1	Schlussfolgerungen	91
8.2	Forschungsbedarf	91

## **ANHANG**

### **ANHANG 1**

- Städtebauliche und verkehrliche Zusatzkriterien für die Klassifizierung von Strassen
- Fragebogen zur Meldung typischer Innerortsstrecken
- Dokumentation der Fallbeispiele

## ANHANG 2

- Simulationsergebnisse, q/v-Kurven

## ANHANG 3

- Ergebnisse der Parameterschätzungen, q/v-Kurven

## ANHANG 4

- Exkurs: Wie wird Geschwindigkeit wahrgenommen
- Messergebnisse für  $V_0$

## LITERATURVERZEICHNIS

## ABKÜRZUNGEN

## PROJEKTABSCHLUSS

## VERZEICHNIS DER BERICHTE DER FORSCHUNG IM STRASSENWESEN



---

## ZUSAMMENFASSUNG

In Verkehrsmodellen werden für die Teilmodelle der Ziel- und Verkehrsmittelwahl sowie für die Verkehrsumlegung Widerstandsfunktionen (Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Funktionen) benötigt, welche den für die Zurücklegung einer Strecke benötigten Zeitaufwand in Abhängigkeit der Verkehrsstärke abbilden. Die bisher verwendeten Widerstandsfunktionen basieren in der Regel auf Untersuchungen von Verkehrssituationen im Ausserortsbereich. Die Wirkung der im Innerortsbereich auftretenden stadtverkehrstypischen Störeinflüsse auf den Verkehrsablauf wurde bisher kaum adäquat berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, diese Wissenslücke zu füllen. Dazu werden die Wirkungen von stadtverkehrstypischen Störeinflüssen auf die mittlere Reisegeschwindigkeit auf Innerorts-Strassenabschnitten ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten empirisch und mit Verkehrsmikrosimulation untersucht. Mit den aus der Mikrosimulation gewonnenen Daten werden die Parameter von drei häufig verwendeten Widerstandsfunktion-Ansätzen (BPR-Funktion, Akçelik-Funktion und konische Funktion) für typische Verkehrssituationen geschätzt.

Die berücksichtigten Verkehrssituationen werden durch die Ausprägungen der Variablen für stadtverkehrstypische Störeinflüsse definiert. Auf Innerorts-Strassenabschnitten in der Schweiz sind es vor allem die folgenden Faktoren, welche den Verkehrsablauf resp. die mittlere Reisezeit beeinflussen: ÖV-Haltestellen und Parkierungsvorgänge im Strassenraum, Erschliessungsverkehr (Ein-/Ausfahrten bei Grundstücken und an Nebenknoten) sowie querende Fussgänger. Aufgrund der bei den durchgeführten empirischen Erhebungen gewonnenen Erkenntnisse wurden für die beiden ersten Faktoren 2 Ausprägungen (mit/ohne) und für die beiden letztgenannten Faktoren 3 Ausprägungen (schwach, mittel, stark) festgelegt. Daraus resultiert die Definition von 36 verschiedenen Verkehrssituationen.

An Fallbeispielen wurden für jede Verkehrssituation Mikrosimulationsberechnungen durchgeführt, bei denen jeweils die Verkehrsbelastung schrittweise erhöht wurde. Mit den damit gewonnenen Daten konnten in einem ersten Schritt für drei festgelegte Strassentypen (mit unterschiedlicher Ausgestaltung des Querschnittes) lineare Regressionsmodelle mit der Kapazität als abhängiger und der Wunschgeschwindigkeit und der Verkehrssituation als unabhängigen Variablen geschätzt werden. Im zweiten Schritt erfolgte dann die Parameterschätzung für die drei oben genannten Widerstandsfunktions-Ansätze mittels nichtlinearer Regression, und zwar jeweils pro Strassentyp, Wunschgeschwindigkeitsniveau und Verkehrssituation.

Die Beurteilung der "Modellgüte" der drei Ansätze resultiert in der Empfehlung, für Innerorts-Strassenabschnitte die BPR-Funktion anzuwenden.

Für die praktische Anwendung der BPR-Widerstandsfunktion im Rahmen der Verkehrsmodellierung liefert die Studie die nötigen Grundlagen in der Form von Hinweisen

zur Festlegung der jeweils massgebenden Verkehrssituation und zur Einschätzung des anzunehmenden Wunschgeschwindigkeitsniveaus. Dabei wird auch die Möglichkeit aufgezeigt, die Verkehrssituationen in 2 – 3 Gruppen zusammenzufassen, wodurch die Aufgabe der Zuweisung von Linktypen bei der Netzcodierung massiv vereinfacht werden kann.

Sowohl für die einzelnen Verkehrssituationen als auch für die Verkehrssituations-Gruppen sind die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Parameter der BPR-Funktion getrennt nach Strassentypen und Wunschgeschwindigkeitsniveaus tabellarisch zusammengestellt.

Mit diesen Ergebnissen liegen für die Schweiz erstmals empirisch abgestützte Parameter-Werte der BPR-Widerstandsfunktion<sup>1</sup> für die hier typischen Innerorts-Strassenabschnitte und Verkehrssituationen vor. Damit trägt die Studie wesentlich zur Verbesserung der Verkehrsmodelle im städtischen Kontext bei.

---

<sup>1</sup> Auch für die Akçelik- und die konische Widerstandsfunktion wurden die Parameter geschätzt und im Bericht zusammengestellt.

## RÉSUMÉ

Des fonctions de résistance (vitesses en fonction des volumes de trafic) sont nécessaires dans les modèles de transports pour les procédures de distribution et de répartition modale ainsi que d'affectation afin d'obtenir le temps de parcours d'un tronçon concerné en fonction de son volume de trafic. Les fonctions de résistance utilisées jusqu'à présent se basent en général sur des investigations de situations hors localités. L'effet des perturbations du déroulement de la circulation, typiques en milieu urbain, n'a qu'à peine été pris en compte de manière adéquate jusqu'à maintenant.

Le but de la présente étude est de combler cette lacune dans les connaissances en étudiant, de façon empirique et par des micro-simulations du trafic, les effets des ces perturbations typiques en milieu urbain sur la vitesse moyenne de déplacement de tronçons en dehors de la zone d'influence de carrefours. Les données issues des micro-simulations permettent d'estimer les paramètres de trois genres de fonctions de résistances utilisées fréquemment (BPR, Akçelik et coniques) pour des situations de circulation typiques.

Les situations de circulation prises en compte sont définies par les expressions des variables pour des perturbations typiques en milieu urbain. Sur les tronçons urbains en Suisse, ce sont avant tout les quatre facteurs suivants qui influencent le déroulement de la circulation resp. les temps de déplacement moyen: arrêts de transports publics, manœuvres de stationnement dans l'espace routier, trafic de desserte (entrées et sorties de parcelles et carrefours secondaires) ainsi que les piétons traversant. Sur la base des connaissances acquises lors des recensements empiriques effectués, ont été définis 2 expressions (avec ou sans) pour les deux premiers facteurs et 3 (faible, moyen, fort) pour les 2 derniers. Il en résulte 36 différentes situations de circulation.

Pour chacune de ces situations, des micro-simulations ont été effectuées par des études de cas en relevant pas par pas le volume de trafic. Les données acquises ont permis, dans un premier temps, d'estimer par régression pour les trois types de route définis (ayant des sections aménagées différemment) des modèles linéaires avec comme variable dépendante la capacité et comme variables indépendantes la vitesse souhaitée et la situation de la circulation. Dans un deuxième temps, l'estimation des paramètres s'est effectuée pour les trois genres de fonctions susmentionnées par régression non linéaire pour chaque type de route, de niveau de vitesse souhaitée et de situation de circulation.

L'évaluation de l'adéquation des trois genres de fonction aboutit à recommander la fonction BPR pour les tronçons routiers urbains.

Pour l'application pratique de la fonction de résistance BPR dans les modèles de transport, l'étude fournit les bases nécessaires sous forme d'indications pour fixer chaque situation de circulation déterminante et pour estimer le niveau de la vitesse souhaitée à adopter. A cette occasion, il est aussi montré comment les situations de circulation peuvent être rassemblées en 2 à 3 groupes ce qui simplifie considérablement l'attribution des types de tronçon lors du codage d'un réseau.

Les paramètres  $\alpha$ - et  $\beta$  de la fonction BPR sont présentés dans un tableau aussi bien pour chacune des situations de circulation que pour leurs groupes séparément selon les types de route et les niveaux de vitesse souhaitée.

Ces résultats fournissent, pour la première fois en Suisse, des valeurs de paramètres empiriquement fondés de la fonction de résistance BPR<sup>1</sup> pour les tronçons routiers urbains typiques et les situations de circulation pris en compte ici. L'étude contribue ainsi à fondamentalement améliorer les résultats des modèles de transport en milieu urbain.

---

<sup>1</sup> Les paramètres ont également été estimés pour les fonctions de résistance Akçelik et coniques. Ils sont présentés dans le rapport.

## SUMMARY

Transportation models use capacity restraint functions for the modeling of mode and destination choice as well as for the traffic assignment step. Capacity restraint functions describe the relationship between traffic flow and speed (speed-flow-relationship) for a road network link. These functions have been derived mainly on highways outside urban areas. Disturbances of the traffic flow by factors typical for urban areas such as public transit stops, roadside parking, traffic leaving or entering the road section and pedestrian crossings are not taken into account adequately.

This study aims at filling this knowledge gap. With empirical surveys and traffic micro simulation using case studies the effects on traffic flow of the disturbance factors mentioned above are investigated for urban road sections outside the influence area (traffic backlogs) of junctions. The data generated by the micro simulation runs are used to estimate the parameters of the BPR-function, the Akçelik-function and the conical function for typical urban traffic situations.

Typical urban traffic situations are defined by levels of disturbances caused by public transit stops, roadside parking, traffic leaving or entering the road section and pedestrian crossings. Based on empirical evidence, 2 levels of disturbances (with/without) are used for the first two factors and 3 levels (weak, medium and strong) for the latter three factors. As a result, 36 different traffic situations can be defined.

Using case studies, micro simulations with step wise increased traffic flows were run for each traffic situation. As a first step, the generated data was used to estimate linear regression models for 3 road types (defined by the characteristics of their cross sections) with capacity as the dependent and free flow speeds and traffic situation characteristics as independent variables. As a second step, the parameters of the 3 types of capacity restraint functions mentioned above were estimated using nonlinear regression for each of the 3 defined road types, each of 3 levels of free flow speed and each traffic situation.

Performance checks of the models (the measures used were RMSE and Pearson's coefficient of correlation) revealed that for urban road sections of the 3 functions tested the BPR-function performs best.

The study makes recommendations regarding the practical use of the BPR-function in the context of transportation modeling and provides guidance for the choice of the appropriate traffic situation and level of free flow speed. It also shows the possibility to group traffic situations as a means to facilitate the task of network coding.

For the first time, the study provides parameters of the BPR-function for typical urban road sections in Switzerland based on empirical evidence. As such, the study contributes to the improvement of transportation modeling in the Swiss urban context.



# 1 EINLEITUNG

## 1.1 PROBLEMSTELLUNG

Verkehrsmodelle benötigen für die Abbildung der Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl Angaben zum "Widerstand" in einem Strassennetz, d.h. zum Zeitaufwand für die Zurücklegung der Strecke von einem Quell- zu einem Zielort. Wie die Automobilisten aus Erfahrung wissen, steigt dieser Widerstand mit der Verkehrsbelastung. Auf Autobahnen und Ausserorts-Strassen wird er durch weitere Faktoren wie die zulässige Höchstgeschwindigkeit, die Verkehrszusammensetzung (Schwerverkehrsanteil), die Steigung, die Kurvigkeit usw. beeinflusst. Die Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren und dem Widerstand sind verschiedentlich untersucht und als Widerstandsfunktionen (Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Funktionen) beschrieben worden (siehe z.B. HCM 2000 oder HBS 2001/2005).

Auf Innerorts-Strecken kommen verschiedene weitere Faktoren hinzu, welche die Reisegeschwindigkeit beeinflussen. Neben den Warte- und Verlustzeiten an Knoten sind es Störeinflüsse durch ÖV-Haltestellen, parkierende Fahrzeuge, Zu- und Wegfahrten bei angrenzenden Grundstücken und untergeordneten Strassenknoten, querende Fussgänger, Radfahrer usw. Die Wirkung dieser stadtverkehrstypischen Störeinflüsse auf den Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke und der Reisegeschwindigkeit ist bisher noch kaum empirisch untersucht worden.

## 1.2 AUFTRAG

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist die Schätzung der Parameter von Widerstandsfunktionen (Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Funktionen) für Innerortsstrecken, welche die oben genannten stadtverkehrstypischen Störeinflüsse berücksichtigen und welche in Verkehrsmodellen eingesetzt werden können. Nicht Gegenstand der Untersuchungen ist der Einfluss der Wartezeiten und Rückstaus an Knoten; dieser Aspekt soll gemäss dem SVI-Forschungsprogramm in einer separaten Studie untersucht werden.

Damit die Widerstandsfunktionen in Verkehrsmodellen verwendet werden können, müssen sie mathematisch definiert, so einfach wie möglich und bezüglich der Beschreibung typischer Innerorts-Situationen so umfassend wie nötig sein. Der anzustrebende Genauigkeitsgrad soll konsistent mit jenem der übrigen Komponenten von Verkehrsmodellen sein. Auch wenn die Modellansätze laufend verfeinert und verbessert werden, können sie immer nur eine Annäherung an die Wirklichkeit sein. Eine übertriebene Genauigkeit und Komplexität der Widerstandsfunktionen wäre angesichts dieser Tatsache nicht gerechtfertigt.

## 1.3 VORGEHEN UND AUFBAU DES BERICHTES

Das Vorgehen gliedert sich in die folgenden Arbeitsschritte:

- Literaturstudium, Einführung in die allgemeine Problemstellung und Beschreibung typischer und in der Praxis häufig verwendeter Widerstandsfunktions-Ansätze

- Typisierung der in der Schweiz üblicherweise vorkommenden Innerorts-Strassenabschnitte und Durchführung empirischer Erhebungen der Reisegeschwindigkeiten und der Intensitäten stadtverkehrstypischer Störeinflüsse an ausgewählten Fallbeispielen
- Mikrosimulation des Verkehrsablaufs an Fallbeispielen für unterschiedliche Verkehrssituationen – welche durch verschiedene Kombinationen von Intensitäten der einzelnen stadtverkehrstypischen Störeinflüsse charakterisiert sind – und in Schritten von 200 Fz/h zunehmenden Verkehrsbelastungen (von Null bis zur Kapazitätsgrenze)
- Modellschätzungen zur Beschreibung der Abhängigkeit der Kapazität eines Innerorts-Strassenabschnittes von der Wunschgeschwindigkeit und den stadtverkehrstypischen Störeinflüssen
- Schätzung der Parameter von drei ausgewählten Widerstandsfunktions-Ansätzen für die festgelegten Strassentypen, Wunschgeschwindigkeiten und Verkehrssituationen. Beurteilung der erreichten Modellgüte der drei Widerstandsfunktions-Ansätze und Empfehlung des für Innerorts-Strassenabschnitte am besten geeigneten Widerstandsfunktions-Ansatzes
- Zusammenstellung von Hinweisen für die Anwendung des empfohlenen Widerstandsfunktions-Ansatzes in der Praxis der Verkehrsmodellierung.

Das folgende Kapitel beschreibt die im Zusammenhang mit Widerstandsfunktionen häufig verwendeten Begriffe und gibt eine Einführung in die allgemeine Problematik der in Verkehrsmodellen verwendeten Widerstandsfunktionen. Drei in der Praxis häufig verwendete Widerstandsfunktions-Ansätze (BPR-Funktion, konische Funktion und Akçelik-Funktion) werden im Detail vorgestellt und beschrieben. Das 3. Kapitel ist den als Grundlage für die vorliegende Studie durchgeführten empirischen Erhebungen gewidmet. In einem ersten Schritt werden die in der Schweiz üblicherweise vorkommenden Innerorts-Strassenabschnitte typisiert; es zeigt sich, dass die Unterscheidung von 3 Strassentypen ausreichend ist. Sodann werden die an 9 Fallbeispielen<sup>1</sup> durchgeführten Erhebungen und deren Resultate beschrieben. Im 4. Kapitel werden die Kalibration der Verkehrsmikrosimulations-Modelle und die Durchführung der Simulationen beschrieben sowie die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. Die Abhängigkeiten der Kapazität eines Innerorts-Strassenabschnittes von dessen Querschnitt, der Wunschgeschwindigkeit und der Intensität der stadtverkehrstypischen Störeinflüsse werden in Kapitel 5 untersucht und mit linearen Regressionsmodellen nachgebildet. Letztere bilden eine wichtige Grundlage für die im ersten Teil von Kapitel 6 beschriebenen Parameterschätzungen der BPR-, der Akçelik- und der konischen Widerstandsfunktionen. Der zweite Teil des Kapitels 6 ist der Beurteilung der Modellgüte der geschätzten Funktionen sowie der Diskussion der beim Umlegungsschritt konventioneller Verkehrsmodelle oft auftretenden Situation mit Verkehrsbelastungen über der Kapazitätsgrenze gewidmet. Im 7. Kapitel werden Empfehlungen für die Anwendung der Widerstandsfunktionen in der Praxis zusammengestellt und das 8. Kapitel enthält die Schlussfolgerungen und die Hinweise zum weiteren Forschungsbedarf.

---

<sup>1</sup> Da bei jedem Fallbeispiel beide Fahrtrichtungen getrennt erhoben wurden handelt es sich eigentlich um 18 Fallbeispiele.

## 2 WIDERSTANDSFUNKTIONEN

### 2.1 EINLEITUNG

Wie einleitend erwähnt, geht es in dieser Forschungsarbeit um die Untersuchung der Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Funktionen, im Folgenden auch als  $q/v$ -Funktionen oder Widerstandsfunktionen bezeichnet, für Innerorts-Streckenabschnitte. Als Erstes sollen die Begriffe "Verkehrsstärke" und "Geschwindigkeit", wie sie in dieser Arbeit verwendet werden, festgelegt werden.

#### 2.1.1 Verkehrsstärke, Kapazität

Es ist zwischen querschnitt- und streckenbezogenen Verkehrsstärken (resp. Verkehrsbelastungen) zu unterscheiden. Während die querschnittbezogene Verkehrsstärke die Anzahl Fahrzeuge bezeichnet, welche einen Querschnitt im Zeitabschnitt zwischen  $t_n$  und  $t_{n+1}$  (Länge des Zeitabschnittes  $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ ) passiert, handelt es sich bei der streckenbezogenen Verkehrsstärke um die Anzahl Fahrzeuge, welche einen Streckenabschnitt im Zeitabschnitt  $\Delta t$  durchfährt.

Die Kapazität  $C$  eines Streckenabschnittes ist die maximale Anzahl Fahrzeuge, welche diesen bei einer gegebenen Situation pro Zeiteinheit  $\Delta t$  (z.B. 1 Stunde) durchfahren kann.

Bei konstantem Zufluss  $q_{\text{ein}} < C$  (stationäre Situation) sind für einen bestimmten Streckenabschnitt die querschnitt- und die streckenbezogene Verkehrsbelastung identisch und es gilt:  $q_{\text{ein}} = q_{\text{aus}}$ . Erreicht oder übersteigt die Verkehrsnachfrage  $q_{\text{ein}}$  die Kapazität  $C$  gilt  $q_{\text{aus}} \leq C$ . Ist der Streckenabschnitt vollgestaut, sinkt  $q_{\text{ein}}$  auf den Wert  $C$ . Vor dem Streckenabschnitt staut sich der Verkehr. Ohne Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit der Verkehrsnachfrage würde der Rückstau theoretisch unendlich lang. In Wirklichkeit ist aber die Verkehrsnachfrage zeitabhängig und auf Spitzenverkehrszeiten folgen Perioden mit weniger Verkehr, während welchen der Stau wieder abgebaut wird. Die Zeitabhängigkeit der Verkehrsnachfrage ist ein wichtiger Aspekt bei der Diskussion von  $q/v$ -Funktionen, auf welchen weiter unten eingegangen wird.

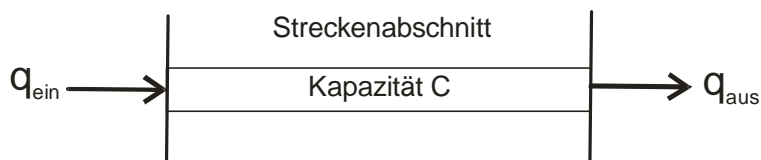


Abbildung 1: Verkehrsstärken an einem Strassenabschnitt

### 2.1.2 Geschwindigkeitsbegriffe

Die Definitionen oft verwendeter Geschwindigkeitsbegriffe sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Dabei wird nach den folgenden drei Kategorien unterschieden (Hauger, 1996):

- Geschwindigkeitsbegriffe zur Beschreibung des Verkehrsablaufes
- Querschnittbezogene Geschwindigkeitsbegriffe
- Streckenbezogene Geschwindigkeitsbegriffe

Tabelle 1: Geschwindigkeitsbegriffe zur Beschreibung des Verkehrsablaufes

Begriff	Definition
Freie Geschwindigkeit	Von anderen Fahrzeugen unbeeinflusste Geschwindigkeit eines Fahrzeuges
Gebundene Geschwindigkeit	Von anderen Fahrzeugen beeinflusste Geschwindigkeit eines Fahrzeuges

Tabelle 2: Querschnittbezogene Geschwindigkeitsbegriffe

Begriff	Definition
Lokale Geschwindigkeit	Geschwindigkeit eines Fahrzeuges an einem bestimmten Fahrbahnquerschnitt
Mittlere Geschwindigkeit $V_{\emptyset}$	Arithmetisches Mittel der lokalen Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge
$V_{50}, V_{85}$	Geschwindigkeit, welche von 50% resp. 85% der Fahrzeuge nicht überschritten wird
Momentane Geschwindigkeit	Geschwindigkeit eines Fahrzeuges zu einem bestimmten Zeitpunkt

Tabelle 3: Streckenbezogene Geschwindigkeitsbegriffe

Begriff	Definition
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	Durch Signalisation oder Verkehrsvorschriften beschränkte Geschwindigkeit
Reisegeschwindigkeit	Quotient aus der Länge der zurückgelegten Strecke und der dazu benötigten Zeit, einschliesslich Wartezeiten infolge Stau, Störeinflüssen, Lichtsignalen usw.
$V_0$ mittlere freie Reisegeschwindigkeit = <b>Wunschgeschwindigkeit</b>	Vom Strassen- und Umfeldtyp abhängiges arithmetisches Mittel der freien Reisegeschwindigkeiten aller Fahrzeuge, welche eine Strecke durchfahren
$V_m$ mittlere gebundene Reisegeschwindigkeit	Vom Strassen- und Umfeldtyp abhängiges arithmetisches Mittel der gebundenen Reisegeschwindigkeiten aller Fahrzeuge, welche eine Strecke durchfahren
$V_c$ mittlere Reisegeschwindigkeit bei Erreichen der Kapazität	Vom Strassen- und Umfeldtyp abhängiges arithmetisches Mittel der Reisegeschwindigkeiten aller Fahrzeuge, welche eine Strecke bei Erreichen der Kapazität C durchfahren

Im Zusammenhang mit  $q/v$ -Funktionen sind vor allem die letzten 3 Geschwindigkeitsbegriffe in Tabelle 3, also  $V_0$ ,  $V_m$  und  $V_C$  von Bedeutung. Die Reisegeschwindigkeit definieren wir hier als den Quotienten aus der Länge des betrachteten Streckenabschnittes und der zu dessen Durchquerung benötigten Zeit  $T$  (Summe der Fahr-, Verlust- und Wartezeiten = Reisezeit)<sup>1</sup>.

### 2.1.3 Grundsätzliches zu den Widerstandsfunktionen

Bei freiem Verkehrsfluss, ohne gegenseitige Beeinflussungen zwischen einzelnen Fahrzeugen, beträgt die mittlere Reisegeschwindigkeit auf dem betrachteten Streckenabschnitt  $V_0$  und die mittlere Reisezeit  $T_0$ . Wie die folgende Abbildung illustriert, steigt mit zunehmendem Verkehr wegen der gegenseitigen Beeinflussung zwischen den Fahrzeugen die mittlere Reisezeit  $T_m$  theoretisch, d.h. im stationären Fall mit zeitunabhängiger Nachfrage (Betrachtungsperiode  $T_f = \infty$ ), gegen  $\infty$ , je näher sich die Belastung  $q$  der Kapazitätsgrenze  $C$  nähert. Bei Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit der Nachfrage, d.h. für Betrachtungsperioden  $T_f$  von z.B.  $\frac{1}{4}$  h,  $\frac{1}{2}$  h oder 1 h, wird für den Bereich  $q > C$  von deterministischen Reisezeit-Modellen mit linearer Abhängigkeit zwischen der Belastung und der Reisezeit ausgegangen (siehe z.B. Webster, 1961, Singh, 1999 und Cheng, 2003).

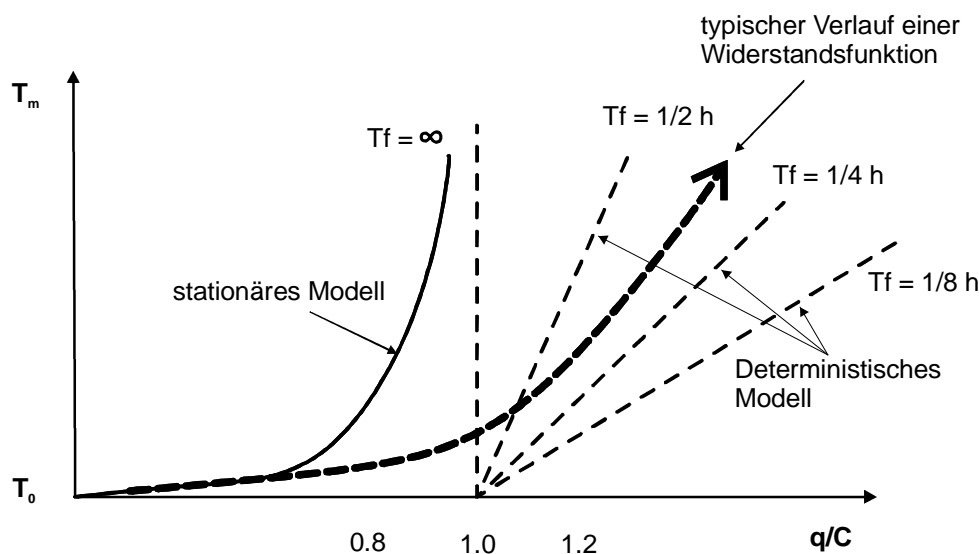


Abbildung 2: Illustration des Webster-Modelles und des typischen Verlaufs einer in Verkehrsmodellen benutzten Widerstandsfunktion

Die Widerstandsfunktionen beschreiben die Abhängigkeit der mittleren gebundenen Reisegeschwindigkeit ( $V_m$ ) resp. der mittleren Reisezeit ( $T_m$ ) auf einem Strassenabschnitt, für welchen die mittlere freie Reisegeschwindigkeit ( $V_0$ ) resp. die Reisezeit ( $T_0$ ) und die Kapazität ( $C$ ) bekannt sind, von der aktuellen Verkehrsbelastung ( $q$ ). In allgemeiner Schreibweise wird die Widerstandsfunktion mit

<sup>1</sup> Friedrich und Galster (2008) definieren die Reise- resp. Beförderungsgeschwindigkeit allgemeiner als Quotienten aus der Länge der zurückgelegten Tür-zu-Tür-Strecke und der dazu benötigten Tür-zu-Tür-Reisezeit, einschliesslich sämtlicher Zugangs-, Abgangs- und Umsteigezeiten.

$$f(q/C) \tag{1}$$

bezeichnet und es gilt:

$$T_m = T_0 \cdot f(q/C) \text{ resp. } V_m = V_0 / f(q/C) \tag{2}$$

mit

$q$  = aktuelle Verkehrsbelastung auf dem Strassenabschnitt

$C$  = Kapazität des Strassenabschnittes

$T_0$  resp.  $T_m$  = Reisezeit bei freiem resp. bei gebundenem Verkehrsfluss

$V_0$  resp.  $V_m$  = Reisegeschwindigkeit bei freiem resp. bei gebundenem Verkehrsfluss

Weil bei den üblicherweise angewendeten Gleichgewichtsumlegungen, insbesondere bei den ersten Iterationsschritten,  $q/C$ -Werte  $> 1$  (oft  $>3$ ) auftreten, muss die Widerstandsfunktion für die Verwendung in einem Verkehrsmodell auch Werte im "Überkapazitätsbereich" liefern. Als weitere Bedingung gilt, dass sie monoton fallend (für  $V_m$ ) resp. steigend (für  $T_m$ ) sein muss. Die "Kunst" besteht vor allem darin, einen möglichst realitätsnahen Verlauf im Bereich der Kapazitätsgrenze ( $q/C = 1$ ) zu finden. Ansätze dazu werden im Folgenden am Beispiel von 3 typischen und in der Verkehrsmodell-Praxis oft verwendeten Grundformen von Widerstandsfunktionen beschrieben.

## 2.2 BEISPIELE BEKANNTER WIDERSTANDSFUNKTIONEN

In der Verkehrsplanung wird eine Vielzahl verschiedener Widerstandsfunktionen verwendet. Oft handelt es sich um von Planungsbehörden für ihr Verkehrsmodell vorgenommene Modifikationen der unten beschriebenen "Grundformen" (BPR-Funktion, Akçelik-Funktion und konische Funktion). Verschiedene der in der Praxis angewendeten Funktionen berücksichtigen neben dem Widerstand auf der Strecke auch die Verlustzeiten an den Knoten. Eine Zusammenstellung von in den USA benutzten Widerstandsfunktionen findet sich z.B. in Pai & Weinberger (2004) und in Singh (1999).

Wir beschränken uns hier auf die Darstellung der am häufigsten verwendeten Widerstandsfunktionen für Streckenabschnitte zwischen Hauptknoten<sup>1</sup>, ausserhalb von deren Einflussbereich.

### 2.2.1 BPR-Funktion

Die wohl bekannteste, u.a. auch im nationalen Personen-Verkehrsmodell (ARE, 2006) verwendete, Widerstandsfunktion ist die BPR-Funktion (Bureau of Public Roads, 1964), welche die folgende Form hat:

<sup>1</sup> Hauptknoten = Knotenpunkt, durch welchen der Verkehrsablauf auf dem betrachteten Strassenabschnitt wesentlich beeinflusst wird; er liegt ausserhalb des Abschnittes  
Nebenknoten = Knotenpunkt, durch welchen der Verkehrsablauf auf dem betrachteten Strassenabschnitt nicht wesentlich beeinflusst wird; er liegt innerhalb des Abschnittes

$$f(q/C) = \left[ 1 + \alpha (q/C)^\beta \right] \quad (3)$$

mit

- $q$  = Verkehrsbelastung auf dem Strassenabschnitt (Fz/h)  
 $C$  = Kapazität des Strassenabschnittes (Fz/h)  
 $\alpha, \beta$  = Parameter, welche den Kurvenverlauf bestimmen

Die folgenden Abbildungen zeigen als Beispiele für den Fall  $V_0 = 50$  km/h den Verlauf der BPR-Widerstandsfunktion für  $\alpha$ -Werte von 0.5 und 1 sowie für  $\beta$ -Werte von 2, 6 und 12. In der Abbildung 3 ist die mit zunehmender Auslastung des Streckenabschnittes abnehmende mittlere Geschwindigkeit ( $V_m$ ), in den Abbildungen 4 und 5 die entsprechende Zunahme der mittleren Reisezeit ( $T_m$ ) dargestellt.

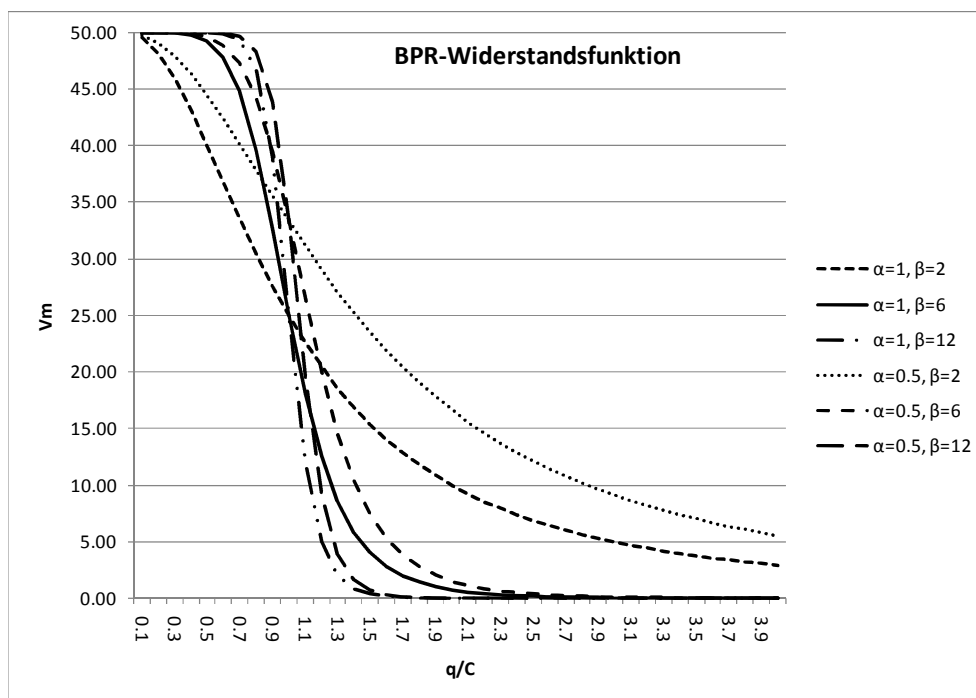


Abbildung 3: BPR-Widerstandsfunktion; Abnahme von  $V_m$  (in km/h) mit zunehmender Auslastung

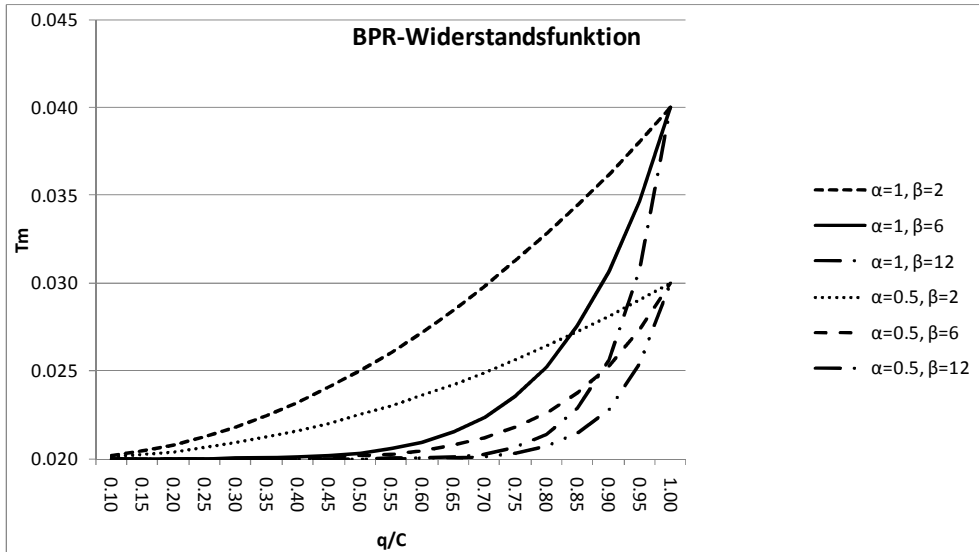


Abbildung 4: BPR-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (Bereich bis zur Kapazitätsgrenze)

Es ist ersichtlich, dass bei der BPR-Funktion für  $\alpha = 1$  bei Erreichen der Kapazität ( $q/C = 1$ ) unabhängig vom  $\beta$ -Wert gilt:  $T_m = 2 \cdot T_0$  resp.  $V_m = V_0/2$ .

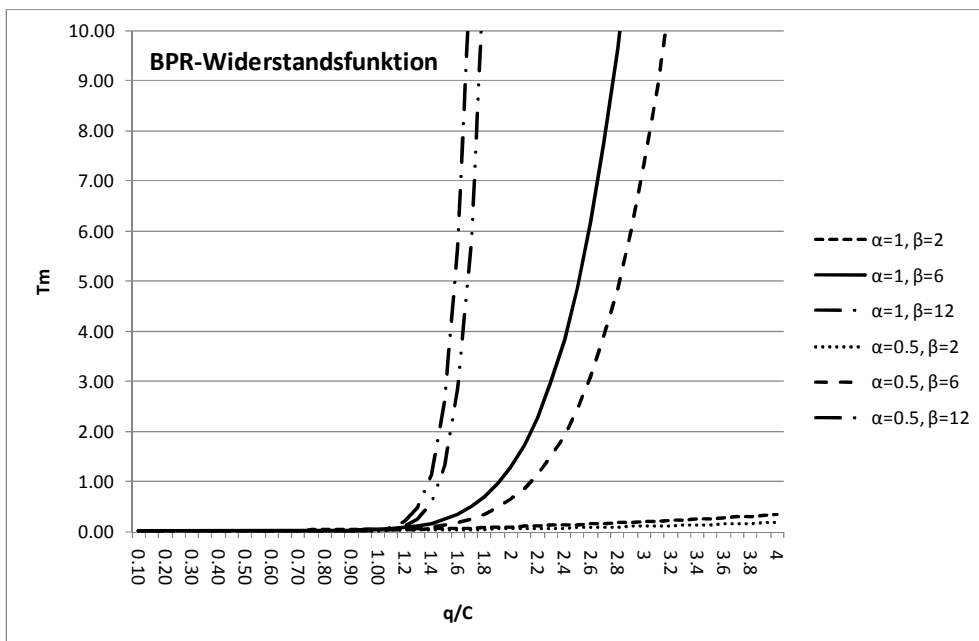


Abbildung 5: BPR-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (inkl. Bereich über der Kapazitätsgrenze)

Dank ihrer einfachen Form wird die BPR-Funktion sehr oft verwendet. Für grössere  $\beta$ -Werte weist sie aber ungünstige Eigenschaften auf:

- Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Kurve für  $\beta = 6$  und noch ausgeprägter für  $\beta = 12$  sehr lange nahezu horizontal verläuft. Dies ist bei einer Gleichgewichts-Umlegung problematisch, da sie in diesem Bereich zu einer "Alles-oder-Nichts"-Umlegung degeneriert, bei welcher die kleinste Änderung der Reisezeit zu einer kompletten Verlagerung der Verkehrsmengen von einer Route auf eine andere führt.

- Abbildung 5 zeigt auf der anderen Seite, dass im Überkapazitätsbereich ( $q/C > 1$ ) bei hohen  $\beta$ -Werten die Kurve steil ansteigt. So ergibt sich z.B. bei  $q/C = 2$  (ein Wert, welcher bei den ersten Umlegungsiterationen ohne weiteres auftreten resp. überschritten werden kann) für  $\beta = 6$  eine um den Faktor 65, für  $\beta = 12$  sogar eine um den Faktor 4'097 grössere Reisezeit als  $T_0$ . Diese unrealistischen Werte haben eine erhebliche Verlangsamung des Konvergenzprozesses bei Gleichgewichtsumlegungen und evtl. eine Genauigkeitseinbusse zur Folge.

### 2.2.2 Akçelik-Funktion

Akçelik (1991, 2000) schlägt als Weiterentwicklung einer früher von Davidson (1966, 1978) für die Anwendung in Umlegungsmodellen "empirisch" ermittelten Funktion die folgende Widerstandsfunktion vor:

$$f(q/C) = (1 + 0.25 * V_0 * T_f) \left[ \left( \frac{q}{C} - 1 \right) + \sqrt{\left( \frac{q}{C} - 1 \right)^2 + 8\alpha \frac{q/C}{C * T_f}} \right] \quad (4)$$

mit

- $\alpha$  = Parameter
- $q$  = Verkehrsbelastung des Strassenabschnittes
- $C$  = Kapazität des Strassenabschnittes
- $T_f$  = betrachtete Zeitperiode, z.B. 1 Std.

Der Verlauf der Akçelik-Funktion ist, wiederum am Beispiel von  $V_0 = 50$  km/h, für verschiedene  $\alpha$ -Parameter in den folgenden Abbildungen dargestellt.

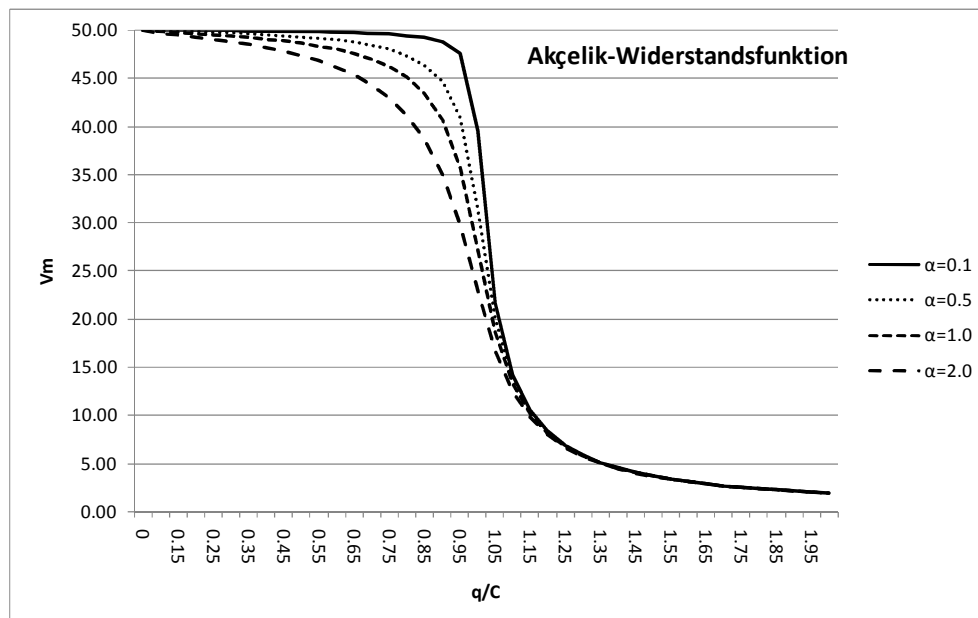


Abbildung 6: Akçelik-Widerstandsfunktion; Abnahme von  $V_m$  (in km/h) mit zunehmender Auslastung

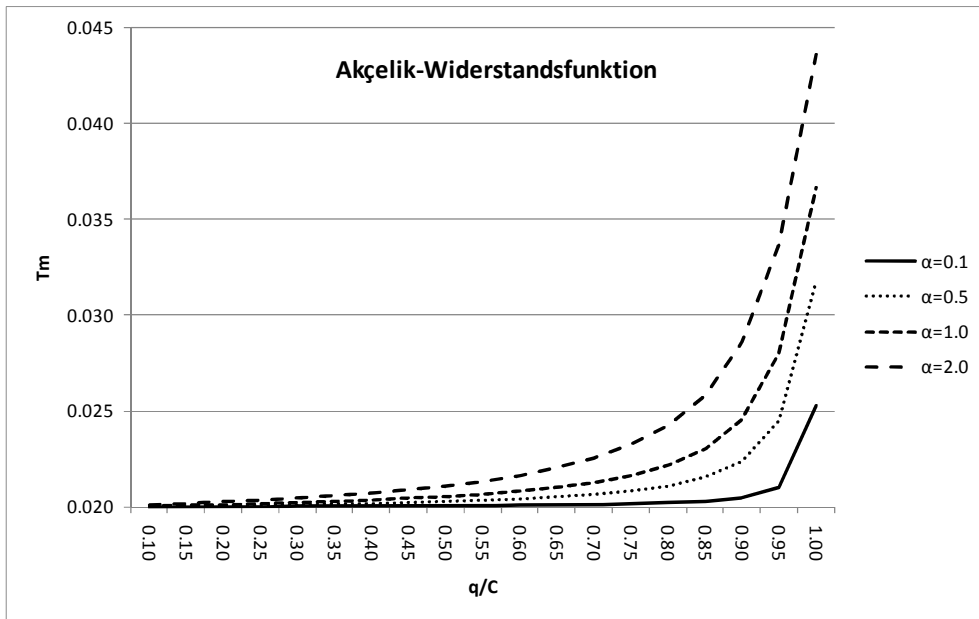


Abbildung 7: Akçelik-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (Bereich bis zur Kapazitätsgrenze)

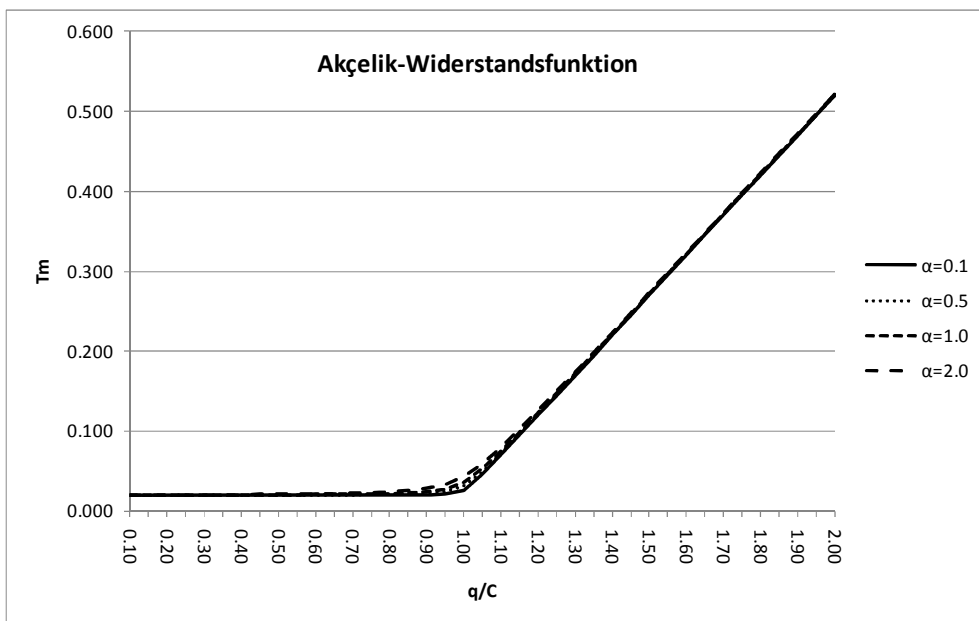


Abbildung 8: Akçelik-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (inkl. Bereich über der Kapazitätsgrenze)

Die Akçelik-Funktion hat für kleine Werte des  $\alpha$ -Parameters im Bereich unterhalb der Sättigungsgrenze ( $q/C < 1$ ) wie die BPR-Funktion das Problem eines nahezu horizontalen Kurvenverlaufs. Oberhalb der Sättigungsgrenze ( $q/C > 1$ ) weist sie aber den gewünschten linearen Verlauf auf und die Geschwindigkeiten  $V_m$  resp. die Reisezeiten  $T_m$  werden für alle  $\alpha$ -Werte praktisch identisch.

### 2.2.3 Konische Funktion

Die konische Funktion ist eine von Spiess (1990) entwickelte "Designer"-Widerstandsfunktion, d.h. sie basiert nicht auf empirisch erhobenen Werten. Ziel der Entwicklung war, gewisse Eigenschaften der BPR-Funktion zu erhalten (z.B. soll bei Erreichen der Sättigungsgrenze ( $q/C = 1$ ) die Geschwindigkeit  $V_m$  halb so gross wie  $V_0$  resp. die Reisezeit  $T_m$  doppelt so gross wie  $T_0$  sein) und die ungünstigen Eigenschaften (siehe 2.2.1) zu beheben. Die gefundene Funktion lautet:

$$f(q/C) = \left\{ 2 + \left[ \alpha^2 \left( 1 - \frac{q}{C} \right)^2 + \left( \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2} \right)^2 \right]^{-0.5} - \alpha \left( 1 - \frac{q}{C} \right) - \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2} \right\} \quad (5)$$

mit

- $\alpha$  = Parameter (Bedingung:  $\alpha > 1$ )
- $q$  = Verkehrsbelastung des Strassenabschnittes
- $C$  = Kapazität des Strassenabschnittes

Der Verlauf der konischen Funktion ist, wiederum am Beispiel von  $V_0 = 50$  km/h, in den folgenden Abbildungen dargestellt.

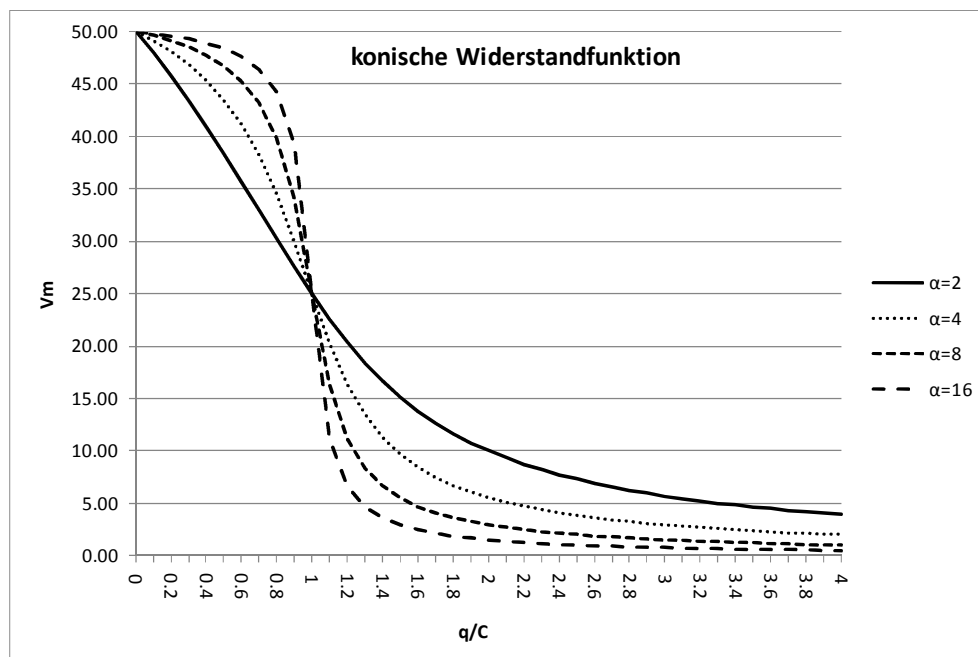


Abbildung 9: Konische Widerstandsfunktion; Abnahme von  $V_m$  (in km/h) mit zunehmender Auslastung

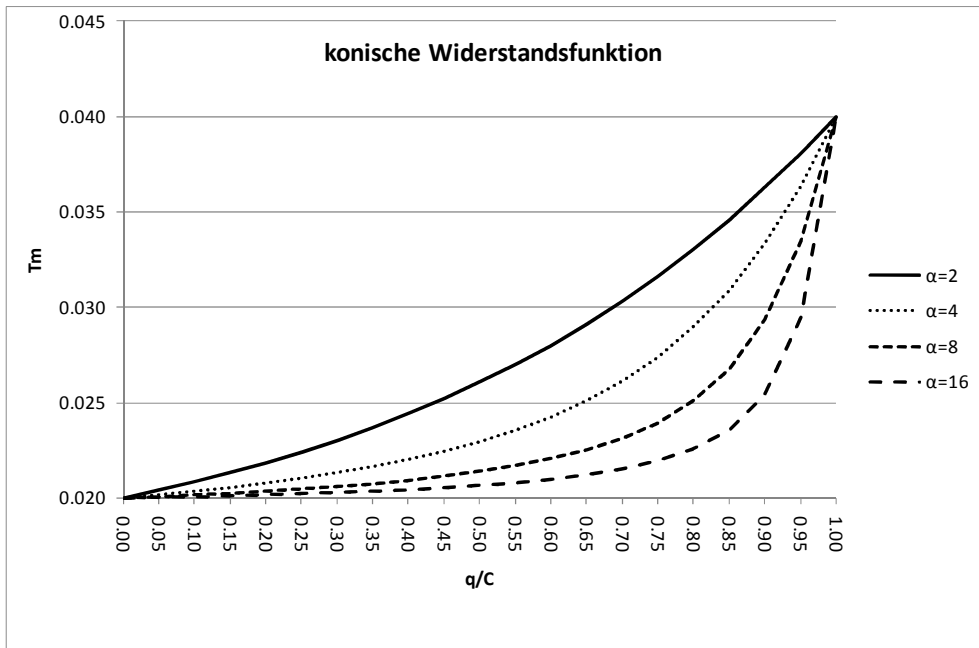


Abbildung 10: Konische-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (Bereich bis zur Kapazitätsgrenze)

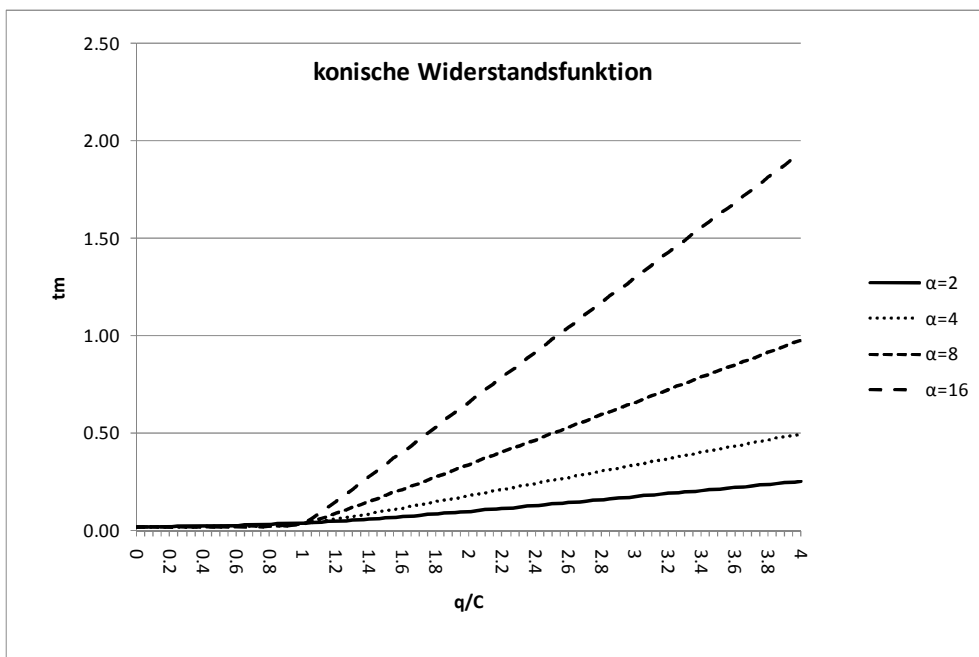


Abbildung 11: Konische-Widerstandsfunktion; Zunahme der mittleren Reisezeit  $T_m$  (in Std.) mit zunehmender Auslastung (inkl. Bereich über der Kapazitätsgrenze)

Die konische Widerstandsfunktion weist, wie die Abbildungen 9, 10 und 11 zeigen, die gewünschten Eigenschaften auf (Spiess, 1990):

- $V_m$  ist monoton fallend,  $T_m$  monoton steigend mit zunehmender Belastung resp. zunehmendem Faktor  $q/C$
- $f'(q/C)$  existiert und ist monoton steigend
- $f'(q/C) < M \alpha$ , wobei  $M$  eine positive Konstante ist. Die Steigung der Kurve ist also limitiert. Im Bereich über der Kapazitätsgrenze treten damit im Gegensatz zur BPR-

Funktion in der Regel (für die in der Praxis vorkommenden Werte von  $q/C$ ) keine gegen  $\infty$  strebenden Werte von  $T_m$  auf

- $f'(0) > 0$ . d.h. der Kurvenverlauf ist auch für kleine Werte von  $q/C$  steigend und nicht praktisch horizontal wie bei der BPR-Funktion (und der Akçelik-Funktion für kleine  $\alpha$ -Werte).

### 2.3 HEUTIGE PRAXIS BEI DER ANWENDUNG VON WIDERSTANDSFUNKTIONEN

Im Ausland ist es gängige Praxis, neben den Linktypen auch Gebietstypen zu unterscheiden. Für die Definition der Gebietstypen dienen Einwohner- und Arbeitsplatzdichten. Mit dieser Methode kann mindestens grob auch das Mass stadtverkehrstypischer Störeinflüsse berücksichtigt werden. In Atlanta beispielsweise werden 7 Gebietstypen definiert (Rousseau, 2008). In der durch die Link- und Gebietstypen gebildeten Matrix wird jeder Zelle die Kapazität  $C$  und die Geschwindigkeit  $V_0$  zugeordnet. Diese Matrix dient dann bei der Umlegung als Nachschlagetabelle, aus welcher für jeden Link die Werte für  $C$  und  $V_0$  herausgelesen und in die Widerstandsfunktion des jeweiligen Links eingesetzt werden.

Als Widerstandsfunktionen gelangen neben den oben beschriebenen "Grundformen" auch Modifikationen derselben zum Einsatz. Die Wahl der Parameter beruht in der Regel auf Erfahrungen, Messungen oder Simulations-Ergebnissen. Sie werden in oft umfangreichen Kalibrations- und Validationsprozessen überprüft und angepasst.

In der Schweiz ist neben der konischen Widerstandsfunktion der Einsatz der BPR-Widerstandsfunktion weit verbreitet. Die Praxis beschränkt sich in der Regel auf die Definition von Linktypen, denen Kapazitäten  $C$ , die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  und Werte für die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  zugewiesen werden. Die angenommenen Kapazitäten basieren auf Erfahrungswerten resp. auf den in den VSS-Normen angegebenen Leistungsfähigkeiten. Für die mittlere freie Reisegeschwindigkeit werden die zulässige Höchstgeschwindigkeit oder die Ergebnisse von Reisezeitmessungen verwendet. Eine stringente Herleitung oder Begründung der verwendeten Parameter für die Widerstandsfunktionen sowie deren Kalibration und Validation fehlen vielfach. Beispiele, in denen die besonderen Verhältnisse auf Innerortsstrecken mit Störeinflüssen durch Parkierungsvorgänge, Erschliessungsfunktionen, Fussgänger usw. explizit berücksichtigt wurden, sind nicht bekannt.

## 3 EMPIRISCHE ERHEBUNGEN

### 3.1 EINLEITUNG

Als Grundlage für die Kalibration der durchzuführenden Mikrosimulationen von typischen Verkehrssituationen auf Innerortsstrecken wurden mit empirischen Erhebungen die Auswirkungen der folgenden Störeinflüsse auf die Reisegeschwindigkeit  $V_m$  ermittelt:

- Parkierungsvorgänge (Längs-, Senkrecht- und Schrägparkierung)
- ÖV-Haltestellen auf der Fahrbahn, Überholen möglich/nicht möglich
- Querende Fussgänger (FG-Streifen mit/ohne Mittelinsel, mit/ohne Lichtsignalsteuerung)
- Erschliessungsfunktionen wie Ein- und Ausfahrten von angrenzenden Grundstücken und an Nebenknoten<sup>1</sup>

Die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  (Definition gemäss Tabelle 3) sowie die Wirkung der verschiedenen Störeinflüsse auf die Kapazität und die Geschwindigkeit  $V_m$  hängen von der jeweiligen Strassen-/Umfeldsituation ab (Hauger, 1996, Dietiker, 2009). Im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit der zu erstellenden Widerstandsfunktionen war es nötig, eine sinnvolle Typisierung dieser Strassen-/Umfeldsituationen (Strassentypen) zu erstellen und für jeden festgelegten Strassentyp geeignete Fallbeispiele für die empirischen Erhebungen zu finden.

Es wurden typische Innerorts-Streckenabschnitte gesucht, welche (aus messtechnischen Gründen) mindestens 500 m lang sind, ein gewisses Mass der oben genannten Störeinflüsse sowie eine grössere Verkehrsbelastung ( $DTV > 5'000$  Fz/Tag) aufweisen und ausserhalb des Rückstaubereiches von Hauptknoten liegen.

### 3.2 STRASSEN-/UMFELDSITUATIONEN IM INNERORTSBEREICH

Grundsätzlich sind Klassifikationen nach Strassenquerschnitt, Strassenfunktion und Gebietstypen möglich. Mögliche Klassifikationsmerkmale sind unten aufgeführt.

#### 3.2.1 Klassifikation nach Strassenquerschnitt

- Anzahl Fahrstreifen pro Richtung
- Fahrbahnbreite, Fahrstreifenbreite
- mit/ohne Abbiegespuren
- mit/ohne Mittelstreifen
- mit ohne Fussgängerschutzinsel
- usw.

---

<sup>1</sup> Situationen mit relevanten Störeinflüssen durch Anlieferungen mit auf der Fahrbahn abgestellten Fahrzeugen konnten keine beobachtet werden.

### 3.2.2 Klassifikation nach der Strassenfunktion

#### a) Aufenthaltsfunktion

Aktivitäten, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Umfeldnutzung stehen, wie z.B. Verweilen, Einkaufen und Bummeln, Sitzen in Strassencafés, Spielen von Kindern sind wesentliche Aspekte der Umfeldnutzung. Die Ansprüche der Fussgänger und Anwohner stehen im Vordergrund.

#### b) Erschliessungsfunktion

Die Strasse gewährleistet primär die Zugänglichkeit zu den einzelnen Grundstücken.

#### c) Verbindungsfunktion

Es werden die folgenden Verbindungsfunktionsstufen unterschieden (Hauger, 1996):

- grossräumige Strassenverbindung
- überregionale, regionale Strassenverbindung
- zwischengemeindliche Strassenverbindung
- flächenerschliessende Strassenverbindung
- untergeordnete Strassenverbindung
- Wegeverbindung

#### d) Überlagerungen

In bebauten Innerortsgebieten existieren die drei Funktionen selten trennscharf, sondern überlagert.

Die Strassenfunktionen können sich tageszeitlich ändern (während Geschäftszeiten stehen die Aufenthalts- und Erschliessungsfunktion im Vordergrund, ausserhalb derselben dominiert die Verbindungsfunktion).

### 3.2.3 Klassifikation nach Gebietstypen

(nach Hauger, 1996)

#### a) Grossstadt

- Stadtkerngebiet
- Stadtkernnahe Altbaugelände
- Stadtrandgebiete

#### b) Kleinstadt/Mittelstadt

- Zentrum und zentrumsnahe Wohngebiete
- Wohngebiete in Randlage (Vorstadt)

#### c) Dörfliches Gebiet

- Ortsdurchfahrt

#### **d) Industrie- und Gewerbegebiet**

- Meist zusammenhängende Baugebiete mit monofunktionaler Nutzung, häufig periphere Lage

Hauger (1996) hat weitere städtebauliche und verkehrliche Kriterien für die Klassifikation von Strassen zusammengestellt. Diese sind im Anhang 1 beigefügt.

### **3.3 GEWÄHLTE TYPISIERUNG DER INNERORTSSTRASSEN**

Die oben genannten Störeinflüsse (durch ÖV, Parkieren, Erschliessungsfunktionen und Fussgänger) sind primär eine Folge der jeweiligen Strassenfunktion und des Gebietstyps. Da in der vorliegenden Arbeit diese Störeinflüsse direkt betrachtet werden, stehen für die hier vorzunehmende Typisierung der Innerortsstrecken diese beiden Klassifikationsmerkmale nicht im Vordergrund; von Interesse ist die Strassengeometrie.

Bei der Sichtung der in der Schweiz vorkommenden typischen Innerortsstrecken (welche die genannten stadtverkehrstypischen Störeinflüsse aufweisen) und der Suche nach geeigneten Fallbeispielen (siehe das nächste Kapitel) wurde eine gezielte Besichtigung und eine Umfrage bei Städten und grösseren Gemeinden durchgeführt. Es wurden Gemeindevertreter angeschrieben und gebeten, der Forschungsstelle Beispiele von typischen Innerortsstrecken zu melden, welche sich allenfalls auch als Fallbeispiele eignen würden (der verwendete Fragebogen ist im Anhang 1 beigefügt). Angefragt wurden 49 Städte/Gemeinden, von denen sich 23 an der Umfrage beteiligten. Die als Fallbeispiele in Betracht gezogenen Strassenabschnitte wurden schliesslich vor Ort hinsichtlich ihrer Eignung geprüft.

Es hat sich gezeigt, dass es sich in der Schweiz bei den meisten Innerortsstrecken, welche massgebliche Störeinflüsse im oben genannten Sinn aufweisen, um 2-spurige Strassen mit normal breiten Fahrstreifen (Fahrstreifenbreite  $< 4.5\text{m}$ ) handelt. Seltener sind 2-spurige Strassen mit überbreiten Fahrstreifen (Fahrstreifenbreite  $> 4.5\text{m}$ ) oder mit Linksabbiegespuren sowie Strassen mit einem Mehrzweckstreifen in der Mitte. Innerorts-Strassen mit 2 Fahrspuren pro Richtung ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten, auf denen massgebliche stadtverkehrstypische Störeinflüsse vorhanden sind, sind sehr selten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde für die vorliegende Arbeit nur Innerortsstrassen mit je 1 Fahrspur pro Richtung berücksichtigt, welche den folgenden 3 Typen zugeordnet wurden:

- Strassentyp 1: Normalbreite Fahrspur ( $< 4.5\text{m}$ ), mit/ohne Tram
- Strassentyp 2: Überbreite Fahrspur ( $> 4.5\text{m}$ ) oder mit Linksabbiegespuren
- Strassentyp 3: Mit Mehrzweckstreifen in der Mitte

### 3.4 FALLBEISPIELE

Die Wahl der Fallbeispiele erfolgte aufgrund folgender Kriterien:

- Zugehörigkeit zu einem der gewählten Strassentypen
- Erhebliches Ausmass der stadtverkehrstypischen Störeinflüsse
- Art der Störeinflüsse
- Höhe der Verkehrsbelastung (DTV > 5'000 Fz/Tag)
- Geographische Lage
- Eignung für eine Videobeobachtung des ganzen Strassenabschnitts und Geschwindigkeitsmessungen an einem Querschnitt

Insgesamt konnten 9 als Fallbeispiele geeignete Strassenabschnitte gefunden werden, welche sich wie folgt auf die Strassentypen aufteilen:

- Strassentyp 1: 6 Fallbeispiele
- Strassentyp 2: 2 Fallbeispiele
- Strassentyp 3: 1 Fallbeispiel

Die gewählten Fallbeispiele sind im Anhang 1 dokumentiert und in der folgenden Tabelle charakterisiert:

Tabelle 4: Charakterisierung der Fallbeispiele

Fallbeispiel	Strassentyp	Störeinflüsse <sup>1</sup>			
		Fussgänger	ÖV	Erschliessungs-funktion	Parkierung
Frauenfeld Zürcherstrasse	1	mittel	klein	mittel	keine
Biel Bözingenstrasse	1	klein	klein	mittel	klein
Wattwil Poststrasse	1	gross	keine	klein	gross
Basel Güterstrasse	1 (mit Tram)	gross	gross	mittel	gross
Binningen Hauptstrasse	1 (mit Tram)	gross	gross	mittel	gross
Steckborn Seestrasse	1	mittel	keine	klein	mittel
Vevey Avenue Nestlé	2	gross	keine	mittel	mittel
St. Gallen St. Jakobstrasse	2	mittel	klein	klein	klein
Zollikofen, Bernstrasse	3	gross	mittel	gross	gross

<sup>1</sup> Hier handelt es sich um erste Einschätzungen der Situation vor der eigentlichen Erhebung

### **3.5 DURCHFÜHRUNG DER ERHEBUNGEN**

Die Messungen erfolgten jeweils an einem Werktag während eines Halbtages mit möglichst vielen Störeinflüssen und unterschiedlicher Verkehrsbelastung. Während je 2 x 2 Stunden (Hauptverkehrs- und Zwischenzeiten) wurden die folgenden Aufnahmen durchgeführt:

- Fahrzeug-Nachfahrten mit GPS-Aufzeichnungen, mindestens 10 Fahrten pro Stunde und Richtung
- Verkehrszählung und Geschwindigkeitsmessungen (lokale Geschwindigkeiten) an einem Querschnitt
- Videoaufnahmen der Störeinflüsse (ganze Strecke)

#### **3.5.1 Fahrzeug-Nachfahrten**

Die Fahrzeit- und Geschwindigkeitsmessungen (momentane Geschwindigkeiten) über die ganze Strecke erfolgten mittels Nachfahren anderer Fahrzeuge. Damit konnte das Fahrverhalten verschiedener Fahrzeuglenker erfasst werden. Wenn das voraus fahrende Fahrzeug nicht den ganzen Abschnitt befuhr, wurde die Fahrt trotzdem fortgesetzt. Bei geringem Verkehrsaufkommen wurden teilweise Messfahrten ohne Verfolgung eines vorausfahrenden Fahrzeugs durchgeführt.

Die einzelnen Fahrten wurden mit einem GPS-Gerät aufgezeichnet, so dass das Geschwindigkeitsprofil über die ganze Strecke erfasst werden konnte. Dadurch konnten auch Störeinflüsse lokalisiert und deren Auswirkungen auf die gefahrenen Geschwindigkeiten identifiziert werden.

#### **3.5.2 Querschnittszählungen und Geschwindigkeitsmessungen**

Diese Messungen erfolgten mit einem automatischen Radargerät oder mit einer auf die Fahrbahn geklebten Messplatte. Die Messungen wurden an einem durch stadtkverkehrstypische Störungen möglichst unbeeinflussten Querschnitt durchgeführt.

#### **3.5.3 Videoaufnahmen der Störeinflüsse**

Um alle Störeinflüsse lokalisieren und quantifizieren zu können, wurden Videogeräte – zumeist in günstig gelegenen Fenstern benachbarter Gebäude – installiert. Mit den aufgenommenen Sequenzen konnten die Lage und die Häufigkeit der Störeinflüsse sowie deren Auswirkungen auf die gefahrenen Geschwindigkeiten abgeschätzt werden. Zudem erlaubten die Aufnahmen die Verkehrsmengen und -zusammensetzungen an unterschiedlichen Querschnitten zu beobachten.

### 3.6 ERGEBNISSE DER ERHEBUNGEN

#### 3.6.1 Geschwindigkeitsprofile

Die GPS-Aufzeichnungen der Fahrzeug-Nachfahrten wurden mit einer dazu entwickelten Software ausgewertet. Aus der Aufzeichnung des Geschwindigkeitsverlaufes konnten allfällige Knoteneinflüsse (Rückstau) festgestellt und die entsprechenden Daten für die weiteren Untersuchungen gelöscht werden. Für die Einzelfahrten und die Durchschnittswerte aller Fahrten pro Richtung wurden das Weg-Geschwindigkeits-Diagramm und die mittlere Reisegeschwindigkeit  $V_m$  ermittelt.

Das folgende Diagramm zeigt als Beispiel das Weg-Geschwindigkeits-Diagramm von 2 erfassten Einzelfahrten.

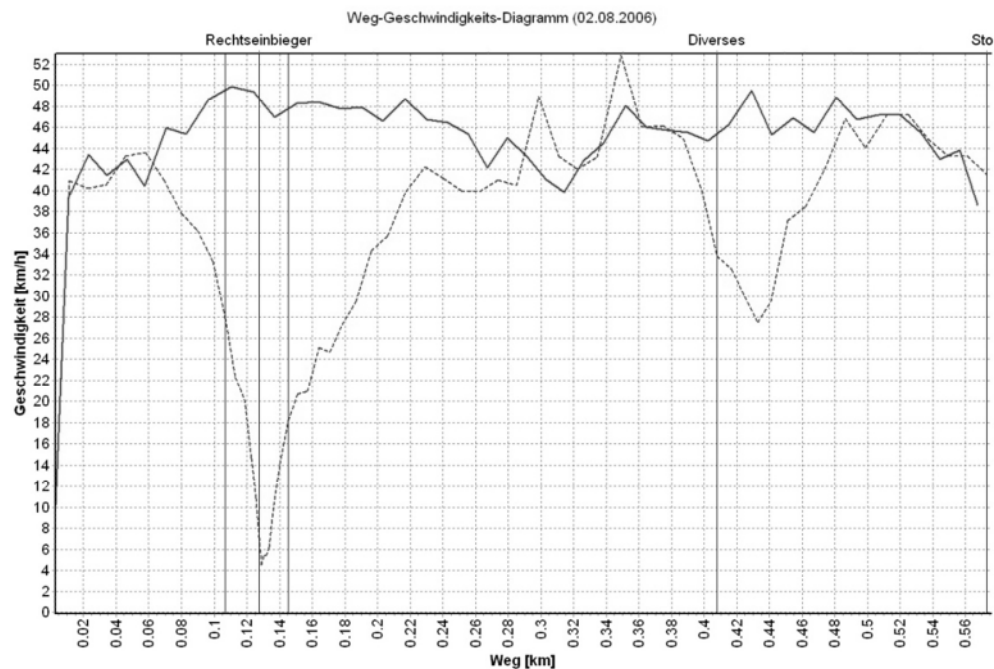


Abbildung 12: Beispiele von Weg-Geschwindigkeits-Diagrammen ( 2 Einzelfahrten)

Die durchgezogene Kurve zeigt eine mehrheitlich ungestörte Fahrt über den ganzen Streckenabschnitt. Die Reisegeschwindigkeit beträgt rund 44 km/h. Die gestrichelte Kurve zeigt eine Fahrt mit 2 wesentlichen Störungen (einbiegendes Fahrzeug und eine nicht spezifizierte Störung), welche die gefahrene Geschwindigkeit lokal deutlich reduzieren und insgesamt zu einer tieferen Reisegeschwindigkeit führen.

Die folgende Abbildung zeigt die beim Fallbeispiel Frauenfeld erhobenen durchschnittlichen Weg-Geschwindigkeits-Diagramme für verschiedene Tagesstunden.

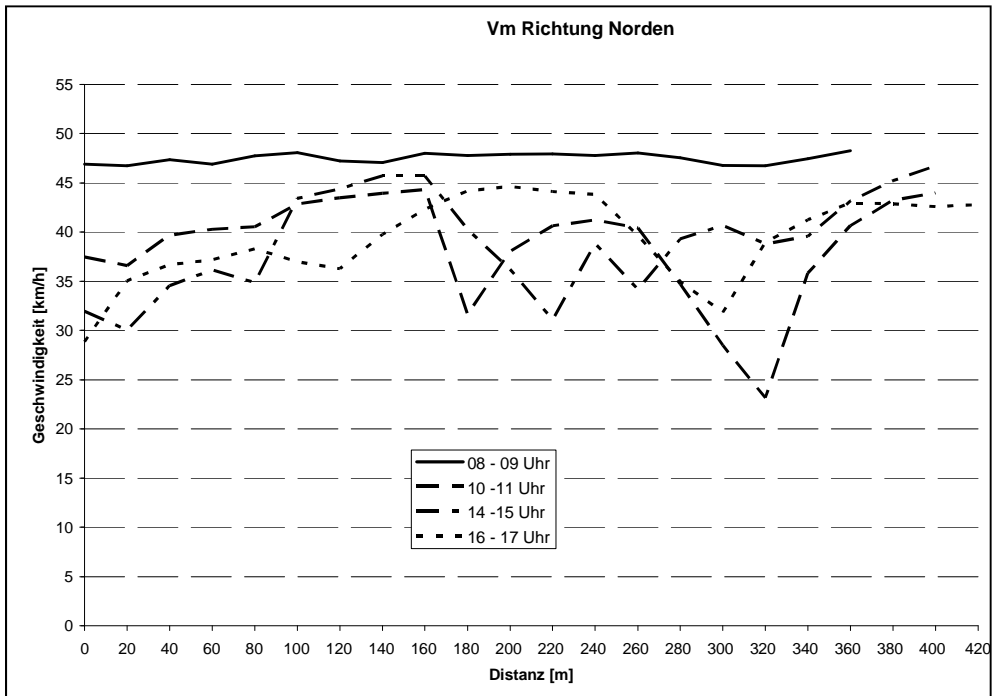


Abbildung 13: Gemittelte Weg-Geschwindigkeits-Diagramme für verschiedene Tagesstunden, Fallbeispiel Frauenfeld

Während bei den Fahrten zwischen 8 Uhr und 9 Uhr kaum Störungen auftraten, wurden jene während den 3 anderen Stunden durch verschiedene Störungen, welche sich auf die ganze Strecke verteilten, beeinflusst.

### 3.6.2 Reisegeschwindigkeit in Funktion der Störeinflüsse

Um ein erstes Mass für die Störungsintensität zu erhalten, wurde eine grobe Gewichtung der Störeinflüsse entsprechend ihrer beobachteten Wirkung auf den Verkehrsfluss vorgenommen. Als Grundlage für diese Gewichtung dienten die bei den Nachfahrten und den Videobeobachtungen gewonnenen Erfahrungen. Die folgende Tabelle zeigt die gewählten Gewichtungen.

Tabelle 5: Angenommene Gewichtung der Störeinflüsse

Störeinflüsse	Gewicht bei effektiver Störung
<b>Fussgänger</b>	
ohne Mittelinsel	8
mit Mittelinsel	5
mit FG-LSA	10
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>	
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	1
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	15
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	5
Rechtsabbieger	2
Einbieger	1
<b>Parkiervorgänge</b>	
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	2 - 5
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	5 - 10
Einparkieren quer	5 - 10
Ausparkieren längs	1
Ausparkieren quer	2 - 5
<b>ÖV-Halte</b>	
überholen auf eigener Strassenseite möglich	1
überholen auf anderer Strassenseite möglich	2 - 5
überholen nicht möglich	20
<b>Ladevorgänge</b>	
überholen auf eigener Strassenseite möglich	2 - 5
überholen auf anderer Strassenseite möglich	5 - 10
überholen nicht möglich (Einzelfall)	je nach Gegenverkehr

Die Summe der gewichteten Störeinflüsse über die ganze Strecke (pro Richtung und Erhebungsstunde) wurde versuchsweise als Indikator für die Intensität der Störeinflüsse ("Störmass") verwendet. Die folgende Abbildung zeigt für 6 ausgewählte Fallbeispiele die erhobene mittlere Reisegeschwindigkeit  $V_m$  in Funktion dieses "Störmasses".

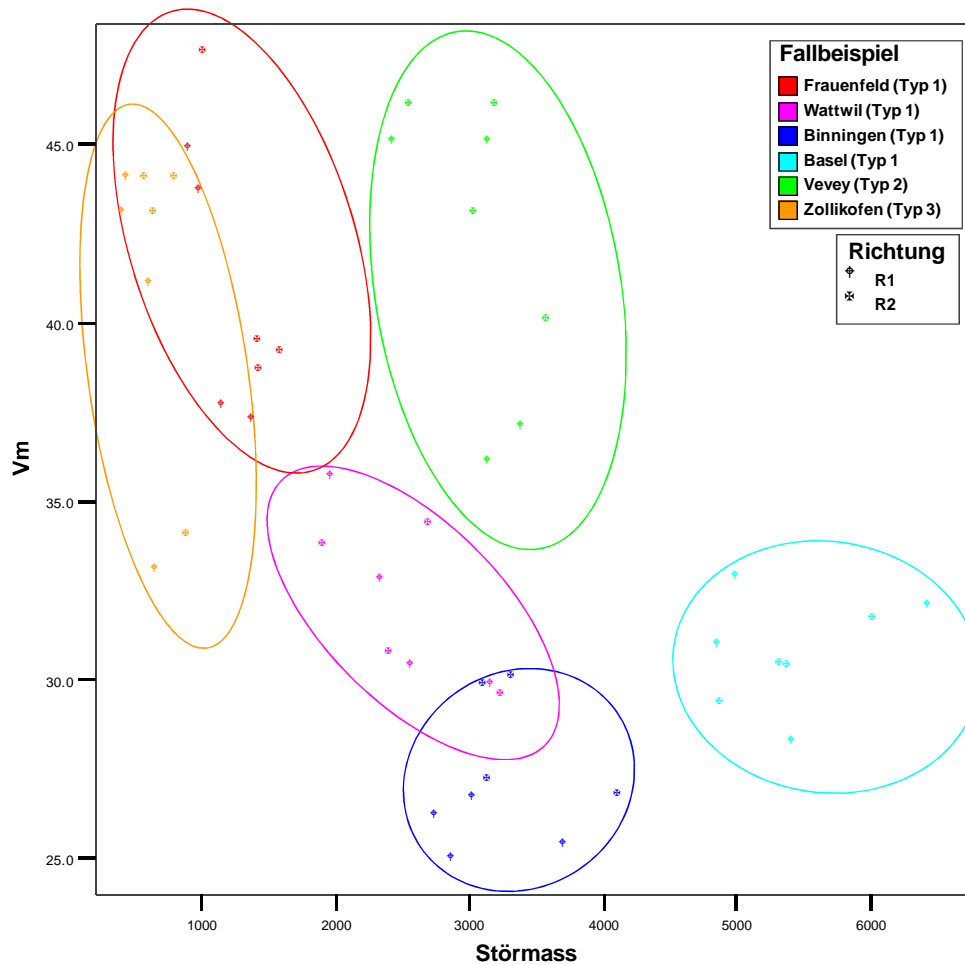


Abbildung 14: Abhängigkeit der gemessenen mittleren Reisegeschwindigkeiten  $V_m$  (in km/h) von der Intensität der Störeinflüsse

Zumindest in der Tendenz bestätigt sich die Hypothese, dass die mittlere Reisegeschwindigkeit mit steigender Intensität der Störeinflüsse sinkt. Die Abbildung 14 zeigt auch, dass sich die Fallbeispiele untereinander – auch innerhalb des gleichen Strassentyps – stark unterscheiden.

Dass die mittlere Reisegeschwindigkeit  $V_m$  auch von der Verkehrsbelastung abhängt, kann aus der folgenden Abbildung abgelesen werden (zu beachten ist, dass jeweils auch die Intensität der Störeinflüsse variiert.)

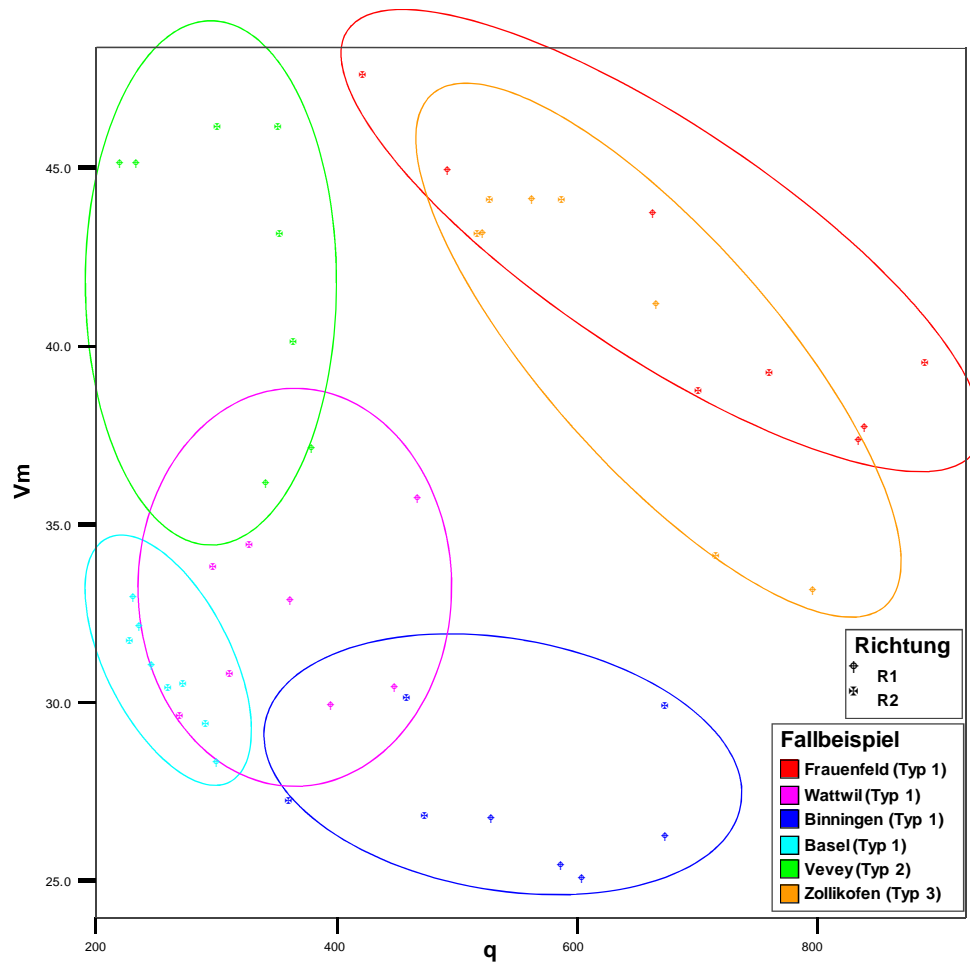


Abbildung 15: Gemessene mittlere Reisegeschwindigkeiten  $V_m$  (in km/h) in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung  $q$

Aus den beiden obigen Abbildungen lässt sich neben den vermuteten resp. bekannten Abhängigkeiten zwischen der mittleren Reisegeschwindigkeit  $V_m$  und den Störeinflüssen resp. der Verkehrsbelastung auch erkennen, dass die bei den Fallbeispielen beobachteten Verkehrssituationen und vermutlich auch die Wirkungen der verschiedenen Einflüsse auf die mittlere Reisegeschwindigkeiten stark unterschiedlich sind.

### 3.6.3 Fallbeispiel ohne Störeinflüsse

Als Grundlage für die Simulation von Situationen ohne Störeinflüsse wurden an einem zusätzlichen Fallbeispiel (Frauenfelderstrasse in Oberwinterthur) für unterschiedliche Verkehrsbelastungen (aber ohne Störeinflüsse) Messungen der mittleren Geschwindigkeiten an einem Querschnitt durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

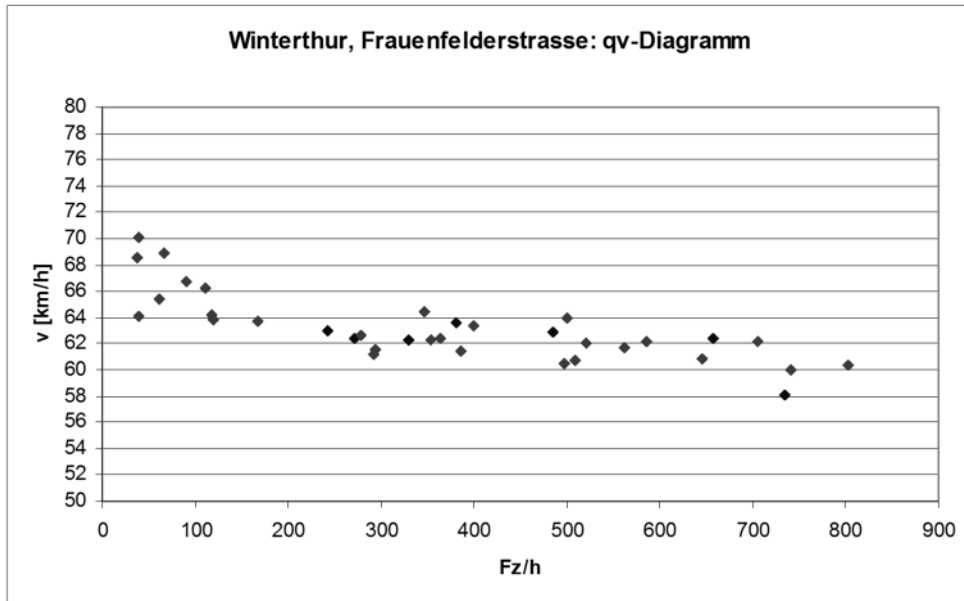


Abbildung 16: Beispiel für die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Verkehrsbelastung

Das Beispiel zeigt, wie die Geschwindigkeit an einem Querschnitt mit zunehmender Belastung fällt (es ist darauf hinzuweisen, dass die während den Messungen aufgetretenen Belastungen deutlich unter der Kapazität des Strassenabschnittes liegen).

### 3.6.4 Zusammenfassung

Mit den durchgeführten empirischen Erhebungen konnten die für die nachfolgenden Arbeitsschritte, insbesondere für die Kalibration der Mikrosimulationen, benötigten Daten gewonnen werden.

Selbstverständlich handelt es sich bei den Erhebungen um Aufnahmen von momentanen Situationen. Während der 4 Erhebungsperioden pro Fallbeispiel waren die Variationen der Störungen und der Verkehrsbelastung relativ gering. Situationen mit sehr vielen Störungen und hoher Verkehrsbelastung traten nicht auf. Trotzdem können bereits aus den erhobenen Daten mindestens in der Tendenz die vermuteten Zusammenhänge zwischen der mittleren Reisegeschwindigkeit und der Verkehrsbelastung sowie dem Mass der stadtverkehrsbedingten Störeinflüsse abgelesen werden.

---

## 4 MIKROSIMULATIONEN

### 4.1 KALIBRATION DER MIKROSIMULATIONEN

In einem ersten Schritt wurde überprüft, ob und wie gut mit der Mikrosimulation<sup>1</sup> die bei den Erhebungen erfassten Verkehrszustände nachgebildet werden können. Hierzu wurden die Verkehrssituationen von 4 Fallbeispielen über alle 4 Erhebungsstunden simuliert. Dabei wurden sowohl die beobachteten Verkehrsmengen als auch alle erhobenen Störeinflüsse während den einzelnen Stunden berücksichtigt. Die Auswirkungen der Störungen auf den Verkehrsfluss wurden möglichst genau so nachgebildet, wie sie vor Ort bei den Fahrzeitmessungen resp. bei den nachträglichen Videobeobachtungen festgestellt worden waren. Dazu wurden die Simulationsparameter (z.B. Grenz- und Folgezeitlücken bei Fussgängerübergängen oder Ein- und Ausfahrten, Dauer der Ein- und Aussteigevorgänge beim ÖV, Dauer von Parkierungsvorgängen/Anlieferungen usw.) entsprechend der lokalen Situation gewählt. Anschliessend wurden die Ergebnisse der Verkehrssimulationen mit denjenigen aus den Fahrzeug-Nachfahrten verglichen.

Es hat sich gezeigt, dass für die Güte der Übereinstimmung zwischen simulierten und beobachteten Verkehrsverhältnissen die Wahl der Verteilung der Wunschgeschwindigkeiten (Mittelwert und Streubereich) in der Simulation ein wesentlicher Faktor ist. Dieser Aspekt wird in den folgenden Abschnitten kurz dargestellt.

#### 4.1.1 Querschnittsbezogene Geschwindigkeiten

Die folgende Abbildung zeigt am Fallbeispiel Binningen den Einfluss der Wahl der Wunschgeschwindigkeit auf die simulierten Trajektorien im Vergleich zu den beobachteten (Messfahrten).

---

<sup>1</sup> Zur Anwendung gelangte die Software VISSIM, Version 4.2, der Firma PTV

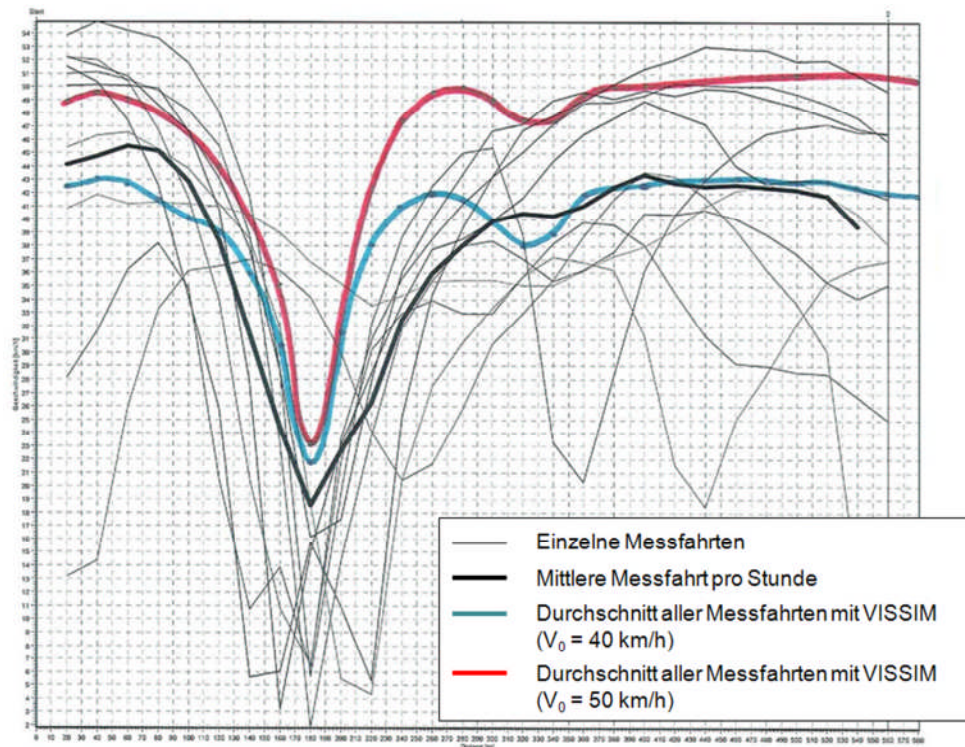


Abbildung 17: Trajektorien der Messfahrten und mit  $V_0 = 40$  km/h resp.  $V_0 = 50$  km/h modellierte Trajektorien (Fallbeispiel Binningen)

Die Simulation mit einer Wunschgeschwindigkeit  $V_0 = 50$  km/h zeigt eine gute Übereinstimmung des Verlaufs der durchschnittlichen Geschwindigkeiten aller simulierten Fahrzeuge mit jenem einzelner Messfahrten. Mit der Annahme von  $V_0 = 40$  km/h entspricht der Verlauf des Mittelwertes der simulierten Geschwindigkeiten aber besser jenem des Mittelwertes der 10 Messfahrten.

Die folgende Abbildung zeigt die Kalibrationsergebnisse, ebenfalls am Fallbeispiel Binningen. Für die 4 Messperioden sind die mit dem Mikrosimulationsmodell berechneten mittleren Weg-Geschwindigkeits-Diagramme (durchgezogene Kurven) und die bei den Fahrzeug-Nachfahrten gemessenen Diagramme (gestrichelte Kurven) dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass mit der Mikrosimulation das mittlere Fahrverhalten recht gut nachgebildet werden kann.

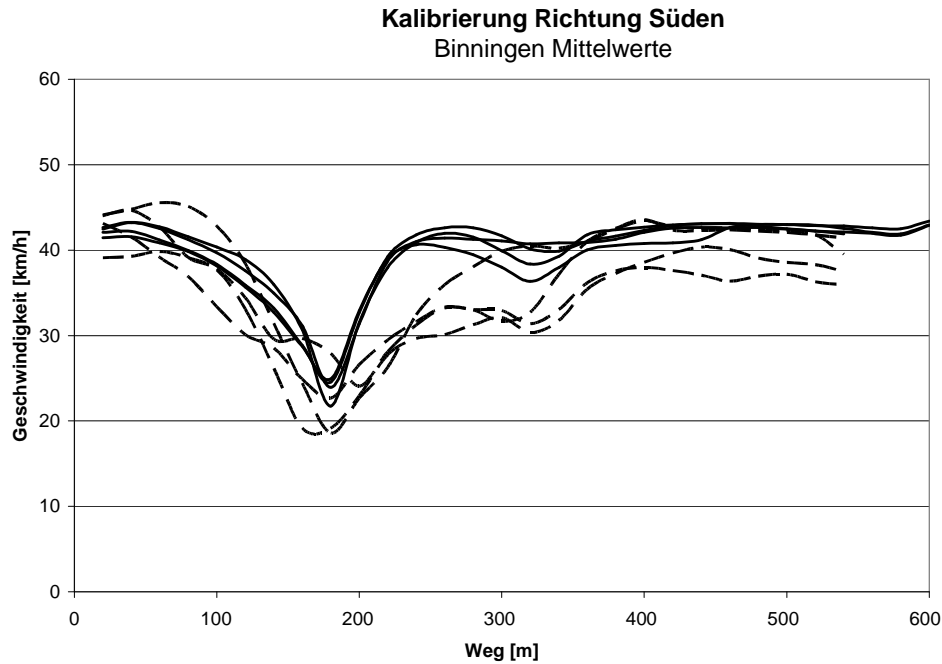


Abbildung 18: Kalibrierungsergebnisse für das Fallbeispiel Binningen (Richtung Süden)  
(Mikrosimulation = durchgezogene Linien, Messfahrten = gestrichelte Linien)

#### 4.1.2 Streckenbezogene Geschwindigkeiten

Nachdem festgestellt werden konnte, dass bei geeigneter Wahl der Wunschgeschwindigkeits-Verteilung mit der Mikrosimulation der durchschnittliche Geschwindigkeitsverlauf über eine Strecke (Weg-Geschwindigkeits-Diagramm) relativ gut nachgebildet werden kann, wurde in einem nächsten Schritt geprüft, ob diese Übereinstimmung auch bezüglich der streckenbezogenen mittleren Reisegeschwindigkeit  $V_m$  gilt. In der folgenden Tabelle sind für 4 Fallbeispiele (jeweils pro Richtung und Erhebungsperiode) die Ergebnisse der Simulationen für  $V_m$  (als Vissim bezeichnet) und die beobachteten Werte (als GPS bezeichnet) gegenübergestellt.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der simulierten und der beobachteten Werte für  $V_m$  am Beispiel von 5 Situationen

Kalibrierung 3 [km/h]		1.h		2.h		3.h		4.h	
		Ri N	Ri S	Ri N	Ri S	Ri N	Ri S	Ri N	Ri S
<b>Zollikofen</b> 48-58 km/h	Vissim k1	46.3	45.6	45.8	45.8	44.9	45.1	44.3	44.2
	GPS	42.9	44.3	45.5	43.6	41.3	43.6	34.2	32.5
	$\Delta v$	3.4	1.3	0.3	2.2	3.6	1.5	10.1	11.7
<b>Vevey</b> 40-50 km/h	Vissim k2	41.1	42.8	42.5	43.2	40.7	41.6	39.9	41.4
	GPS	45.2	43.5	44.8	46.2	37	45.6	35.7	40.3
	$\Delta v$	4.1	0.7	2.3	3	3.7	4	4.2	1.1
<b>Binningen</b> 40-50 km/h	Vissim k2	21.2	31.2	31.2	32.1	30.9	31.6	26.1	29.8
	GPS	25.7	30.6	27.5	27.1	24.9	30.3	25.3	26.7
	$\Delta v$	4.5	0.6	3.7	5	6	1.3	0.8	3.1
<b>Frauenfeld</b> 40-50 km/h	Vissim k2			40.6	41.4	39.6	38.3		
	GPS			40.9	44.1	40.8	41.1		
	$\Delta v$	0	0	0.3	2.7	1.2	2.8	0	0
		Ri W	Ri O	Ri W	Ri O	Ri W	Ri O	Ri W	Ri O
<b>Güterstr.</b> 35-40 km/h	Vissim k3	34.5	34.5	32.9	35.4	32.3	35.4	33.8	34.3
	GPS	32	31.6	30.9	29.3	33.8	30.6	28.2	30.8
	$\Delta v$	2.5	2.9	2	6.1	1.5	4.8	5.6	3.5

Legende:

1.h, 2.h, 3.h und 4.h = Erhebungsperioden von jeweils 1 Stunde Dauer

Ri = Richtung

Vissim 1, 2, 3 = verwendeter Mikrosimulations-Ansatz

Die simulierten Werte für  $V_m$  weichen sowohl nach unten als auch nach oben von den beobachteten Werten ab. In der Regel sind die Differenzen  $\Delta v$  kleiner als 4 km/h. In Einzelfällen sind aber auch grössere Unterschiede festzustellen. Die grösste Abweichung weist mit 11.7 km/h das Fallbeispiel Zollikofen in der 4. Erhebungsstunde auf. Eine mögliche Ursache für diese grösseren Abweichungen kann sein, dass bei den Simulationen vereinfachend für alle 4 Erhebungsperioden und für beide Richtungen jeweils dieselbe Wunschgeschwindigkeitsverteilung zu Grunde gelegt wurde.

Insgesamt haben die Vergleiche der mit den Mikrosimulationsmodellen berechneten Werte für die mittleren Reisegeschwindigkeiten  $V_m$  mit den beobachteten Werten bestätigt, dass mit den Simulationen eine relativ gute Annäherung an das effektive Verkehrsgeschehen erreicht werden kann.

## 4.2 FALLBEISPIELE UND VERKEHRSSITUATIONEN

Zur Erweiterung des Daten- und Aussagespektrums der Mikrosimulationen wurden die Fallbeispiele "angereichert", indem neben den beobachteten auch weitere, nicht beobachtete bzw. nicht beobachtbare Verkehrssituationen angenommen wurden. So wurden aus den einzelnen Fallbeispielen "Teststrecken" generiert, indem z.B. in der Wirklichkeit nicht vorhandene ÖV-Haltestellen, Fussgängerquerungen oder Parkiervorgänge zusätzlich als vorhanden angenommen und in den Simulationsrechnungen berücksichtigt wurden.

Um die Zahl der notwendigen Simulationsläufe zu begrenzen und im Hinblick auf die Anwendbarkeit der zu entwickelnden Widerstandsfunktionen wurden die Intensitäten der berücksichtigten Störeinflüsse Kategorien zugewiesen. Die Festlegung dieser Ka-

tegorien erfolgte gestützt auf die bei den empirischen Erhebungen festgestellten Bandbreiten der hauptsächlich auftretenden Störintensitäten.

Tabelle 7: Simulierte Störeinflüsse und angenommene Intensitäten

Störeinfluss	Kategorien
ÖV-Haltestellen	- ohne: keine Haltestelle resp. nur wenige Halte pro Stunde - mit: 6 Halte (auf Fahrbahn) pro Stunde und Richtung
Parkieren	- ohne: keine Parkiervorgänge - mit: 10 Parkiervorgänge pro Stunde und Richtung
Erschliessung	- schwach: 5% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger - mittel: 10% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger - stark: 20% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger
Fussgänger	- schwach: 50 Fussgänger-Querungen pro Stunde - mittel: 200 Fussgänger-Querungen pro Stunde - stark: 400 Fussgänger-Querungen pro Stunde

Die Kombination dieser Störeinfluss-Kategorien resultiert in den in der folgenden Tabelle zusammengestellten 36 Verkehrssituationen. Für jede dieser Situationen wurde der Verkehrsablauf für zunehmende Werte der Belastungen  $q$  simuliert. Die Nummer des jeweiligen Simulationsfalls, welcher den Verkehrssituationen zugeordnet wurde, ist ebenfalls in der Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Definition der simulierten Verkehrssituationen, Strassentyp 1

Verkehrssituation	Wirkung auf den Verkehrsfluss durch			Simulationsnummer	
	ÖV	Parkieren	Erschliessung		
1	ohne	ohne	schwach	schwach	1
2				mittel	13
3				stark	25
4			mittel	schwach	2
5				mittel	14
6				stark	26
7			stark	schwach	3
8				mittel	15
9				stark	27
10		mit	schwach	schwach	10
11				mittel	22
12				stark	34
13			mittel	schwach	11
14				mittel	23
15				stark	35
16			stark	schwach	12
17				mittel	24
18				stark	36
19	mit	ohne	schwach	schwach	4
20				mittel	16
21				stark	28
22			mittel	schwach	5
23				mittel	17
24				stark	29
25			stark	schwach	6
26				mittel	18
27				stark	30
28		mit	schwach	schwach	7
29				mittel	19
30				stark	31
31			mittel	schwach	8
32				mittel	20
33				stark	32
34			stark	schwach	9
35				mittel	21
36				stark	33

Die Beobachtungen haben gezeigt, dass bei den Fallbeispielen mit überbreiter Fahrbahn (Strassentyp 2) oder mit einem Mehrzweckstreifen in der Mitte (Strassentyp 3) der Erschliessungsverkehr und namentlich die Linksabbieger den Verkehrsablauf kaum stören, da an diesen rechts vorbeigefahren werden kann. Aus diesem Grund musste bei diesen beiden Strassentypen nicht nach verschiedenen Kategorien der Erschliessungsfunktion unterschieden werden. Die Zahl der zu untersuchenden Verkehrssituationen reduziert sich damit für die Strassentypen 2 und 3 auf die 12 in der folgenden Tabelle zusammengestellten Verkehrssituationen.

Tabelle 9: Definition der simulierten Verkehrssituationen, Strassentypen 2 und 3

Verkehrssituation	Wirkung auf den Verkehrsfluss durch				Simulationsnummer
	ÖV	Parkieren	Erschliessung	Fussgänger	
1	ohne	ohne	schwach	schwach	1
2				mittel	13
3				stark	25
10		mit	schwach	schwach	10
11				mittel	22
12				stark	34
19	mit	ohne	schwach	schwach	4
20				mittel	16
21				stark	28
28		mit	schwach	schwach	7
29				mittel	19
30				stark	31

### 4.3 ANNAHMEN FÜR DIE SIMULATIONEN

#### 4.3.1 Charakterisierung von Störeinflüssen

Um die "Teststrecken" besser vergleichbar zu machen, wurden für die Charakterisierung der Störeinflüsse einheitliche Annahmen getroffen. So wurden z.B. die von einem Parkiervorgang<sup>1</sup> oder einem Bus- resp. Tramhalt<sup>2</sup> verursachten Verlustzeiten für die nachfolgenden Fahrzeuge bei allen Fallbeispielen als gleich lang angenommen. Dies gilt auch für die Simulation der Fussgängerquerungen und der Ein- und Abbiegevorgänge, bei denen für die "Querverkehrsstörungen" die gleichen minimalen Zeit- und Weglücken verwendet wurden. Bushaltestellen wurden bei den Strassentypen 1 und 3 als Fahrbahnhaltestellen angenommen, beim Strassentyp 2 als Busbucht resp. am rechten Strassenrand mit Überholmöglichkeit für den MIV.

Nach Strassenverkehrsgesetz müssen Linksabbieger dem entgegenkommenden Verkehr Vortritt gewähren. Bei strenger Anwendung dieser Regel für die Simulationen würde bei erhöhter Verkehrsbelastung die Kapazität für die Linksabbieger stark sinken und zu einem Rückstau führen, welcher sich innerhalb der simulierten Zeit nicht mehr abbauen könnte. In der Realität tritt dieser Fall nicht ein, weil geradeaus fahrende Fahrzeuglenker, insbesondere bei hoher Verkehrsbelastung und entsprechend stockendem Verkehr, auf ihr Vortrittsrecht verzichten. Deshalb wurden bei der Simulation sogenannte "freundliche Fahrer" eingeführt, welche einem wartenden Linksabbieger den Vortritt gewähren. Der Anteil "freundlicher Fahrer" wurde für die Simulationen mit 10 % des Gesamtverkehrs angenommen.

<sup>1</sup> Die Dauer der Störung durch einen Einparkier-Vorgang (Verlustzeit für den nachfolgenden Verkehr) wurde bei den Strassentypen 1 und 3 mit durchschnittlich 2.5 s angenommen. Beim Strassentyp 2 entfällt die Störung des nachfolgenden Verkehrs, da die Strassenbreite ausreicht, um das parkierende Fahrzeug ohne starke Reduktion der Geschwindigkeit zu überholen.

<sup>2</sup> Die Haltezeit eines Busses oder Trams wurde mit durchschnittlich 20 Sekunden angenommen.

### 4.3.2 Verkehrszusammensetzung

Basierend auf den Ergebnissen der Verkehrszählungen bei den Fallbeispielen wurde für alle Simulationen ein durchschnittlicher Lastwagenanteil von 3 % angenommen. Velofahrer wurden nicht simuliert.

### 4.3.3 Variation der Belastung

Für alle oben aufgeführten Verkehrssituationen wurden die Simulationen mit wachsender Auslastung durchgeführt. Dazu wurde der in das Netz einführende Verkehr in Stunden-Schritten von 200 Fz/h bis zu einer maximalen Belastung von 2'000 Fz/h erhöht. Die einführende Verkehrsmenge wurde jeweils während eines Intervalls von 60 Minuten konstant gehalten<sup>1</sup>, dann erfolgte eine Erhöhung um 200 Fz/h.

Die Simulationen wurden ohne Veränderungen der Startzufallszahl durchgeführt.

### 4.3.4 Variation der Wunschgeschwindigkeit

Dem Umstand Rechnung tragend, dass die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  auf einem Strassenabschnitt keine Konstante ist sondern entsprechend der Strassengeometrie, der Verkehrszusammensetzung und -situation sowie der Intensität der Rand- und Umfeldnutzungen usw. variiert, wurden die Simulationen jeweils für die folgenden 3 Mittelwerte der Wunschgeschwindigkeiten durchgeführt:

- $V_0 = 50$  km/h
- $V_0 = 40$  km/h
- $V_0 = 30$  km/h

Die individuellen Wunschgeschwindigkeiten ( $V_{Wunsch}$ ) der simulierten Fahrten werden bei den Simulationen als Zufallsvariablen mit dem Mittelwert  $V_0$  und einer gleichmässigen Verteilung innerhalb der Grenzen  $V_0 \pm 5$  km/h angenommen.

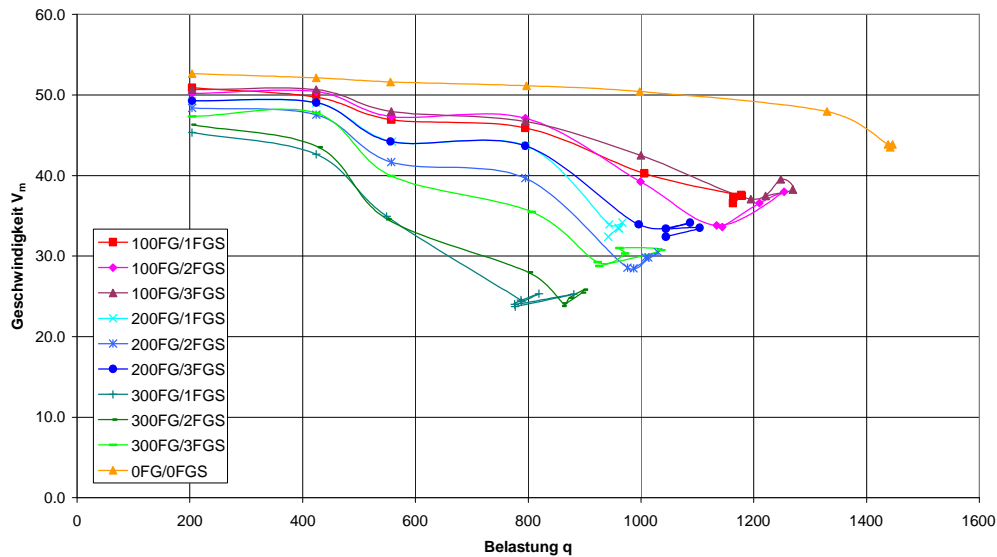
### 4.3.5 Örtliche Lage und Intensität der Störungen

Für die "Teststrecken" wurde die örtliche Lage der Störungen wenn möglich entsprechend der wirklichen Situation in den jeweiligen Fallbeispielen festgelegt. Wo einzelne Störeinflüsse fehlten, wurden sie eingeführt und eine geeignete Lage angenommen. Die angenommene Anzahl der Störungen wurden gleichmässig auf die einzelnen Standorte der Störquellen verteilt. Beispielsweise wurden 300 Fussgängerquerungen auf 3 Fussgängerstreifen à 100 Fussgänger verteilt.

Die Auswirkung dieser Annahme wurde mit dem Mikrosimulationsmodell unter Variation der Fussgänger-mengen und der Anzahl Fussgängerstreifen am Beispiel einer Teststrecke (gerade Strecke, ohne weitere Einflüsse) untersucht. Die Ergebnisse der Tests sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

---

<sup>1</sup> Innerhalb dieses Zeitintervalls wird bei der Verkehrssimulation für die Einfahrten der Fahrzeuge in das Modellgebiet eine Poisson-Verteilung angenommen.



**Legende:**

FG = Fussgänger, FGS = Fussgängerstreifen

Abbildung 19: Beispiel für den Einfluss der Fussgänger- und der Anzahl Fussgängerstreifen auf das  $q/v$ -Diagramm (Teststrecke)

Die Simulationen zeigen, dass bei 100 Fussgängern pro Stunde kaum Unterschiede zwischen den Situationen mit 1, 2 oder 3 Fussgängerstreifen auftreten. Bei 300 Fussgängern pro Stunde ist der Einfluss auf die Geschwindigkeit deutlich kleiner, wenn sich die Fussgängerquerungen auf 3 Übergänge verteilen als wenn sie sich an einem einzigen Übergang konzentrieren.

#### 4.4 SIMULATIONSERGEBNISSE

In erster Linie interessiert bei den Simulationsergebnissen die Abhängigkeit der mittleren gebundenen Reisegeschwindigkeit  $V_m$  von der Verkehrsbelastung  $q$  bei den verschiedenen Verkehrssituationen. Hierzu wurde für jede Simulation die gerechnete Reisezeit aller Fahrzeuge zwischen Streckenanfang und -ende gemessen. Die Auswertungen erfolgten jeweils über eine Stunde. Gleichzeitig wurde die Anzahl Fahrzeuge, welche während dieses Zeitraumes die Teststrecke durchfahren konnten, gezählt.

##### 4.4.1 Belastungs-Geschwindigkeits-Kurven

Aus der Streckenlänge und den bei der Simulation gemessenen Werten für die Reisezeit und die Verkehrsmenge wurde pro Teststrecke für jede Verkehrssituation und jede angenommene Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  eine Belastungs-Geschwindigkeits- resp.  $q/v$ -Kurve aufgezeichnet, wie dies für ausgewählte Beispiele in den folgenden Abbildungen illustriert ist.

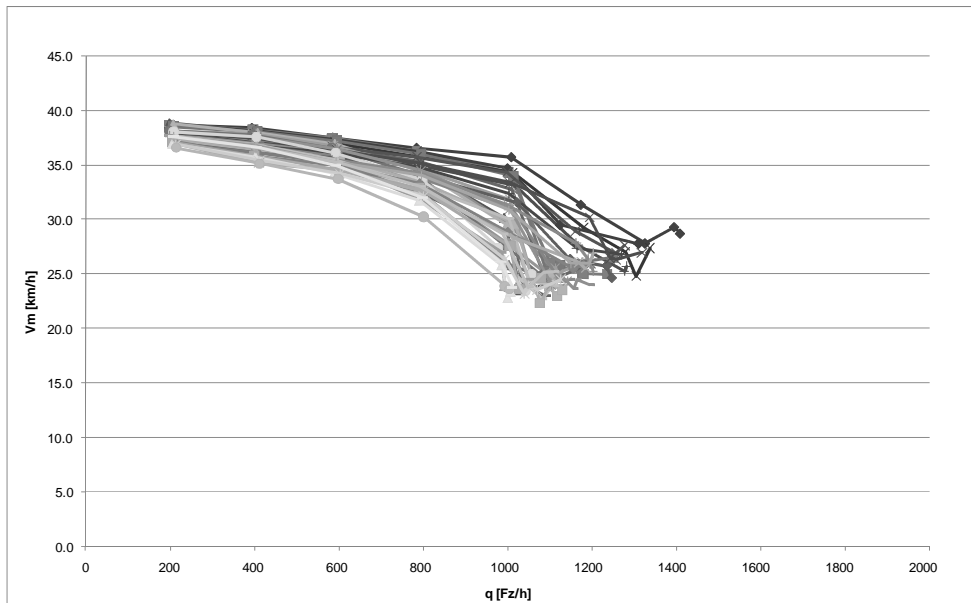


Abbildung 20: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Frauenfeld  
Strassentyp 1,  $V_0 = 40$  km/h, Verkehrssituationen 1 – 36 (Tabelle 8)

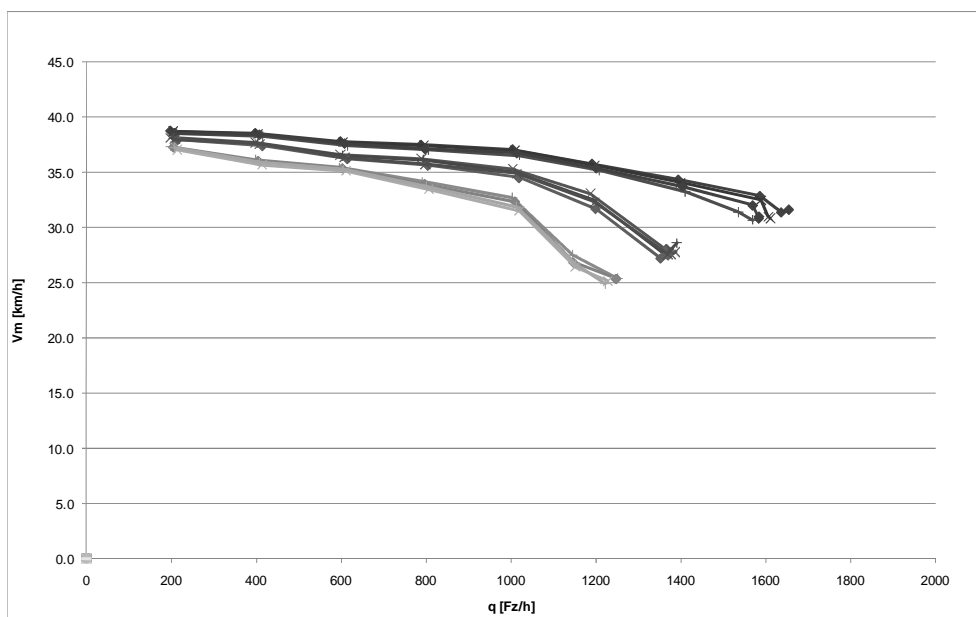


Abbildung 21: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Vevey  
(Strassentyp 2,  $V_0 = 40$  km/h, Verkehrssituationen gemäss Tabelle 9)

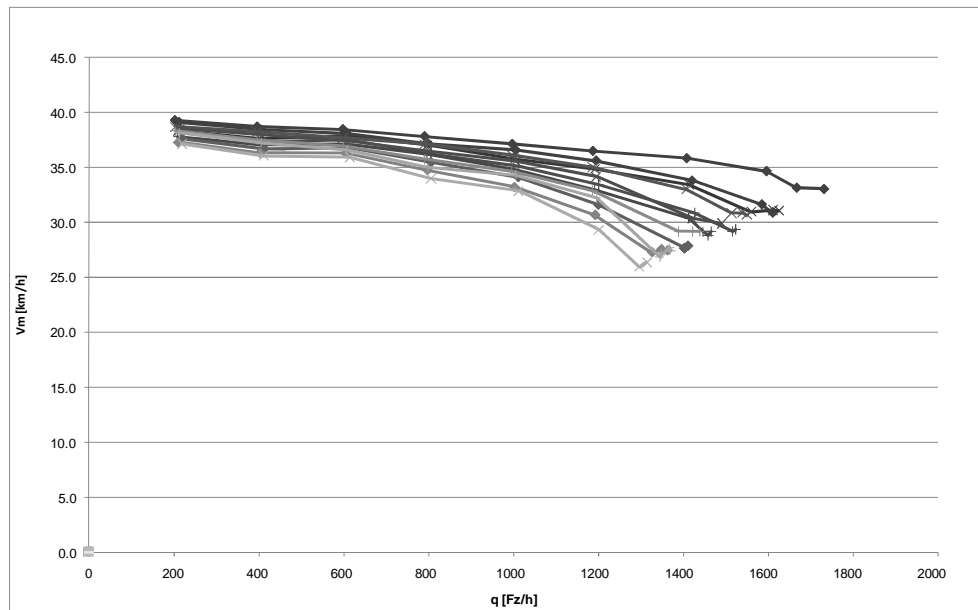


Abbildung 22: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Zollikofen  
(Strassentyp 3,  $V_0 = 40$  km/h, Verkehrssituationen gemäss Tabelle 9)

Die  $q/v$ -Kurven aus den Simulations-Berechnungen für alle 9 Fallbeispiele sind im Anhang 2 zusammengestellt.

#### 4.4.2 Auswirkungen der Störeinflüsse

Die in den folgenden Abbildungen dargestellten Simulations-Ergebnisse illustrieren den Einfluss der Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  und einzelner Störeinflüsse auf den Verlauf der  $q/v$ -Kurven am Beispiel der Güterstrasse in Basel (Strassentyp 1).

##### a) Einfluss von $V_0$

Die Abbildung 23 zeigt den Verlauf der  $q/v$ -Kurven für 2 ausgewählte Verkehrssituationen und für  $V_0 = 30, 40$  und  $50$  km/h. Bei allen Verkehrssituationen sinkt die erreichbare Kapazität des Streckenabschnittes mit sinkendem  $V_0$ . Für  $V_0 = 40$  km ergeben die Simulationen jeweils einen stärkeren Abfall der mittleren Reisegeschwindigkeit  $V_m$  mit steigender Belastung  $q$  als für die beiden anderen Niveaus der Wunschgeschwindigkeit.

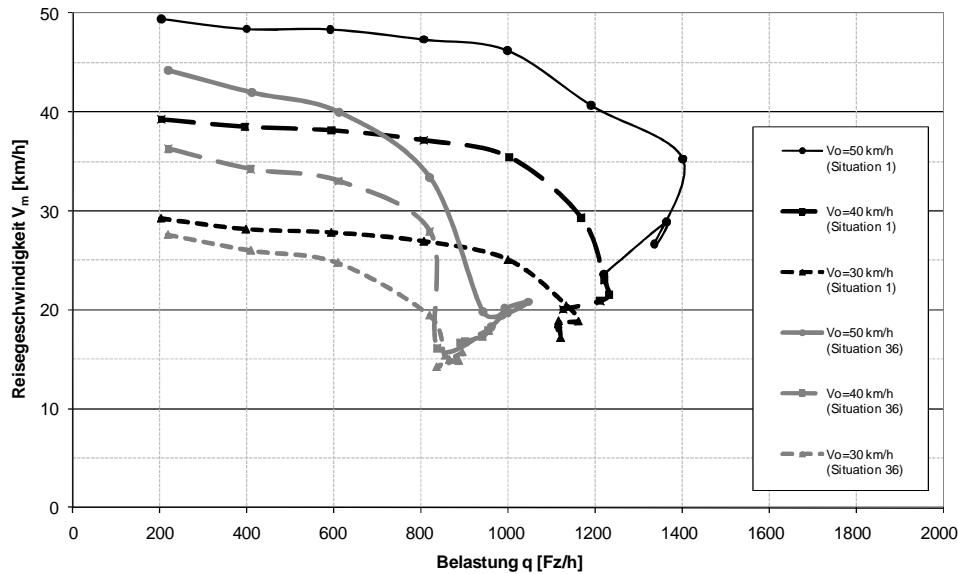


Abbildung 23: Einfluss von  $V_0$  auf die  $q/v$ -Kurven für Verkehrssituationen mit schwachen (schwarze Kurven) und starken (graue Kurven) Störeinflüssen

### b) Einfluss von ÖV-Halten

Gegenüber der Situation ohne ÖV-Halte (durchgezogene Linien in der folgenden Abbildung) führen ÖV-Halte bei allen berücksichtigten Niveaus der übrigen Störeinflüsse zu einer reduzierten Kapazität und einem stärkeren Abfall der mittleren Reisegeschwindigkeit  $V_m$  (gestrichelte Linien).

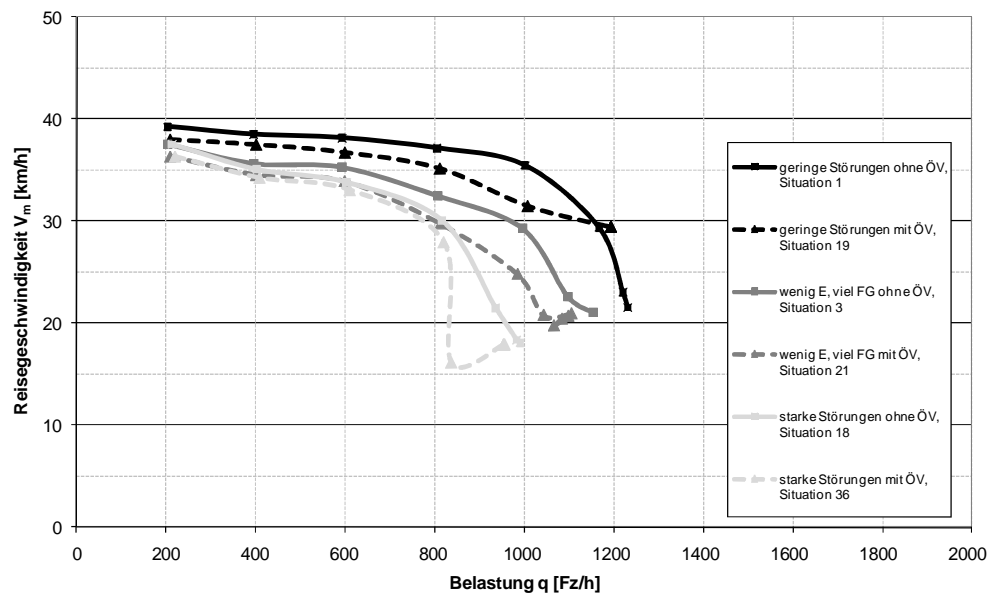


Abbildung 24: Einfluss von ÖV-Halten auf die  $q/v$ -Kurven

### c) Einfluss der Intensität der Erschließungsfunktion

Die folgende Abbildung zeigt den Einfluss der Intensität der Erschließungsfunktion (Anteil Linksabbieger, Ein-/Ausfahrten bei angrenzenden Grundstücken und an Neben-

knoten) für die Situationen mit und ohne ÖV-Halte. Deutlich kommt zum Ausdruck, wie bei steigender Intensität des Erschliessungsverkehrs sowohl die Kapazität als auch die mittleren Reisegeschwindigkeiten sinken.

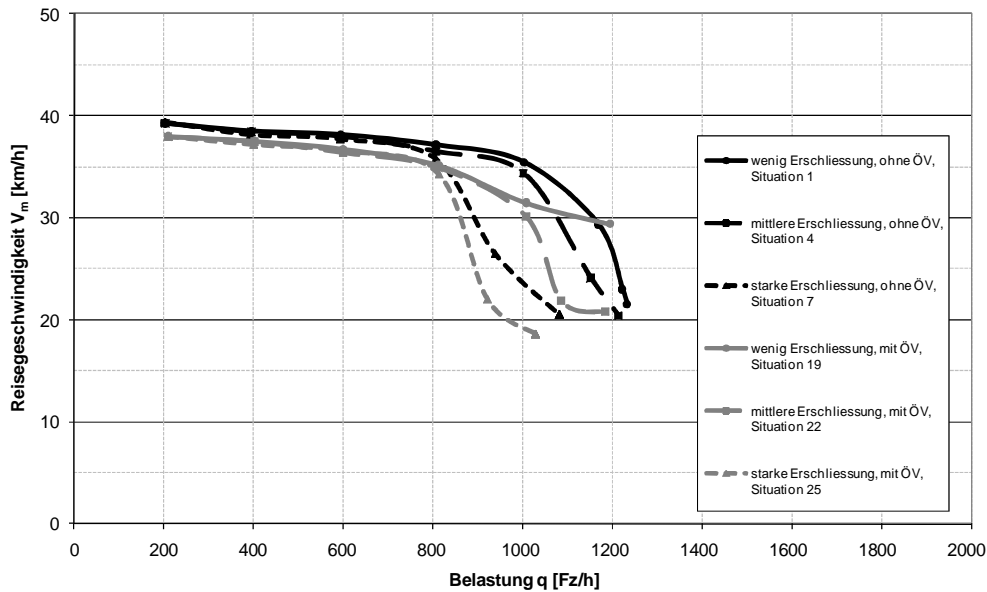


Abbildung 25: Einfluss der Intensität des Erschliessungsverkehrs für die Situationen mit (schwarzen Kurven) und ohne (graue Kurven) ÖV-Halte (durchgezogene Kurven = schwacher Erschliessungsverkehr, gestrichelte Kurven = mittlerer Erschliessungsverkehr, punktierte Kurven = starker Erschliessungsverkehr)

#### d) Einfluss der querenden Fussgänger

Den Einfluss der Anzahl querender Fussgänger (schwacher, mittlerer und starker Fussgängerverkehr) auf den Verlauf der  $q/v$ -Kurven zeigt die folgende Abbildung für die Situationen ohne und mit ÖV-Halten. Mit zunehmender Intensität des querenden Fussgängerverkehrs sinkt einerseits die Kapazität und andererseits fallen die  $q/v$ -Kurven stärker mit zunehmender Verkehrsbelastung  $q$ .

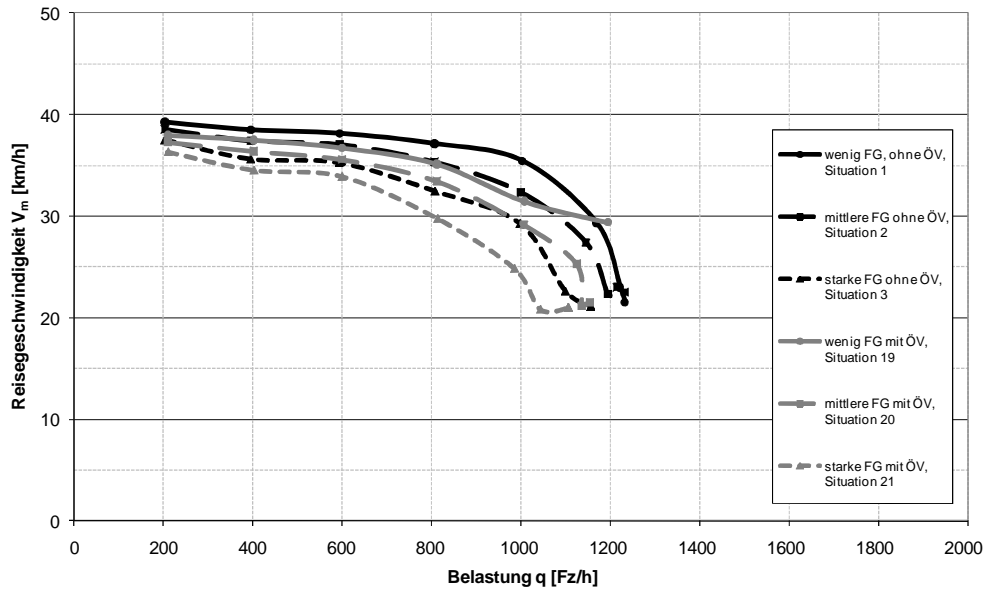


Abbildung 26: Einfluss des querenden Fussgängerverkehrs für die Situationen mit (schwarze Kurven) und ohne (graue Kurven) ÖV-Halte (Durchgezogene Kurven = schwacher Fussgängerverkehr, gestrichelte Kurven = mittlerer Fussgängerverkehr, punktierte Kurven = starker Fussgängerverkehr)

#### 4.4.3 Vergleich zwischen den Fallbeispielen

##### a) Strassentyp 1

Für jedes Fallbeispiel des Strassentyps 1 sind in den folgenden Abbildungen für  $V_0 = 40$  km/h die  $q/v$ -Kurven für ausgewählte Verkehrssituationen resp. Simulationsfälle dargestellt.

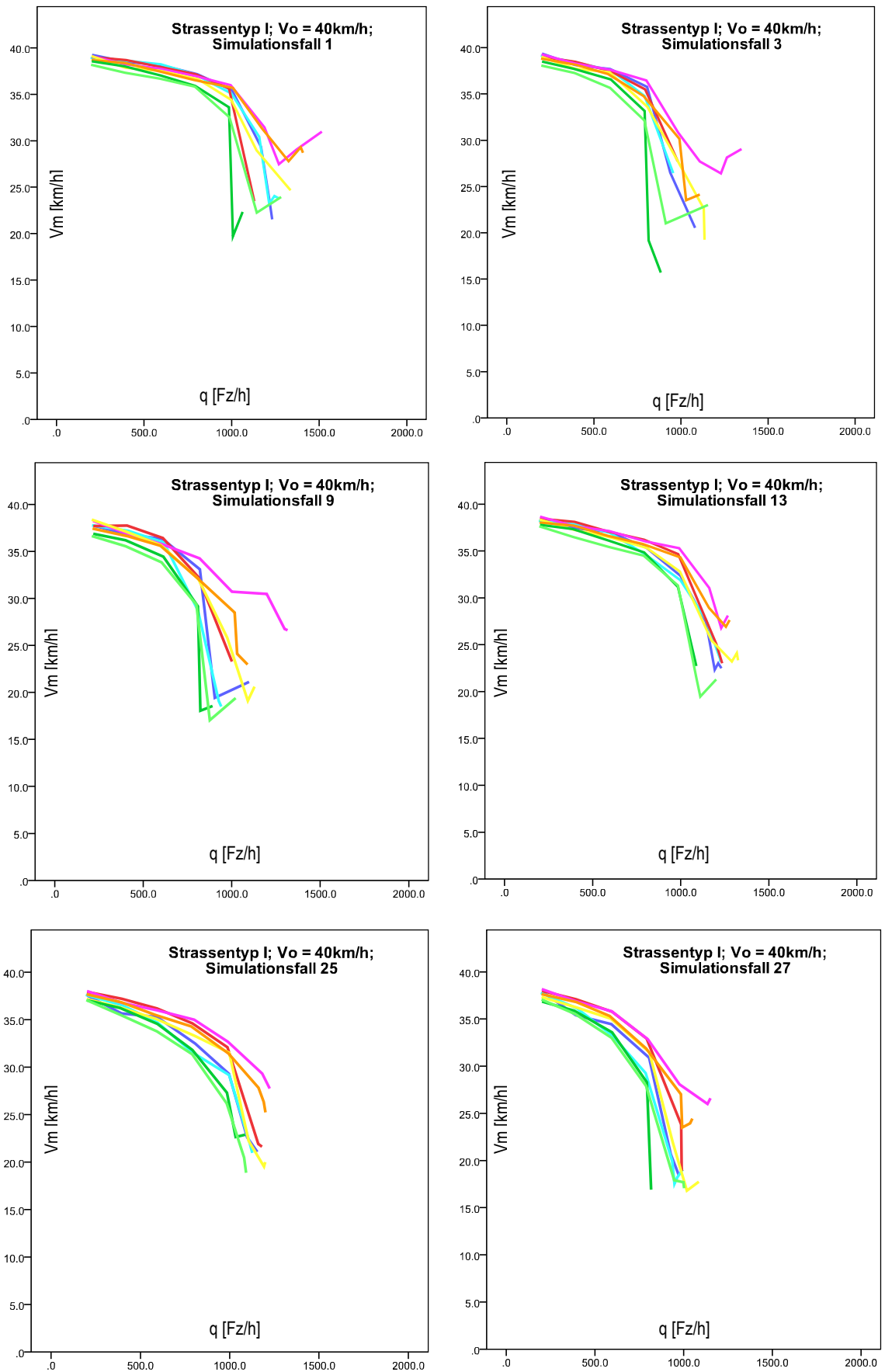


Abbildung 27: Fallbeispiele des Strassentyps 1,  $V_0 = 40$  km/h; Vergleich der  $q/v$ -Kurven für ausgewählte Verkehrssituationen (resp. Simulationsfälle)

Wie die Darstellungen zeigen, sind die Kurvenverläufe bei allen Fallbeispielen ähnlich, solange die Verkehrsbelastungen deutlich unterhalb der Kapazitätsgrenze liegen. Im Bereich der Kapazitätsgrenze sind je nach Verkehrssituation (resp. Simulationsfall) grössere Unterschiede festzustellen. Auffallend sind diese vor allem für Situationen mit starkem Erschliessungsverkehr (Simulationsfälle 3 und 9).

## b) Strassentyp 2

In der folgenden Abbildung sind für die beiden Fallbeispiele mit Strassentyp 2 die  $q/v$ -Kurven für ausgewählte Verkehrssituationen (resp. Simulationsfälle) und  $V_0 = 50$  km/h dargestellt.

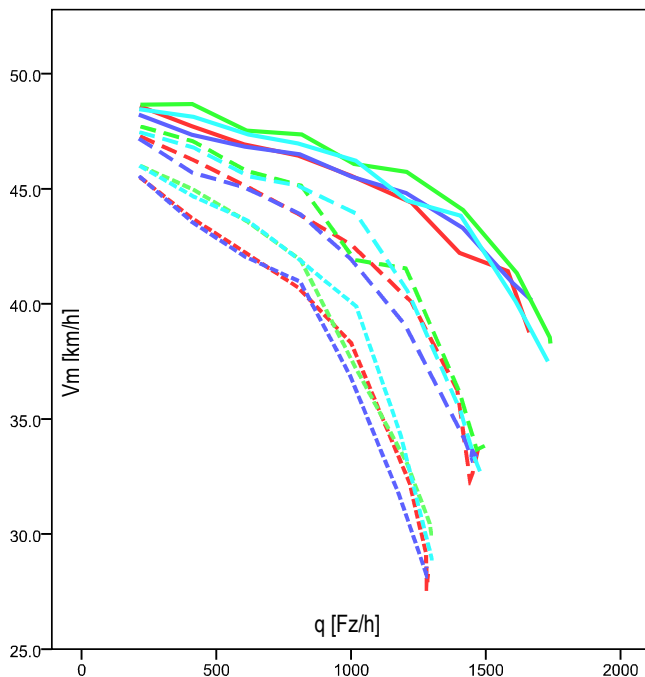


Abbildung 28: Fallbeispiele des Strassentyps 2,  $V_0 = 50$  km/h; Vergleich der  $q/v$ -Kurven für ausgewählte Verkehrssituationen (resp. Simulationsfälle)

Hier zeigt sich zwischen den beiden Fallbeispielen (jeweils nach Fahrtrichtungen unterschieden) eine sehr gute Übereinstimmung der Kurvenverläufe für die verschiedenen Verkehrssituationen.

### 4.4.4 Qualitative Interpretation der Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse führen zu den folgenden ersten Erkenntnissen:

- Ohne Störeinflüsse ist  $V_m$  nicht stark von  $q$  abhängig ( $v = f(q, C)$ ,  $f'(q, C) \approx 0$  für  $q < C$ )
- Im untersuchten Bereich von  $V_0 \leq 50$  km/h steigt mit höherem  $V_0$  die Kapazität  $C$  eines Strassenabschnittes<sup>1</sup>
- Mit steigender Intensität der Störeinflüsse steigt der Einfluss von  $q$  auf  $V_m$

<sup>1</sup>  $C$  hängt von der Länge des Betrachtungsintervalls ab und ist eine Zufallsvariable. In  $q/v$ -Funktionen wird als Betrachtungsintervall in der Regel 1 Std. und  $C$  als deterministische Grösse angenommen

- 
- Mit steigender Intensität der Störeinflüsse sinkt die Kapazität  $C$  eines Streckenabschnittes
  - Die Wirkungsstärke der Störfaktoren scheint bei kleinem  $q$  in aufsteigender Reihenfolge wie folgt zu sein: Parkieren, ÖV, Erschliessungsfunktion, Fussgänger. Bei grösserem  $q$  wird der Einfluss der Erschliessung grösser als jener der Fussgänger
  - Die  $q/v$ -Funktion ist von der Verkehrsbelastung der Gegenrichtung abhängig (so sinkt bei zunehmendem Gegenverkehr z.B. die Möglichkeit, ein parkiertes Fahrzeug zu überholen, die Behinderung durch wartende Linksabbieger nimmt zu usw.)
  - $V_m$  hängt von der Wunschgeschwindigkeit  $V_0$ , der Kapazität  $C$ , dem Strassentyp und der Verkehrssituation ab
  - Naturgemäss können mit empirischen Erhebungen und mit der Verkehrsmikrosimulation nur Situationen unterhalb der Kapazitätsgrenze ( $q \leq C$ ) eines Strassenabschnittes beobachtet werden

Wichtige Erkenntnisse sind die – nicht überraschenden, aber meist vernachlässigten – Tatsachen, dass weder die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  noch die Kapazität  $C$  eines Streckenabschnittes fixe Grössen sind, sondern dass beide abhängig sind vom sich ändernden Ausmass der Störeinflüsse. Die bisher gängige Praxis in der Verkehrsmodellierung,  $V_0$  und die Kapazität  $C$  pro Linktyp als Konstante anzunehmen, erweist sich damit als (zu) starke Vereinfachung der tatsächlichen Situation.

## 5 REGRESSIONSMODELLE FÜR DIE KAPAZITÄTEN

### 5.1 EINLEITUNG

Aus den mit den Mikrosimulationsmodellen berechneten  $q/v$ -Kurven wurde für jede simulierte Verkehrssituation die maximal erreichte Belastung  $q_{\max}$ , d.h. die Kapazität  $C$ , herausgelesen. Aus den Abbildungen im Anhang 2 – wie im vorangegangenen Kapitel bereits erwähnt – ist zu erkennen, dass die erreichbaren maximalen Belastungen  $q_{\max}$  resp. die Kapazität  $C$  der untersuchten Streckenabschnitte abhängig sind von:

- Strassentyp
- Wunschgeschwindigkeit  $V_0$
- Intensität der Störeinflüsse (Verkehrssituation)

### 5.2 DIFFERENZIERUNG NACH STRASSENTYP UND WUNSCHGESCHWINDIGKEIT

Die Abhängigkeit der Kapazität vom Strassentyp und von der Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  ist auch aus den folgenden Boxplot-Darstellungen der Mikrosimulations-Ergebnisse ersichtlich. Dargestellt sind jeweils das Minimum, das erste Quartil, der Median, das dritte Quartil und das Maximum (inkl. allfälligen "Ausreißern") der ermittelten Kapazitäten für die drei Wunschgeschwindigkeitsniveaus ( $V_0 = 30$  km/h, 40 km/h resp. 50 km/h) und die drei untersuchten Strassentypen.

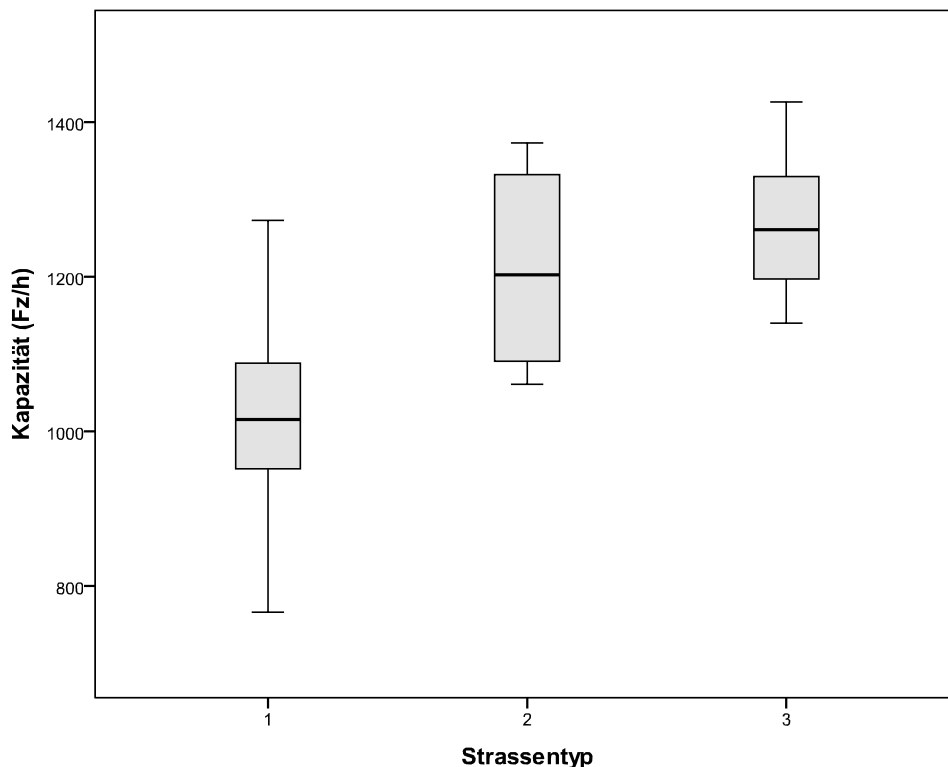


Abbildung 29: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach Strassentypen für  $V_0 = 30$  km/h

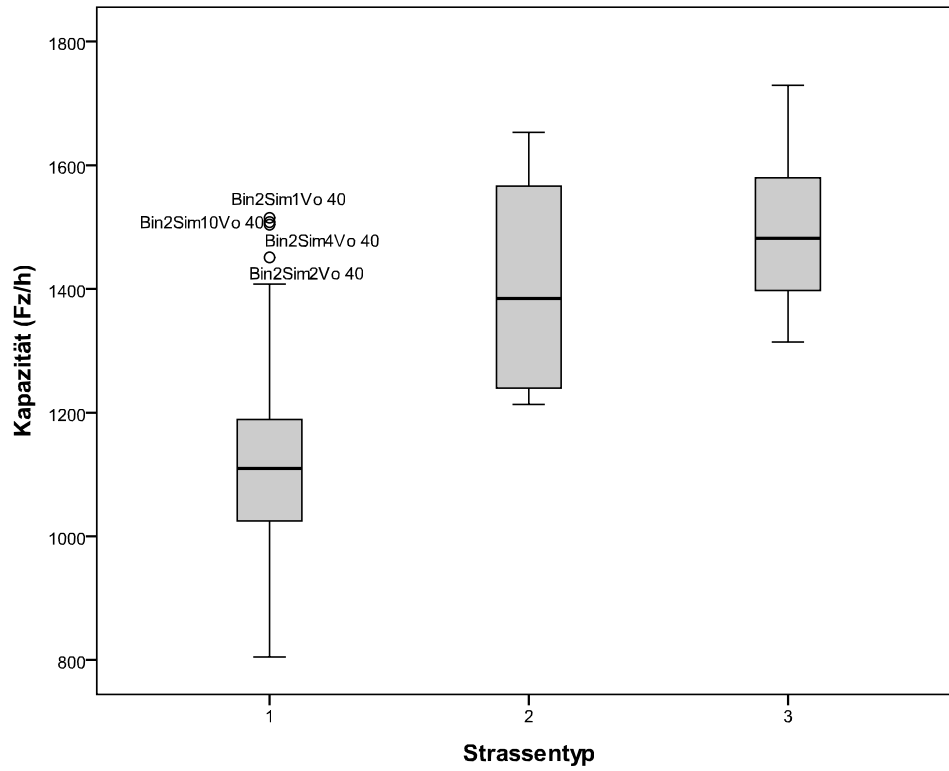


Abbildung 30: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach Strassentypen für  $V_0 = 40$  km/h

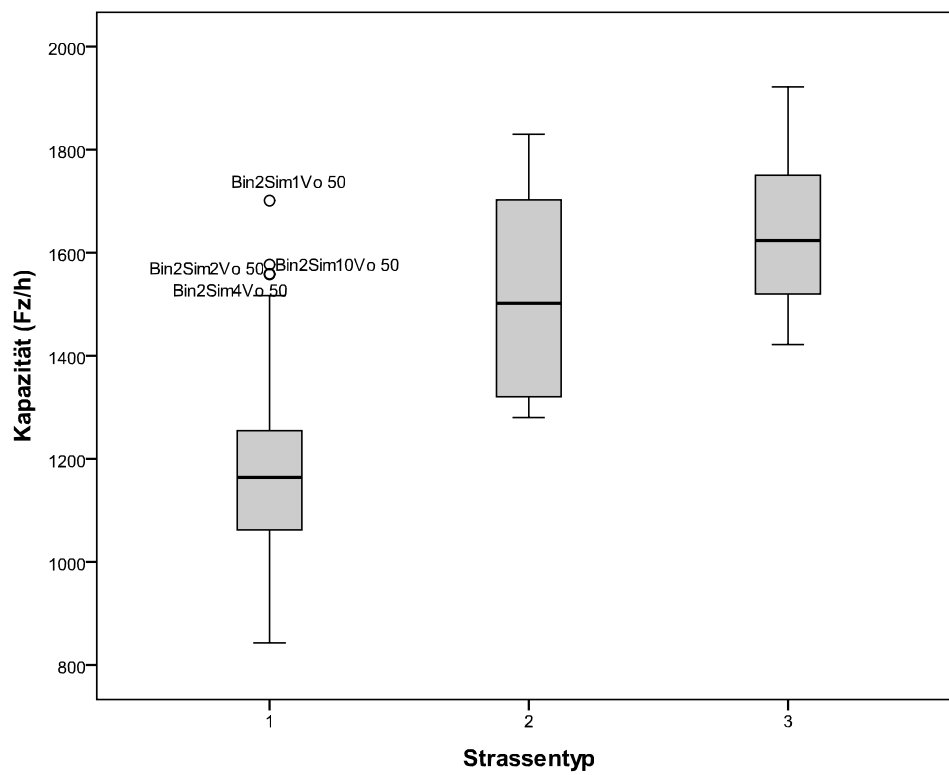


Abbildung 31: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach Strassentypen für  $V_0 = 50$  km/h

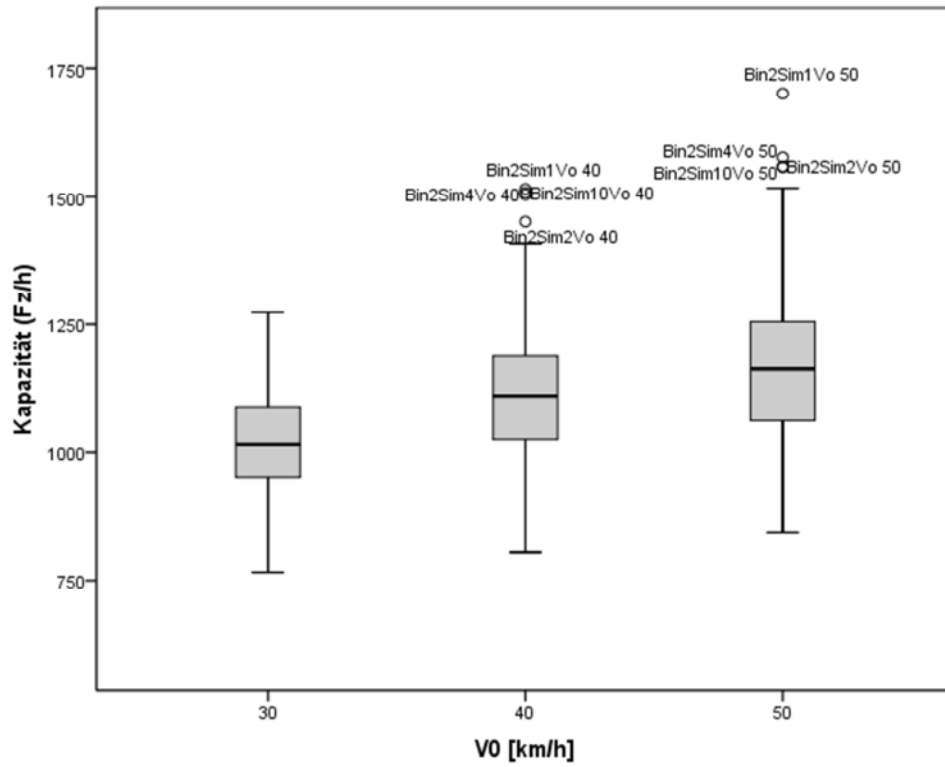


Abbildung 32: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach  $V_0$  (km/h) für Strassentyp = 1

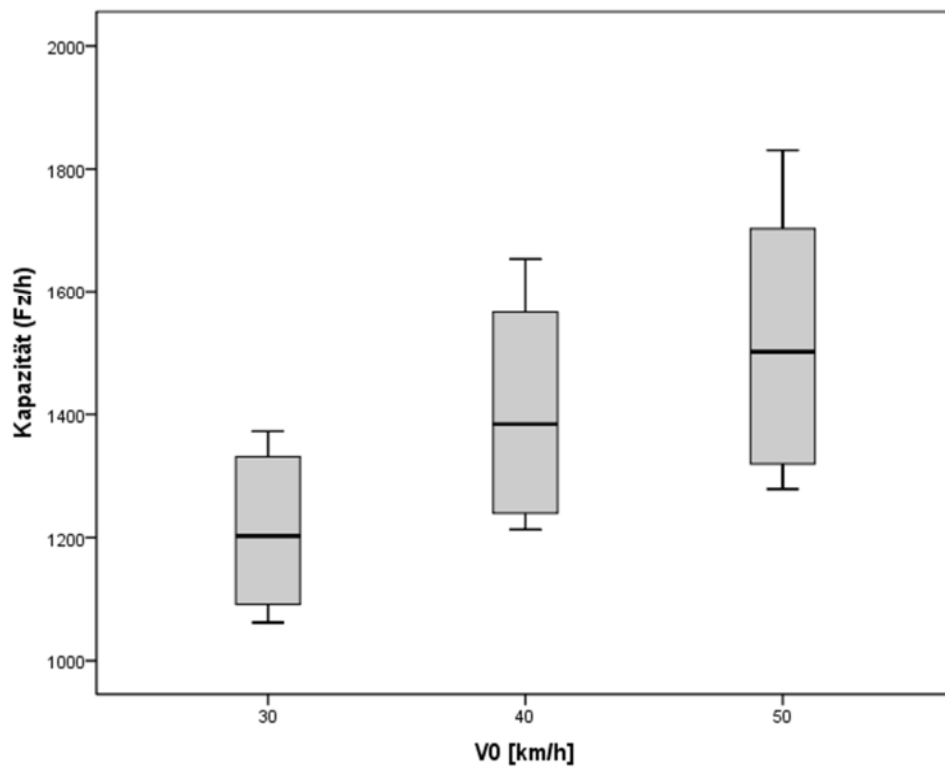


Abbildung 33: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach  $V_0$  (km/h) für Strassentyp = 2

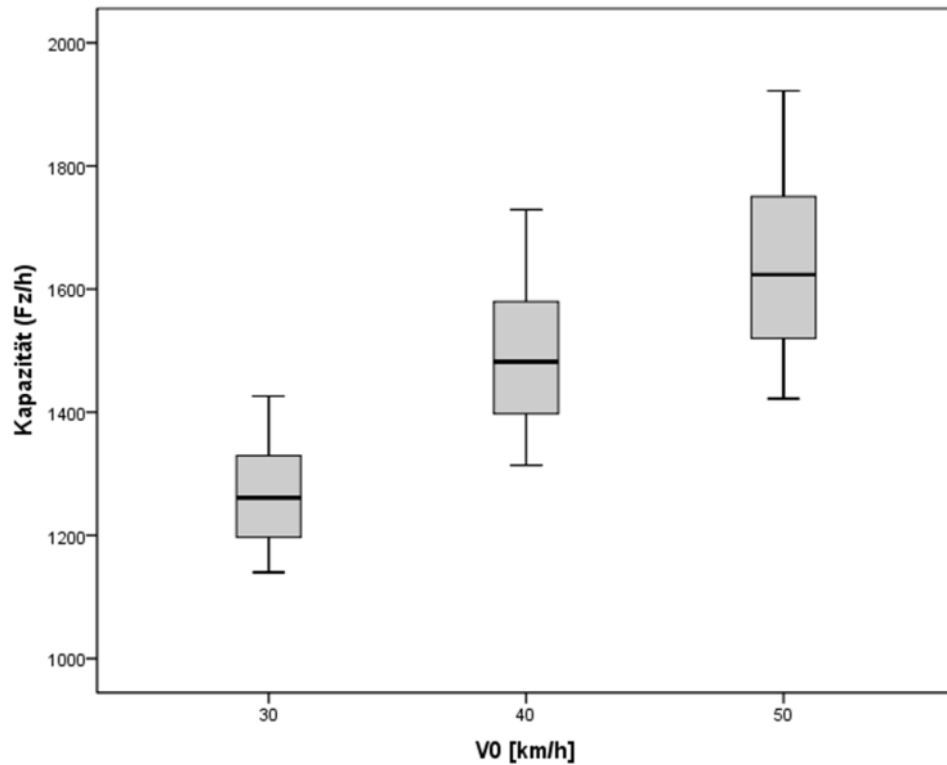


Abbildung 34: Boxplot-Darstellung der Kapazitäten (mit Störeinflüssen) nach  $V_0$  (km/h) für Strassentyp = 3

### 5.3 ABHÄNGIGKEIT DER KAPAZITÄTEN VON DEN STÖREINFLÜSSEN

Für jeden der 3 untersuchten Strassentypen wurde pro Wunschgeschwindigkeits-Niveau ( $V_0 = 30, 40$  resp.  $50$  km/h) ein lineares Regressionsmodell mit der Kapazität  $C$  als abhängiger und den Störeinflüssen mit ihren Ausprägungen als unabhängigen Variablen geschätzt. Letztere wurden als binäre Variable (mit den Werten 0 oder 1) berücksichtigt.

Die Ergebnisse der schrittweisen Schätzungen der linearen Regressionsmodelle sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt (damit eine Variable in das Modell aufgenommen wird, muss das Signifikanzniveau ihres F-Wertes  $< 0.05$  sein).

Tabelle 10: Parameter der linearen Regressionsmodelle für Strassentyp 1

(Masseinheit der Parameter: Fz/h)

Variable	Strassentyp 1		
	$V_0 = 30 \text{ km/h}$	$V_0 = 40 \text{ km/h}$	$V_0 = 50 \text{ km/h}$
Konstante	1503.000	1803.000	1955.800
ÖV-Halte	-28.356	-30.961	-34.033
Parkieren	-	-	-
Erschliessungsverkehr schwach	-378.862	-548.811	-629.625
Erschliessungsverkehr mittel	-453.004	-635.328	-727.133
Erschliessungsverkehr stark	-530.012	-720.319	-827.467
Fussgängerquerungen schwach	-	-	-
Fussgängerquerungen mittel	-	-32.992	-42.000
Fussgängerquerungen stark	-55.204	-83.883	-99.425
Korr. $R^2$	0.657	0.679	0.697

Parkierungsvorgänge im üblichen Umfang und nur schwache (bei tiefer Wunschschnwindigkeit auch mittlere) Fussgängerströme haben beim Strassentyp 1 keinen signifikanten Einfluss auf die Kapazität.

Tabelle 11: Parameter der linearen Regressionsmodelle für Strassentyp 2

(Masseinheit der Parameter: Fz/h)

Variable	Strassentyp 2		
	$V_0 = 30 \text{ km/h}$	$V_0 = 40 \text{ km/h}$	$V_0 = 50 \text{ km/h}$
Konstante	1481.000	1805.500	1986.000
ÖV-Halte	-	-10.667	-15.917
Parkieren	-18.417	-30.500	-40.250
Fussgängerquerungen schwach	-125.792	-199.729	-211.354
Fussgängerquerungen mittel	-270.104	-398.854	-456.729
Fussgängerquerungen stark	-389.229	-553.167	-649.167
Korr. $R^2$	0.990	0.993	0.985

Bei überbreiten Fahrbahnen<sup>1</sup>, welche den Strassentyp 2 charakterisieren, wirkt sich der Erschliessungsverkehr nicht signifikant auf die Kapazität aus, da z.B. an linksabbiegenden Fahrzeugen, welche beim Strassentyp 1 sehr störend wirken, rechts vorbeigefahren werden kann. Die Intensität des Erschliessungsverkehrs wurde deshalb bei den Simulationen für den Strassentyp 2 nicht variiert.

<sup>1</sup> Resp. beim Vorhandensein von Linksabbiegespuren

Tabelle 12: Parameter der linearen Regressionsmodelle für Strassentyp 3  
(Masseinheit der Parameter: Fz/h)

Variable	Strassentyp 3		
	$V_0 = 30 \text{ km/h}$	$V_0 = 40 \text{ km/h}$	$V_0 = 50 \text{ km/h}$
Konstante	1500.500	1826.000	1980.500
ÖV-Halte	-58.000	-77.500	-84.917
Parkieren	-45.000	-67.500	-74.083
Fussgängerquerungen schwach	-	-135.250	-88.250
Fussgängerquerungen mittel	-93.125	-274.000	-279.375
Fussgängerquerungen stark	-170.375	-383.750	-416.500
Korr. $R^2$	0.991	0.990	0.985

Auch für den Strassentyp 3 gilt, dass der Erschliessungsverkehr keinen signifikanten Einfluss auf die Kapazität hat. Dieser Faktor wurde deshalb bei den Simulationen und entsprechend im Modell für den Strassentyp 3 ebenfalls nicht berücksichtigt.

In den folgenden Abbildungen sind pro Strassentyp die mit den obigen Regressionsmodellen gerechneten Kapazitäten (Modellwerte) den mit den Simulationsrechnungen ermittelten Kapazitäten (Messwerte) gegenübergestellt. Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung, insbesondere bei den Strassentypen 2 und 3. Beim Strassentyp 1 sind gewisse Ausreisser feststellbar, was die grössere Heterogenität der simulierten Situationen widerspiegelt.

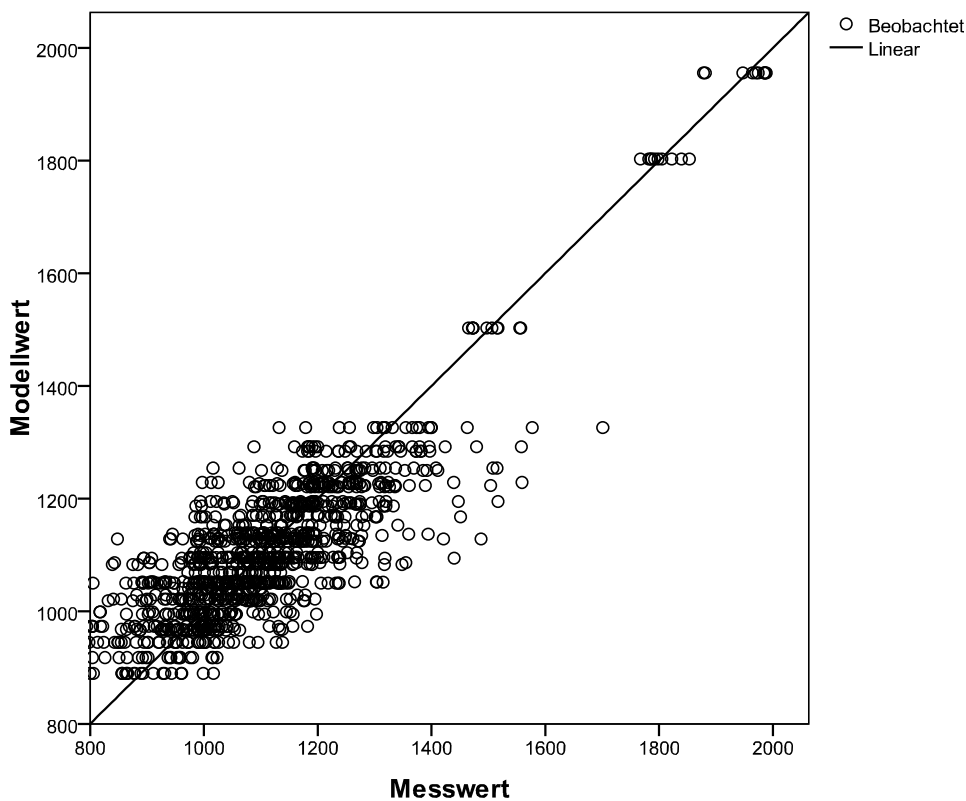


Abbildung 35: Gegenüberstellung Mess-/Modellwerte der Kapazitäten (in Fz/h),  
Strassentyp 1

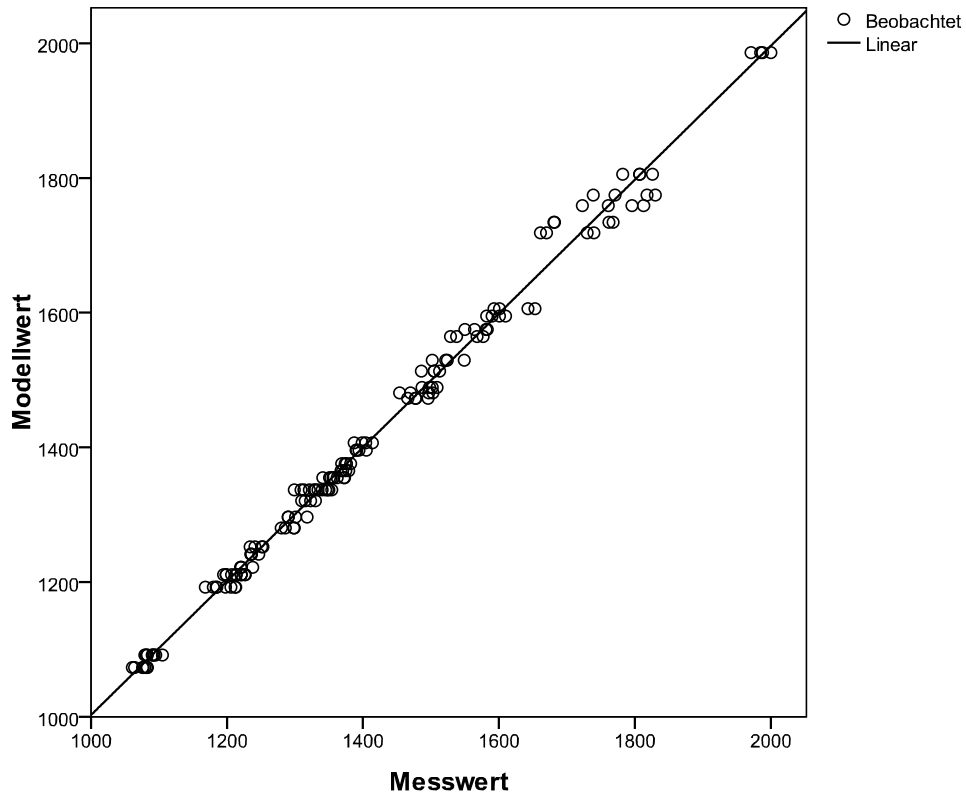


Abbildung 36: Gegenüberstellung Mess-/Modellwerte der Kapazitäten (in Fz/h), Strassentyp 2

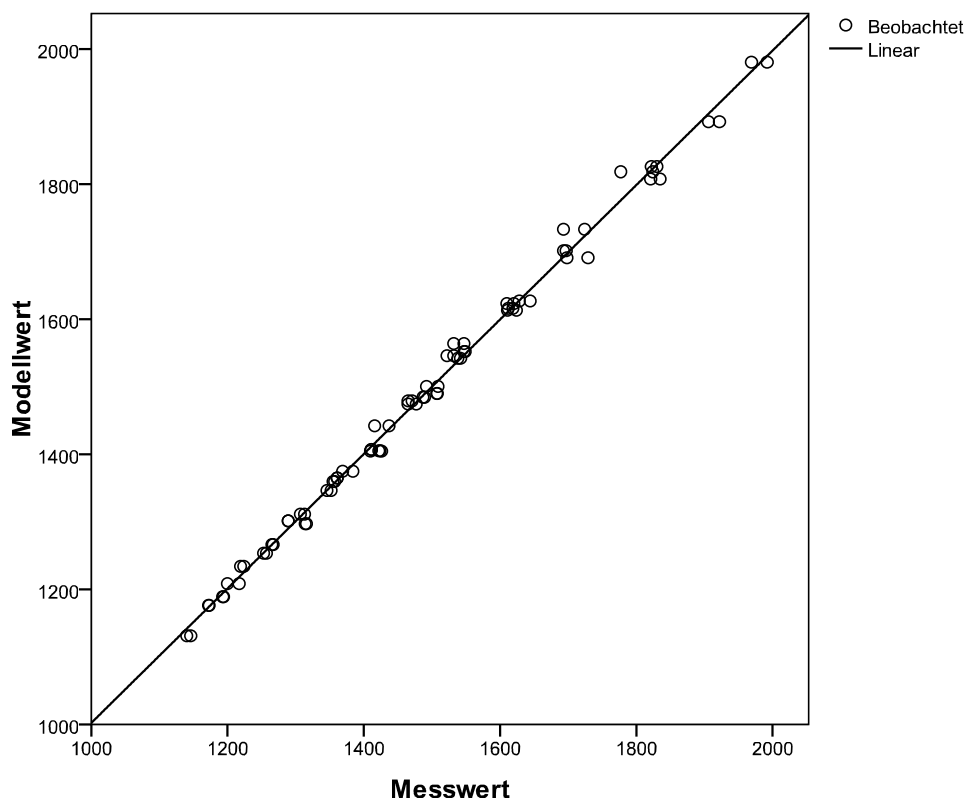


Abbildung 37: Gegenüberstellung Mess-/Modellwerte der Kapazitäten (in Fz/h), Strassentyp 3

## 6 PARAMETERSCHÄTZUNGEN

### 6.1 BELASTUNGEN UNTERHALB DER KAPAZITÄTSGRENZE

Mit den empirischen Erhebungen und den Mikrosimulationen können – wie bereits erwähnt – die Zusammenhänge zwischen Verkehrsbelastungen und Geschwindigkeiten naturgemäss nur für Situationen mit Verkehrsbelastungen bis zur Kapazitätsgrenze untersucht werden. Entsprechend lässt sich mit diesen Ergebnissen der Verlauf von Widerstandsfunktionen nur für den Belastungsbereich unterhalb der Kapazitätsgrenze analysieren. Auf die Situation mit Verkehrsbelastungen über der Kapazitätsgrenze, welche aus den im Kapitel 2 genannten Gründen im Rahmen der Verkehrsmodellierung von Bedeutung sind, wird im Kapitel 6.2 eingegangen.

Im Kapitel 2.2 wurden drei in der Praxis gängige Widerstandsfunktionen (BPR-, Akçelik- und konische Funktion) vorgestellt. Im Folgenden werden für diese drei Widerstandsfunktionen die Parameter auf der Basis der Mikrosimulationsergebnisse so geschätzt, dass die beste Übereinstimmung mit den Simulationsergebnissen erzielt wird.

Die Parameter-Schätzung erfolgt für jede der drei Widerstandsfunktionen getrennt nach Strassentyp (Typen 1, 2 und 3 gemäss Kapitel 3.3) und Wunschgeschwindigkeitsniveau ( $V_0 = 30, 40$  resp.  $50$  km/h) mittels nichtlinearer multipler Regression. Die Kapazität wird für jede simulierte Situation mit dem im vorangegangenen Kapitel geschätzten Modell berechnet und in die zu schätzende Funktion übernommen.

#### 6.1.1 BPR-Widerstandsfunktion

Die BPR-Widerstandsfunktion hat die folgende Form (vgl. Kapitel 2.2.1):

$$V = V_0 / \left[ 1 + \alpha \left( q/C \right)^\beta \right]$$

Für jeden Simulationslauf ist die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  gegeben. Der Wert für die Kapazität wurde mit dem Regressionsmodell vom vorangegangenen Kapitel berechnet und die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  mit dem nichtlinearen Regressionsmodell geschätzt. Die Ergebnisse sind, differenziert nach Strassentyp und  $V_0$ , in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Zur Illustration sind die Verläufe der Widerstandsfunktionen im Anhang 3 dargestellt.

### a) Strassentyp 1

Tabelle 13: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 1 und  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'124	0.438	1.939
2	1'124	0.488	1.858
3	1'069	0.581	1.820
4	1'050	0.481	2.004
5	1'050	0.538	2.047
6	995	0.616	2.036
7	973	0.540	2.061
8	973	0.632	2.143
9	918	0.748	2.339
10	1'124	0.448	1.967
11	1'124	0.514	1.896
12	1'069	0.592	1.741
13	1'050	0.502	2.109
14	1'050	0.563	2.024
15	995	0.613	1.863
16	973	0.566	2.082
17	973	0.683	2.329
18	918	0.719	2.088
19	1'096	0.490	1.751
20	1'096	0.567	1.767
21	1'041	0.615	1.559
22	1'022	0.551	1.856
23	1'022	0.648	1.974
24	966	0.652	1.736
25	945	0.561	1.962
26	945	0.689	2.034
27	889	0.685	1.840
28	1'096	0.475	1.580
29	1'096	0.542	1.584
30	1'041	0.615	1.482
31	1'022	0.554	1.941
32	1'022	0.677	1.936
33	966	0.695	1.760
34	945	0.624	2.040
35	945	0.660	1.880
36	889	0.725	1.919

Tabelle 14: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 1 und  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'254	0.473	2.525
2	1'221	0.602	2.973
3	1'170	0.697	2.382
4	1'168	0.535	2.766
5	1'135	0.719	3.250
6	1'084	0.757	2.645
7	1'083	0.634	2.518
8	1'050	0.751	2.778
9	999	0.857	2.712
10	1'254	0.488	2.493
11	1'221	0.583	2.402
12	1'170	0.669	1.985
13	1'168	0.616	2.979
14	1'135	0.700	2.942
15	1'084	0.715	2.276
16	1'083	0.649	2.401
17	1'050	0.816	2.737
18	999	0.860	2.436
19	1'223	0.511	2.013
20	1'190	0.652	2.197
21	1'139	0.771	1.971
22	1'137	0.612	2.433
23	1'104	0.685	2.281
24	1'053	0.781	2.117
25	1'052	0.668	2.060
26	1'019	0.855	2.450
27	968	0.906	2.300
28	1'223	0.566	2.094
29	1'190	0.634	1.922
30	1'139	0.753	1.774
31	1'137	0.626	2.176
32	1'104	0.727	2.249
33	1'053	0.782	1.963
34	1'052	0.703	1.996
35	1'019	0.882	2.442
36	968	0.896	2.023

Tabelle 15: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 1 und  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'326	0.464	3.050
2	1'284	0.681	3.460
3	1'227	0.801	2.583
4	1'229	0.688	3.313
5	1'187	0.832	3.736
6	1'129	0.979	3.088
7	1'128	0.807	2.908
8	1'086	0.871	2.775
9	1'029	1.053	2.839
10	1'326	0.564	3.144
11	1'284	0.692	2.826
12	1'227	0.779	2.325
13	1'229	0.681	3.227
14	1'187	0.801	3.061
15	1'129	0.919	2.577
16	1'128	0.689	2.549
17	1'086	0.899	2.595
18	1'029	1.119	2.732
19	1'292	0.548	2.281
20	1'250	0.750	2.353
21	1'193	0.904	1.960
22	1'195	0.627	2.217
23	1'153	0.856	2.399
24	1'095	0.846	2.025
25	1'094	0.823	2.461
26	1'052	1.069	2.657
27	995	1.063	2.196
28	1'292	0.596	2.183
29	1'250	0.732	1.975
30	1'193	0.892	1.761
31	1'195	0.760	2.391
32	1'153	0.904	2.229
33	1'095	1.010	2.033
34	1'094	0.833	2.211
35	1'052	0.930	2.298
36	995	1.095	2.129

## b) Strassentyp 2

Wie im Kapitel 4.2 dargestellt, werden für diesen Strassentyp nur 12 Verkehrstypen unterschieden, weil die Intensität der Erschliessungsfunktion keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit hat. Zur Illustration sind im Anhang 3 als Beispiel die Kurvenverläufe für  $V_0 = 40$  km/h beigefügt.

Tabelle 16: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 2 und  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'355	0.248	0.977
2	1'211	0.364	1.289
3	1'092	0.460	1.353
10	1'337	0.261	1.024
11	1'192	0.373	1.329
12	1'073	0.489	1.455
19	1'355	0.253	0.995
20	1'211	0.369	1.301
21	1'092	0.481	1.402
28	1'337	0.262	1.018
29	1'192	0.377	1.336
30	1'073	0.481	1.403

Tabelle 17: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 2 und  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'606	0.214	1.321
2	1'407	0.374	1.701
3	1'252	0.523	1.617
10	1'575	0.239	1.389
11	1'376	0.389	1.729
12	1'222	0.524	1.610
19	1'595	0.226	1.389
20	1'396	0.377	1.687
21	1'242	0.526	1.636
28	1'565	0.250	1.433
29	1'365	0.397	1.754
30	1'211	0.524	1.608

Tabelle 18: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 2 und  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1'775	0.215	1.812
2	1'529	0.445	2.126
3	1'337	0.590	1.724
10	1'734	0.256	1.894
11	1'489	0.444	1.994
12	1'297	0.627	1.829
19	1'759	0.244	1.963
20	1'513	0.456	2.145
21	1'321	0.614	1.787
28	1'718	0.259	1.785
29	1'473	0.464	2.054
30	1'281	0.635	1.838

### c) Strassentyp 3

Wie beim Strassentyp 2 hat auch beim Strassentyp 3 der Erschliessungsverkehr keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit. Entsprechend wurde auch für diesen Strassentyp nur für die massgebenden Situationen (siehe auch Kapitel 4.2) Simulationsrechnungen durchgeführt. Zur Illustration ist im Anhang 3 das Beispiel der Kurvenverläufe für  $V_0 = 40$  km/h beigefügt.

Tabelle 19: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 3 und  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1405	0.241	1.247
2	1311	0.306	1.465
3	1234	0.369	1.550
10	1360	0.280	1.371
11	1266	0.335	1.557
12	1189	0.393	1.619
19	1347	0.291	1.178
20	1253	0.348	1.325
21	1176	0.424	1.464
28	1302	0.335	1.284
29	1208	0.382	1.400
30	1131	0.434	1.437

Tabelle 20: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 3 und  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1691	0.201	1.680
2	1552	0.296	1.960
3	1442	0.413	2.072
10	1623	0.255	1.770
11	1485	0.324	1.914
12	1375	0.434	2.060
19	1613	0.276	1.402
20	1475	0.359	1.594
21	1365	0.438	1.542
28	1546	0.324	1.383
29	1407	0.386	1.504
30	1297	0.457	1.513

Tabelle 21: Geschätzte Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 3 und  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1	1892	0.198	2.344
2	1701	0.313	2.533
3	1564	0.429	2.207
10	1818	0.269	2.130
11	1627	0.351	2.205
12	1490	0.482	2.227
19	1807	0.272	1.370
20	1616	0.389	1.653
21	1479	0.494	1.582
28	1733	0.355	1.349
29	1542	0.432	1.491
30	1405	0.563	1.635

### 6.1.2 Akçelik-Widerstandsfunktion

Die Akçelik-Funktion hat die folgende Form (vgl. Kapitel 2.2.2):

$$V = V_0 / \left\{ 1 + 0.25 * V_0 * T_f * \left[ \frac{q}{C} - 1 + \sqrt{\left( \frac{q}{C} - 1 \right)^2 + \frac{8 * \alpha * q / C}{C * T_f}} \right] \right\}$$

$T_f$  (hier mit 1h angenommen) und  $V_0$  sind gegeben,  $C$  wird mit dem Regressionsmodell vom vorangegangenen Kapitel berechnet. Zu schätzen verbleibt also der Parameter  $\alpha$ . Die Ergebnisse des nichtlinearen Regressionsmodells sind, wiederum differenziert nach Strassentyp und  $V_0$ , in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Zur Illustration sind die Verläufe der Widerstandsfunktionen im Anhang 3 dargestellt.

### a) Strassentyp 1

Tabelle 22: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1124	1.349
2	1124	1.867
3	1069	2.201
4	1050	1.777
5	1050	1.854
6	995	2.071
7	973	2.337
8	973	2.461
9	918	2.628
10	1124	1.475
11	1124	1.957
12	1069	2.886
13	1050	1.531
14	1050	2.178
15	995	2.923
16	973	2.138
17	973	2.664
18	918	2.960
19	1096	1.863
20	1096	2.308
21	1041	2.665
22	1022	2.344
23	1022	2.754
24	966	2.701
25	945	2.063
26	945	2.846
27	889	2.738
28	1096	2.006
29	1096	2.232
30	1041	2.775
31	1022	2.181
32	1022	2.962
33	966	2.812
34	945	2.297
35	945	2.795
36	889	2.849

Tabelle 23: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1254	1.375
2	1221	1.394
3	1170	2.127
4	1168	1.521
5	1135	1.803
6	1084	1.953
7	1083	2.055
8	1050	2.164
9	999	2.172
10	1254	1.315
11	1221	1.625
12	1170	2.383
13	1168	1.729
14	1135	1.734
15	1084	2.074
16	1083	2.184
17	1050	2.539
18	999	2.649
19	1223	1.679
20	1190	2.220
21	1139	2.706
22	1137	1.874
23	1104	2.066
24	1053	2.207
25	1052	2.650
26	1019	2.820
27	968	2.786
28	1223	2.027
29	1190	2.208
30	1139	2.886
31	1137	2.306
32	1104	2.123
33	1053	2.382
34	1052	2.899
35	1019	2.847
36	968	3.155

Tabelle 24: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1326	0.928
2	1284	1.275
3	1227	2.036
4	1229	1.709
5	1187	1.596
6	1129	2.209
7	1128	2.143
8	1086	2.324
9	1029	2.422
10	1326	1.231
11	1284	1.507
12	1227	1.977
13	1229	1.552
14	1187	1.930
15	1129	2.356
16	1128	1.923
17	1086	2.360
18	1029	2.765
19	1292	1.469
20	1250	1.972
21	1193	2.951
22	1195	1.930
23	1153	2.406
24	1095	2.061
25	1094	2.141
26	1052	2.726
27	995	2.871
28	1292	1.712
29	1250	2.200
30	1193	3.084
31	1195	2.281
32	1153	2.887
33	1095	3.065
34	1094	2.719
35	1052	2.490
36	995	3.055

## b) Strassentyp 2

Wie im Kapitel 4.2 dargestellt, werden für diesen Strassentyp nur 12 Verkehrstypen unterschieden, weil die Intensität der Erschließungsfunktion keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit hat. Zur Illustration sind im Anhang 3 als Beispiel die Kurvenverläufe für  $V_0 = 40$  km/h beigefügt.

Tabelle 25: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1355	0.335
2	1211	0.797
3	1092	1.359
10	1337	0.539
11	1192	0.850
12	1073	1.206
19	1355	0.495
20	1211	0.922
21	1092	1.432
28	1337	0.669
29	1192	0.940
30	1073	1.347

Tabelle 26: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1606	0.192
2	1407	0.753
3	1252	1.446
10	1575	0.310
11	1376	0.667
12	1222	1.248
19	1595	0.272
20	1396	0.652
21	1242	1.331
28	1565	0.401
29	1365	0.622
30	1211	1.119

Tabelle 27: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1775	0.145
2	1529	0.795
3	1337	1.634
10	1734	0.346
11	1489	0.658
12	1297	1.253
19	1759	0.204
20	1513	0.820
21	1321	1.555
28	1718	0.427
29	1473	0.679
30	1281	1.133

### c) Strassentyp 3

Wie beim Strassentyp 2 hat auch beim Strassentyp 3 der Erschliessungsverkehr keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit. Entsprechend wurden auch für diesen Strassentyp nur für die massgebenden Situationen (siehe auch Kapitel 4.2) Simulationsrechnungen durchgeführt. Zur Illustration ist im Anhang 3 das Beispiel der Kurvenverläufe für  $V_0 = 40$  km/h beigefügt.

Tabelle 28: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1405	0.213
2	1311	0.632
3	1234	1.025
10	1360	0.477
11	1266	0.658
12	1189	0.737
19	1347	0.486
20	1253	0.836
21	1176	0.953
28	1302	0.914
29	1208	0.921
30	1131	0.969

Tabelle 29: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1691	0.179
2	1552	0.481
3	1442	0.833
10	1623	0.455
11	1485	0.523
12	1375	0.662
19	1613	0.376
20	1475	0.626
21	1365	0.984
28	1546	0.770
29	1407	0.680
30	1297	0.916

Tabelle 30: Geschätzte Parameter der Akçelik-Funktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1892	0.110
2	1701	0.396
3	1564	0.844
10	1818	0.409
11	1627	0.348
12	1490	0.624
19	1807	0.310
20	1616	0.571
21	1479	1.003
28	1733	0.830
29	1542	0.815
30	1405	0.767

### 6.1.3 Konische Widerstandsfunktion

Die konische Widerstandsfunktion hat die folgende Form (vgl. Kapitel 2.2.3):

$$V = V_0 / \left\{ 2 + \sqrt{\alpha^2 \left(1 - \frac{q}{C}\right)^2 + \left(\frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}\right)^2} - \alpha \left(1 - \frac{q}{C}\right) - \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2} \right\}$$

$V_0$  ist gegeben,  $C$  wird mit dem Regressionsmodell vom vorangegangenen Kapitel berechnet, zu schätzen verbleibt der Parameter  $\alpha$ . Die Ergebnisse dieser Schätzung sind, wiederum differenziert nach Strassentyp und  $V_0$ , in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Zur Illustration sind die Verläufe dieser Widerstandsfunktionen ebenfalls im Anhang 3 abgebildet.

### a) Strassentyp 1

Tabelle 31: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 1,  
 $V_0 = 30 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1124	5.159
2	1124	5.998
3	1069	5.218
4	1050	4.536
5	1050	5.193
6	995	4.688
7	973	4.260
8	973	4.109
9	918	4.004
10	1124	5.965
11	1124	6.217
12	1069	4.929
13	1050	4.919
14	1050	5.464
15	995	4.343
16	973	4.135
17	973	4.346
18	918	3.644
19	1096	4.721
20	1096	5.245
21	1041	3.981
22	1022	4.085
23	1022	4.385
24	966	3.787
25	945	3.824
26	945	3.716
27	889	3.484
28	1096	4.497
29	1096	4.858
30	1041	3.726
31	1022	4.922
32	1022	4.104
33	966	3.619
34	945	3.732
35	945	3.570
36	889	3.449

Tabelle 32: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 1,  
 $V_0 = 40 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1254	5.793
2	1221	6.361
3	1170	4.925
4	1168	5.616
5	1135	5.901
6	1084	4.634
7	1083	4.342
8	1050	4.410
9	999	3.922
10	1254	5.660
11	1221	5.262
12	1170	4.096
13	1168	5.552
14	1135	5.238
15	1084	4.223
16	1083	3.989
17	1050	4.009
18	999	3.407
19	1223	4.869
20	1190	4.757
21	1139	3.598
22	1137	5.109
23	1104	4.341
24	1053	3.633
25	1052	3.426
26	1019	3.416
27	968	3.196
28	1223	4.720
29	1190	4.195
30	1139	3.257
31	1137	4.304
32	1104	4.032
33	1053	3.354
34	1052	3.246
35	1019	3.350
36	968	2.719

Tabelle 33: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 1,  
 $V_0 = 50 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1326	7.696
2	1284	6.739
3	1227	4.322
4	1229	5.724
5	1187	5.487
6	1129	4.047
7	1128	4.115
8	1086	3.757
9	1029	3.315
10	1326	6.822
11	1284	5.390
12	1227	4.237
13	1229	5.545
14	1187	4.786
15	1129	3.562
16	1128	4.213
17	1086	3.421
18	1029	2.954
19	1292	5.416
20	1250	4.270
21	1193	2.839
22	1195	4.316
23	1153	3.536
24	1095	3.188
25	1094	3.484
26	1052	2.994
27	995	2.508
28	1292	5.051
29	1250	3.658
30	1193	2.556
31	1195	3.908
32	1153	3.069
33	1095	2.498
34	1094	3.115
35	1052	3.008
36	995	2.358

## b) Strassentyp 2

Auch hier gilt, dass für diesen Strassentyp nur 12 massgebende Verkehrssituationen unterschieden werden, weil die Intensität der Erschliessungsfunktion keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit ausübt (siehe Kapitel 4.2). Zur Illustration ist im Anhang 3 das Beispiel der Kurvenverläufe für  $V_0 = 40$  km/h beigefügt.

Tabelle 34: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 2,  
 $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1355	10.309
2	1211	13.837
3	1092	6.965
10	1337	21.400
11	1192	10.251
12	1073	6.910
19	1355	75.237
20	1211	16.539
21	1092	7.333
28	1337	33.098
29	1192	10.571
30	1073	6.547

Tabelle 35: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 2,  
 $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1606	13.177
2	1407	13.741
3	1252	6.259
10	1575	33.873
11	1376	11.272
12	1222	5.764
19	1595	29.256
20	1396	11.543
21	1242	6.073
28	1565	36.858
29	1365	9.916
30	1211	5.479

Tabelle 36: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 2,  
 $V_0 = 50 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1775	15.509
2	1529	13.295
3	1337	4.887
10	1734	19.436
11	1489	9.855
12	1297	4.846
19	1759	14.038
20	1513	13.947
21	1321	4.862
28	1718	18.952
29	1473	11.055
30	1281	4.675

### c) Strassentyp 3

Wie beim Strassentyp 2 hat auch beim Strassentyp 3 der Erschliessungsverkehr keinen massgeblichen Einfluss auf die mittlere Reisegeschwindigkeit. Entsprechend wurden auch für diesen Strassentyp nur für die massgebenden Situationen (siehe auch Kapitel 4.2) Simulationsrechnungen durchgeführt. Zur Illustration ist im Anhang 3 das Beispiel der Kurvenverläufe für  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  beigefügt.

Tabelle 37: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 3;  
 $V_0 = 30 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1405	9.024
2	1311	114.512
3	1234	33.718
10	1360	329.793
11	1266	163.552
12	1189	9.326
19	1347	11.740
20	1253	15.516
21	1176	57.884
28	1302	75.266
29	1208	10.817
30	1131	6.128

Tabelle 38: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 3,  
 $V_0 = 40 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1691	19.132
2	1552	90.894
3	1442	28.815
10	1623	93.031
11	1485	17.850
12	1375	10.422
19	1613	27.538
20	1475	37.336
21	1365	8.211
28	1546	45.296
29	1407	7.705
30	1297	6.228

Tabelle 39: Geschätzte Parameter der konischen Funktion, Strassentyp 3,  
 $V_0 = 50 \text{ km/h}$

Verkehrssituation	Kapazität [Fz/h]	$\alpha$
1	1892	19.927
2	1701	115.062
3	1564	16.679
10	1818	36.906
11	1627	13.096
12	1490	8.199
19	1807	12.063
20	1616	14.132
21	1479	6.889
28	1733	13.802
29	1542	7.448
30	1405	4.888

#### 6.1.4 Diskussion der drei geschätzten Widerstandsfunktionen

Vergleicht man die aus den Simulationen resultierenden Kurvenscharen (siehe Anhang 2) mit den BPR-, Akçelik- und konischen Funktionen (siehe Anhang 3), stellt man rein visuell die beste Übereinstimmung bei der BPR-Funktion fest. Die Akçelik-Kurven verlaufen bei kleineren Auslastungsgraden im Vergleich zu den Simulationsergebnissen zu flach und fallen dann mit zunehmender Auslastung zu stark ab. Besonders ausgeprägt ist dieses Verhalten bei den Strassentypen 2 und 3. Ähnlich, wenn auch weniger ausgeprägt, ist dieser Kurvenverlauf bei der konischen Funktion. Rein optisch scheint also die BPR-Funktion am besten geeignet, die Simulationsergebnisse zu reproduzieren.

Um diesen Befund mit statistischen Methoden zu überprüfen, wurden die folgenden Kenngrößen zur Beurteilung der Güte von Modellergebnissen berechnet:

- RMSE (Root Mean Square Error), d.h. die Wurzel der Summe der mittleren Abweichungs-Quadrate zwischen den simulierten Werten für  $V_m$  (Messwerten) und den mit den geschätzten Widerstandsfunktionen berechneten Werten für  $V_m$  (Modellwerten).
- Quadrat des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten zwischen den Mess- und den Modellwerten

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 40: RMSE (Wurzel der mittleren quadratischen Abweichungen)

Strassentyp	RMSE			
	Anzahl "Messwerte"	BPR-Funktion	Akçelik-Funktion	Konische Funktion
Strassentyp 1	7693	1.347	1.805	1.311
Strassentyp 2	1344	1.044	2.783	3.399
Strassentyp 3	715	1.004	3.169	4.526

Tabelle 41: Bestimmtheitsmass (Quadrat des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten)

Strassentyp	$R^2$		
	BPR-Funktion	Akçelik-Funktion	Konische Funktion
Strassentyp 1	0.873	0.798	0.840
Strassentyp 2	0.982	0.916	0.833
Strassentyp 3	0.986	0.927	0.822

Die Messgrößen für die Modellgüte zeigen:

- Alle drei Funktionen liefern akzeptable Ergebnisse, d.h. die modellierten Werte stimmen insgesamt recht gut mit den Messwerten überein
- Die konische Funktion weist für den Strassentyp 1 eine ähnliche Modellgüte auf wie die BPR-Funktion, schneidet aber bei den Strassentypen 2 und 3 deutlich schlechter ab, schlechter auch als die Akçelik-Funktion.
- Die BPR-Funktion liefert für alle 3 Strassentypen entweder ähnliche oder aber deutlich bessere Resultate als die beiden anderen Funktionen.

Aufgrund dieses Befundes kann empfohlen werden, für die Modellierung von Innerortsstrassen der BPR-Funktion den Vorzug zu geben. Entsprechend beschränken sich die weiteren Untersuchungen und Ausführungen auf diesen Funktionstyp.

### 6.1.5 Gemeinsame BPR-Widerstandsfunktionen für ähnliche Verkehrssituationen

Die Unterscheidung nach 36 verschiedenen Verkehrssituationen ist in der praktischen Anwendung der Widerstandsfunktionen mit einem grossen Aufwand verbunden. Es wird daher die Möglichkeit geprüft, in Bezug auf Kapazitäten ähnliche Verkehrssituationen in möglichst wenige Gruppen zusammenzufassen und pro Gruppe eine gemeinsame BPR-Funktion zu verwenden.

### a) Verkehrssituations-Gruppen

Aufgrund der Modellergebnisse für die Kapazitäten lassen sich für den Strassentyp 1 die Verkehrssituationen in die folgenden Gruppen unterteilen:

Tabelle 42: Strassentyp 1, Definition der Verkehrssituations-Gruppen

Verkehrssituations-Gruppe	Mittlere Kapazität $C_m$ [Fz/h]			Zugehörige Verkehrssituationen
	$V_0 = 30$ km/h	$V_0 = 40$ km/h	$V_0 = 50$ km/h	
1.a	950	1050	1100	6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 35, 36,
1.b	1050	1150	1200	3, 4, 5, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 30, 31, 32
1.c	1100	1200	1300	1, 2, 10, 11, 19, 20, 28, 29

Die 3 Verkehrssituations-Gruppen für den Strassentyp 1 werden durch die Intensität des Erschliessungs- und Fussgängerverkehrs bestimmt und lassen sich wie folgt charakterisieren:

#### Gruppe 1.a

- Mittlere Intensität des Erschliessungsverkehrs und starker querender Fussgängerverkehr
- oder starke Intensität des Erschliessungsverkehrs

#### Gruppe 1.b

- Schwacher Erschliessungsverkehr und starker querender Fussgängerverkehr
- oder mittlere Intensität des Erschliessungsverkehrs und schwacher bis mittlerer querender Fussgängerverkehr

#### Gruppe 1.c

- Schwacher Erschliessungsverkehr und schwacher bis mittlerer querender Fussgängerverkehr

Für die Strassentypen 2 und 3, bei denen der Erschliessungsverkehr keinen massgeblichen Störeinfluss ausübt, ergeben sich die folgenden Verkehrssituations-Gruppen:

Tabelle 43: Strassentyp 2, Definition der Verkehrssituations-Gruppen

Verkehrssituations-Gruppe	Mittlere Kapazität $C_m$ [Fz/h]			Zugehörige Verkehrssituationen
	$V_0 = 30$ km/h	$V_0 = 40$ km/h	$V_0 = 50$ km/h	
2.a	1100	1250	1300	3, 12, 21, 30
2.b	1200	1400	1500	2, 11, 20, 29
2.c	1350	1600	1750	1, 10, 19, 28

Die Verkehrssituations-Gruppen für den Strassentyp 2 werden ausschliesslich durch die Intensität des querenden Fussgängerverkehrs bestimmt und sind wie folgt charakterisiert:

- Gruppe 2.a: starker querender Fussgängerverkehr
- Gruppe 2.b: mittlerer querender Fussgängerverkehr
- Gruppe 2.c: schwacher querender Fussgängerverkehr

Beim Strassentyp 3 sind zwei Gruppen ausreichend. Die Situationen mit starkem und mittlerem querenden Fussgängerverkehr können in der ersten Gruppe, jene mit schwachem querenden Fussgängerverkehr in der 2. Gruppe zusammengefasst werden.

Tabelle 44: Strassentyp 3, Definition der Verkehrssituations-Gruppen

Verkehrssituations-Gruppe	Mittlere Kapazität $C_m$ [Fz/h]			Zugehörige Verkehrssituationen
	$V_0 = 30$ km/h	$V_0 = 40$ km/h	$V_0 = 50$ km/h	
3.a	1200	1400	1550	2, 3, 11, 12, 20, 21, 29, 30
3.b	1350	1600	1800	1, 10, 19, 28

## b) Parameterschätzung

Die für die zusammengefassten Verkehrssituations-Gruppen (differenziert nach Strassentyp und Wunschgeschwindigkeit  $V_0$ ) mit nichtlinearer Regression geschätzten Parameter der BPR-Funktion und die zugehörigen  $q/v$ -Kurven (für Belastungen bis zur Kapazitätsgrenze,  $q \leq C_m$ ) sind in den folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellt.

## Strassentyp 1

Tabelle 45: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 30 \text{ km/h}$

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1.a	950	0.645	1.948
1.b	1050	0.573	1.828
1.c	1100	0.491	1.748

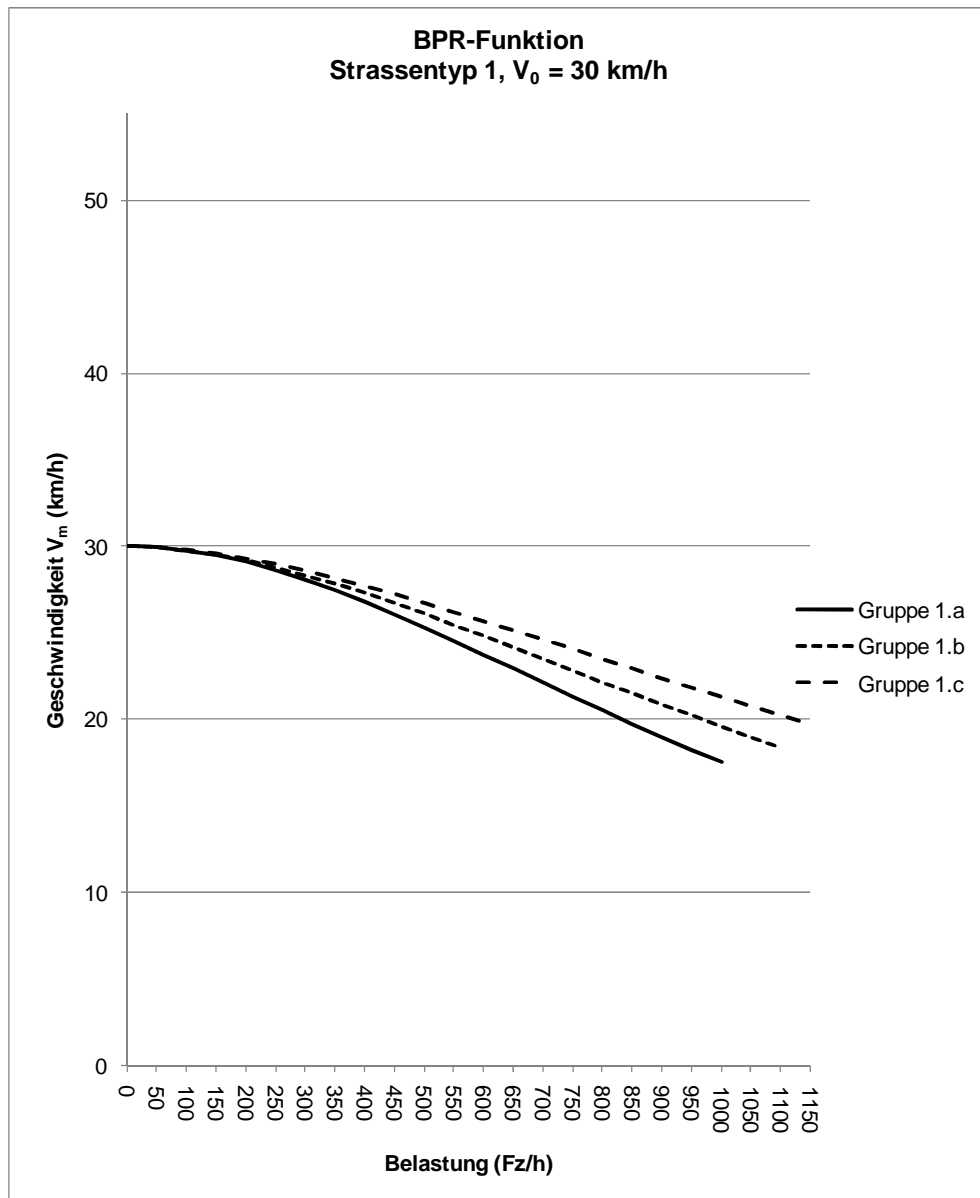


Abbildung 38: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 1,  $V_0 = 30 \text{ km/h}$

Tabelle 46: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituations Gruppe	Kapazität $C_m$ Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1.a	1050	0.768	2.252
1.b	1150	0.674	2.359
1.c	1200	0.544	2.218

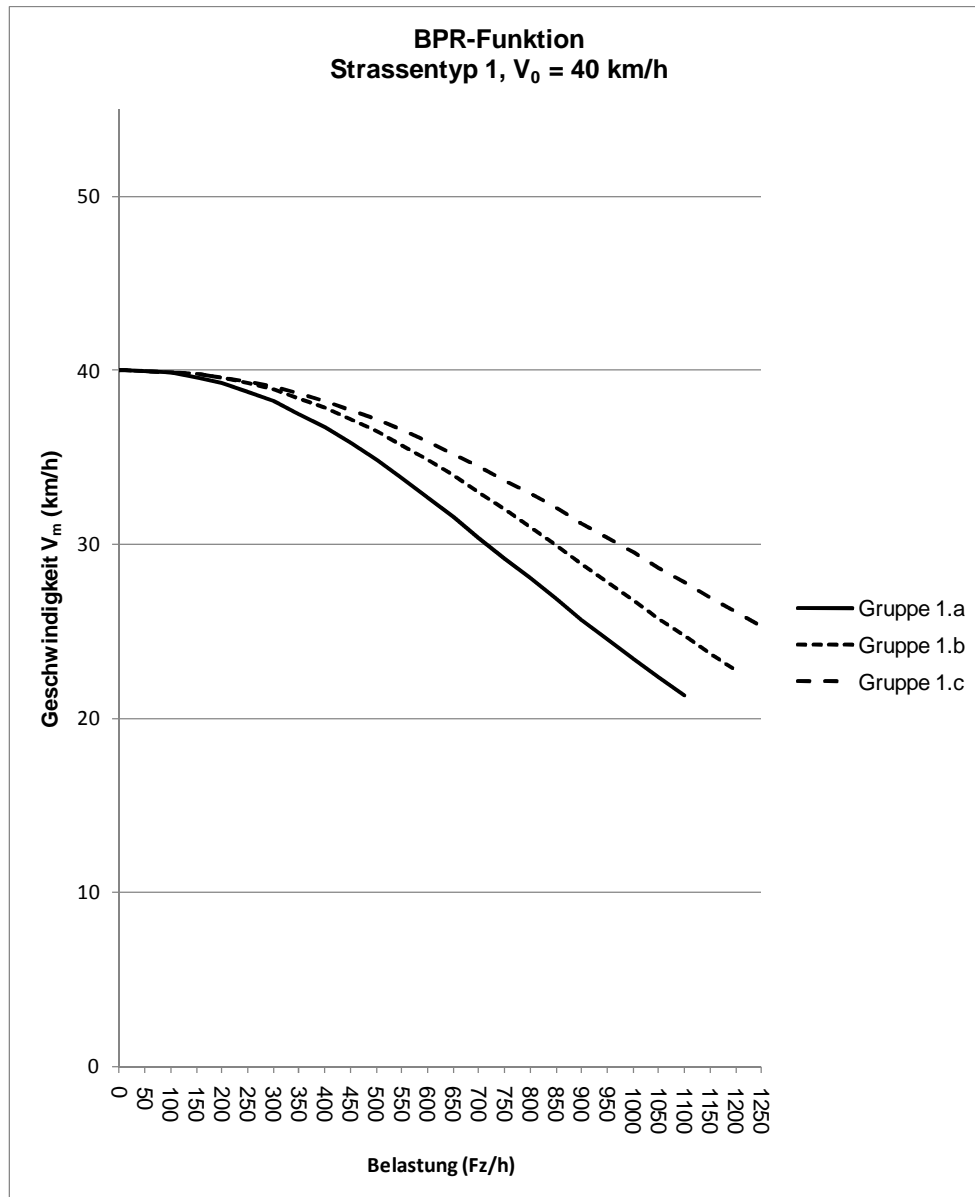
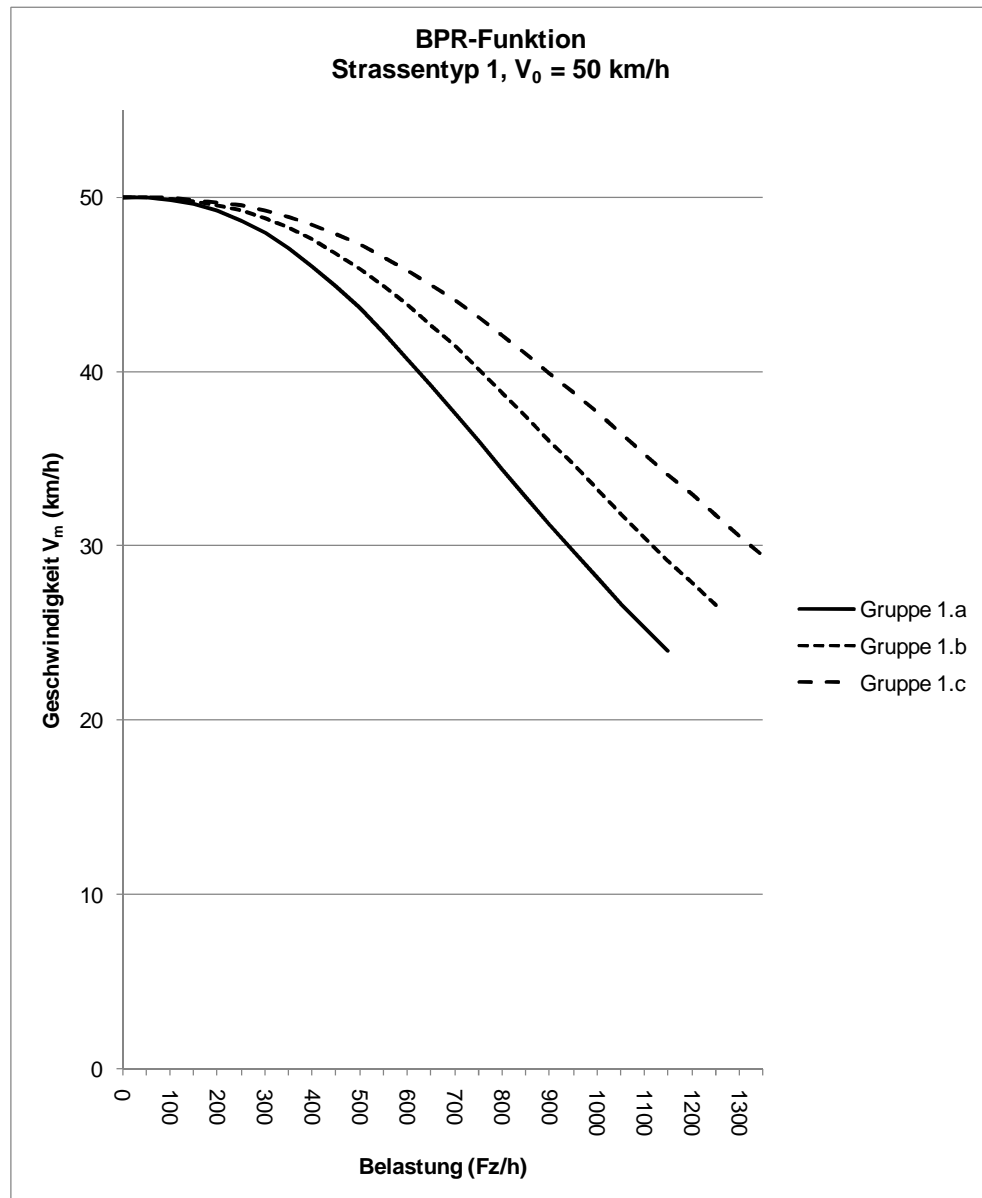
Abbildung 39: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 1,  $V_0 = 40$  km/h

Tabelle 47: Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 1,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
1.a	1100	0.925	2.401
1.b	1200	0.790	2.498
1.c	1300	0.620	2.508

Abbildung 40: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 1,  $V_0 = 50$  km/h

Strassentyp 2Tabelle 48: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
2.a	1100	0.479	1.405
2.b	1200	0.370	1.309
2.c	1350	0.256	1.000

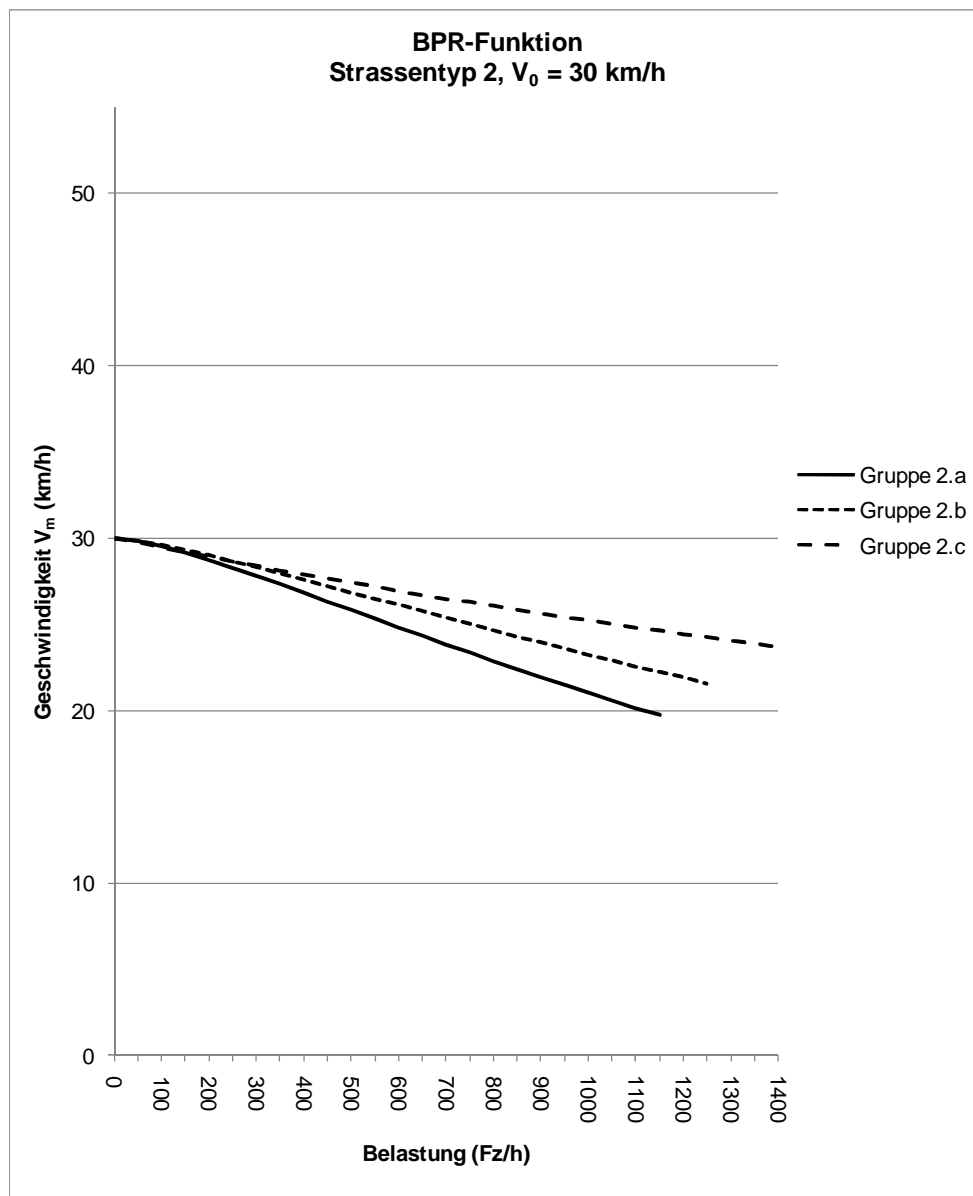
Abbildung 41: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 2,  $V_0 = 30$  km/h

Tabelle 49: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
2.a	1250	0.524	1.615
2.b	1400	0.385	1.717
2.c	1600	0.232	1.376

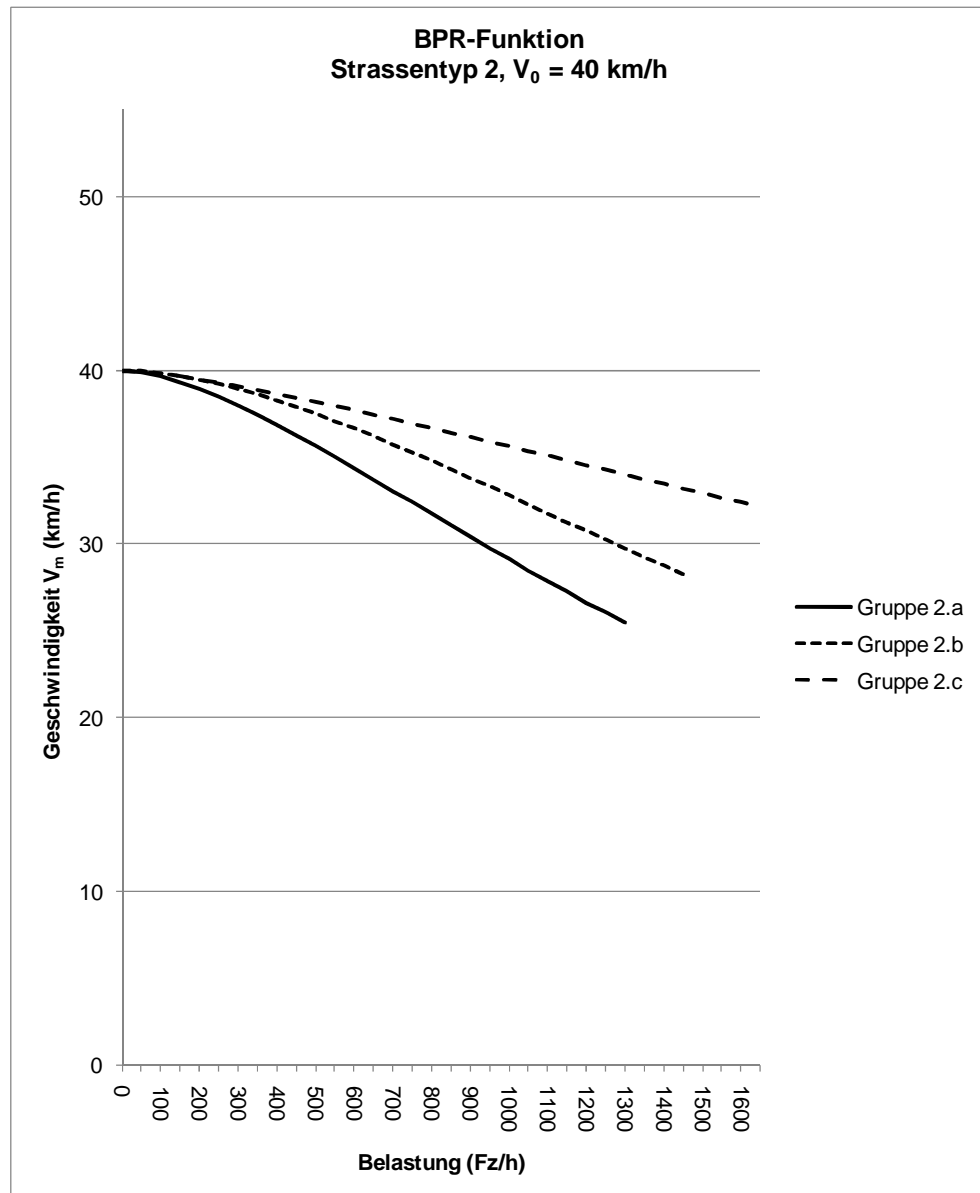
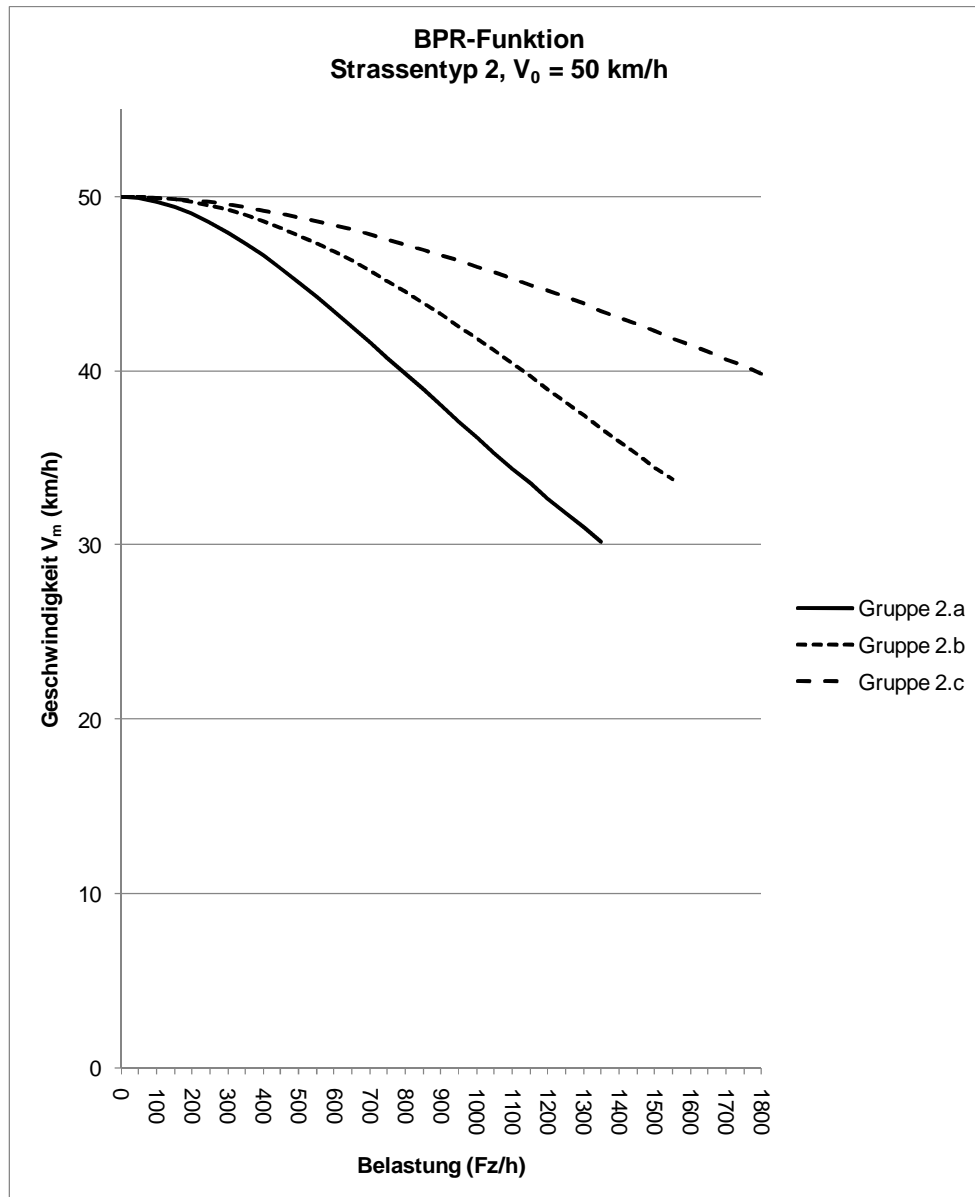
Abbildung 42: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 2,  $V_0 = 40$  km/h

Tabelle 50: Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 2,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
2.a	1300	0.621	1.804
2.b	1500	0.451	2.066
2.c	1750	0.241	1.819

Abbildung 43: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 2,  $V_0 = 50$  km/h

### Strassentyp 3

Tabelle 51: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 30$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
3.a	1200	0.376	1.400
3.b	1350	0.284	1.235

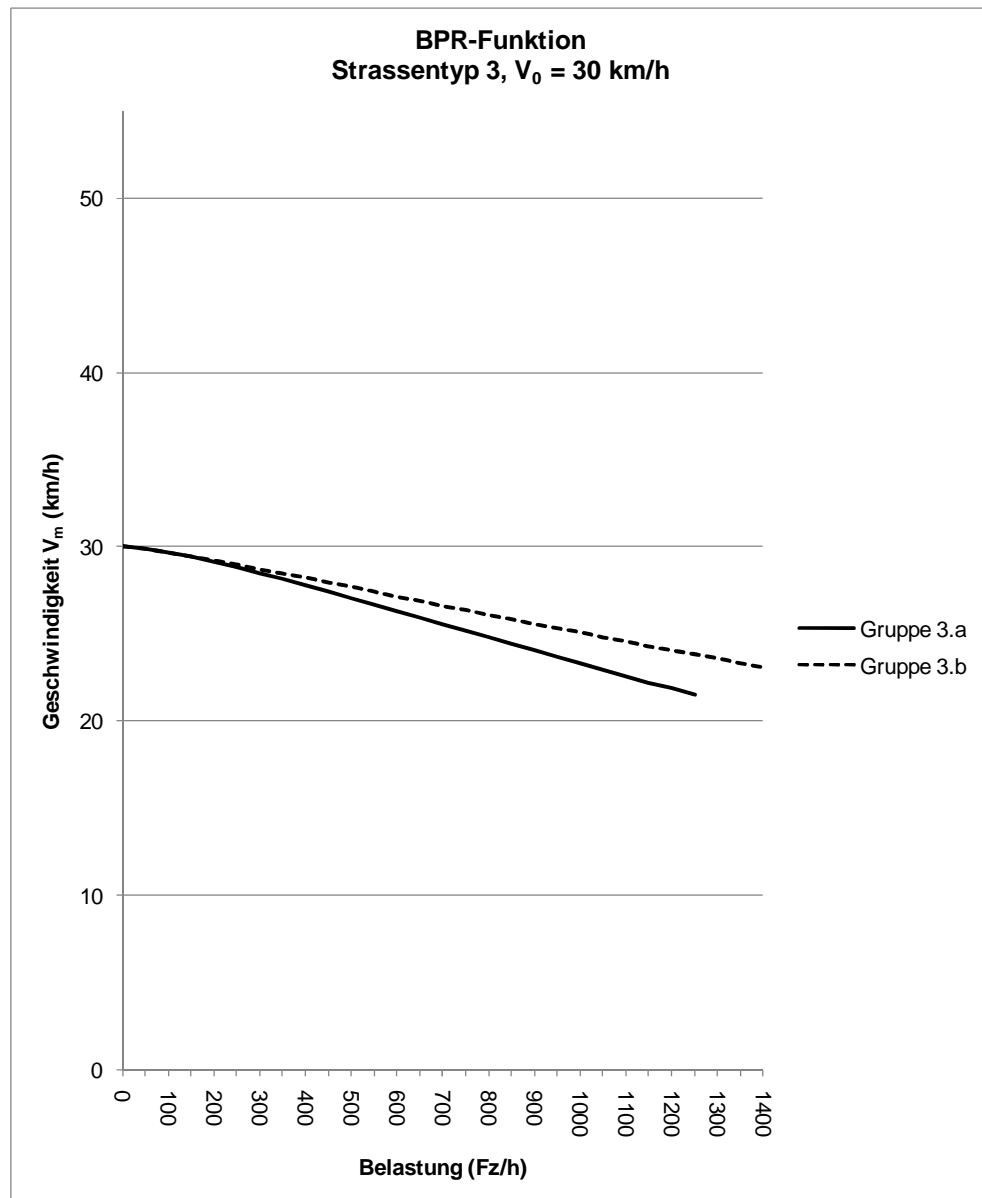


Abbildung 44: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 3,  $V_0 = 25 - 35$  km/h

Tabelle 52: Parameter der BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 40$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
3.a	1400	0.390	1.593
3.b	1600	0.260	1.477

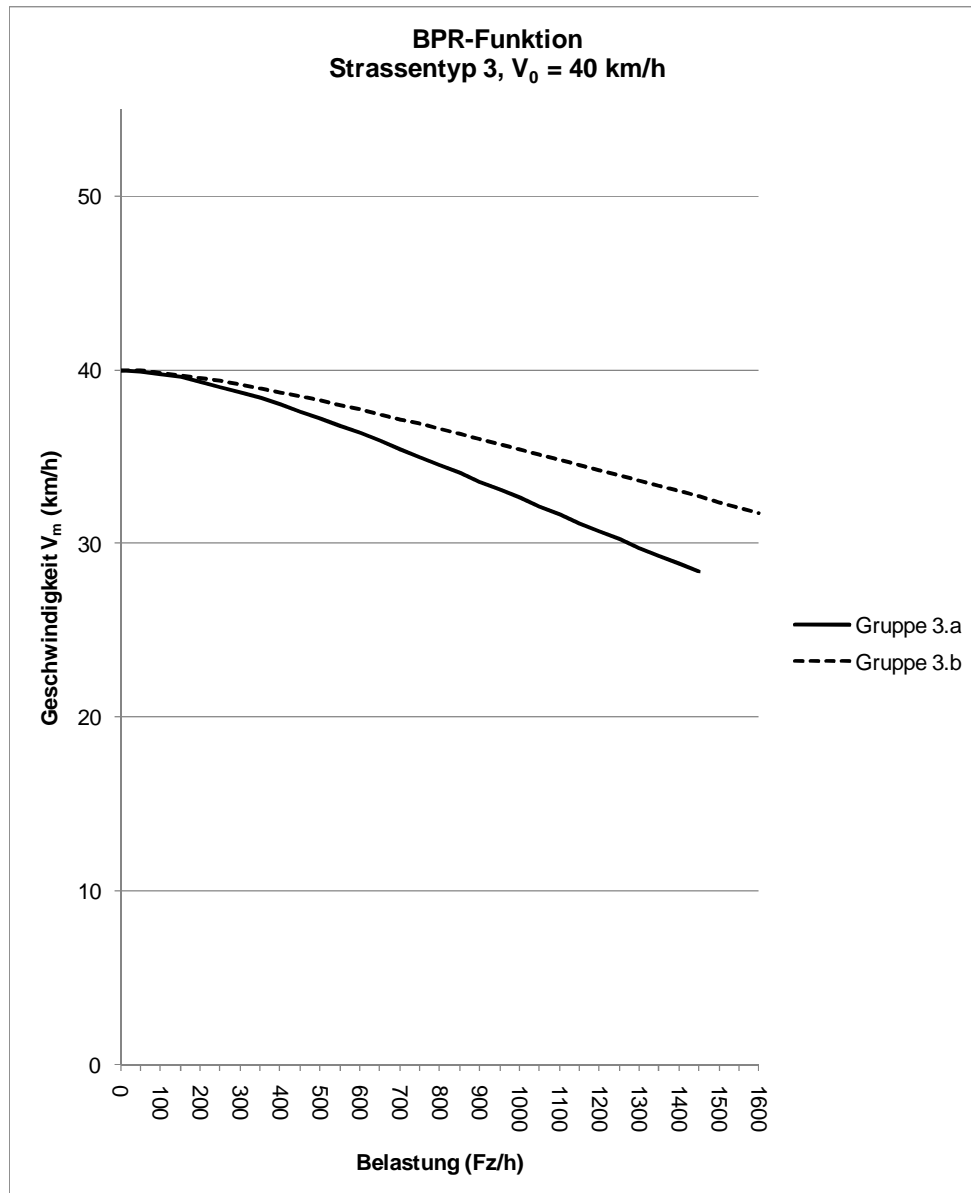
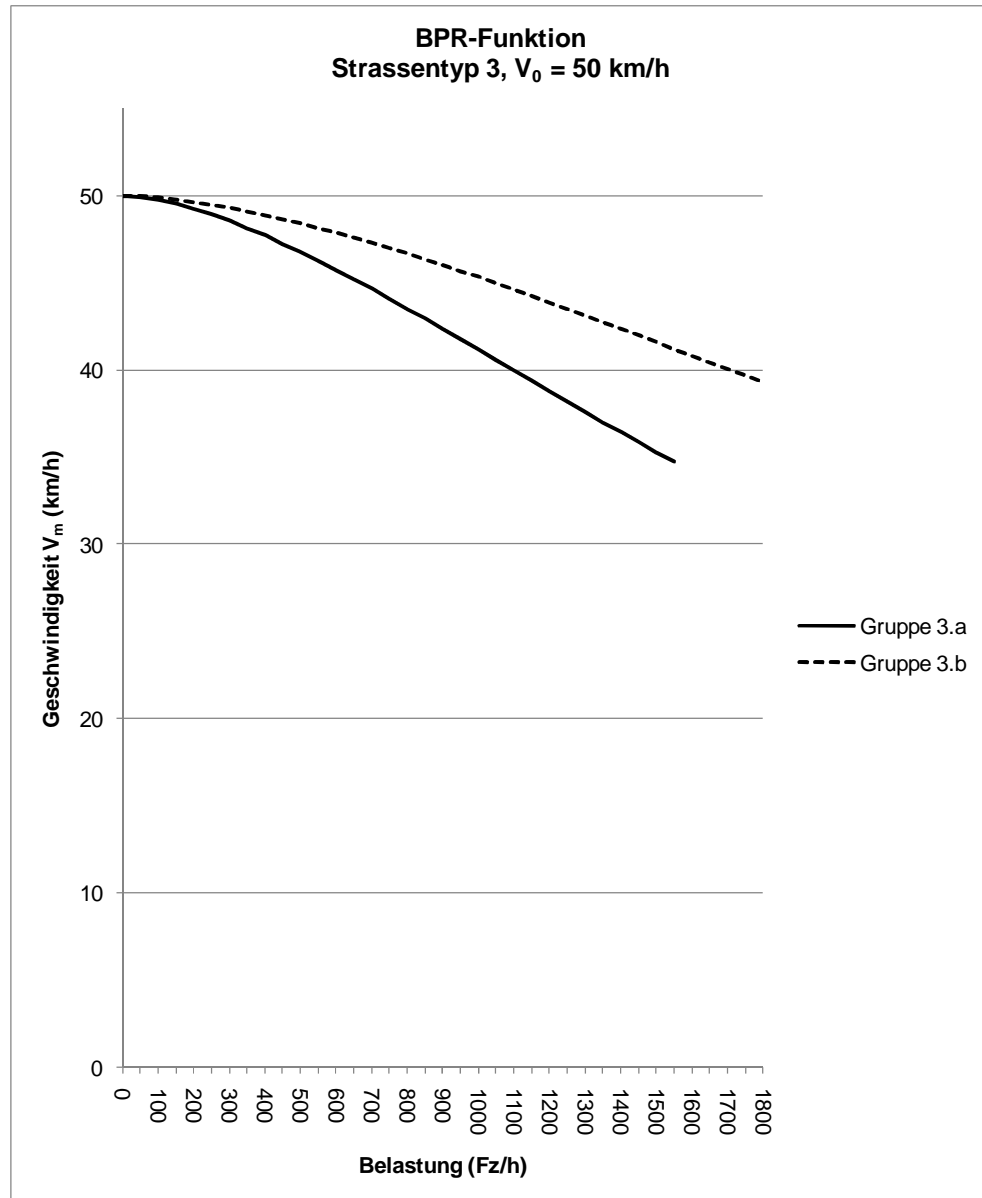
Abbildung 45: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 3,  $V_0 = 40$  km/h

Tabelle 53: Parameter der BPR-Funktion, Strassentyp 3,  $V_0 = 50$  km/h

Verkehrssituations-Gruppe	Kapazität $C_m$ [Fz/h]	$\alpha$	$\beta$
3.a	1550	0.432	1.635
3.b	1800	0.271	1.655

Abbildung 46: BPR-Widerstandsfunktion für Verkehrssituations-Gruppen Strassentyp 3,  $V_0 = 50$  km/h

## 6.2 BELASTUNGEN ÜBER DER KAPAZITÄTSGRENZE

Im Kapitel 2.2.1 wurde auf die Problematik hingewiesen, dass die BPR-Funktion mit höheren Werten des Parameters  $\beta$  bei geringen bis mittleren Belastungen nahezu horizontal verläuft und dass sich im Belastungsbereich über der Kapazität ( $q/C > 1$ )<sup>1</sup> sehr rasch sehr hohe berechnete Reisezeiten ergeben, welche das Konvergieren der Verkehrsumlegung verlangsamen.

Die hier durchgeführten Untersuchungen haben für Innerortsstrassen-Abschnitte durchwegs relativ kleine  $\beta$ -Werte ergeben. Unabhängig vom Strassentyp und der Wunschgeschwindigkeit ist bei ca. 55% aller Verkehrssituationen der  $\beta$ -Wert kleiner als 2, bei ca. 96% der Verkehrssituationen kleiner als 3. Generell weisen die Situationen mit höheren Wunschgeschwindigkeiten höhere  $\beta$ -Werte auf. Der höchste beträgt 3.7 und gilt für die Verkehrssituation 5 beim Strassentyp 1 mit  $V_0 = 50$  km/h.

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der BPR-Funktion für über der Kapazität  $C$  liegende Belastungen  $q$  ( $q/C > 1$ ) für einen typischen Wert des  $\alpha$ -Parameters von 0.5 und die  $\beta$ -Werte 2.0, 3.0 und 3.7.

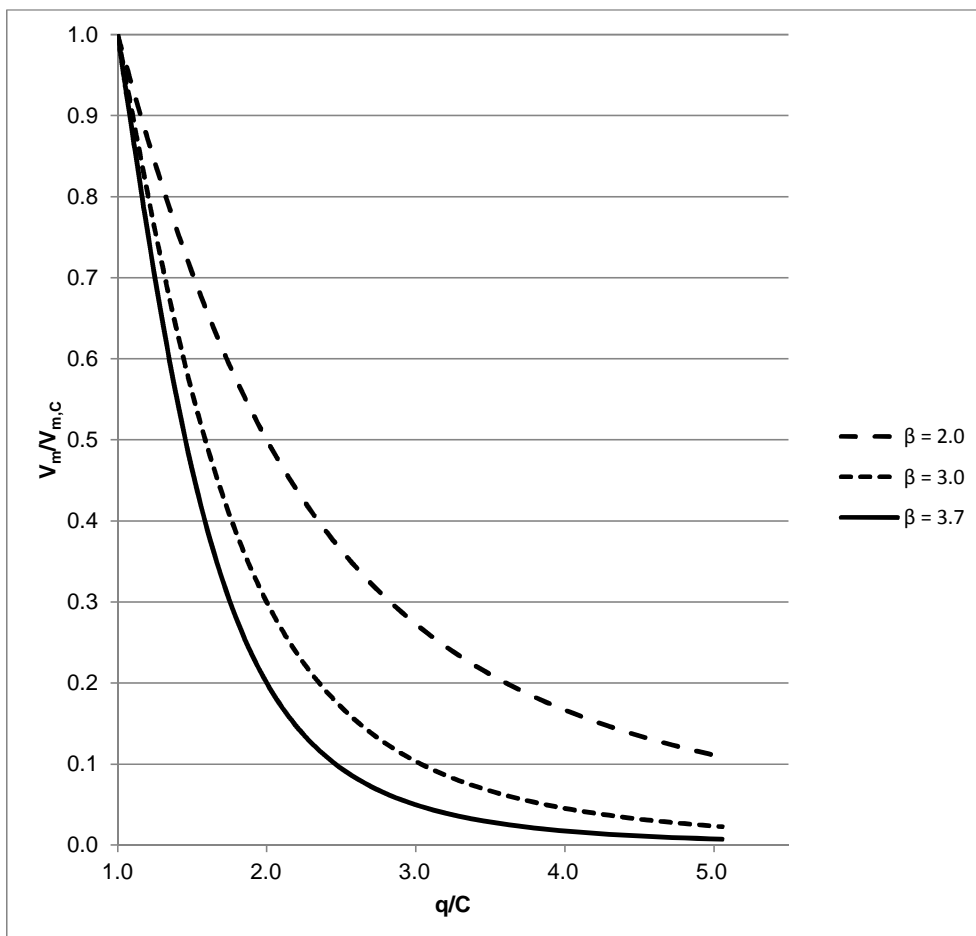


Abbildung 47: BPR-Widerstandsfunktion; Abnahme von  $V_m$  mit zunehmender Überlastung für realistische  $\beta$ -Werte von Innerortsstrassen und  $\alpha = 0.5$  ( $V_{m,C}$  = mittlere Reisegeschwindigkeit bei Erreichen der Kapazität  $C$ )

<sup>1</sup> Diese Situationen können vor allem bei den ersten Iterationsschritten der Verkehrsumlegung auftreten.

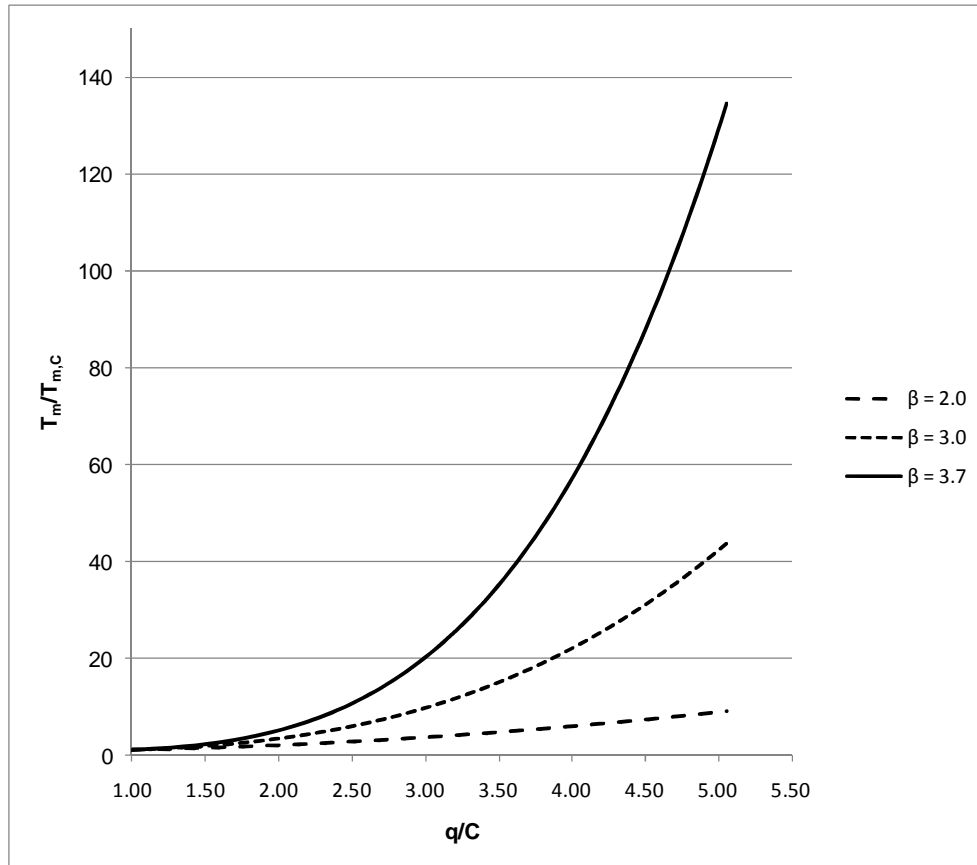


Abbildung 48: BPR-Widerstandsfunktion; Zunahme von  $T_m$  mit zunehmender Überlastung für realistische  $\beta$ -Werte von Innerortsstrassen und  $\alpha = 0.5$  ( $T_{m,C}$  = mittlere Reisezeit bei Erreichen der Kapazität C)

Die obige Abbildung zeigt den Anstieg der mittleren Reisezeit mit zunehmender (im Umlagemodell berechneter) Belastung des Strassenabschnittes über die Kapazitätsgrenze hinaus für die  $\beta$ -Werte 2.0, 3.0 und 3.7. Auch für  $\beta = 3.7$  ist dieser Anstieg nicht so ausgeprägt wie für die im Kapitel 2.2.1 erwähnten Beispiele mit noch höheren  $\beta$ -Werten. Bei einer 5-fachen Überschreitung der Kapazität erhöht sich die berechnete mittlere Reisezeit aber doch um einen Faktor von nahezu 140.

Falls dies bei der Verkehrsumlegung zu Problemen wegen unbefriedigender Konvergenz führen sollte und wenn die eingesetzte Software über die entsprechende Möglichkeit verfügt (flexible Definition der Widerstandsfunktion möglich), empfiehlt es sich eventuell, für Situationen mit  $q/C > 1$  eine auf der mittleren Wartezeit (siehe die folgende Abbildung) beruhende lineare Funktion für die mittlere Reisezeit anzuwenden.

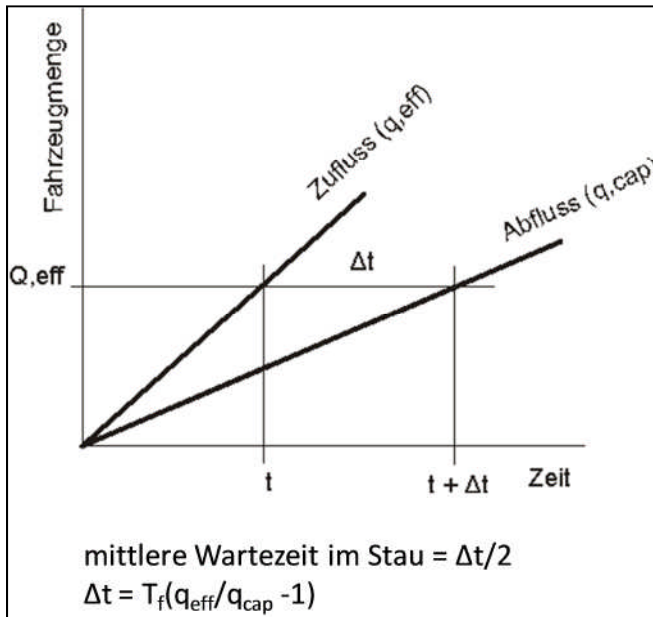


Abbildung 49: Verlustzeit  $\Delta t$  infolge Stau bei Überlastung

Für ein Fallbeispiel mit einer angenommenen Betrachtungsperiode  $T_f = 0.5 \text{ h}^1$  ist die lineare Zunahme der mittleren Reisezeit mit zunehmender Verkehrsbelastung in der folgenden Abbildung dargestellt.

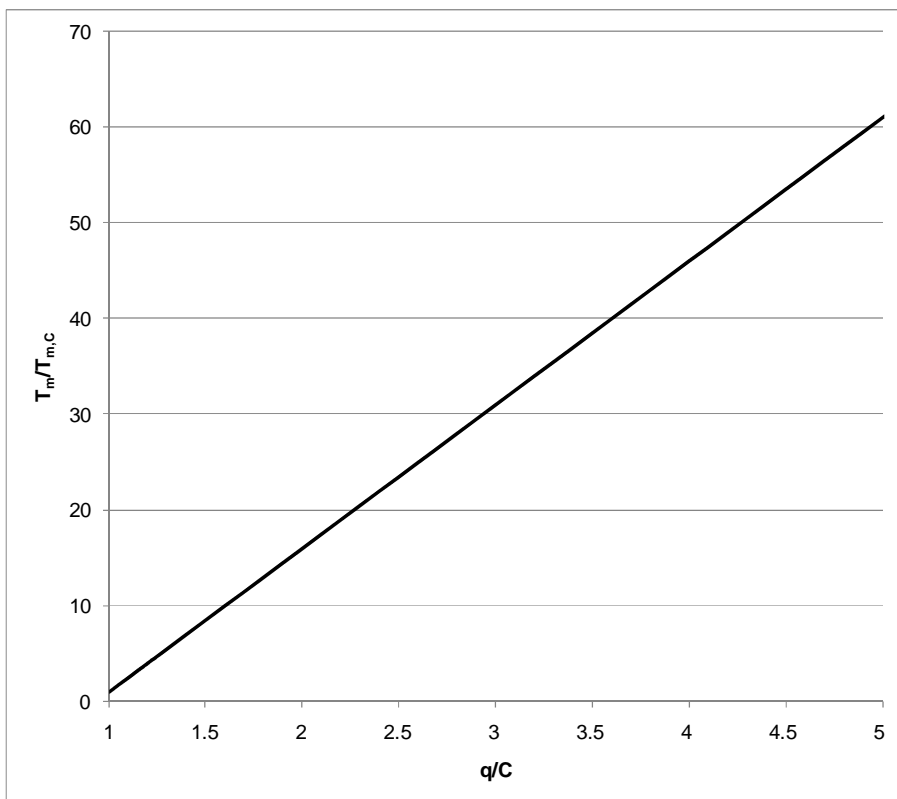


Abbildung 50: Lineare Zunahme des Reisezeitverhältnisses  $T_m/T_{m,C}$  bei Belastungen  $q >$  Kapazität  $C$  ( $q/C > 1$ ),  $T_f = 0.5 \text{ h}$

<sup>1</sup> Es wird davon ausgegangen, dass der Zufluss  $q_{\text{eff}}$  während der Betrachtungsperiode konstant bleibt

Unter der Annahme einer linearen Zunahme der Reisezeit mit der Verkehrsbelastung im Bereich über der Kapazitätsgrenze und einer Betrachtungsperiode  $T_f$  von 0.5 Stunde ergibt sich also z.B. bei einer 2-fachen Überschreitung der Kapazitätsgrenze gegenüber der mittleren Reisezeit bei Erreichen der Kapazität ( $T_{m,C}$ ) eine um den Faktor 15, bei einer 5-fachen Überschreitung der Kapazitätsgrenze eine um den Faktor 60 höhere mittlere Reisezeit  $T_m$ .

Die entsprechende Abnahme der mittleren Reisegeschwindigkeit  $V_m$  gegenüber der mittleren Reisegeschwindigkeit bei Erreichen der Kapazität ( $V_{m,c}$ ) ist aus der untenstehenden Abbildung ersichtlich.

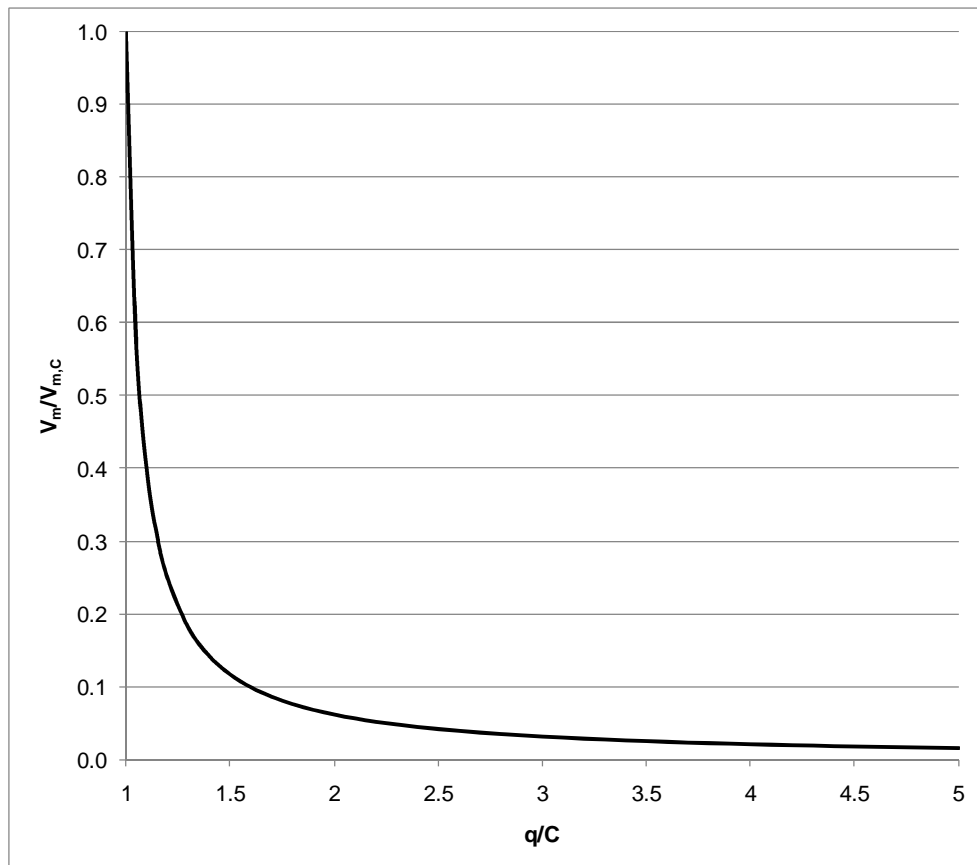


Abbildung 51: Abnahme des Verhältnisses der mittleren Reisegeschwindigkeiten ( $V_m/V_{m,c}$ ) bei Belastungen  $q >$  Kapazität  $C$  ( $q/C > 1$ )

## 7 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ANWENDUNG IN DER PRAXIS

### 7.1 EINLEITUNG

Die Abbildung des Verkehrsangebotes in einem Verkehrsmodell erfordert unter anderem die Codierung des Strassennetzes. Dazu wird dieses in möglichst homogene Abschnitte (Links) unterteilt, welchen Linktypen zugeordnet werden. Jedem Linktyp sind als Attribute die Kapazität  $C$ , die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  und der oder die Parameter der Widerstandsfunktion zugewiesen. Wie in Kapitel 6.1.4 dargelegt, wird aufgrund der Untersuchungsergebnisse für Innerortsstrassen-Abschnitte die Anwendung der BPR-Funktion empfohlen. Diese ist durch die Parameter  $V_0$ ,  $C$ ,  $\alpha$  und  $\beta$  definiert.

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kann die Zuordnung der Innerortsstrassenabschnitte zu Linktypen nun unter Berücksichtigung der vorherrschenden stadtverkehrstypischen Störeinflüsse erfolgen. Das generelle Vorgehen dazu zeigt die folgende Abbildung.

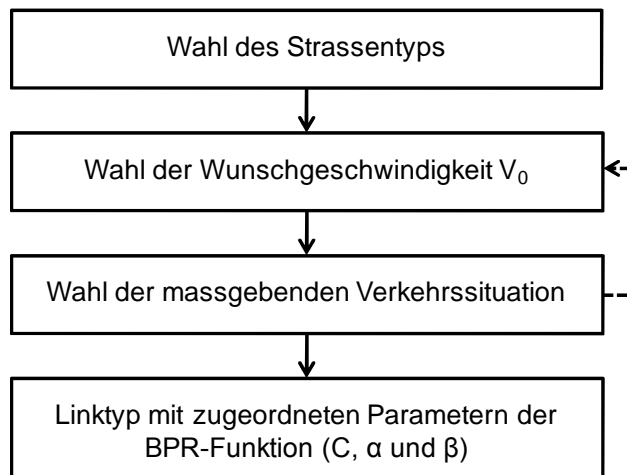


Abbildung 52: Festlegung der Linktypen

Die Linktypen sind durch die folgenden Attribute charakterisiert:

- Strassentyp (1, 2 oder 3)
- $V_0$  (30, 40 oder 50 km/h)
- Verkehrssituation (1 – 36, resp. Gruppen a, b oder c)

Theoretisch wäre es möglich, 180 verschiedene Linktypen für Innerortsstrecken festzulegen, wenn mit den hier unterschiedenen 36 Verkehrssituationen für den Strassentyp 1 und den je 12 unterschiedenen Verkehrssituationen für die Strassentypen 2 und 3 gearbeitet wird. Dies wird in der Praxis weder praktisch noch nötig zu sein; in einem Innerortsstrassennetz werden nicht immer alle 3 Linktypen und alle Verkehrssituationen vorkommen. Mit der Verwendung der Verkehrssituationsgruppen gemäss Kapitel 6.1.5 reduziert sich die Zahl der theoretisch möglichen Linktypen auf 24, eine Zahl, die auch in der Praxis handhabbar ist.

## 7.2 WAHL DES STRASSENTYPS

Die Zuordnung des Strassentyps zu einem Link wird in der Praxis kaum Probleme verursachen, da klare Kriterien vorliegen (siehe Kapitel 3.3):

Tabelle 54: Definition der Strassentypen

Charakteristika des Strassenabschnittes	Strassentyp
Je 1 Fahrspur pro Richtung Fahrspurbreite < 4.5 m	Strassentyp 1
Je 1 durchgehende Fahrspur pro Richtung Fahrspurbreite > 4.5 m oder Linksabbiegespur	Strassentyp 2
Je 1 Fahrspur pro Richtung Mehrzweckstreifen in der Mitte	Strassentyp 3

## 7.3 WAHL DER MASSGEBENDEN WUNSCHGESCHWINDIGKEIT

### 7.3.1 Einleitung

Die Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  auf einem Strassenabschnitt hängt einerseits von dessen Geometrie und Erscheinungsbild (z.B. Hauger, 1996, Dietiker et al., 2009) und andererseits von variablen Grössen wie der Verkehrszusammensetzung und der momentanen Verkehrssituation ab. Durch die subjektive Beurteilung der äusseren Situation macht sich der Fahrer über deren Gefährlichkeit ein Bild und ermittelt durch eine Risikoabwägung die angemessen erscheinende Wunschgeschwindigkeit<sup>1</sup>. Nach Hauger (1996) wird bei der Wahrnehmung der tatsächlichen Geschwindigkeit des Fahrzeuges ein Vergleich mit der inneren Wunschgeschwindigkeit angestellt und bei Bedarf entsprechend reagiert.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass  $V_0$  auf einem Strassenabschnitt keine konstante Grösse ist, sondern sich tageszeitlich entsprechend der vorherrschenden Verkehrssituation ändert<sup>2</sup>. Dieser Sachverhalt ist in der Abbildung 52 durch den Rückkoppelungspfeil illustriert.

### 7.3.2 Hinweise für die Handhabung in der Praxis

Für die Wahl der "richtigen" Wunschgeschwindigkeiten im Rahmen der Verkehrsmodellierung stehen keine strengen Regeln zur Verfügung. Der Praktiker muss sich auf seine Erfahrung stützen und es wird nötig sein, einmal getroffene Entscheide im Laufe der Modellkalibration zu korrigieren.

Hauger (1996) hat die Einflüsse verschiedener Faktoren auf die Wunschgeschwindigkeit qualitativ beschrieben und mit Messungen quantifiziert (siehe Zusammenfassung der Ergebnisse im Anhang 4). Qualitative Hinweise zur Wirkung von Strassenraumbildern auf die Geschwindigkeit liefert auch die Studie von Dietiker et al. (2009). Gestützt auf die Ergebnisse dieser Arbeiten sowie die bei den im Rahmen der vorliegenden

<sup>1</sup> Siehe auch den Exkurs zur Wahrnehmung der Geschwindigkeit im Anhang 4

<sup>2</sup> Weitere, hier aber nicht untersuchte Einflüsse sind beispielsweise die Beleuchtung, Wettereinflüsse sowie der Strassenzustand (Nässe, Eis, Schnee usw.)

Studie durchgeführten empirischen Erhebungen (Kapitel 3) und Kalibrationen der Simulationsmodelle (Kapitel 4) gewonnenen Erkenntnisse sind in der folgenden Tabelle Attribute von Strassenabschnitten zusammengestellt, welche die mittlere Wunschgeschwindigkeit massgeblich beeinflussen. Für verschiedene Ausprägungen dieser Attribute wird angegeben, welche Wunschgeschwindigkeit sie am ehesten zur Folge haben. Nicht alle Eigenschaften eines Strassenabschnittes werden für die gleiche Wunschgeschwindigkeit sprechen. Der Praktiker muss daher auch das Gewicht resp. die Stärke der einzelnen Einflussfaktoren beurteilen und so zu einer Einschätzung des anzuwendenden Wertes von  $V_0$  gelangen.

Zur Wirkung der Verkehrszusammensetzung (Schwerverkehrsanteil, Radfahrer auf der Fahrbahn) liegen für Innerortsstrecken keine gesicherten Ergebnisse vor. Es kann aber vermutet werden, dass der Schwerverkehrsanteil im Innerortsbereich – ohne ausgeprägte Steigung – keinen massgebenden Einfluss auf die Wunschgeschwindigkeit hat, während bei einem hohen Radfahreranteil vor allem beim Strassentyp 1 von einer tieferen Wunschgeschwindigkeit ausgegangen werden sollte (bei den Strassentypen 2 und 3 ist der Einfluss der Radfahrer kleiner, da sie ohne Behinderung überholt werden können).

Tabelle 55: Hinweise zur Wahl der Wunschgeschwindigkeit  $V_0$ 

Einflussfaktoren auf die Wunschgeschwindigkeit $V_0$	Am ehesten zutreffende Wunschgeschwindigkeit $V_0$		
	30 km/h	40 km/h	50 km/h
Strassenfunktion - Verbinden - Erschliessen - Aufenthalt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umfeldnutzung - überwiegend Wohnnutzung - überwiegend Geschäftsnutzung (z.B. Verkauf) - überwiegend Büro und Gewerbenutzung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optische Breite (Sichttraum des Fahrzeuglenkers) <sup>1</sup> - 5-7 m - 7-11 m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strassenraumstruktur - erkennbar, funktionsgerecht und klar - nicht erkennbar, nicht funktionsgerecht und verwirrend		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Linearität des Strassenraumes - verstärkende Elemente (Randlinie, Mittellinie, Alleen, Baufluchtlinie usw.) - mindernde Elemente	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Seitliche Fahrbahnbegrenzung - rauhe Kante (keine abgrenzenden Elemente, variable optische Breite) - glatte Kante (Randstein/-markierung, konstante optische Breite)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Randnutzung der Fahrbahn, links - Trottoir, Grünstreifen - Längsparkierer - Querparkierer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verkehrssituation (siehe Tabellen 57 und 58), abhängig von der Tageszeit - starke Störeinflüsse - mittlere Störeinflüsse - schwache Störeinflüsse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup> Es ist zu unterscheiden zwischen der optischen Breite und der eigentlichen Fahrbahnbreite. Aufgrund eines umfangreichen Literaturstudiums kommt Hauger (1996) zum Schluss, dass beim Fehlen von Verkehrsstörungen der Einfluss der Fahrbahnbreite auf das Geschwindigkeitsverhalten im Innerortsbereich nicht sehr ausgeprägt (statistisch nicht signifikant) und in absoluten Zahlen sehr klein ist. Treten aber Verkehrsstörungen durch Parkierung, Bushaltestellen, Anlieferung usw. auf, spielt die Fahrbahnbreite sehr wohl eine wichtige Rolle.

Ein verwandtes Mass ist der Baufluchtabstand. Während Mörner (1984) zwischen Baufluchtabstand und  $V_{85}$  eine positive Korrelation festgestellt hat, konnten Maier und Meewes (1990) diesen Zusammenhang nicht bestätigen.

## 7.4 WAHL DER VERKEHRSSITUATION

Die unterschiedenen Verkehrssituationen sind im Kapitel 4.2 definiert und im Kapitel 6.1.5 wird der Vorschlag zur Zusammenfassung ähnlicher Verkehrssituationen zu Gruppen beschrieben. Die folgenden Tabellen stellen diese Informationen nochmals zusammen.

Bei den Störfaktoren werden je nach dem Grad der Wirkung auf den Verkehrsfluss die in Tabelle 56 aufgeführten Ausprägungen unterschieden. Die quantitativen Angaben beziehen sich auf eine typische Abschnittslänge von 300 – 600 m. Sie sind als Hinweise im Sinne von Grössenordnungen zu verstehen, welche die Wahl der Verkehrssituation in der Praxis erleichtern sollen.

Tabelle 56: Hinweise zur Zuordnung zu den Wirkungskategorien der Störeinflüsse

Störeinfluss	Wirkungskategorie
ÖV-Haltestellen	- ohne: keine Haltestelle resp. nur wenige Halte pro Stunde - mit: 6 Halte (auf Fahrbahn) pro Stunde und Richtung
Parkieren	- ohne: keine Parkiervorgänge - mit: 10 Parkiervorgänge pro Stunde und Richtung
Erschliessung	- schwach: 5% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger - mittel: 10% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger - stark: 20% des Gesamtverkehrs sind Ein- und Abbieger
Fussgänger	- schwach: 50 Fussgänger-Querungen pro Stunde - mittel: 200 Fussgänger-Querungen pro Stunde - stark: 400 Fussgänger-Querungen pro Stunde

Tabelle 57: Verkehrssituationen, Strassentyp 1

Verkehrssituation		Wirkung auf den Verkehrsfluss durch				
Einzel-Situation	Situations-Gruppe	ÖV	Parkieren	Erschliessung	Fussgänger	
1	1.c	ohne	ohne	schwach	schwach	
2					mittel	
3	stark					
4	1.b			mittel	mittel	schwach
5						mittel
6						stark
7	1.a			stark	stark	schwach
8						mittel
9						stark
10	1.c		mit	schwach	schwach	
11					mittel	
12	stark					
13	1.b			mittel	mittel	schwach
14						mittel
15						stark
16	1.a			stark	stark	schwach
17						mittel
18						stark
19	1.c	mit	ohne	schwach	schwach	
20					mittel	
21	stark					
22	1.b			mittel	mittel	schwach
23						mittel
24						stark
25	1.a			stark	stark	schwach
26						mittel
27						stark
28	1.c		mit	schwach	schwach	
29					mittel	
30	stark					
31	1.b			mittel	mittel	schwach
32						mittel
33	stark					
34	1.a			stark	stark	schwach
35						mittel
36						stark

Bei den Strassentypen 2 und 3 hat die Erschliessungsfunktion nur einen schwachen Einfluss auf die mittlere Geschwindigkeit, weshalb dieser Faktor in der folgenden Tabelle nicht aufgeführt ist.

Tabelle 58: Verkehrssituationen, Strassentypen 2 und 3

Einzel-Situation	Verkehrssituation		Wirkung auf den Verkehrsfluss durch				
	Situations-Gruppe		ÖV	Parkieren	Fussgänger		
	Strassentyp 2	Strassentyp 3					
1	2.c	3.b	ohne	ohne	schwach		
2	2.b	3.a			stark	mittel	
3	2.a					stark	
10	2.c	3.b		mit	mit	schwach	
11	2.b	3.a				stark	mittel
12	2.a						stark
19	2.c	3.b	mit	ohne	schwach		
20	2.b	3.a			stark	mittel	
21	2.a					stark	
28	2.c	3.b		mit	mit	schwach	
29	2.b	3.a				stark	mittel
30	2.a						stark

## 7.5 FESTLEGUNG DES LINKTYPUS UND DER ZUGEORDNETEN PARAMETER

Jedem Strassenabschnitt muss bei der Angebotsmodellierung ein Linktyp zugeordnet werden. Mit den Resultaten der vorangegangenen Arbeitsschritte ist dies nun kein Problem mehr; der Strassentyp, die anzuwendende mittlere Wunschgeschwindigkeit  $V_0$  und die Verkehrs-Einzelsituation resp. -Situationsgruppe liegen fest und aus den Tabellen 13 - 21 (für Verkehrs-Einzelsituationen) resp. den Tabellen 45 - 53 (für Verkehrssituations-Gruppen) lassen sich die massgebenden Parameter  $C$ ,  $\alpha$  und  $\beta$  der BPR-Funktion<sup>1</sup> herauslesen. In der Praxis wird man diese Tabellen direkt im Skript des Umlegungsmodells integrieren (in CUBE<sup>2</sup> z.B. als "IF-Anweisungen").

Für den Strassentyp 1 mit  $V_0 = 50$  km/h bleibt noch zu entscheiden, ob für Situationen über der Kapazitätsgrenze ( $q/C > 1$ ) ebenfalls die BPR-Funktion oder der auf einem deterministischen Modell beruhende lineare Ansatz für  $T_m$  angewendet werden soll (für die anderen Strassentyp/ $V_0$ -Kombinationen kann ohne Einschränkungen auch für den Über-Kapazitäts-Bereich die Anwendung der BPR-Funktion empfohlen werden). In der Praxis wird man diesen Entscheid unter Berücksichtigung des mit der Abweichung von der BPR-Funktion verbundenen Programmieraufwandes im Umlegungsmodell fällen. Ist dieser gering, lohnt sich evtl. die Anwendung der linearen Funktion aufgrund der damit erzielbaren besseren Konvergenz und zuverlässigeren Resultate des Umlegungsalgorithmus.

<sup>1</sup> Für die Akçelik- und die konische Funktion finden sich die Parameter in den entsprechenden Tabellen des Kapitels 6.

<sup>2</sup> Verkehrsmodellierungs-Software von Citilabs (siehe [www.citilabs.com](http://www.citilabs.com))

## 8 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND FORSCHUNGSBEDARF

### 8.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Studie bestätigt die Alltagserfahrung, dass der Widerstand von Innerorts-Strassenabschnitten – d.h. der Reisezeitbedarf von Motorfahrzeugen für das Durchfahren einer Strecke – nicht nur von der Verkehrsstärke sondern massgeblich auch von der Intensität der stadtverkehrstypischen Störeinflüsse abhängt. Weiter bestätigt die Studie, dass sowohl die Kapazität als auch die mittlere freie Reisegeschwindigkeit (Wunschgeschwindigkeit resp. free flow speed) eines Strassenabschnittes ebenfalls von den sich tageszeitlich ändernden stadtverkehrstypischen Störeinflüssen abhängen. Die Kapazität und Wunschgeschwindigkeit sind also variable Kennwerte eines Strassenabschnittes (Links), welche entgegen der gängigen Praxis nicht als Konstante angenommen werden sollten.

Daraus ergibt sich als Schlussfolgerung, dass für die Modellierung des MIV in städtischen Gebieten, z.B. während Haupt- oder Nebenverkehrszeiten, nicht wie bisher nur die tageszeitabhängige Quelle-Ziel-Matrix, sondern auch eine der jeweiligen Verkehrssituation entsprechende Netz-Codierung verwendet werden sollte. Dabei ist insbesondere die Zuordnung der Linktypen, welche durch die Kapazität, die Wunschgeschwindigkeit und die weiteren Parameter der Widerstandsfunktion definiert sind, der jeweils massgebenden Verkehrssituation anzupassen. Die bisherige Praxis, die Netz-Codierung unverändert zu lassen, erweist sich zumindest für städtische Netze als (zu) starke Vereinfachung.

Auf der anderen Seite hat sich gezeigt, dass in der Regel eine zu starke Differenzierung nach Verkehrssituationen nicht erforderlich ist, sondern dass ähnliche Verkehrssituationen zu Gruppen mit gemeinsamen Parametern der Widerstandsfunktion zusammengefasst werden können

Als weitere wichtige Schlussfolgerung aus den Untersuchungsergebnissen kann festgehalten werden, dass die schon heute häufig genutzte BPR-Widerstandsfunktion auch zur Anwendung für Innerorts-Strassenabschnitte empfohlen werden kann. Die Studie liefert für alle im Innerortsbereich typischerweise vorkommenden Verkehrssituationen die Parameter dieser Funktion. Es zeigt sich, dass alle Parameter in einem Bereich liegen, innerhalb welchem die "schlechten" Eigenschaften dieser Funktion (nahezu horizontaler Verlauf bei kleinen Auslastungsgraden, sehr steiler Verlauf bei Belastungen über der Kapazitätsgrenze) nicht resp. kaum zum Tragen kommen.

### 8.2 FORSCHUNGSBEDARF

Die Studie hat gezeigt, dass weiterhin Forschungsbedarf besteht zur Festlegung der massgebenden Wunschgeschwindigkeit  $V_0$ . Als Ergänzung zur Studie von Dietiker et al. (2009) sollte ein Verfahren entwickelt werden, mit welchem in der Praxis der in einer jeweiligen Situation zutreffende Wunschgeschwindigkeitsbereich quantitativ (in km/h) festgelegt werden kann (die Empfehlungen im Kapitel 7.3 dieses Berichtes liefern erste Hinweise dazu). In einem entsprechenden Forschungsprojekt ist namentlich auch der

Einfluss der Verkehrszusammensetzung (z.B. Schwerverkehrs- und Veloanteil) auf die Wunschgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

In einem weiteren Forschungsprojekt sollte untersucht werden, wie sich die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung tatsächlich unterscheiden, wenn statt der bisherigen Methode der Netzcodierung mit fixer Zuordnung der Linktypen und Verwendung von nicht gesicherten Parameterwerten<sup>1</sup> der Widerstandsfunktion die hier empfohlene Methode mit nach Verkehrssituationen differenzierter Zuordnung der Linktypen und Anwendung der in dieser Studie hergeleiteten Parameter der BPR-Widerstandsfunktion angewendet wird.

Wie im SVI-Forschungsprogramm bereits vorgesehen, sollte ein zukünftiges Forschungsprojekt der Untersuchung der belastungsabhängigen Verlustzeiten an Knoten und deren Integration in die Verkehrsmodelle (Ziel- und Verkehrsmittelwahl sowie Umlegung) gewidmet sein.

---

<sup>1</sup> z.B. fixe Kapazität und Wunschgeschwindigkeit pro Link und grob geschätzte Werte für  $\alpha$  und  $\beta$

## **ANHANG**



## **ANHANG 1**

Städtebauliche und verkehrliche Zusatzkriterien für die Klassifizierung von Strassen  
Fragebogen zur Meldung typischer Innerortsstrecken  
Dokumentation der Fallbeispiele



## Städtebauliche und verkehrliche Zusatzkriterien

(nach Hauger, 1996)

Hauptkriterien	Unterkriterien	Indikatoren	Ausprägungen
Umfeldnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reine Wohnzone</li> <li>▪ Überwiegend Wohnnutzung mit einzelnen Geschäften</li> <li>▪ Überwiegend Geschäftsnutzung mit Wohnnutzung</li> <li>▪ Überwiegend Büro- und Gewerbenutzung</li> </ul>		
Strassenräumliche Situation	▪ Bauflucht	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestreckte Baufluchtlinie</li> <li>▪ Ohne Baufluchtlinie</li> <li>▪ Springende Baufluchtlinie</li> </ul>	
	▪ Bauweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Offen</li> <li>▪ Geschlossen</li> <li>▪ Verkettet</li> <li>▪ Halboffen</li> </ul>	
	▪ Geschosshöhe und Wohnhaustyp	▪ (Gibt Hinweise zum Anteil des Ziel-/Quellverkehrs)	
	▪ Strassenraumstruktur	▪ Strassenraumwirkung (Breiten- / Höhenverhältnis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gasse (1 / 1)</li> <li>▪ Strasse (2 / 1)</li> <li>▪ Platz (4 / 1)</li> </ul>
		▪ Elemente der Strassenraumstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Positiv - negativ</i></li> <li>▪ Viele – wenige</li> <li>▪ Vielfältig – eintönig</li> <li>▪ Differenziert - undifferenziert</li> </ul>
		▪ Ordnungsprinzip der Strassenraumstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Positiv - negativ</li> <li>▪ Erkennbar – nicht erkennbar</li> <li>▪ Funktionsgerecht – nicht funktionsgerecht</li> <li>▪ Klar - verwirrend</li> </ul>
		▪ Strassenraumabschluss in Längsrichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ohne</li> <li>▪ Durch Linienführung</li> <li>▪ Durch Element (Gebäude, Bepflanzung, Landschaft)</li> </ul>
		▪ Linearität des Strassenraumes	▪ (Lineare Elemente: Randsteine, Bodenmarkierungen, Alleen, Zäune, Baufluchtlinie etc.)
	▪ Baustruktur		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Positiv - negativ</li> <li>▪ Anspruchsvolle Gliederung – anspruchslose Gliederung</li> <li>▪ Vielfältig – eintönig</li> <li>▪ Schlicht – überladen</li> </ul>

Hauptkriterien	Unterkriterien	Indikatoren	Ausprägungen
	▪ Merkmalqualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Orientierung</li> <li>▪ Soziale Brauchbarkeit</li> <li>▪ Identifikation</li> <li>▪ Identität</li> <li>▪ Anregung</li> <li>▪ Schönheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Positiv - negativ</li> <li>▪ Unverwechselbar – beliebig</li> <li>▪ Herausragend – stereotyp</li> <li>▪ Prägend - unauffällig</li> </ul>
	▪ Motorfahrzeug-Prägung	▪ (Beurteilung im Zusammenhang mit latenten Nutzungen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Positiv - negativ</li> <li>▪ Gering – stark</li> <li>▪ Eingordnet – dominierend</li> <li>▪ Unauffällig - störend</li> </ul>
Verkehrstechnische Situation	▪ Einbahnen und Leitlinien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vorhanden</li> <li>▪ Nicht vorhanden</li> </ul>	▪ (Vorhandensein erhöht $V_0$ ) <sup>1</sup>
	▪ Randlinien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vorhanden</li> <li>▪ Nicht vorhanden</li> </ul>	
	▪ Seitliche Fahrbahnbegrenzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Glatte Kanten</li> <li>▪ Rauhe Kante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Randstein/-markierung, konstante optische Breite</li> <li>▪ Keine abgrenzenden Elemente, variable optische Breite</li> </ul>
	▪ Unmittelbare Randnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Längsparkierer</li> <li>▪ Querparkierer</li> <li>▪ Grünstreifen</li> <li>▪ Trottoir</li> <li>▪ etc.</li> </ul>	
	▪ Parkraumorganisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ohne Einschränkung</li> <li>▪ Halte- und Parkverbot</li> <li>▪ Kurzparkzone</li> </ul>	
	▪ Anteil Ziel-/Quellverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gering</li> <li>▪ Mittel</li> <li>▪ Hoch</li> </ul>	

<sup>1</sup> Müller (1985) und Golle et al. (1985), wurde jedoch von Hauger (1996) nicht bestätigt.

## Angaben zum Typ des Innerorts-Strassenabschnittes

### Eigenschaften der in Frage kommenden Strassenabschnitte:

- vortrittsberechtigte Strasse
- Länge des Abschnitts ist min. 300 – 500m
- auf dem Abschnitt ist kein wesentlicher Rückstau aus einer Lichtsignalanlage oder Kreisel vorhanden
- der Verkehrsfluss wird infolge Erschliessungsfunktionen (s. unten) gestört

Gemeinde: \_\_\_\_\_

Strassenname: \_\_\_\_\_ Abschnitt: \_\_\_\_\_ Länge ca: \_\_\_\_\_  
(evtl. Planausschnitt beilegen)

Verkehrsberuhigungsmassnahmen:  ja  nein

Verkehrsbelastung:  klein (DTV < 5'000)  mittel  gross (DTV > 10'000)

### Geometrie:

Anzahl Spuren Richtung 1: \_\_\_\_\_ Richtung 2: \_\_\_\_\_

Spurbreiten:  Normalbreite (< 4.50 m)  
 Überbreite (> 4.50 m)

weitere Fahrstreifen:  Radstreifen  
 Tram im Mischverkehr  
 Tram auf Eigentrassee  seitlich  Mitte

Strassenmitte:  Mittelstreifen (Mehrzweckstreifen)  
 bauliche Richtungstrennung

### vorhandene Störeinflüsse:

	Intensität			
	gross	mittel	Klein	nicht
Querstrassen (z.B. Linksabbieger)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fussgängerübergänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grundstückszufahrten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Güterumschlag auf Fahrbahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parkierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tram-Haltestellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bus-Haltestellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Gesamteindruck: Ausmass der Störungen auf den Verkehrsfluss während Spitzenstunden

gross  mittel  klein

Kontaktperson: \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_

Rücksendeadresse: [thomas.buhl@buero-widmer.ch](mailto:thomas.buhl@buero-widmer.ch) oder büro widmer  
Thomas Buhl  
Bahnhofplatz 76  
8500 Frauenfeld

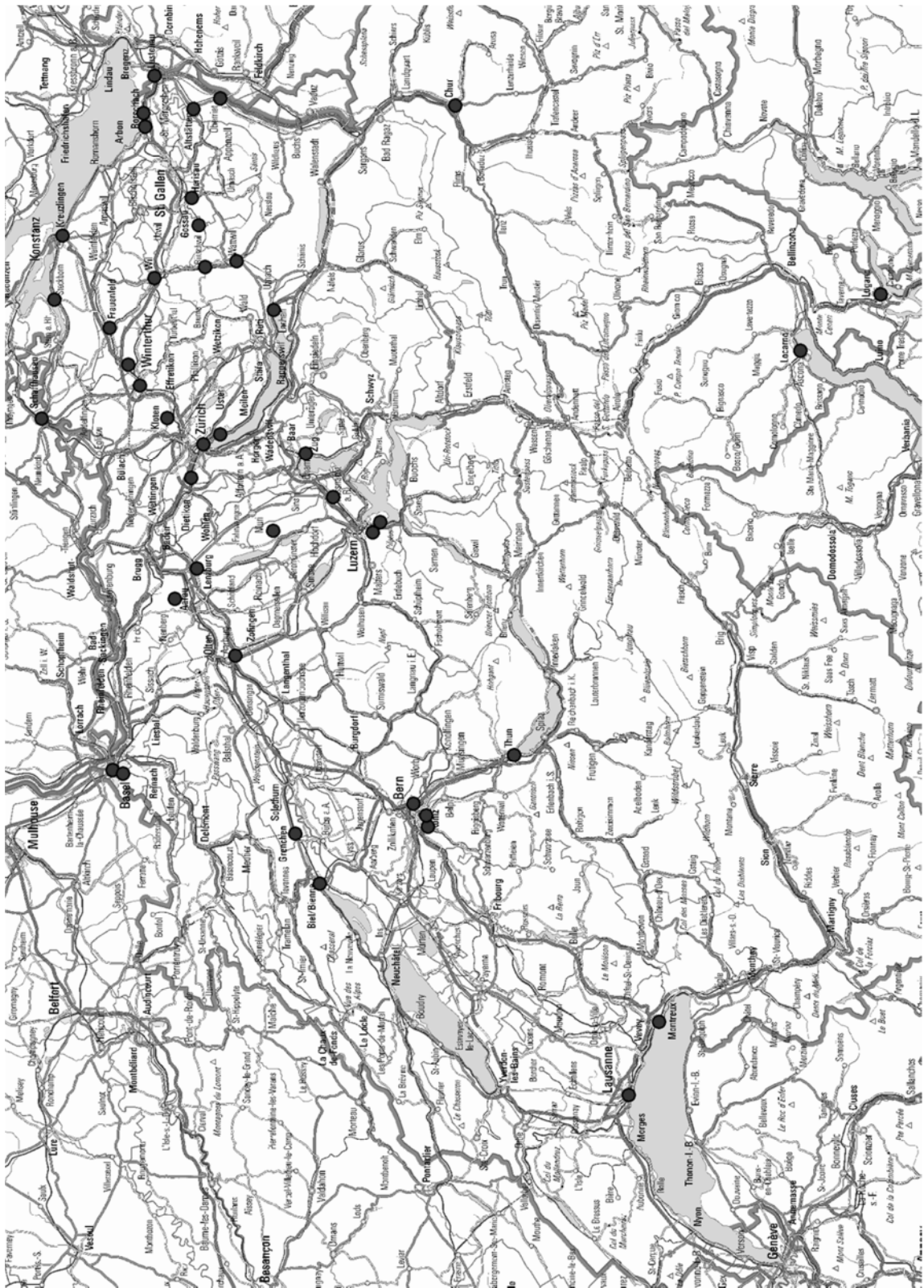


Abbildung A1 - 2: Geografische Übersicht der ausgewählten Fallbeispiele

Tabelle A1 - 1: Liste der identifizierten Innerortsstrecken

Ort	Strassenname	Nr
Altstätten	Gerbe- und Trogenerstrasse	8
Basel	Hardstr.	79
Basel	Riehenring	78
Basel	Güterstr.	80
Bassersdorf	Klotenerstr.	30
Biel (BE)	Dufourstr.	57
Biel (BE)	Bözingerstr.	49
Binningen	Hauptstr.	44
Bütschwil	Landstrasse	12
Chur	Ringstr.	63
Degersheim	Hauptstrasse	14
Effretikon	Illnauerstrasse	32
Emmenbrücke	Gerliswilstr.	45
Frauenfeld	Zürcherstrasse	1
Frauenfeld	Schaffhauserstrasse	2
Grenchen	Schlachthausstr.	59
Herisau	Kasernestrasse	13
Herisau	Eggstr.	65
Horw	Kantonstr. K32	61
Köniz	Könizstr. Liebefeld	76
Kreuzlingen	Löwenstr.	41
Kreuzlingen	Hauptstr.	40
Kriens	Luzernerstr. (K4)	72
Lausanne	Avenue d'Echallens	67
Lenzburg	Ammerwilerstr.	64
Locarno	Via ai Monti	66
Lugano	Via delle Scuole	69
Lugano	Via Trevano	46
Lugano	Via Polar	70
Lugano	Strada di Grandia	68
Oberriet	Staatsstrasse	9
Oftringen	Zürichstr. 1235	56
Ostermundigen	Bernerstr.	50
Root	Bahnhofstr. (K17)	73
Rorschach	St. Galler / Churerstrasse	5
Schaffhausen	Herblingstr.	38
Schaffhausen	Hochstrasse	39
Schlieren	Zürcherstr./Badenerstr.	62
Schmerikon	Hauptstrasse	10
St. Margrethen	Hauptstrasse	7
Staad	hauptstrasse	6
Steckborn	Seestrasse	4
Thun	Mittlere Strasse	35
Thun	Frutigenstr.	34
Thun	Strättligenstr.	37
Thun	Pfandernstrasse	36
Thun	Allmendstr.	33
Vevey	Avenue Nestlé	48
Vevey	Avenue Général-Guisan	42
Vevey	Avenue de Gilamont	55
Vevey	Avenue de Pra	54
Vevey	Rue du Simplon	43
Wabern	Seftigenstr.	52
Wabern	Seftigenstr.	51
Wattwil	Rickenstr. / poststrasse	11
Wiesendangen	Dorfstr.	71
Wil SG	Toggenburgerstrasse	3
Winterthur	Wülflingerstrasse	20
Winterthur	Frauenfelderstrasse	16
Winterthur	Grüzelfeldstrasse	17
Winterthur	Tösstalstrasse	18
Winterthur	Wülflingerstrasse	19
Winterthur	Rychenbergstrasse	15
Zollikon	Seestrasse	31
Zug	Baarer-/Zugerstr.	75
Zug	Baarerstr.	74
Zürich	Albisstrasse	24
Zürich	Wehntalerstr	29
Zürich	Hofwiesenstrasse	28
Zürich	Forchstrasse	27
Zürich	Winterthurerstrasse	21
Zürich	Waffenplatzstrasse	25
Zürich	Seestrasse	23
Zürich	Universitätsstrasse	22
Zürich	Weinbergstr	26

Nachfolgend sind einzelne Pläne für die ausgewählten Fallbeispiele dargestellt. Darin ist jeweils der untersuchte Strassenabschnitt schwarz hervorgehoben.

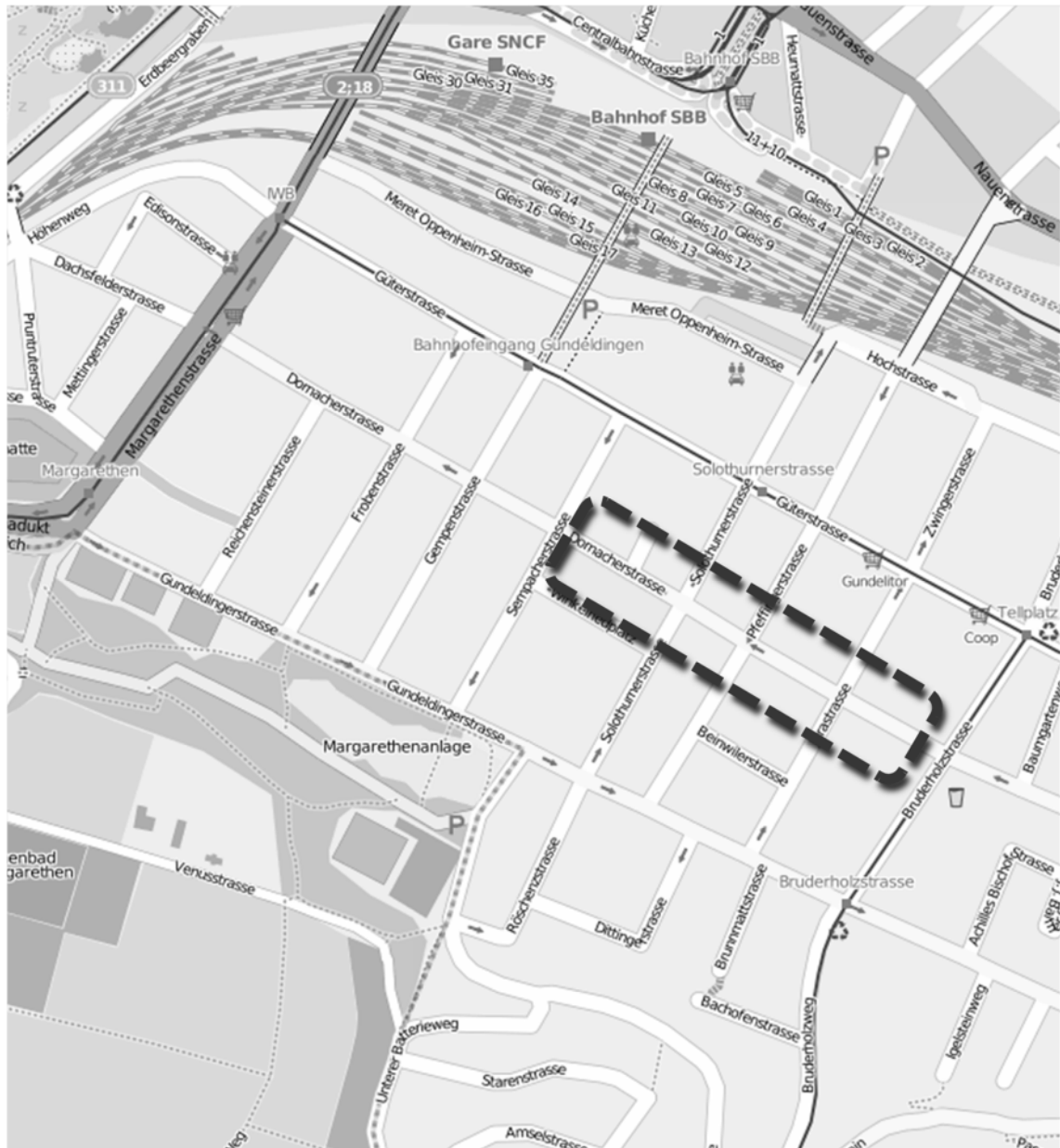


Abbildung A1 - 3: Fallbeispiel Basel, Güterstrasse

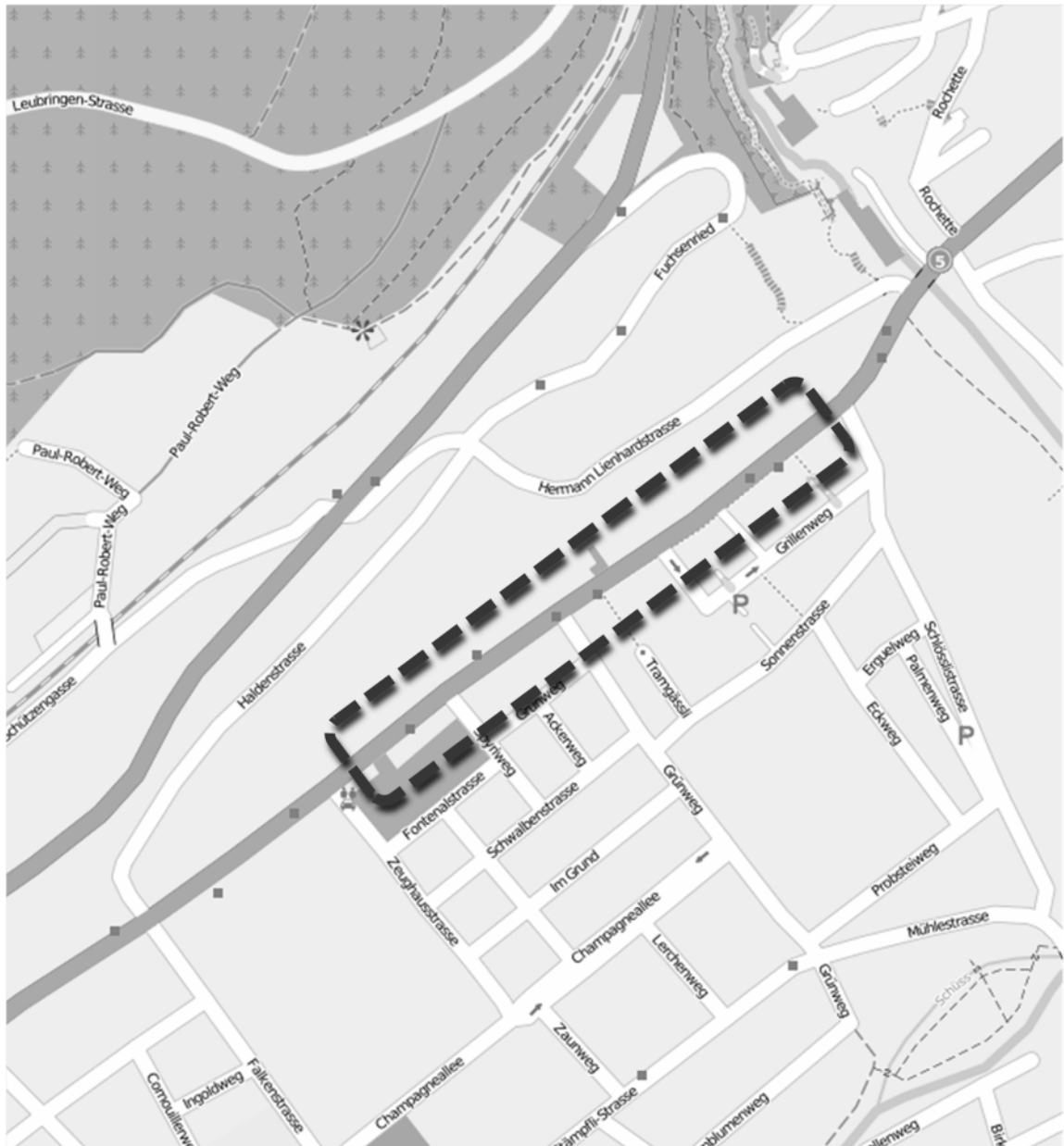


Abbildung A1 - 4: Fallbeispiel Biel, Bözingenstrasse

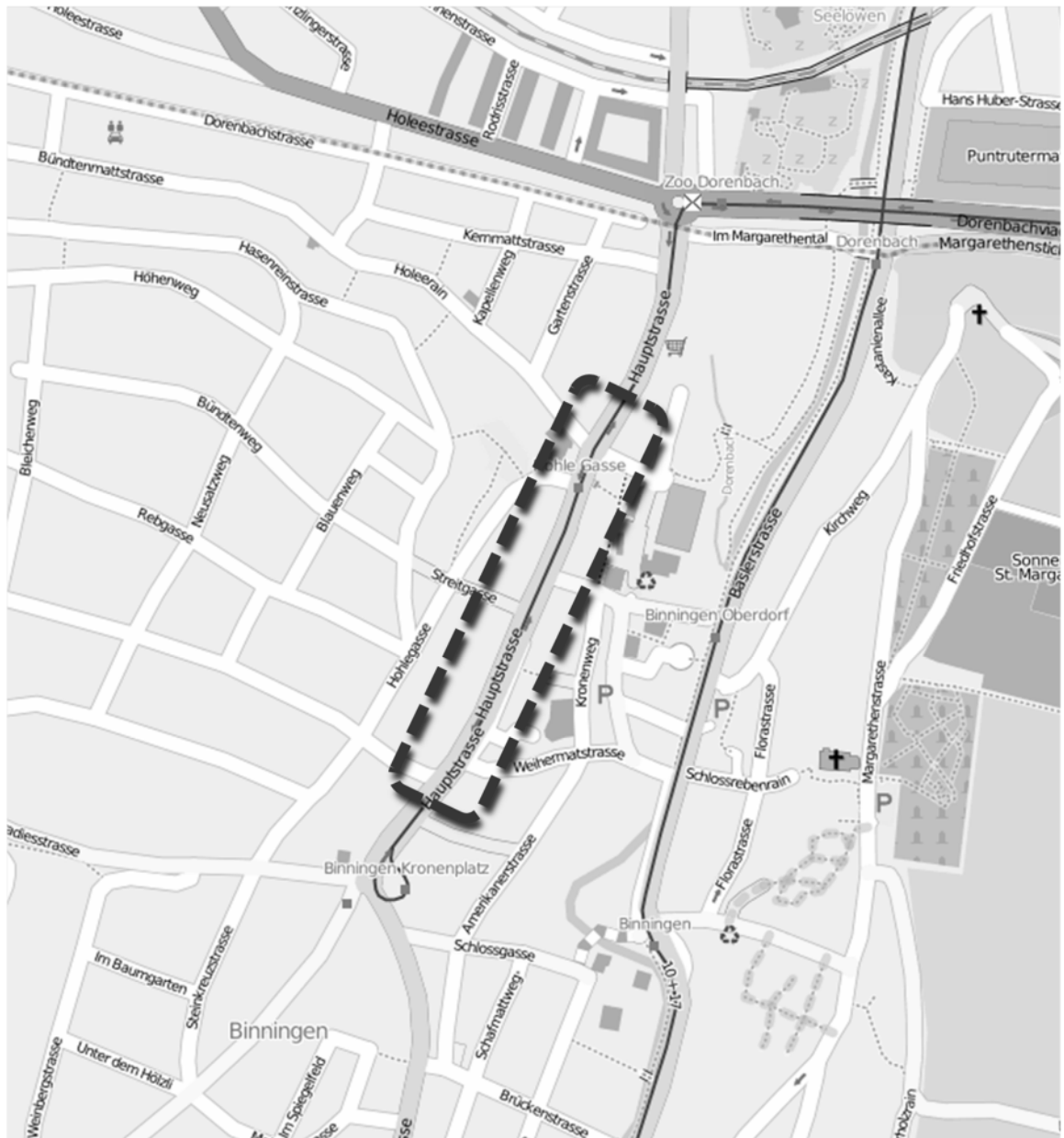


Abbildung A1 - 5: Fallbeispiel Binningen, Hauptstrasse

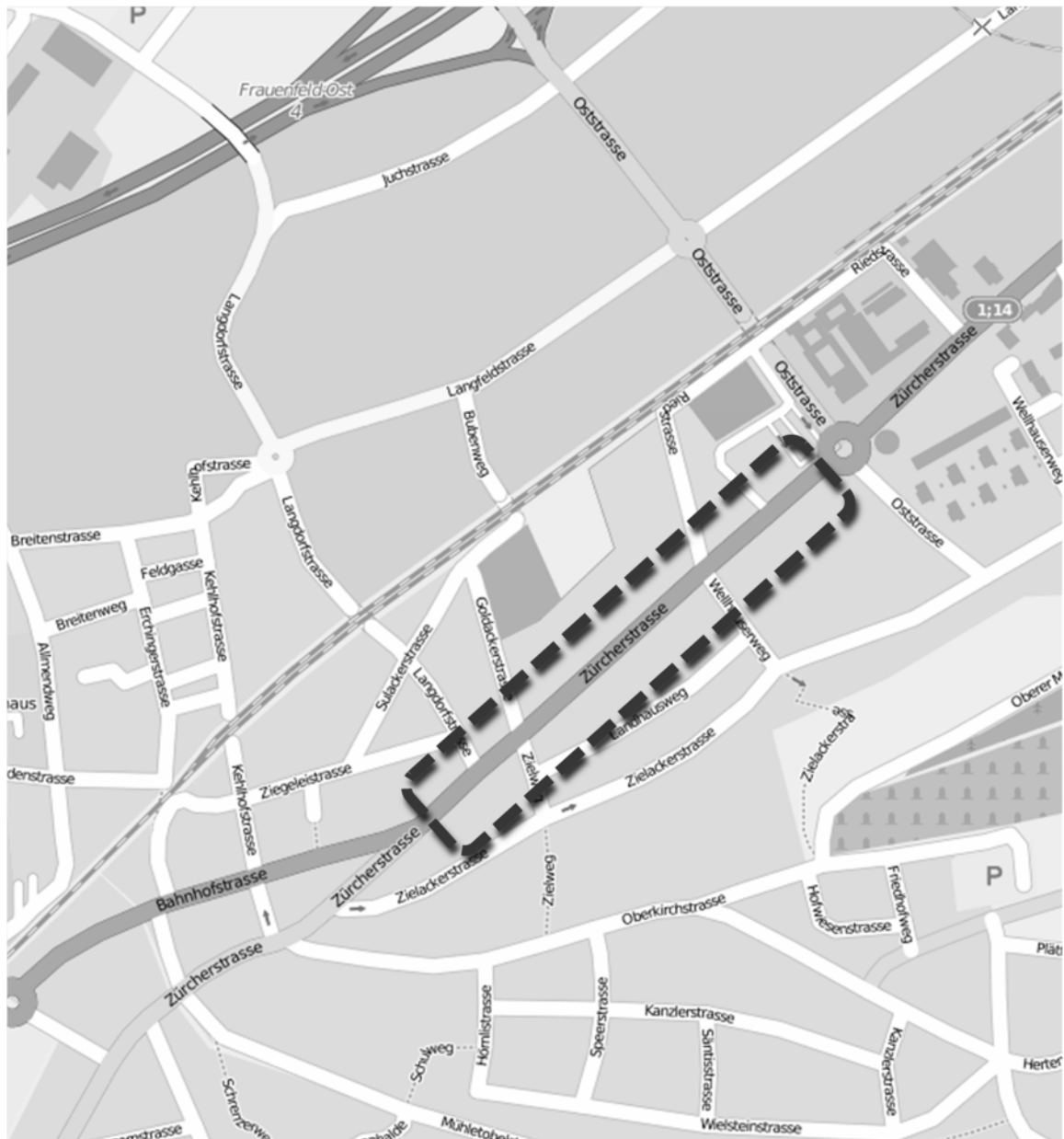


Abbildung A1 - 6: Fallbeispiel Frauenfeld, Zürcherstrasse

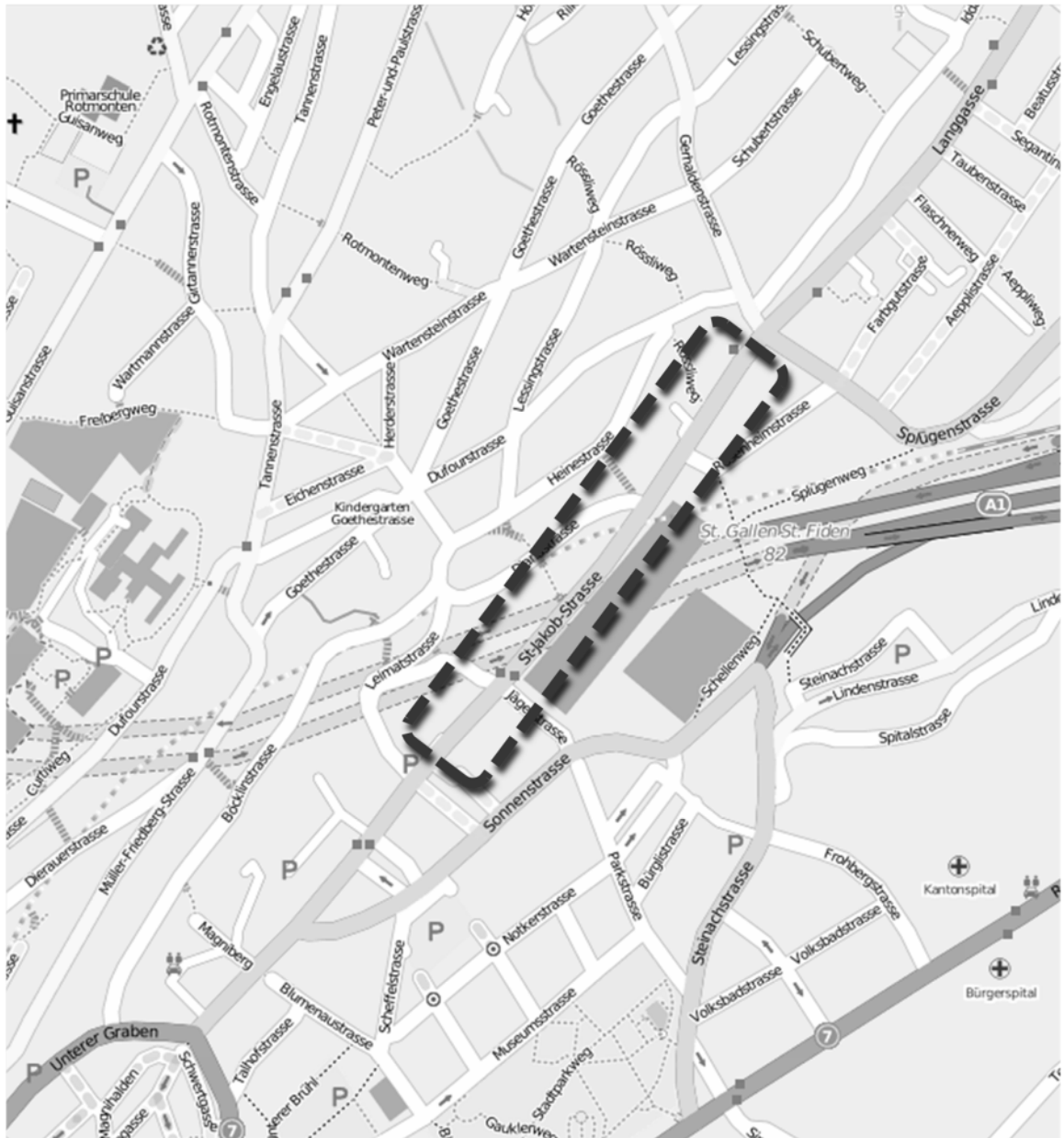


Abbildung A1 - 7: Fallbeispiel St. Gallen, St. Jakob-Strasse

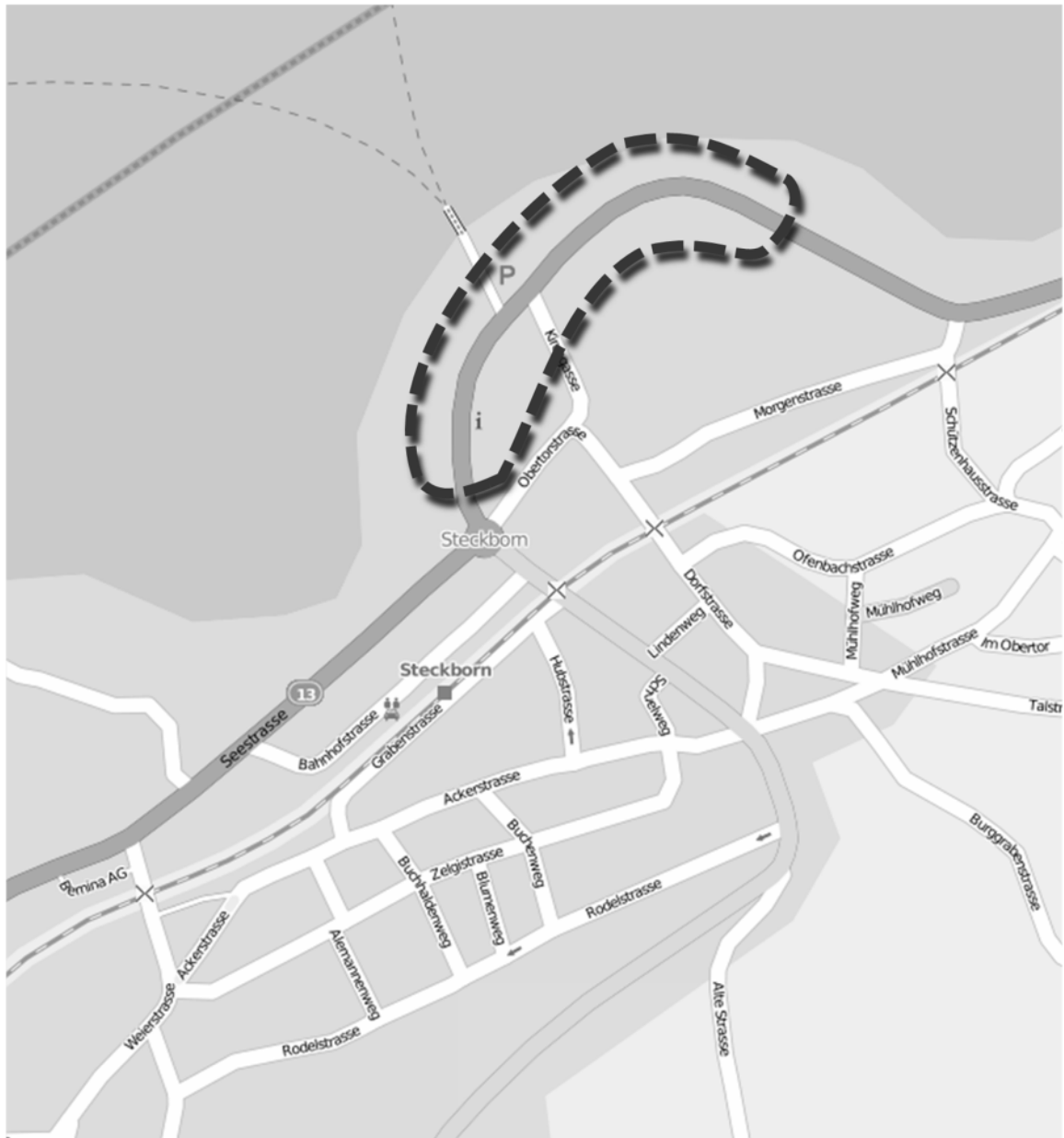


Abbildung A1 - 8: Fallbeispiel Steckborn, Seestrasse





Abbildung A1 - 10: Fallbeispiel Wattwil, Bahnhofstrasse

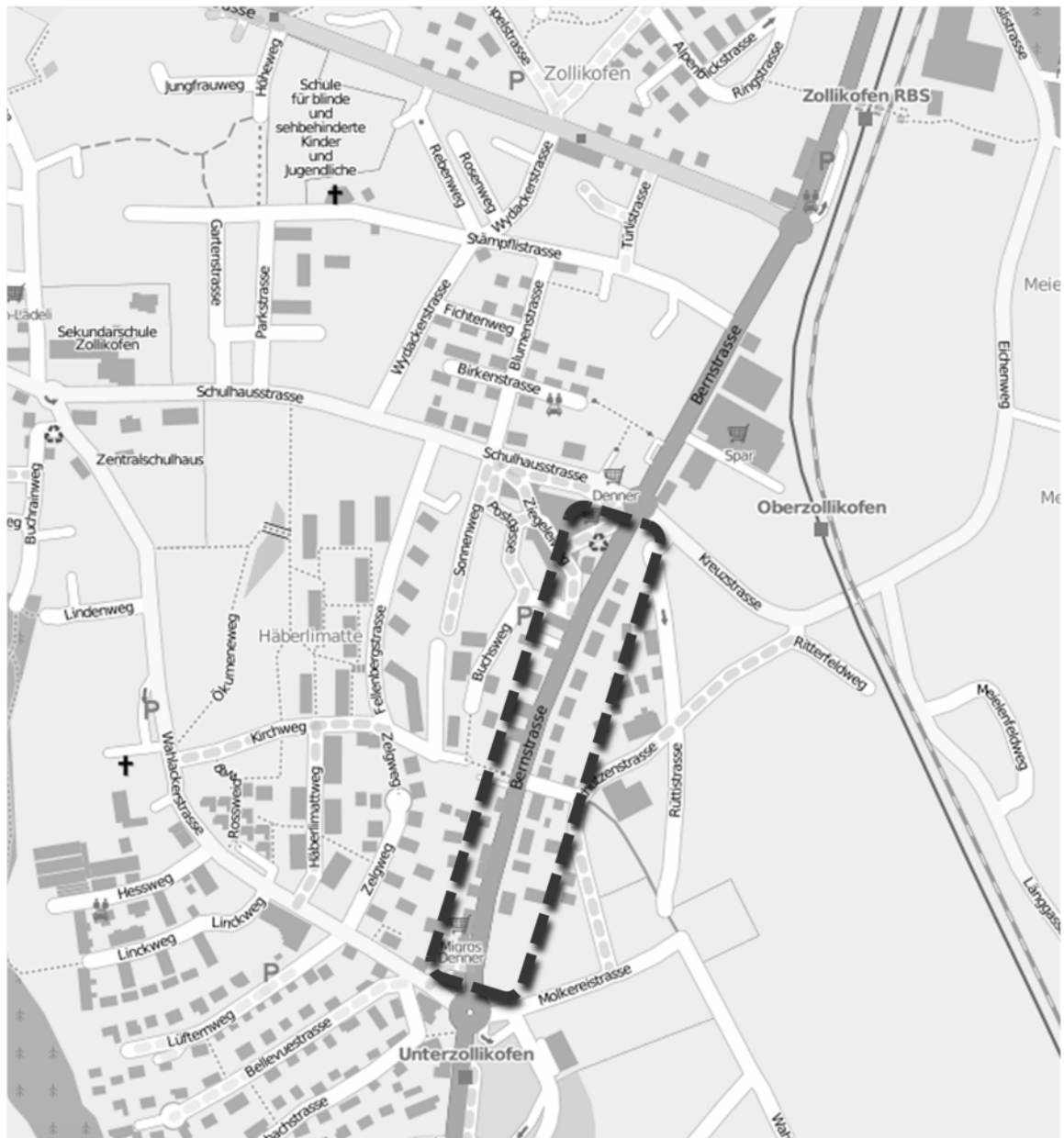


Abbildung A1 - 11: Fallbeispiel Zollikofen, Bernstrasse

Nachfolgend sind die erhobenen Störeinflüsse pro Fallbeispiel in Tabellen zusammengestellt.

Tabelle A1 - 2: Störeinflüsse Fallbeispiel Basel

**Basel (Fahrtrichtung Osten)**

Störeinflüsse	13:00-14:00h	14:00-15:00h	15:00-16:00h	16:00-17:00h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	596	440	473	490
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	61	68	84	72
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	11	13	15	16
Einbieger	82	79	65	59
<b>Parkievorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	14	-	-	-
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	14	-	-	-
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	8	8	8	8
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

**Basel (Fahrtrichtung Westen)**

Störeinflüsse	13:00-14:00h	14:00-15:00h	15:00-16:00h	16:00-17:00h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	596	440	473	490
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	61	44	37	47
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	91	83	71	71
Einbieger	118	119	121	164
<b>Parkievorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	41	33	30	28
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	39	37	35	22
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	8	8	9	15
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 3: Störeinflüsse Fallbeispiel Biel

## Biel (Fahrrichtung Osten)

Störeinflüsse	13:50 - 14:50	14:50 - 15:50	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	73	110	138	110
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	27	45	53	63
Einbieger	45	42	67	54
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	22	23	17	30
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	25	17	22	29
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	4	4	4	4
überholen nicht möglich	4	4	4	4
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Biel (Fahrrichtung Westen)

Störeinflüsse	13:50 - 14:50	14:50 - 15:50	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	73	110	138	110
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	21	57	63	80
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	0	0	0	0
Einbieger	37	19	26	57
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	30	30	23	31
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	35	31	40	44
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	4	4	4	4
überholen nicht möglich	4	4	4	4
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 4: Störeinflüsse Fallbeispiel Binningen

## Binningen (Fahrrichtung Süden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	103	120	118	160
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	75	88	88	119
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	66	47	59	72
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	37	34	52	44
Einbieger	82	106	73	96
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	11	18	20	19
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	12	15	15	18
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	17	16	16	13
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Binningen (Fahrrichtung Norden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	103	120	118	160
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	75	88	88	119
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	42	43	35	37
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	32	45	29	68
Einbieger	88	104	93	146
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	14	13	14	14
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	15	15	14	14
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	16	14	15	16
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 5: Störeinflüsse Fallbeispiel Frauenfeld

## Frauenfeld (Fahrtrichtung Süden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	5	5	5	10
mit Mittelinsel	15	35	30	35
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	5	10	5	10
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	5	5	5	10
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	15	10	10	15
Rechtsabbieger	180	160	250	255
Einbieger	270	330	370	380
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	4	4	4	3
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	2	1	0	2
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Frauenfeld (Fahrtrichtung Norden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	5	5	5	5
mit Mittelinsel	15	35	30	35
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	75	90	90	85
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	15	25	30	20
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	95	110	140	125
Rechtsabbieger	25	40	30	35
Einbieger	115	160	140	170
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	2	2	2	2
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 6: Störeinflüsse Fallbeispiel St. Gallen

## St. Gallen (Fahrtrichtung Norden)

Störeinflüsse	14:20-15:20h	15:20-16:20h	16:35-17:35h	17:35-18:35h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	51	70	46	59
mit Mittelinsel	7	6	6	18
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	11	6	10	9
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	36	28	24	22
Einbieger	10	9	21	24
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	15	14	17	13
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	16	20	22	16
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	8	8	8	8
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## St. Gallen (Fahrtrichtung Süden)

Störeinflüsse	14:20-15:20h	15:20-16:20h	16:35-17:35h	17:35-18:35h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	51	70	46	59
mit Mittelinsel	7	6	6	18
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	63	62	56	50
Rechtsabbieger	10	7	12	16
Einbieger	11	7	14	11
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	2	1	2	4
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	4	3	4	2
Ausparkieren längs	3	1	2	3
Ausparkieren quer	5	2	5	6
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	8	8	8	8
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 7: Störeinflüsse Fallbeispiel Steckborn

## Steckborn (Fahrrichtung Osten)

Störeinflüsse	13:45 - 14:45	14:45 - 15:45	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	43	80	83	98
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	0	7	4	10
Einbieger	0	0	0	0
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	6	7	5	8
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	15	17	8	17
Ausparkieren längs	6	4	4	2
Ausparkieren quer	9	12	4	16
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	1
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Steckborn (Fahrrichtung Westen)

Störeinflüsse	13:45 - 14:45	14:45 - 15:45	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	43	80	83	98
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	5	3	2	3
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	0	0	0	0
Einbieger	0	0	0	0
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	7	2	7	10
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	9	9	6	14
Ausparkieren längs	4	9	8	14
Ausparkieren quer	18	20	24	18
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	3	2	4	6
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 8: Störeinflüsse Fallbeispiel Vevey

## Vevey (Fahrtrichtung Süden)

Störeinflüsse	08:00-09:00h	09:00-10:00h	15:00-16:00h	16:00-17:00h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	232	217	289	271
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	36	38	46	78
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	295	87	66	75
Einbieger	90	109	97	133
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Vevey (Fahrtrichtung Norden)

Störeinflüsse	08:00-09:00h	09:00-10:00h	15:00-16:00h	16:00-17:00h
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	232	217	289	271
mit Mittelinsel	0	0	0	0
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	75	37	52	46
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	37	29	59	55
Einbieger	121	114	216	214
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 9: Störeinflüsse Fallbeispiel Wattwil

## Wattwil (Fahrrichtung Dorfplatz)

Störeinflüsse	14:05 - 15:05	15:15 - 16:15	16:30 - 17:30	17:45 - 18:45
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	286	380	306	180
mit Mittelinsel	105	158	116	135
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	15	21	26	32
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	11	16	8	26
Rechtsabbieger	35	24	24	17
Einbieger	80	90	88	96
<b>Parkiovorgänge</b>	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	12	17	18	17
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	9	7	15	6
Ausparkieren längs	13	13	14	30
Ausparkieren quer	8	12	8	11
<b>ÖV-Halte</b>	0	0	0	0
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>	0	0	0	0
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Wattwil (Fahrrichtung Ricken)

Störeinflüsse	14:05 - 15:05	15:15 - 16:15	16:30 - 17:30	17:45 - 18:45
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	286	380	306	180
mit Mittelinsel	105	158	116	135
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	18	26	34	21
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	25	35	46	18
Einbieger	140	191	230	245
<b>Parkiovorgänge</b>	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	32	28	25	19
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	9	8	15	7
Ausparkieren längs	27	21	28	32
Ausparkieren quer	8	12	8	11
<b>ÖV-Halte</b>	0	0	0	0
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>	0	0	0	0
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

Tabelle A1 - 10: Störeinflüsse Fallbeispiel Zollikofen

## Zollikofen (Fahrtrichtung Süden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	0	0	0	0
mit Mittelinsel	77	84	119	125
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	2	0	3	1
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	51	60	55	62
Einbieger	50	63	57	97
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	4	4	4	4
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0

## Zollikofen (Fahrtrichtung Norden)

Störeinflüsse	8-9Uhr	10-11Uhr	14-15Uhr	16-17Uhr
	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]	Häufigkeit [E/h]
<b>Fussgänger</b>				
ohne Mittelinsel	0	0	0	0
mit Mittelinsel	77	84	119	125
mit FG-LSA	0	0	0	0
<b>Ab- und Einbieger (Querstrassen und Grundstücke)</b>				
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts möglich)	31	29	30	36
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts nicht möglich)	0	0	0	0
Linksabbieger (Vorbeifahrt rechts erschwert möglich)	0	0	0	0
Rechtsabbieger	1	2	1	1
Einbieger	29	23	27	28
<b>Parkiervorgänge</b>				
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links erschwert möglich)	0	0	0	0
Einparkieren längs (Vorbeifahrt links nicht möglich)	0	0	0	0
Einparkieren quer	0	0	0	0
Ausparkieren längs	0	0	0	0
Ausparkieren quer	0	0	0	0
<b>ÖV-Halte</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich	0	0	0	0
<b>Ladevorgänge</b>				
überholen auf eigener Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen auf anderer Strassenseite möglich	0	0	0	0
überholen nicht möglich (Einzelfall)	0	0	0	0



## **ANHANG 2**

Simulationsergebnisse, q/v-Kurven



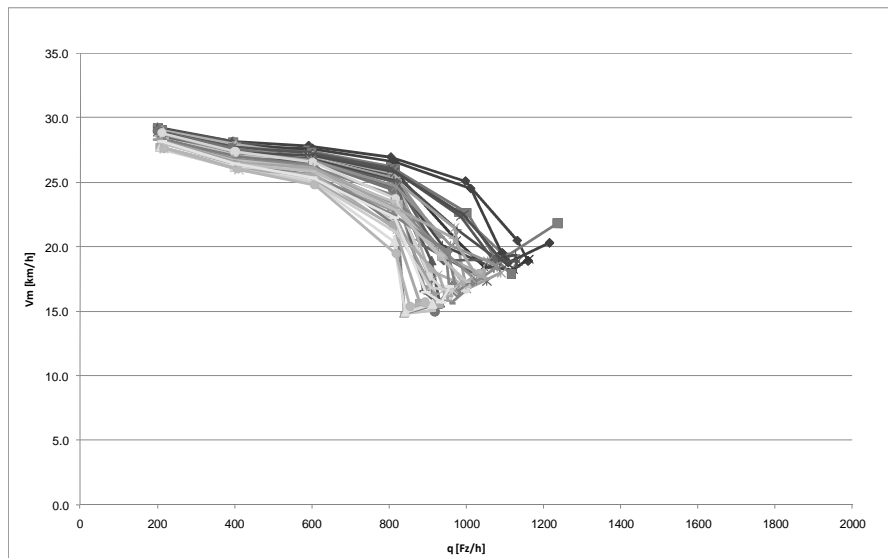
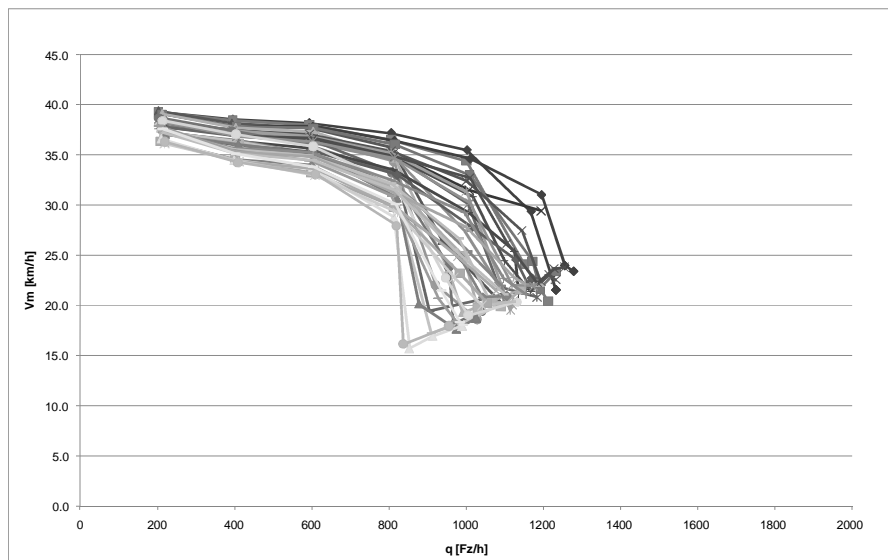
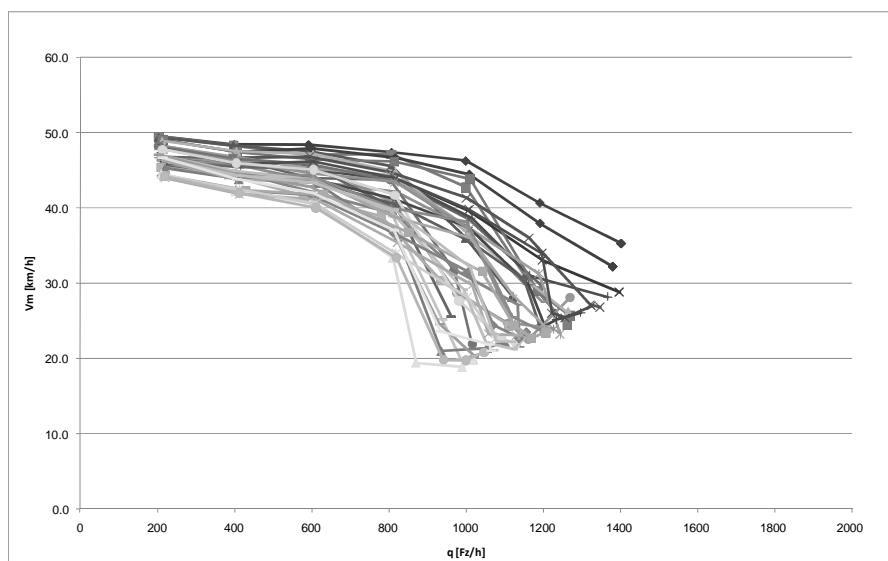
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 1: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Basel, Ri. Westen

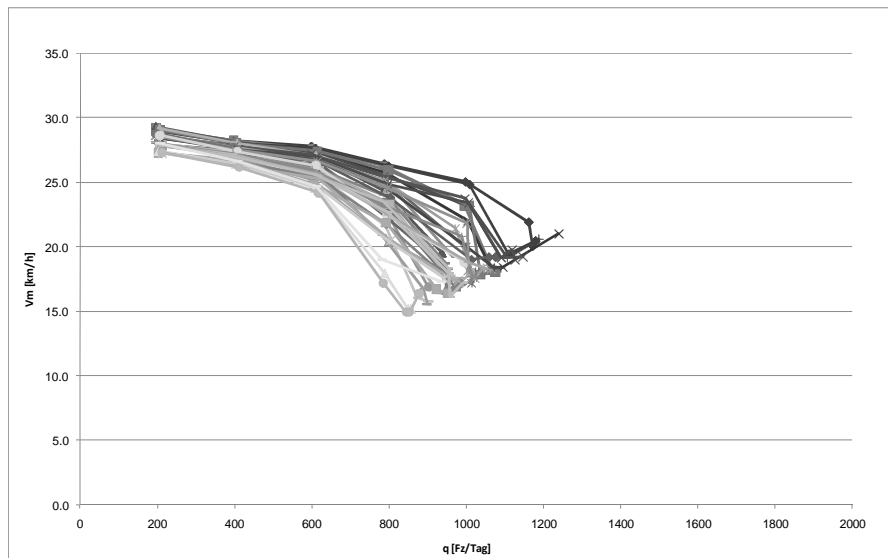
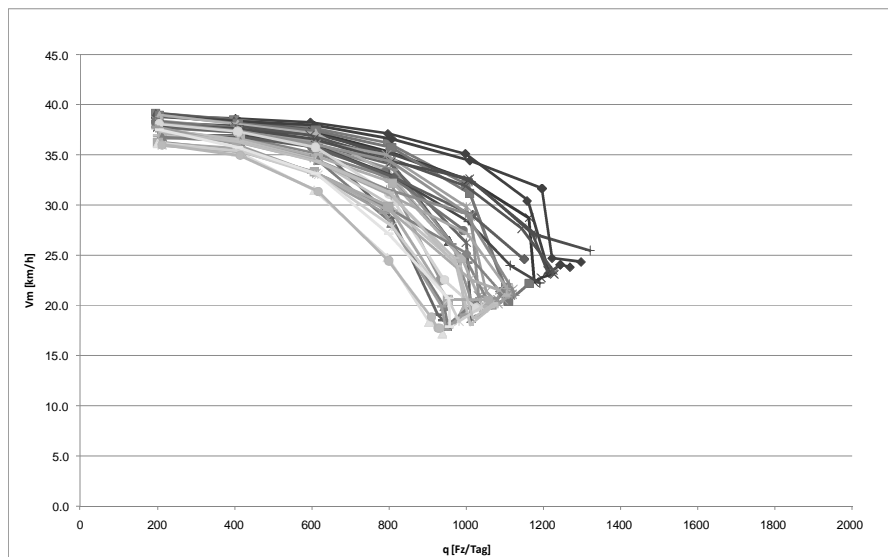
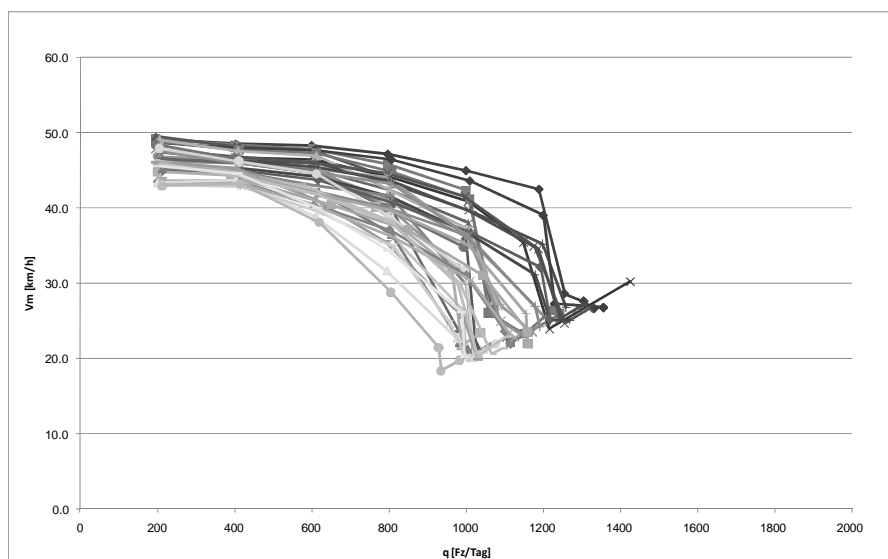
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 2: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Basel, Ri. Osten

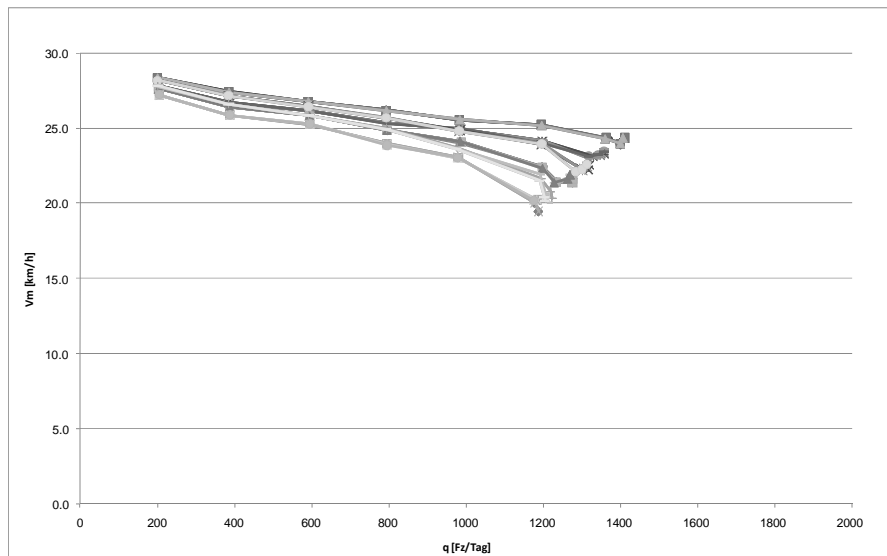
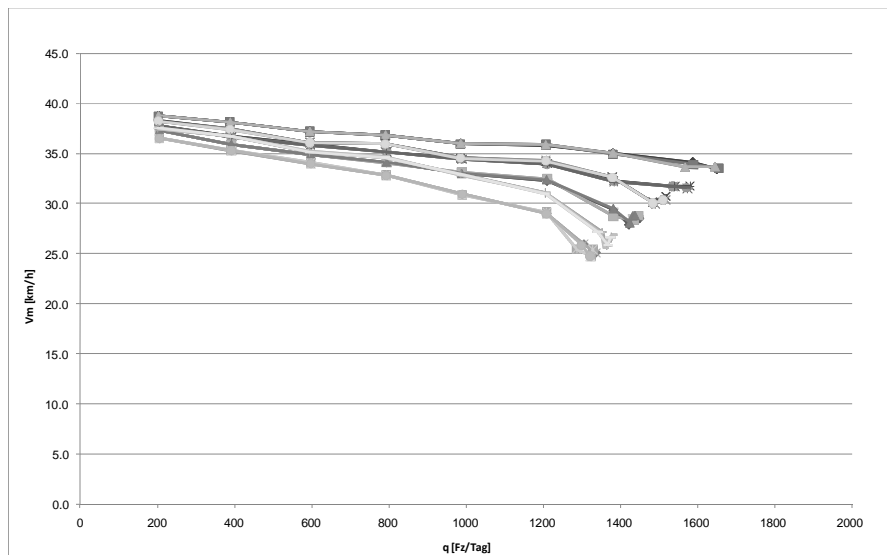
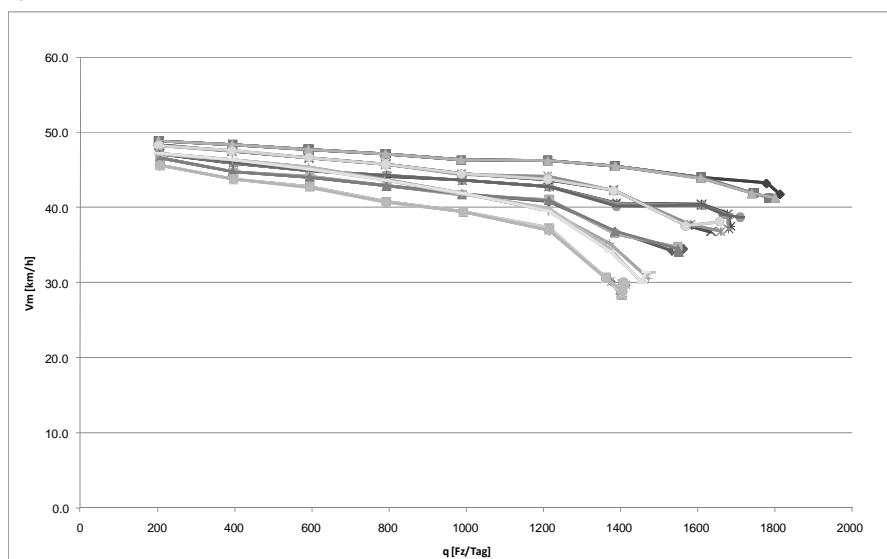
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 3: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Biel, Ri. Norden

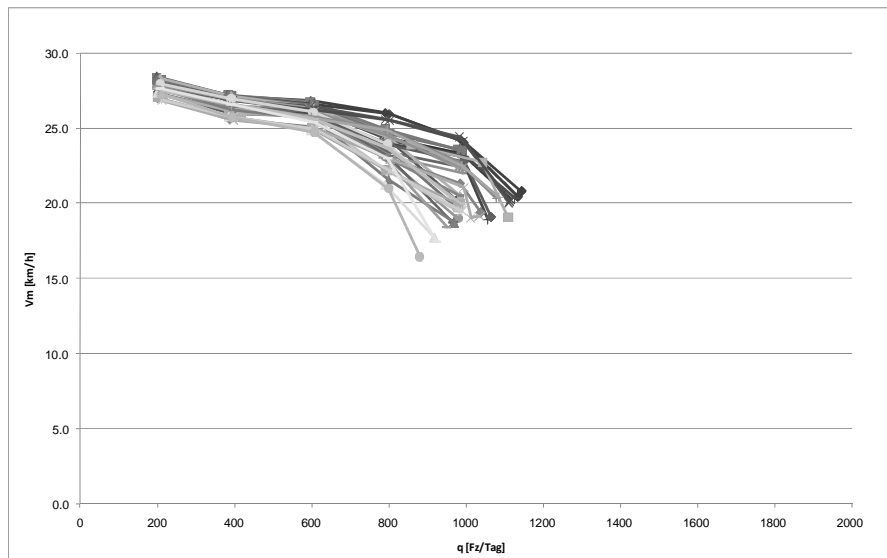
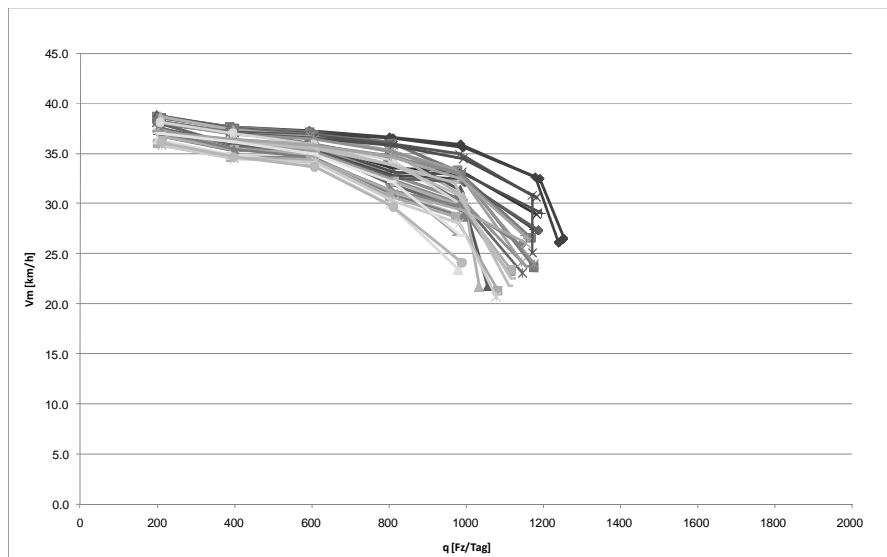
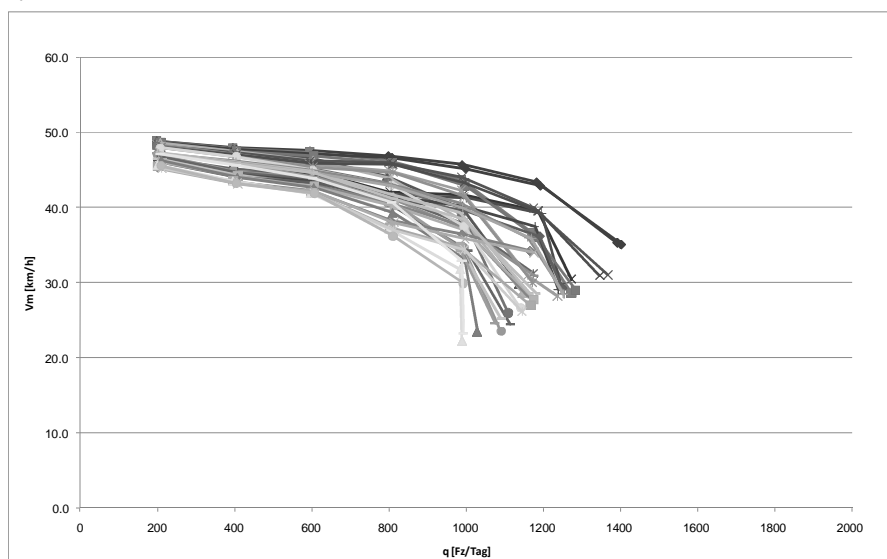
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 4: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Biel, Ri. Süden

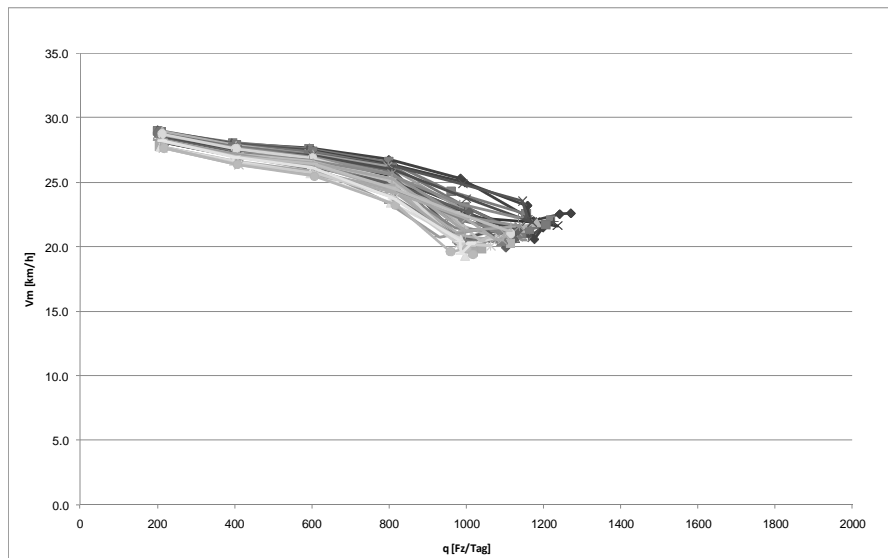
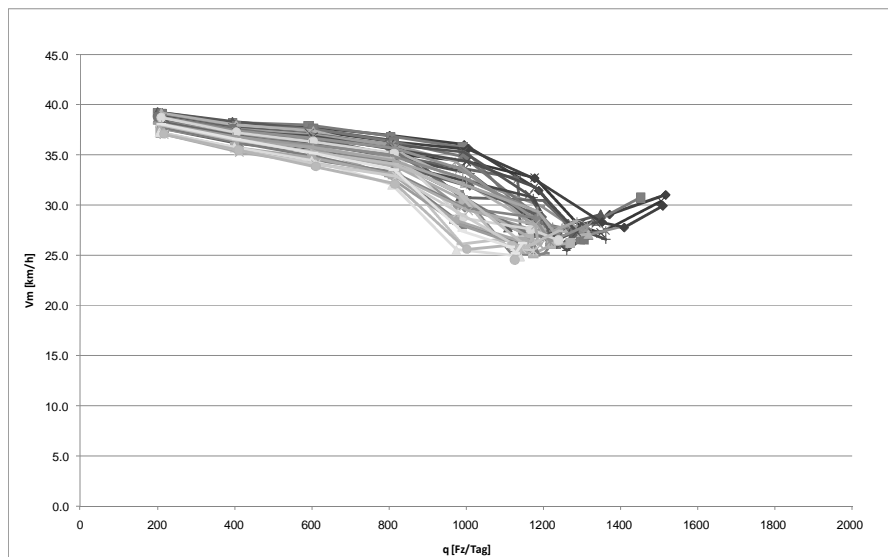
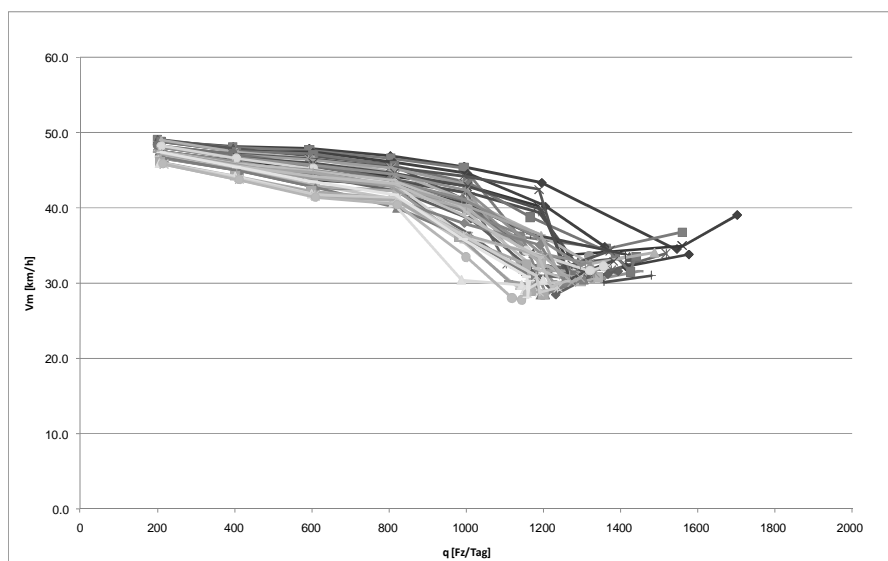
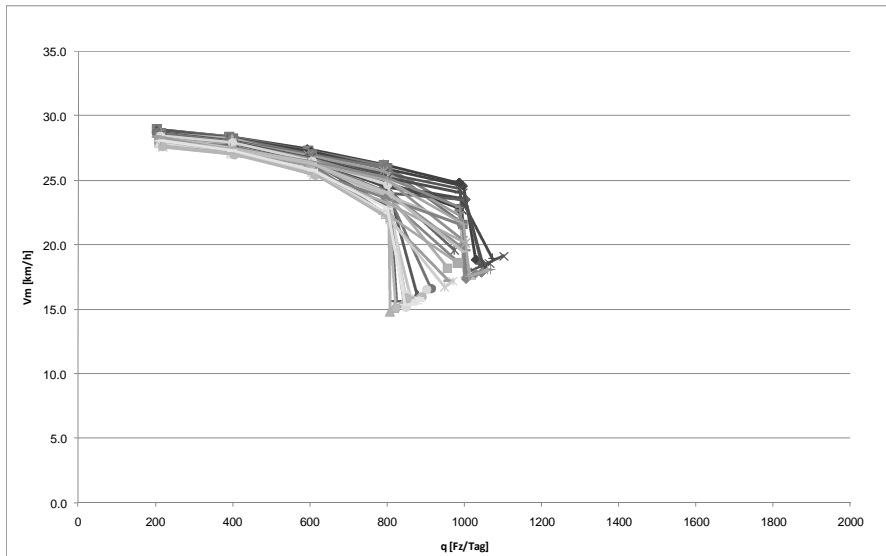
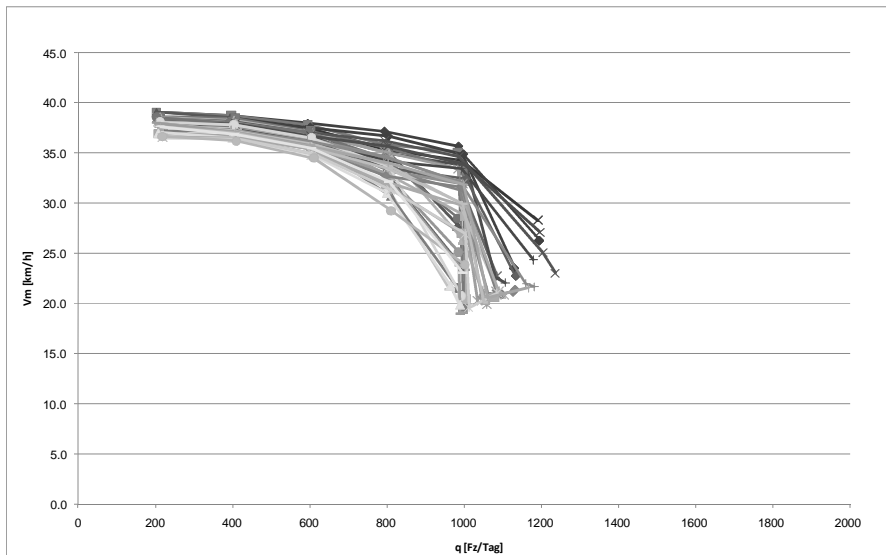
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 5: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Binningen, Ri. Norden

$V_0 = 30 \text{ km/h}$



$V_0 = 40 \text{ km/h}$



$V_0 = 50 \text{ km/h}$

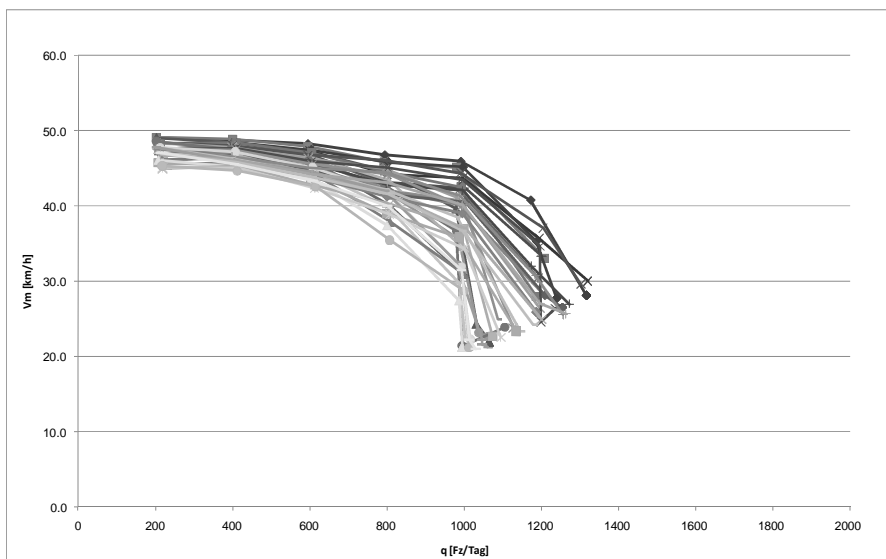


Abbildung A2 - 6: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Binningen, Ri. Süden

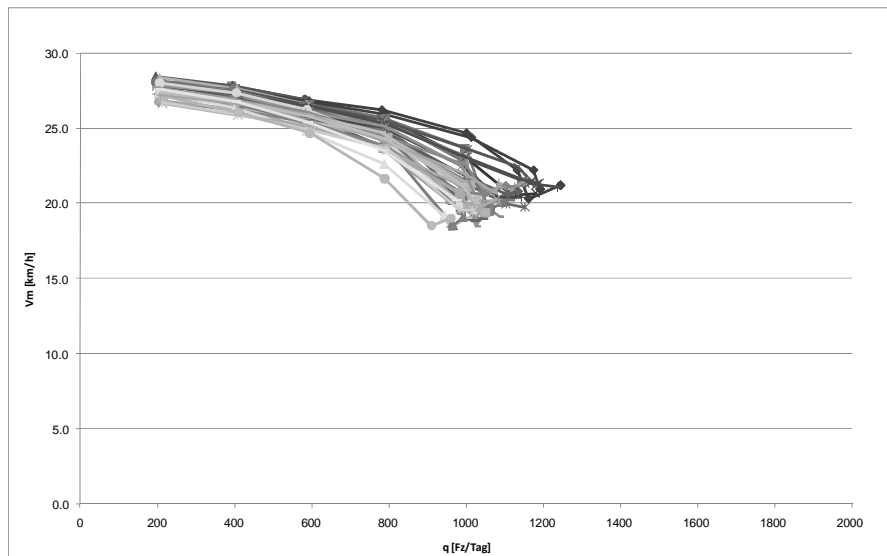
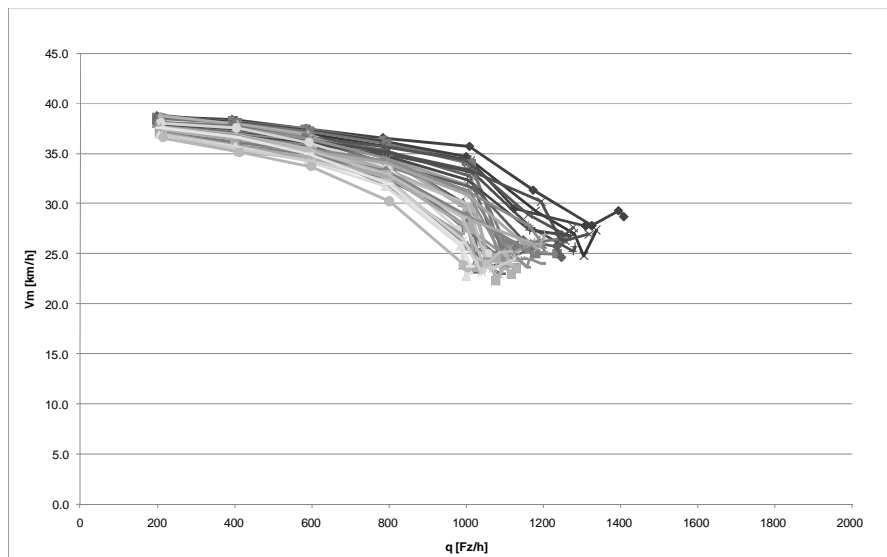
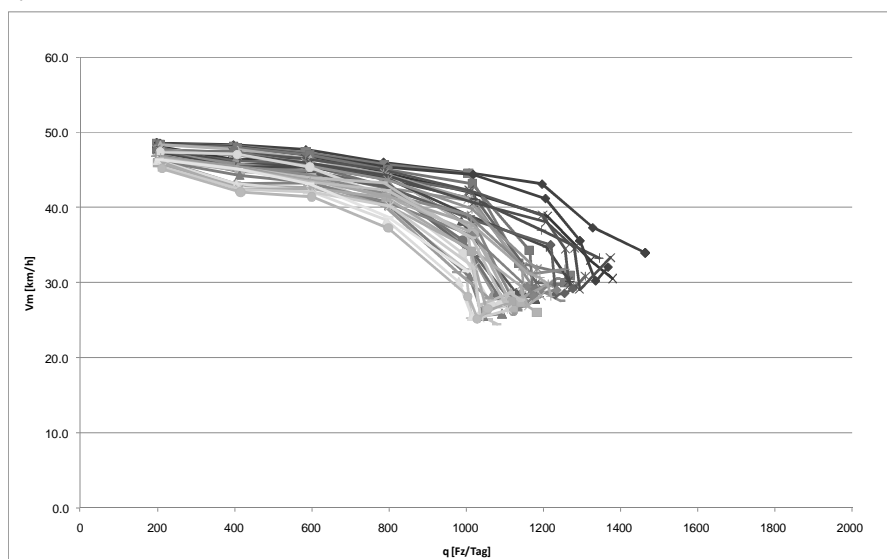
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 7: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Frauenfeld, Ri. Norden

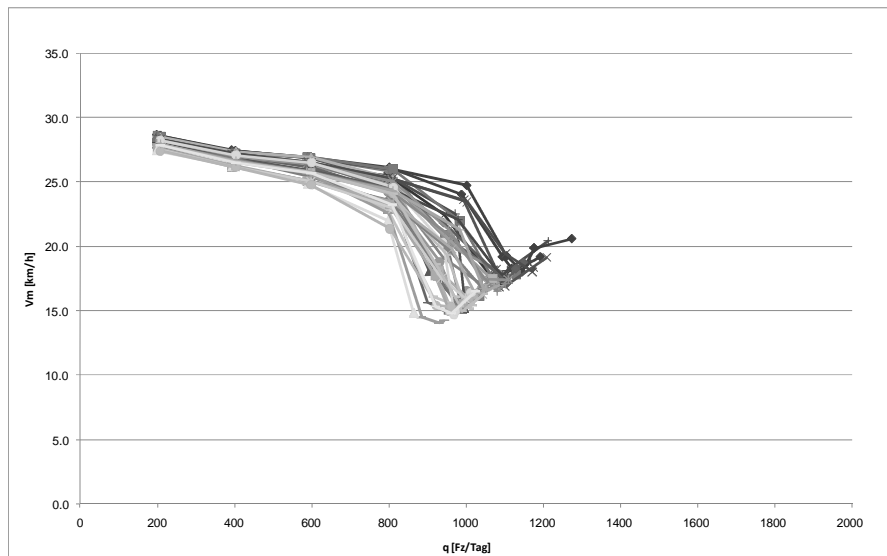
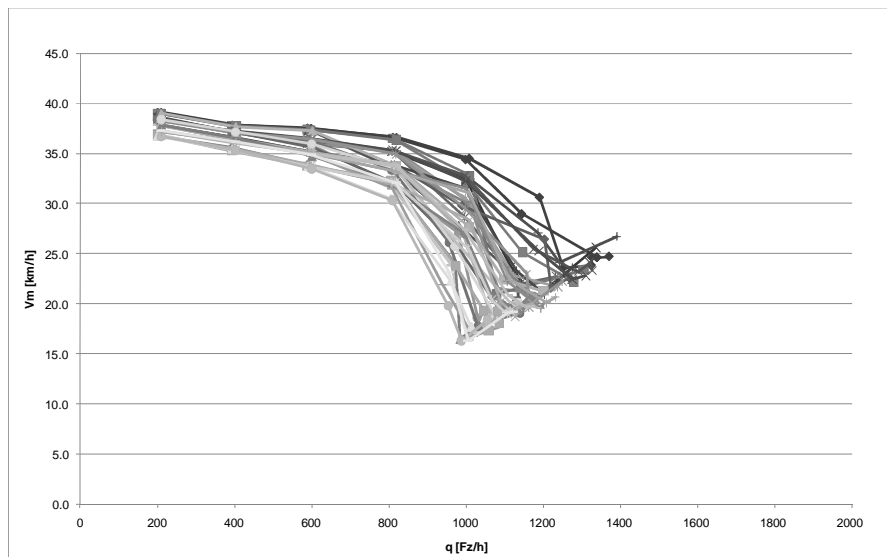
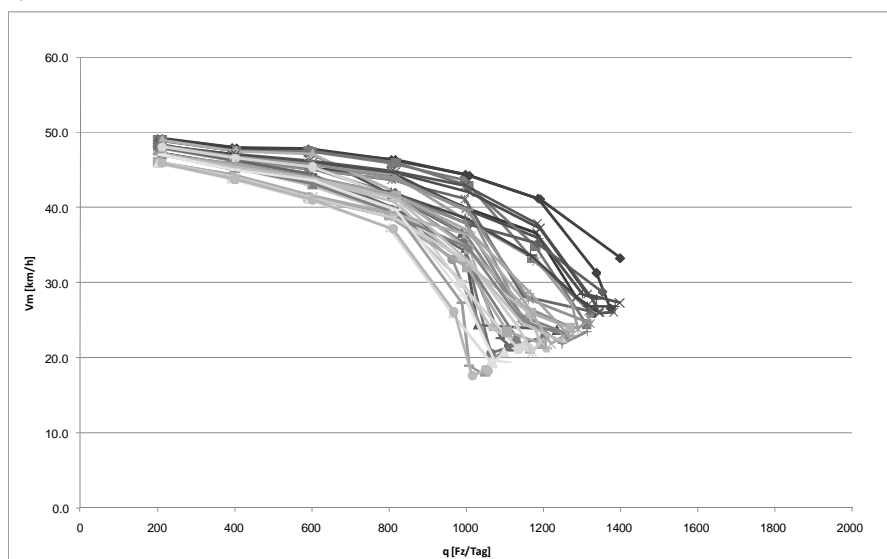
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 8: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Frauenfeld, Ri. Süden

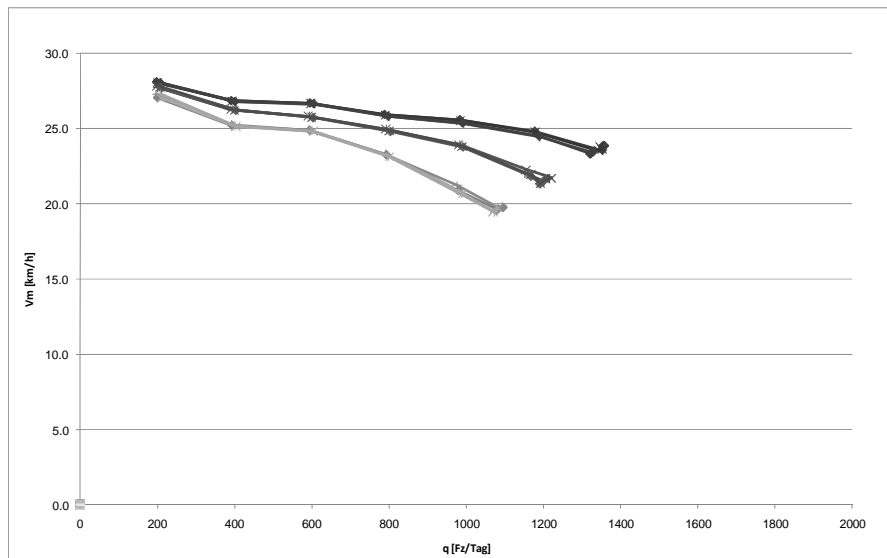
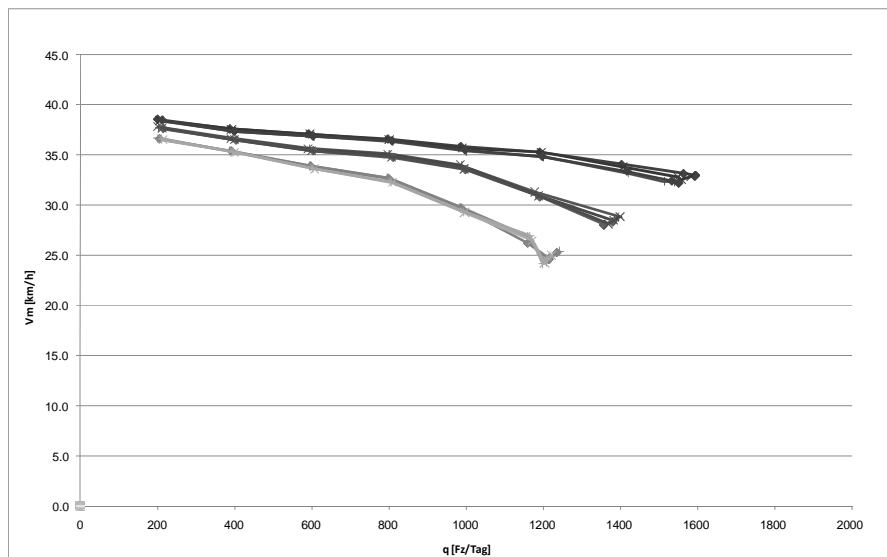
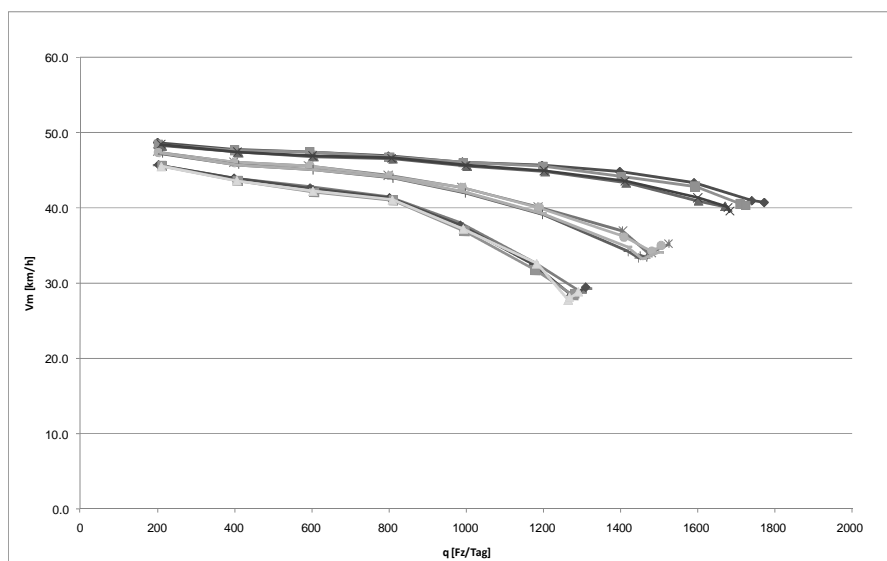
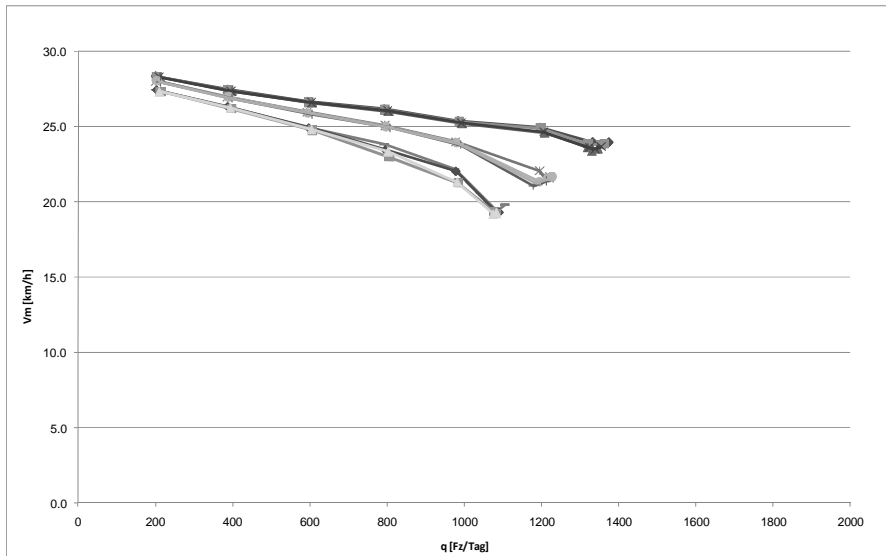
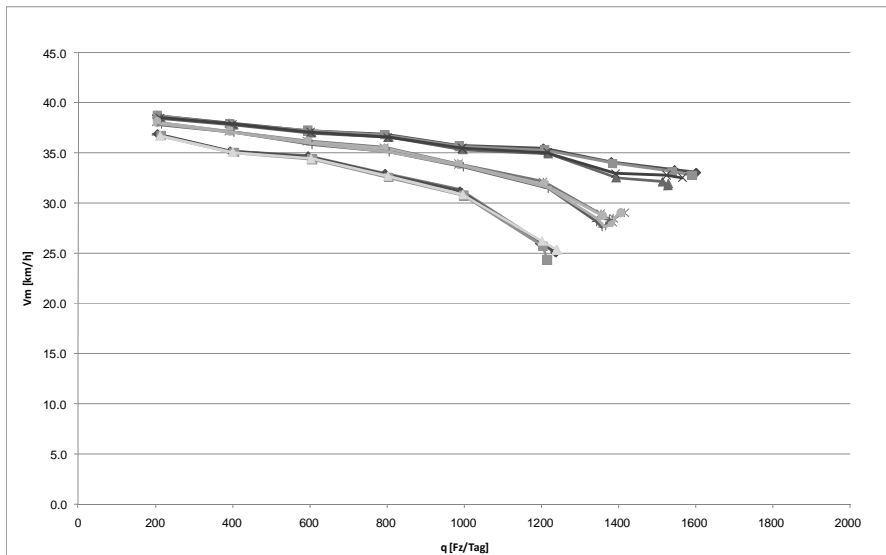
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 9: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel St. Gallen, Ri. Norden

$V_0 = 30 \text{ km/h}$



$V_0 = 40 \text{ km/h}$



$V_0 = 50 \text{ km/h}$

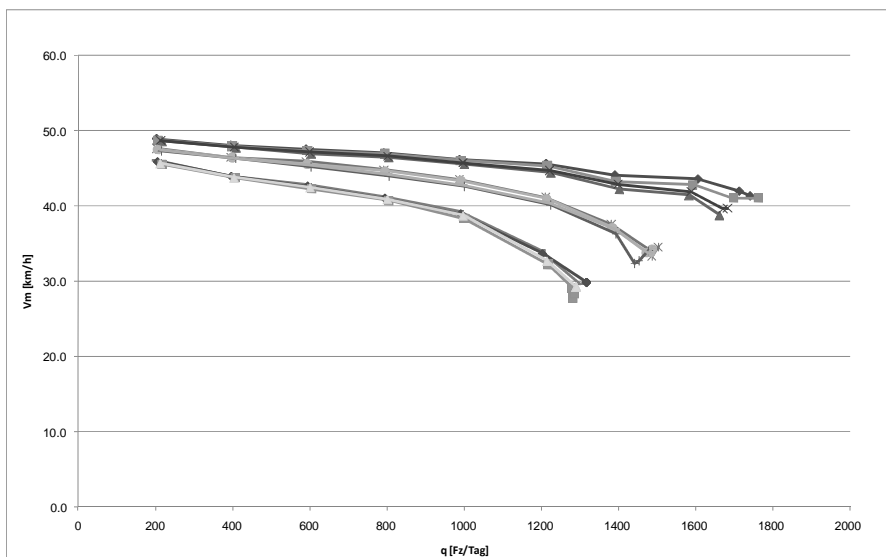


Abbildung A2 - 10: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel St. Gallen, Ri. Süden

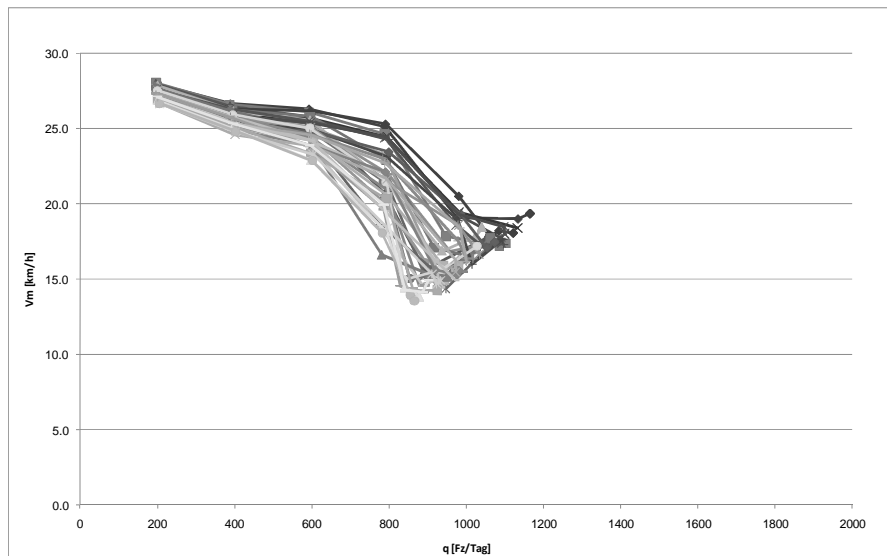
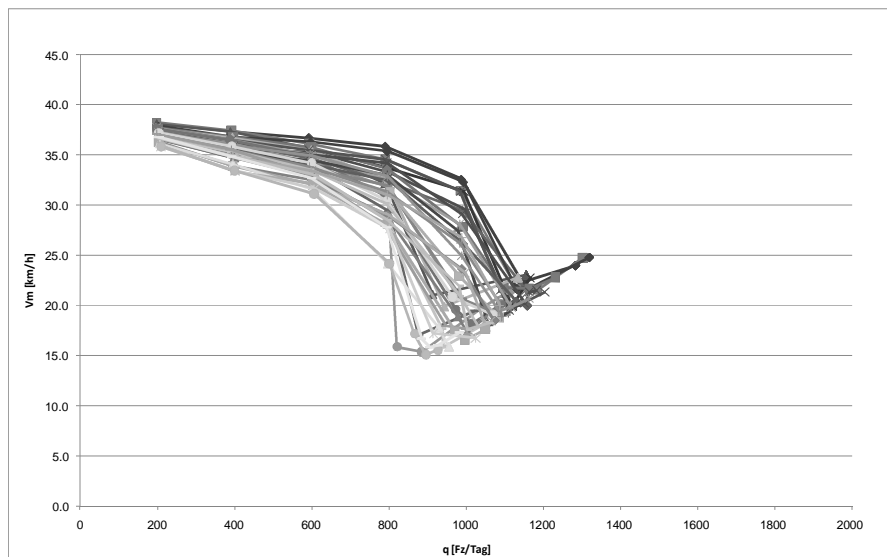
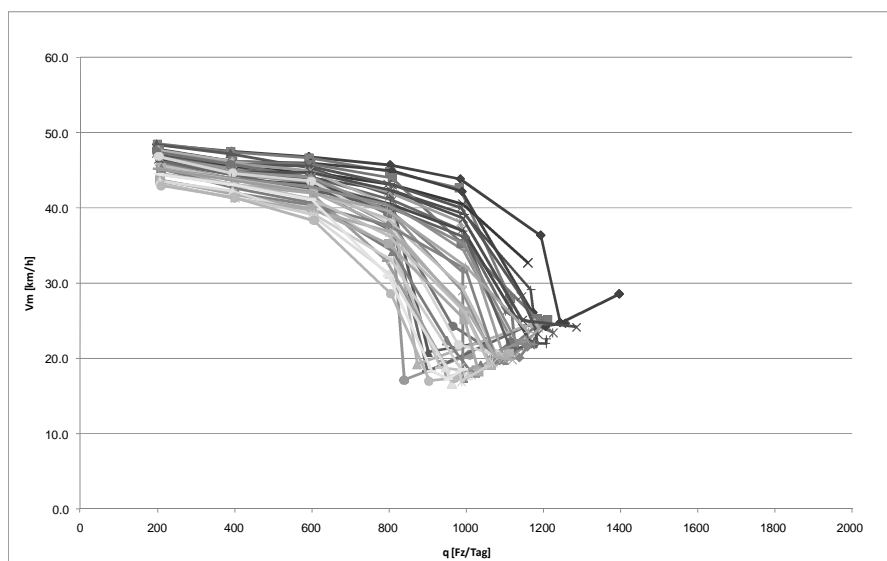
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 11: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Steckborn, Ri. Norden

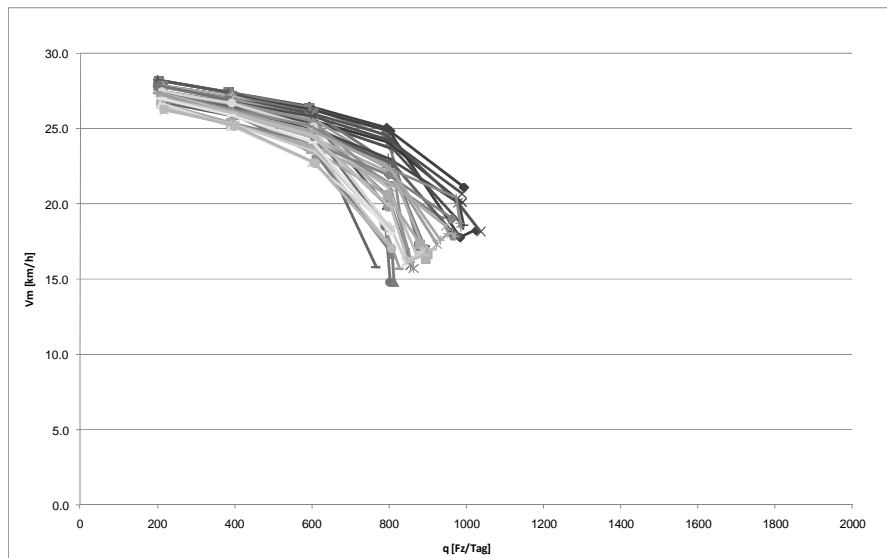
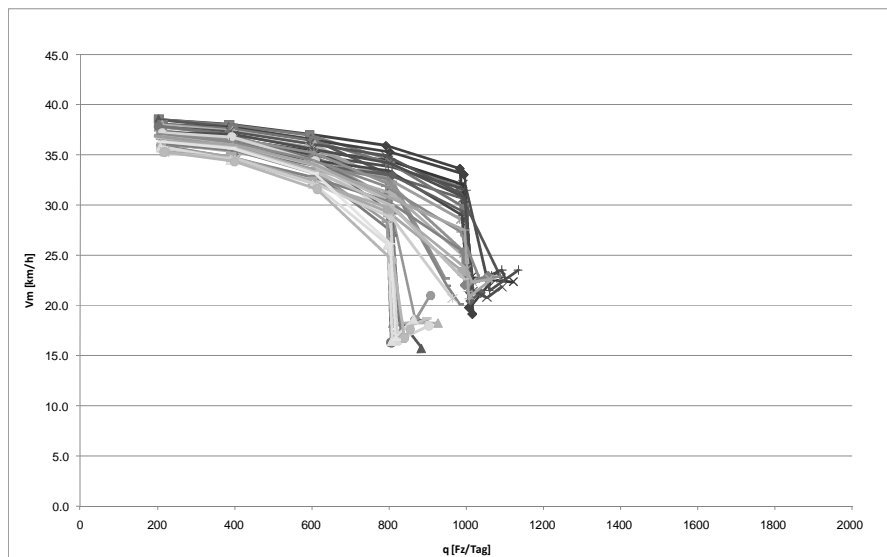
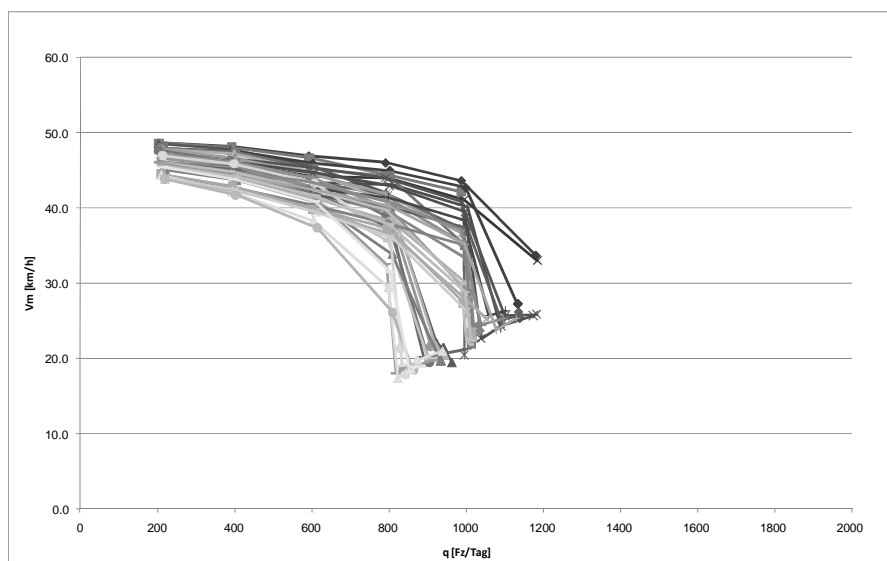
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 12: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Steckborn, Ri. Süden

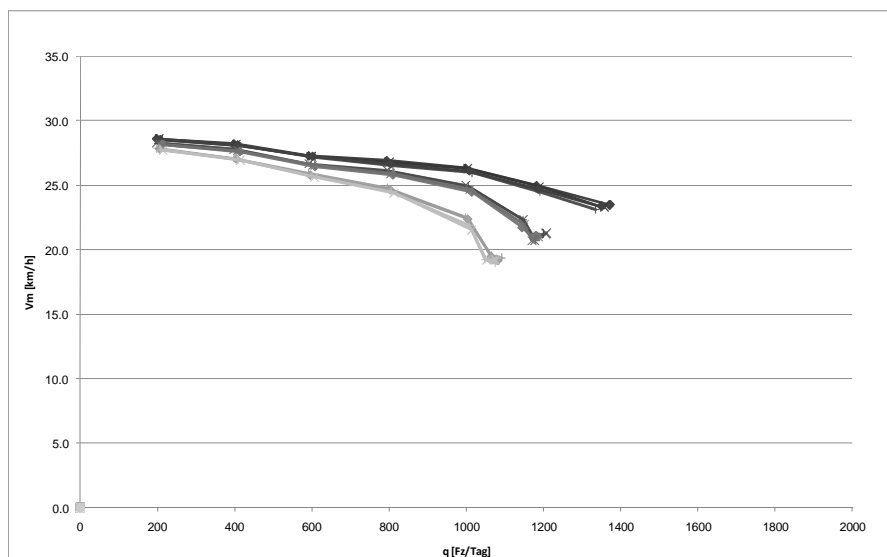
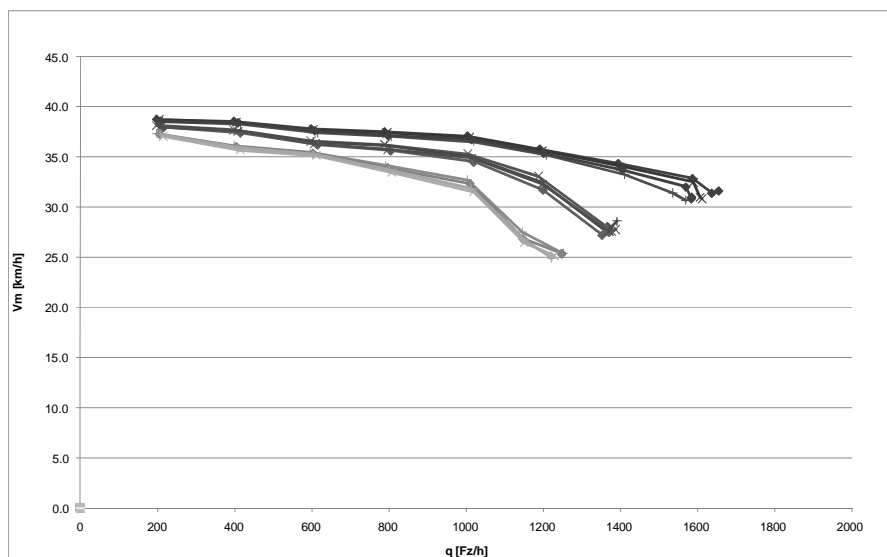
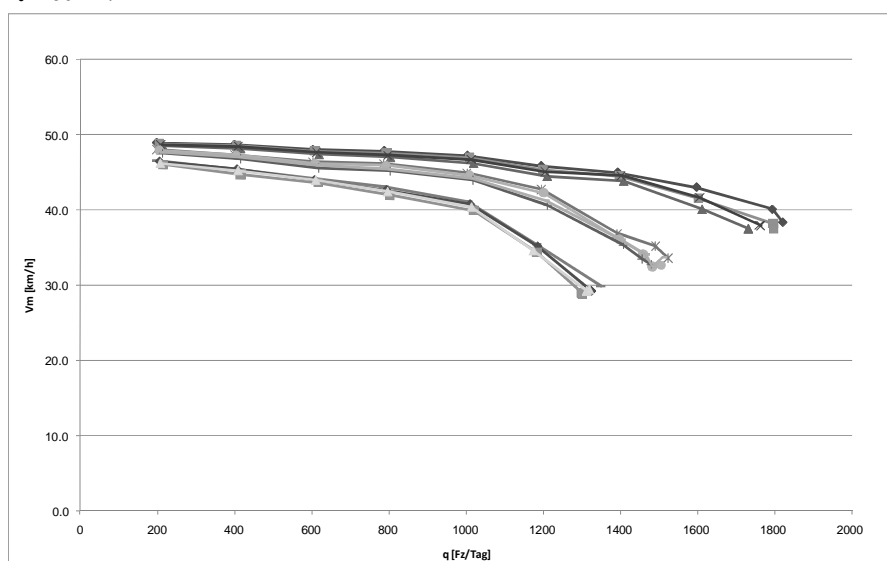
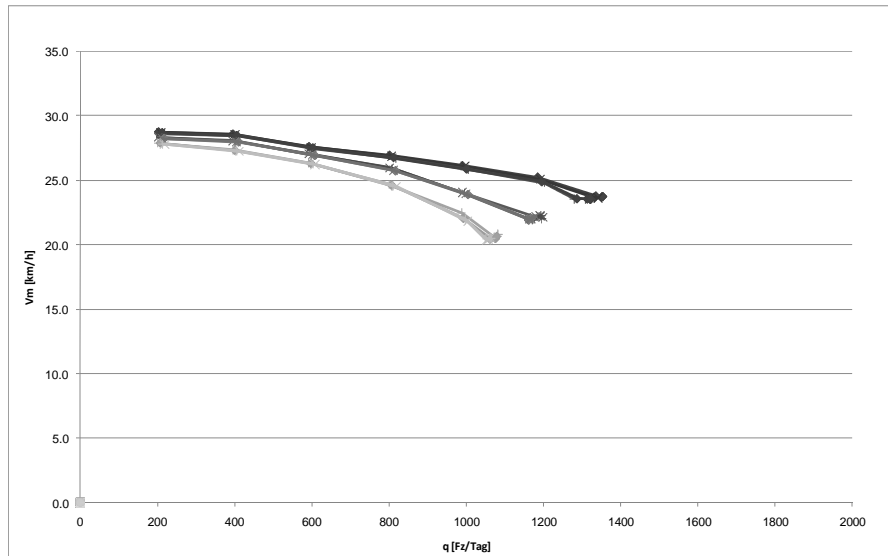
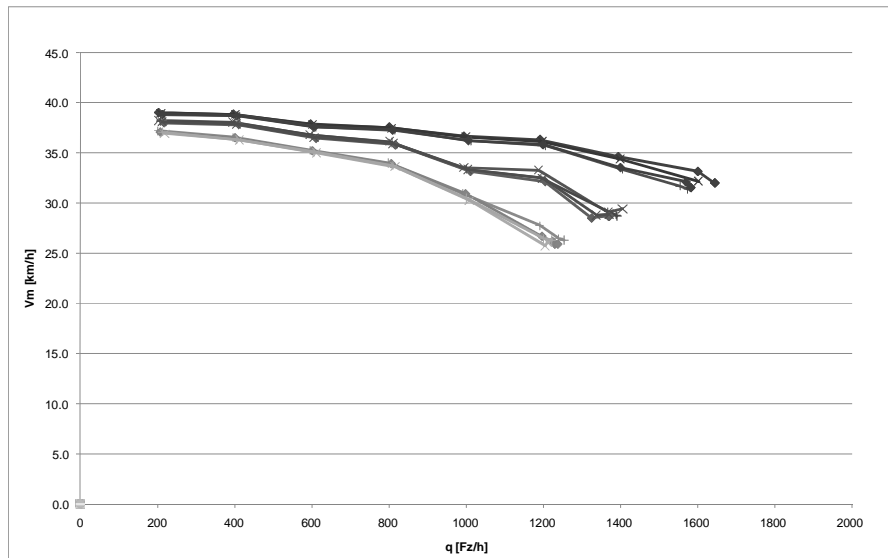
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 13: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Vevey, Ri. Norden

$V_0 = 30 \text{ km/h}$



$V_0 = 40 \text{ km/h}$



$V_0 = 50 \text{ km/h}$

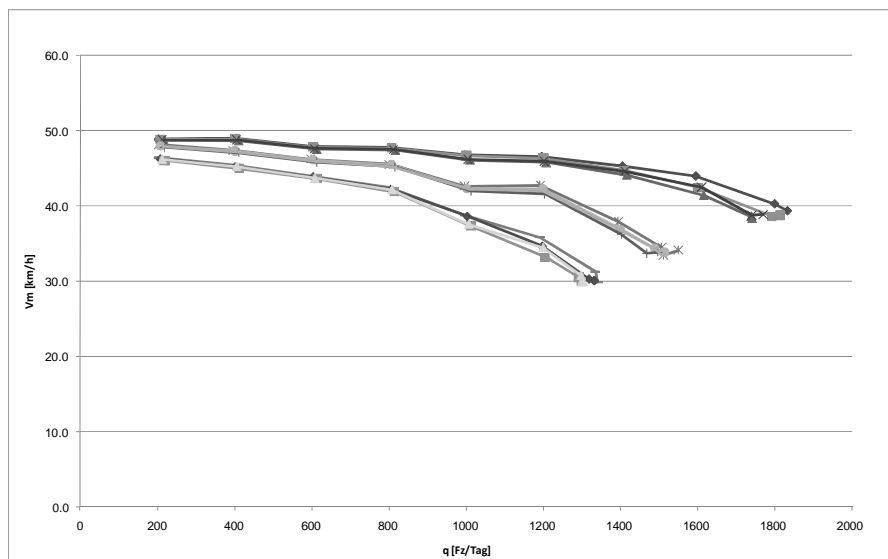


Abbildung A2 - 14: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Vevey, Ri. Süden

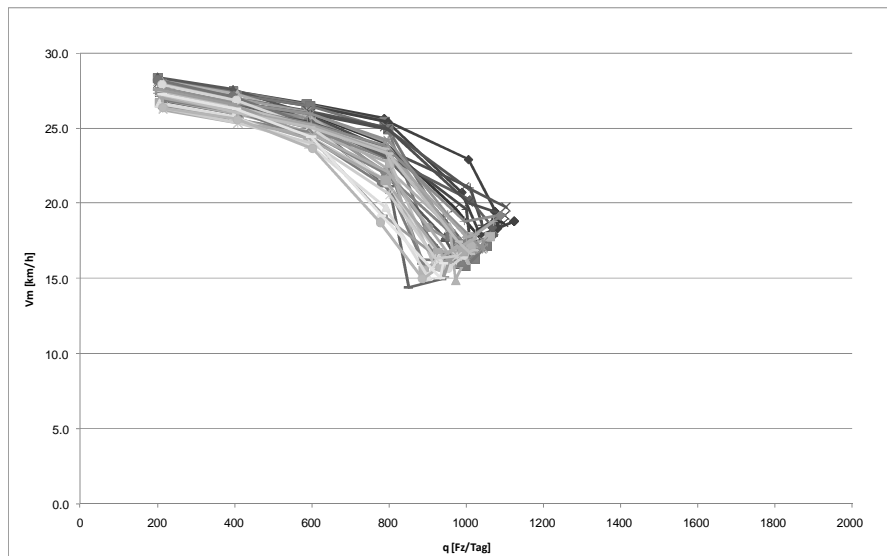
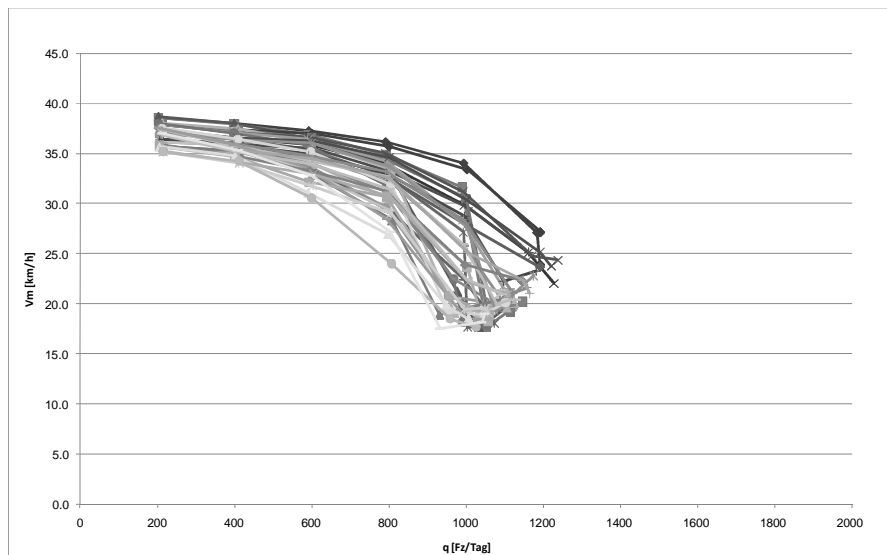
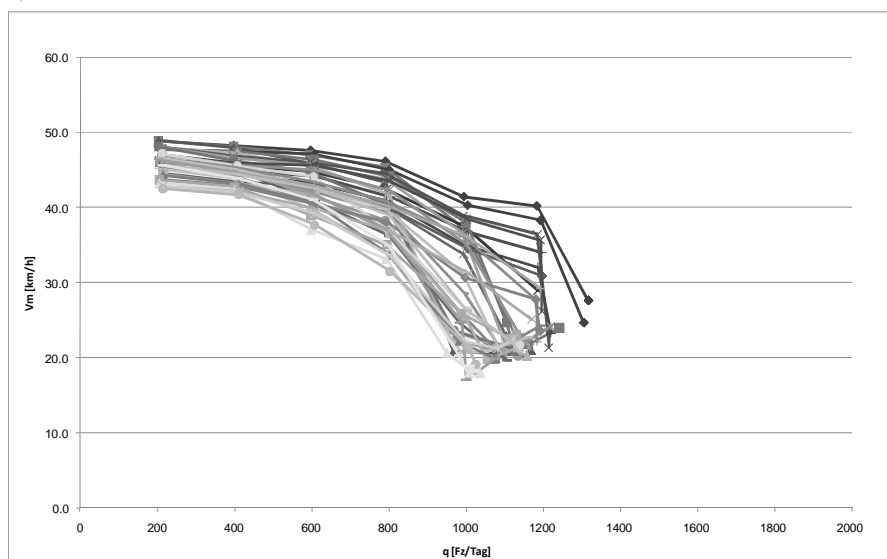
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 15: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Wattwil, Ri. Norden

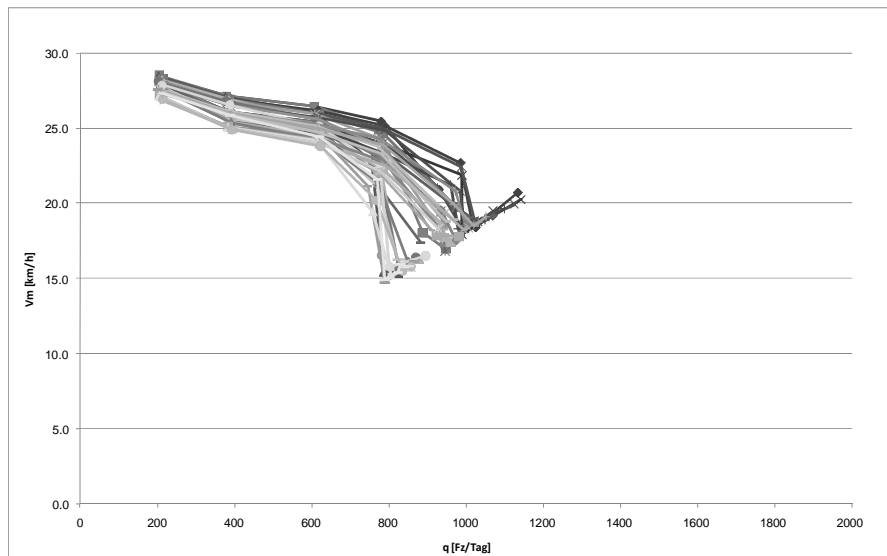
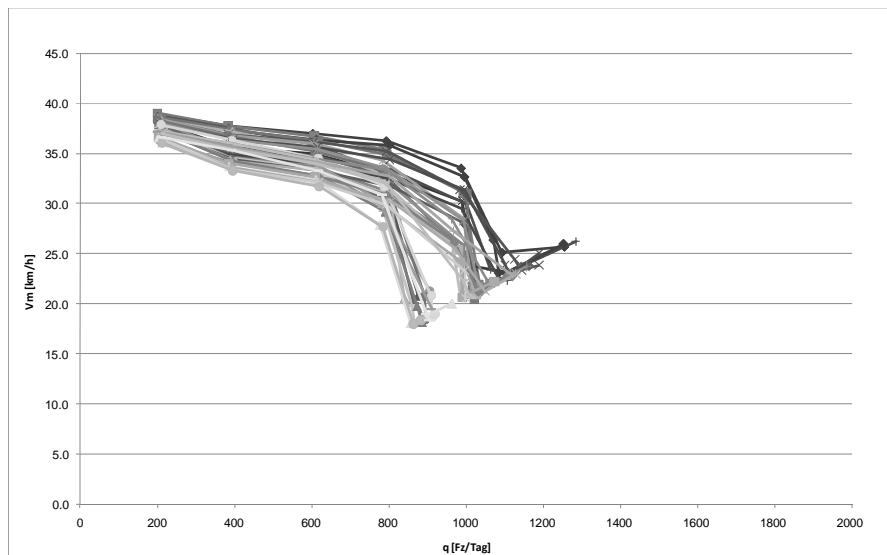
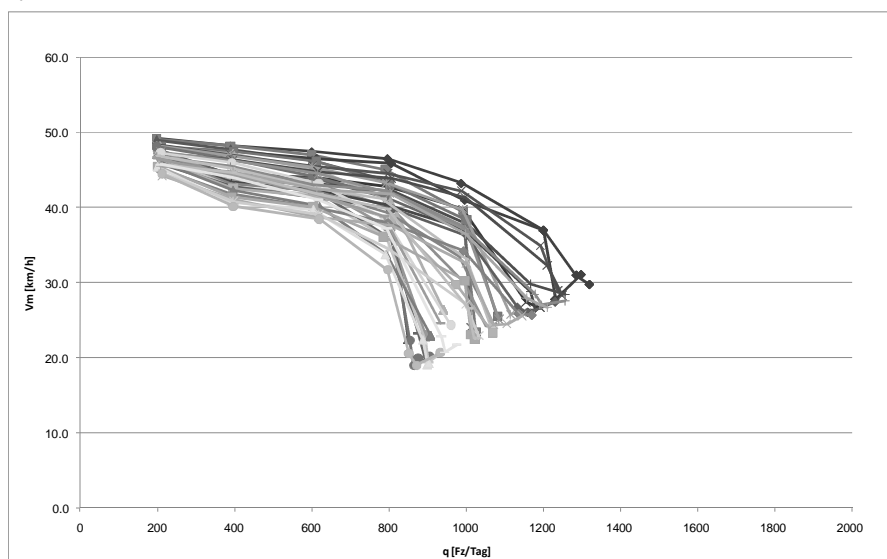
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 16: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Wattwil, Ri. Süden

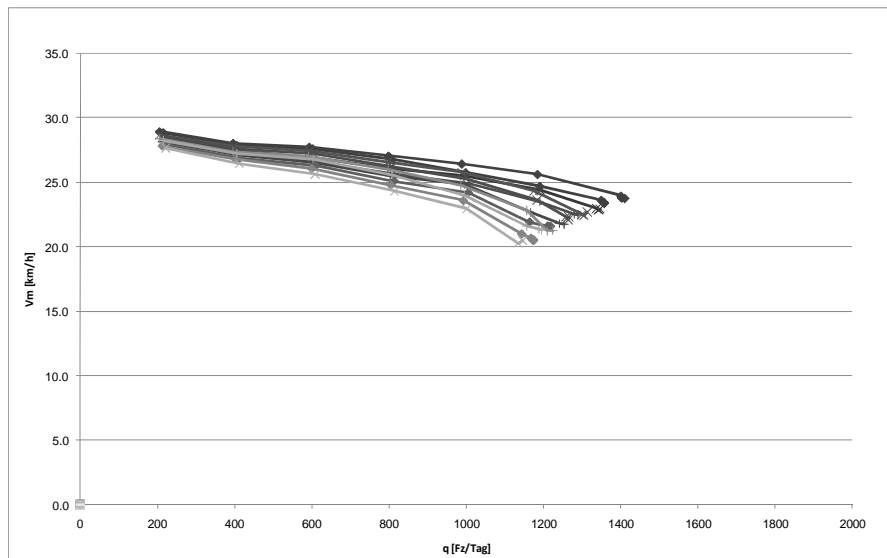
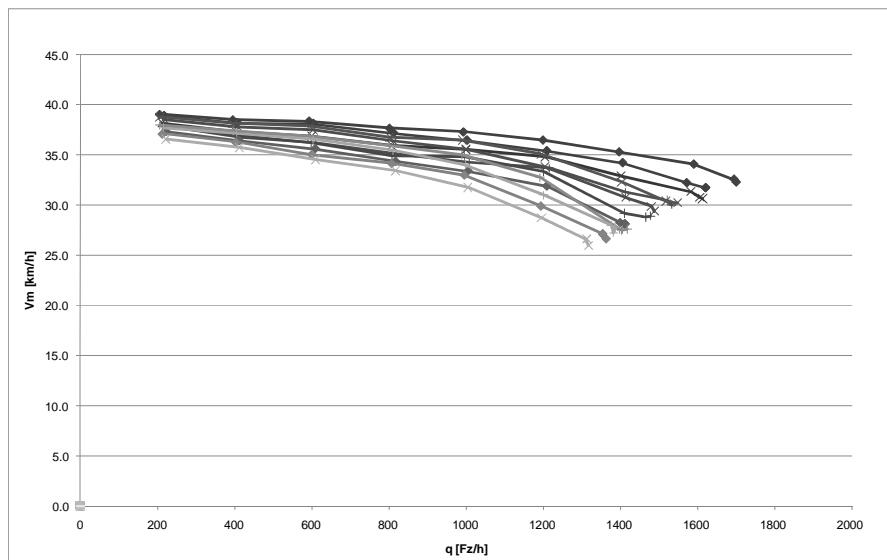
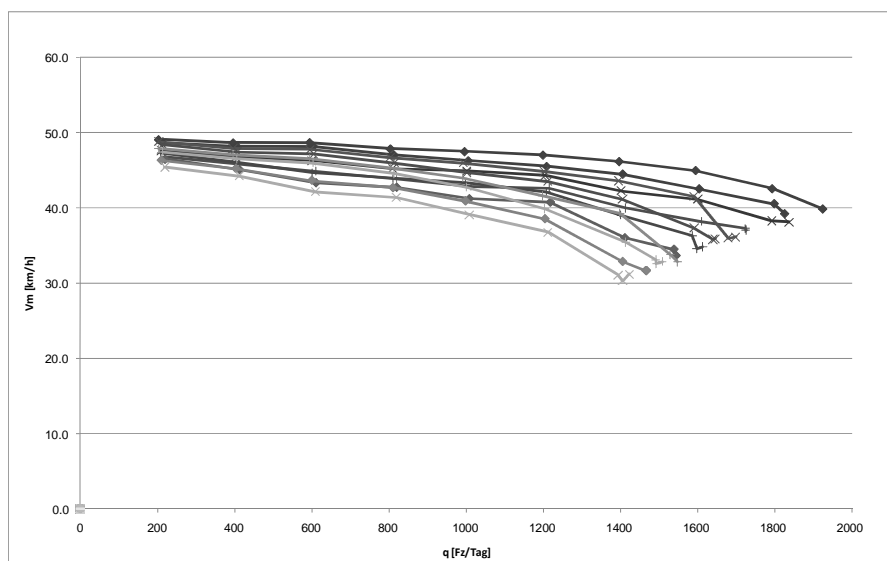
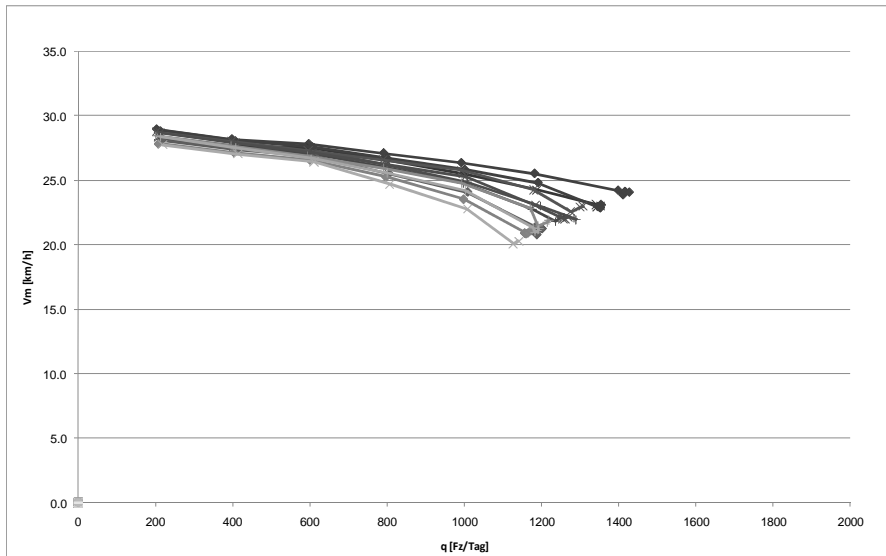
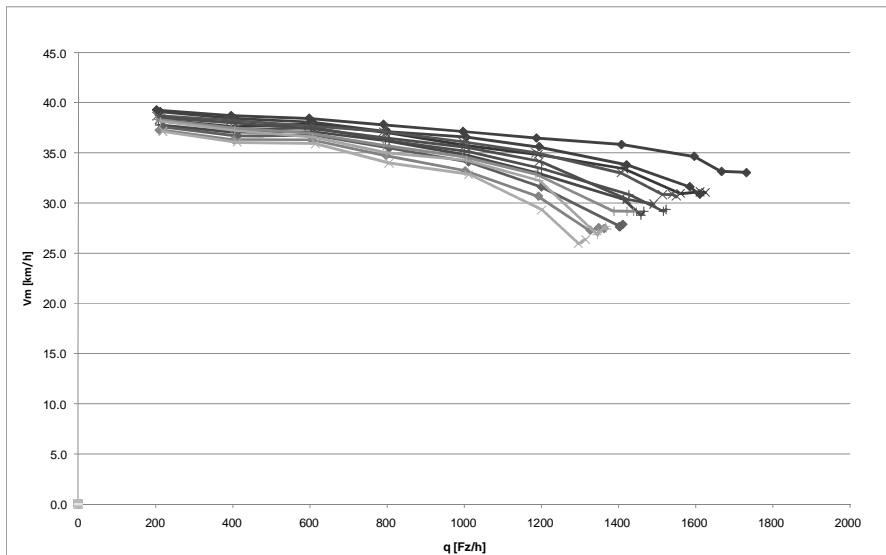
$V_0 = 30 \text{ km/h}$  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  $V_0 = 50 \text{ km/h}$ 

Abbildung A2 - 17: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Zollikofen, Ri. Norden

$V_0 = 30 \text{ km/h}$



$V_0 = 40 \text{ km/h}$



$V_0 = 50 \text{ km/h}$

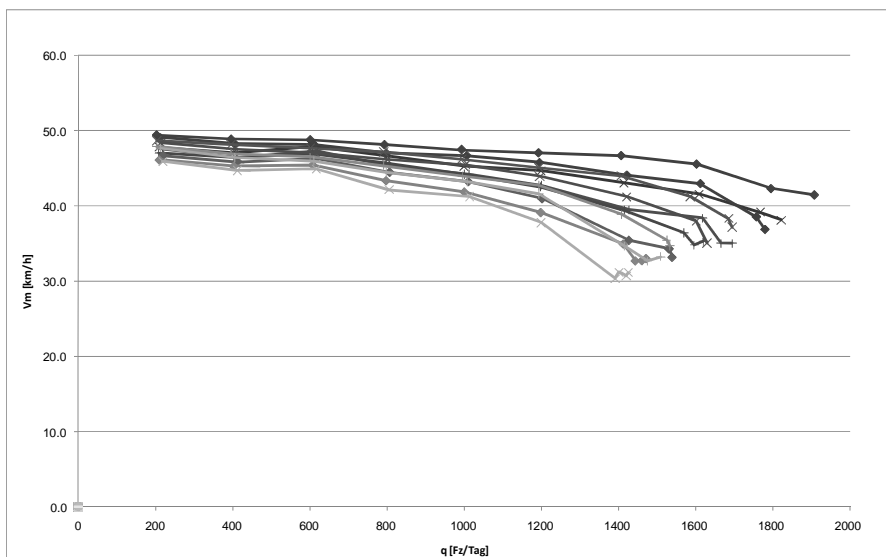


Abbildung A2 - 18: Simulationsergebnisse für das Fallbeispiel Zollikofen, Ri. Süden

## **ANHANG 3**

Ergebnisse der Parameterschätzungen, q/v-Kurven



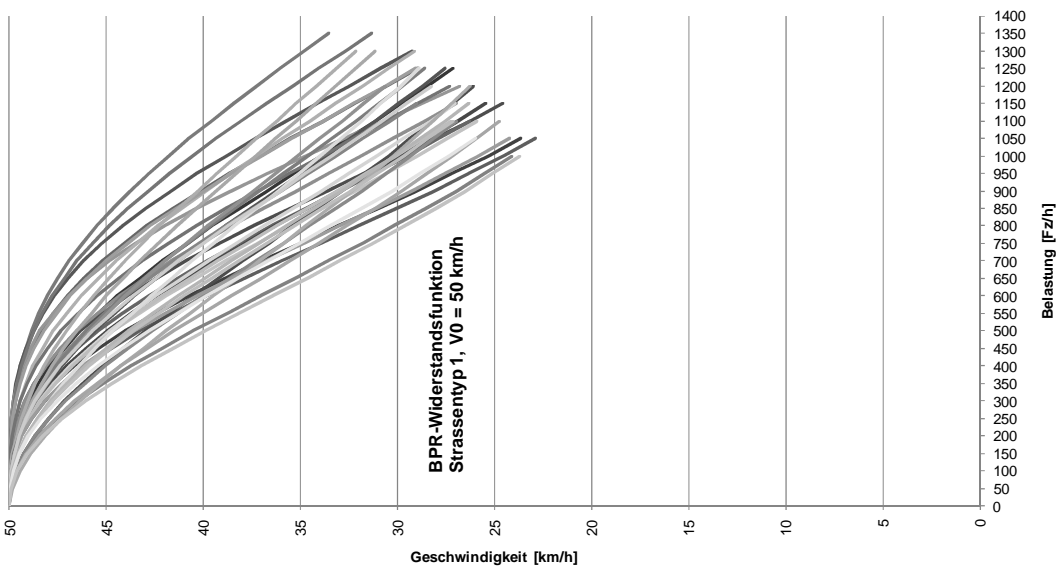
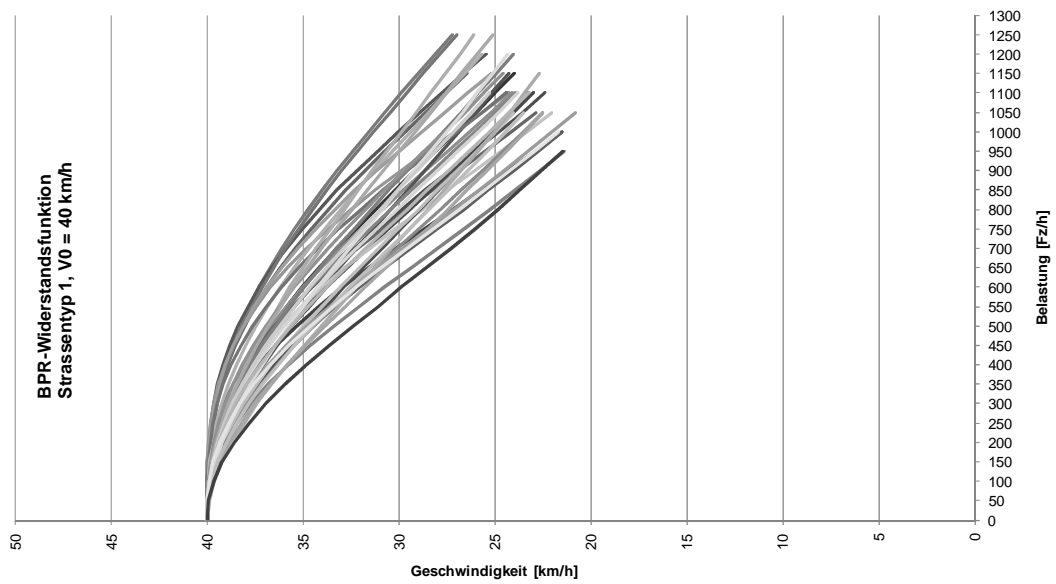
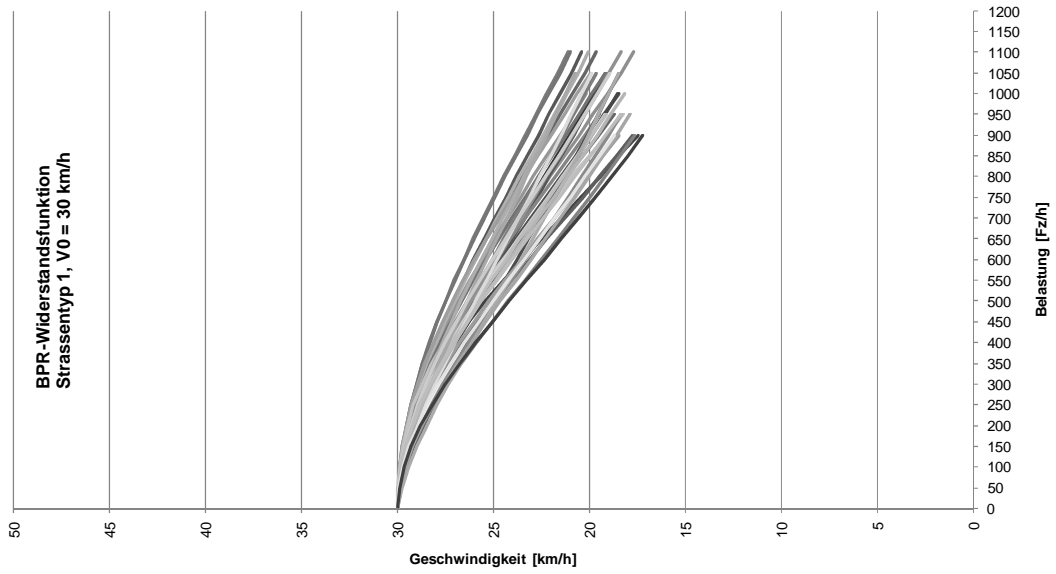


Abbildung A3 - 1: BPR-Widerstandsfunktion, Strassentyp 1

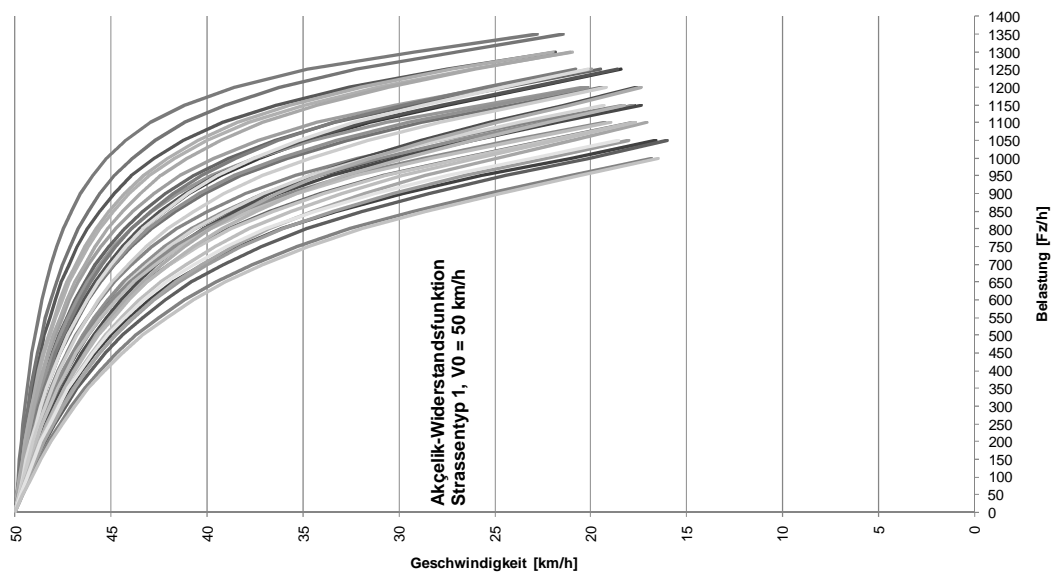
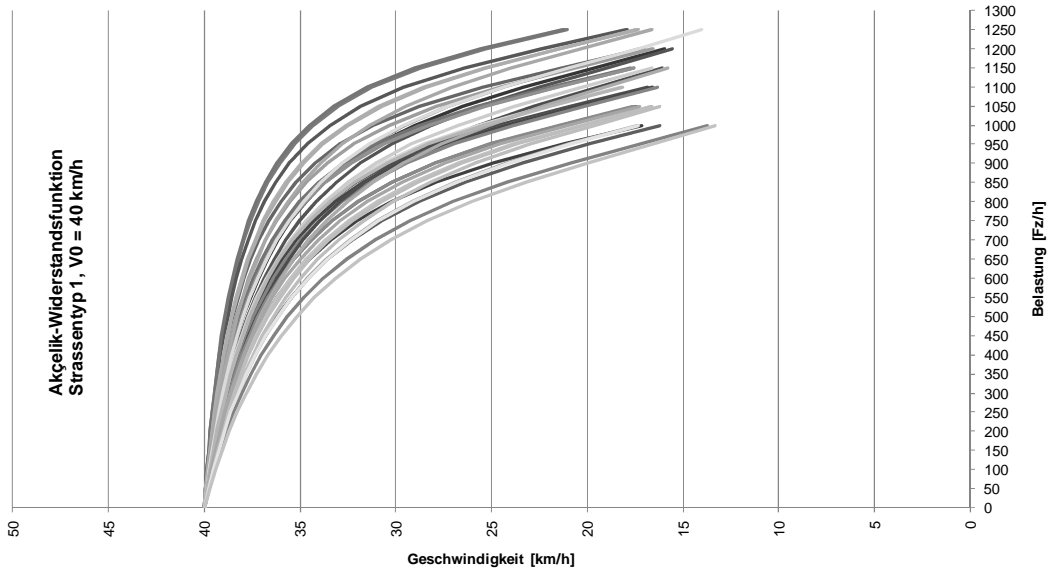
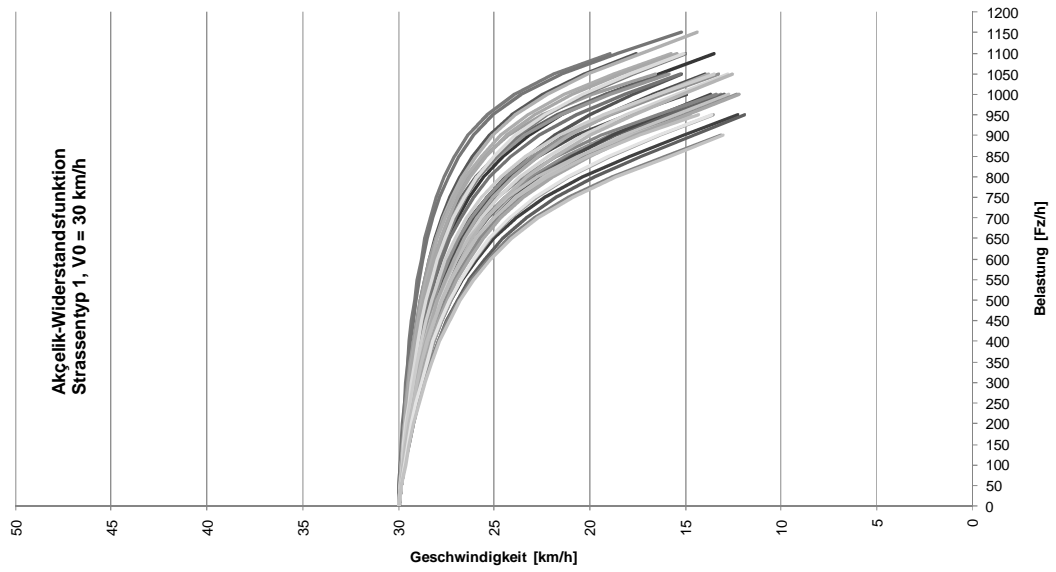


Abbildung A3 - 2: Akçelik-Widerstandsfunktion, Strassentyp 1

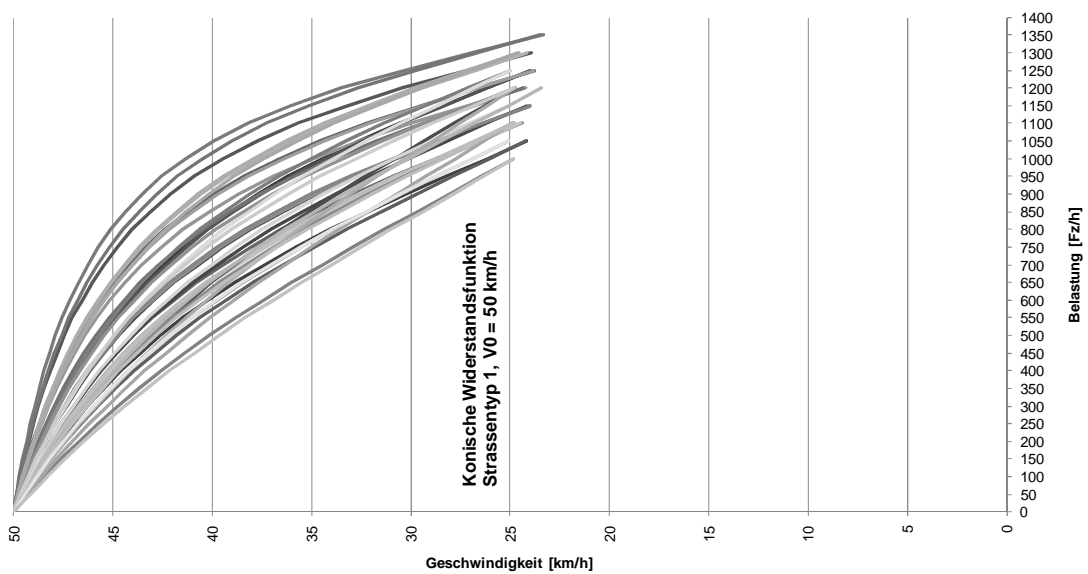
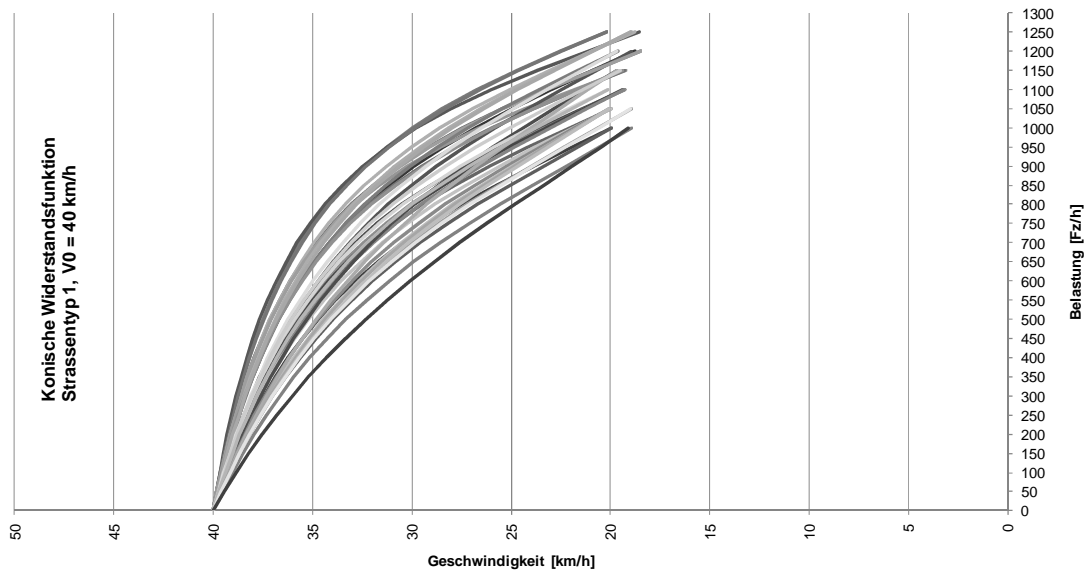
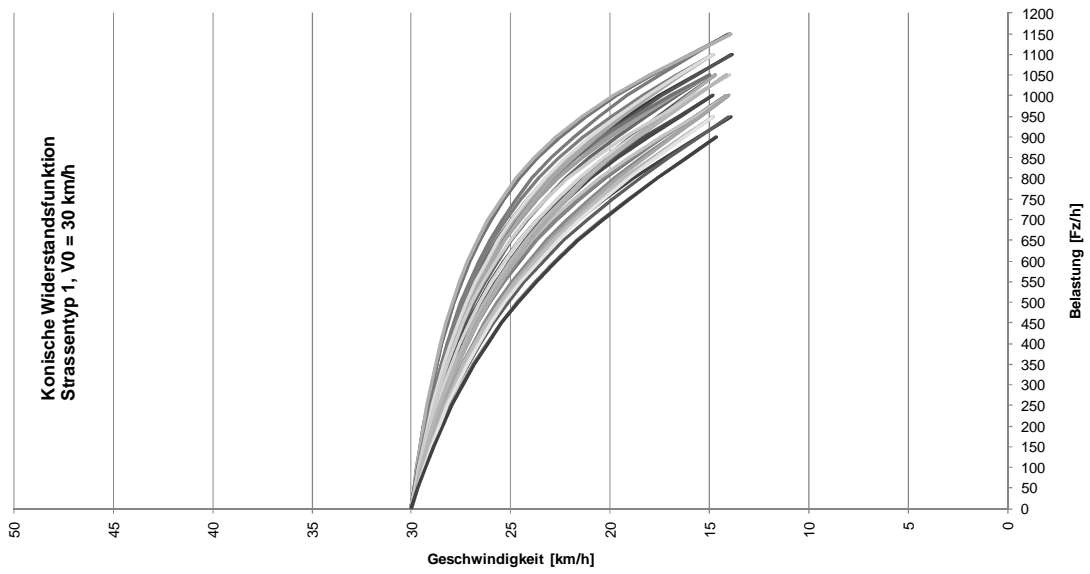


Abbildung A3 - 3: Konische Widerstandsfunktion, Strassentyp 1

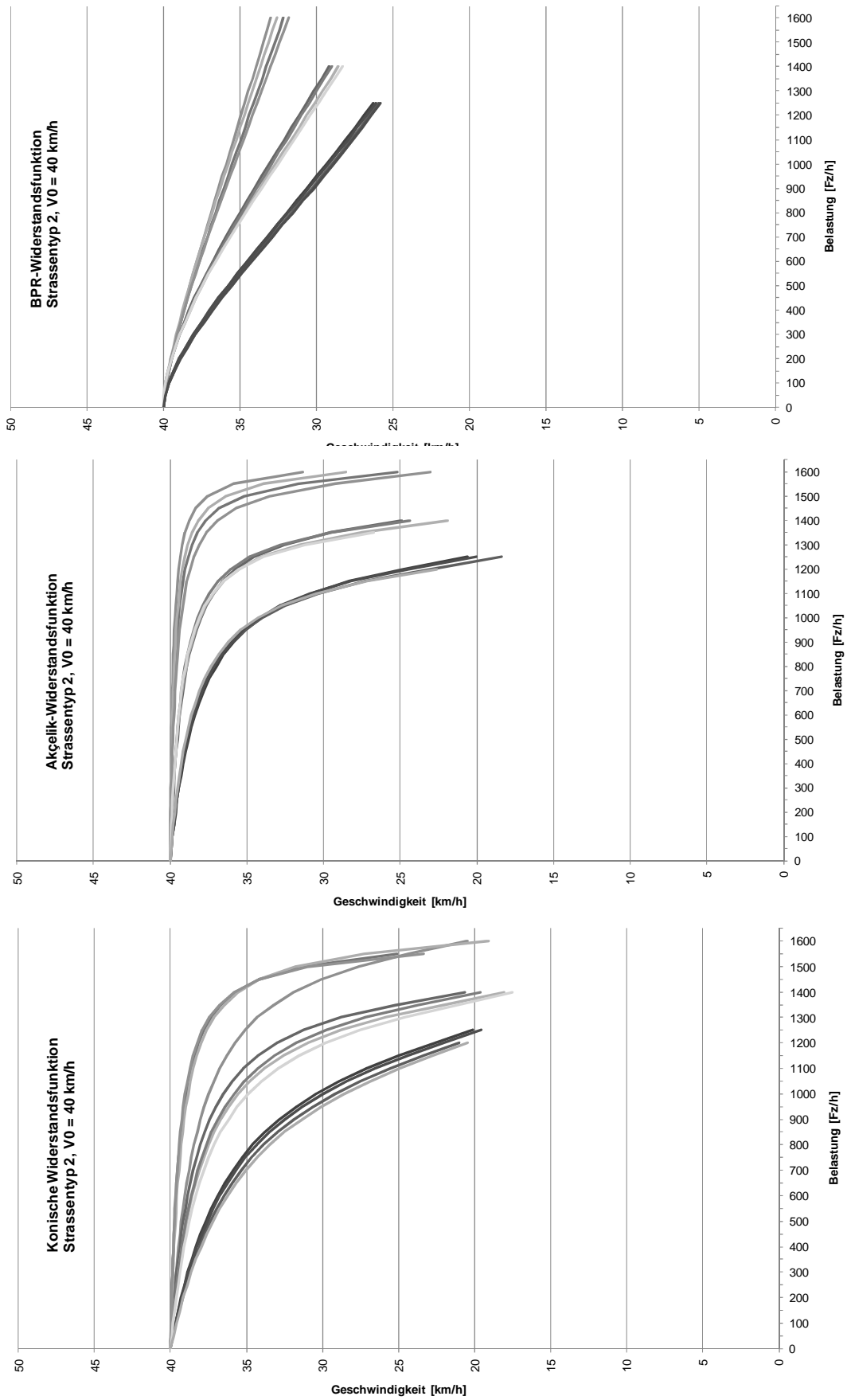


Abbildung A3 - 4: Strassentyp 2,  $V_0 = 40$  km/h (BPR-, Akçelik- und konische Widerstandsfunktion)

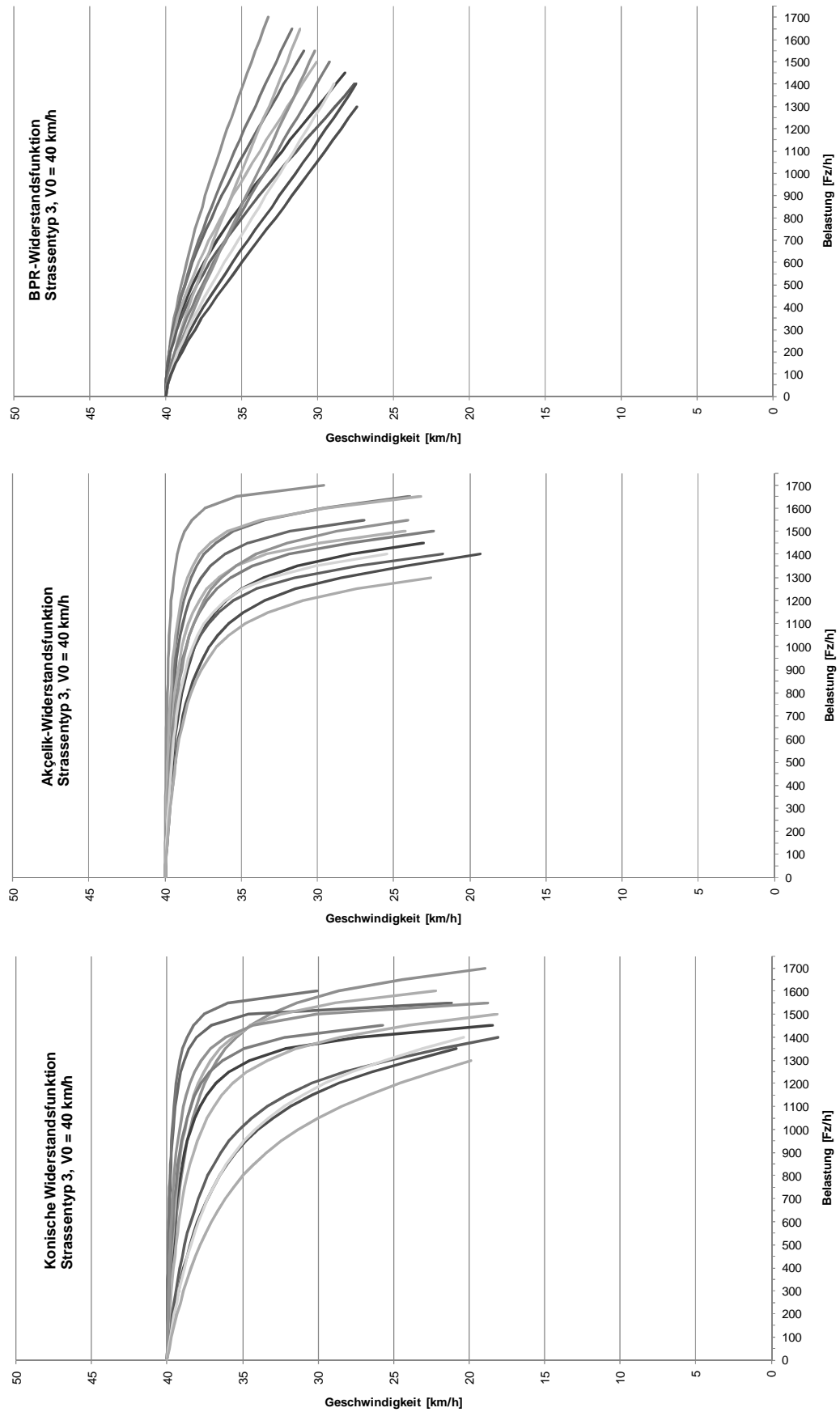


Abbildung A3 - 5: Strassentyp 3,  $V_0 = 40$  km/h (BPR-, Akçelik- und konische Widerstandsfunktion)



## **ANHANG 4**

Exkurs: Wie wird Geschwindigkeit wahrgenommen  
Messergebnisse für  $V_0$



## Exkurs: Wie wird Geschwindigkeit wahrgenommen?

Nach Hauger (1996) gibt es kein Sinnesorgan, über welches die Geschwindigkeit direkt wahrgenommen wird. Geschwindigkeit wird von den Sinnen über den Umweg von entsprechenden Reizänderungen pro Zeiteinheit registriert, welche kognitiv verarbeitet und mit einem erworbenen Erfahrungsschatz in Beziehung gesetzt werden, was dann zu den erforderlichen Reaktionen führt. Wichtige Sinnes-Empfindungen in diesem Zusammenhang sind:

- Visuelles Empfinden: Foveales Sehen (Fixierung) und peripheres Sehen. Die Geschwindigkeitsschätzung erfolgt primär über das periphere Sehen. Je mehr Blickfixationen (foveales Sehen) nötig sind um eine Strecke zu befahren, desto geringer ist die Fahrgeschwindigkeit.
- Akustisches Empfinden (Motordrehzahl, Fahrtwind, Reifengeräusch): Das Fahrgeräusch ist ein wichtiger Feedbackparameter für die Abschätzung der gefahrenen Geschwindigkeit. Durch die verbesserte akustische Abschirmung der Fahrgastzellen verliert dieser Faktor aber an Bedeutung.
- Haptische Empfindung (Wahrnehmung von Vibrationen): Durch immer bessere Beläge und bessere Federungen wird die Wirkung dieser Rückmeldungparameter abgeschwächt.
- Kinästhetisches Empfinden (Wahrnehmung von Dreh- und Linearbeschleunigungen) mittels der vestibulären Funktion<sup>1</sup> des Ohres.

---

<sup>1</sup> Gleichgewichtssinn

## Messergebnisse für $V_0$

Hauger (1996)

Messmethode:

- Strassenabschnitte mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit 50 km/h
- Einzelgeschwindigkeiten mit Radarmessgerät
- Gemessen wurden PW, welche ihre Geschwindigkeit frei wählen konnten
- Fahrzeuge, welche im Begriff waren anzuhalten, wurden nicht erfasst
- Einfluss von Knotenpunkten ausgeschlossen

Kriterium	Ausprägung	$V_{0,m}$ [km/h]
Strassenfunktion	Verbindung	50.4
	Erschliessung	43.4
	Aufenthalt	34.6
Siedlungstyp	Grossstadt	44.6
	Klein- und Mittelstadt	47.0
	Dörfliches Gebiet	43.4
	Industrie- und Gewerbegebiet	51.7
Umfeldnutzung	Reine Wohnnutzung	49.7
	Überwiegend Wohnnutzung	44.4
	Überwiegend Geschäftsnutzung	34.5
	Überwiegend Büro- und Gewerbenutzung	49.9
Bauflucht	Linear	44.3
	Springend	41.4
	Nicht erkennbar	49.3
Bauweise	Offen	49.8
	Geschlossen	42.1
Strassenraumwirkung	Gasse	38.6
	Strasse	46.7
Strassenraumstruktur	Positiv	39.4
	Neutral	45.2
	Negativ	49.3
Linearität des Strassenraumes	Verstärkende Elemente	47.8
	Mindernde Elemente	33.8
Baustruktur	Positiv	41.2
	Neutral	47.8
	Negativ	48.3
Merkmalqualität	Positiv	41.9
	Neutral	45.8
	Negativ	49.2
Seitliche Fahrbahnbegrenzung	Rauhe Kante	42.1
	Glatte Kante	48.0
Randnutzung der Fahrbahn, links <sup>1</sup>	Längsparker	42.9
	Querparker	32.4
	Grünstreifen	51.2
	Trottoir	47.2
	Längsparker und Grünstreifen	55.0
	Andere	57.9

<sup>1</sup> Die Messungen von Hauger (1996) ergaben, dass die Randnutzung am linken Fahrbahnrand einen grösseren Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten hat als jene am rechten Fahrbahnrand.

Parkraumorganisation, links <sup>1</sup>	Ohne Einschränkung	45.2
	Halteverbot	48.7
	Kurzparkzone	39.0
Anteil Ziel-/Quellverkehr	Gering	50.6
	Mittel	43.4
	Gross	42.1
Optische Breite	5-7 m	36.6
	7-9 m	44.4
	9-11 m	44.3
	11-13 m	48.7
	13-15 m	50.3
	15-17 m	51.3
Nutzbare Fahrbahnbreite	3-5 m	38.1
	5-7 m	43.0
	7-9 m	46.5
	9-11 m	51.9
	11-13 m	54.3

Ausgeschieden wurden die folgenden Kriterien, da der Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsverhalten unwahrscheinlich ist resp. nicht nachgewiesen werden konnte:

- Verbindungsfunktionsstufe
- Gebietstyp
- Geschosszahl
- Wohnhaustyp
- Ordnungsprinzip der Strassenraumstruktur
- Raumabschluss in Längsrichtung
- Motorfahrzeug-Prägung
- Einbahn-Regelung
- Vorhandensein von Leitlinien<sup>2</sup>
- Randlinien
- Baufluchtabstand
- Breite des öffentlichen Strassenraumes

<sup>1</sup> Gleiche Bemerkung wie vorangehende Fussnote

<sup>2</sup> Für Strassen mit reiner bzw. mit überwiegender Wohnnutzung haben Mittelmarkierungen einen geschwindigkeitserhöhenden Einfluss für  $V_{0,m}$  um 6 – 10 km/h (Hauger, 1996 und Müller, 1985)



## LITERATURVERZEICHNIS

Akçelik, R. (1991), *Travel Time Functions for Transport Planning Purposes: Davidson's Function, its Time-Dependent Form and an Alternative Travel Time Function*. Australian Road Research, 21(3), Sept. 1991, pp 49-59

Akçelik, R. (2000), *Travel Time Functions for Transport Planning Purposes: Davidson's Function, its Time-Dependent Form and an Alternative Travel Time Function*. Reprint with Minor Revisions, Akçelik & Associates Pty Ltd, Dec. 2000

Alvarado G. (1999), *Conical Travel Time Functions for the GTA Road Network*, Master of Engineering Thesis, University of Toronto, 1999

ARE (2006), *Erstellung des nationalen Personenverkehrsmodells für den öffentlichen und privaten Verkehr - Modellbeschreibung*, 2006

Bureau of Public Roads (1964), *Traffic Assignment Manual*. U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C.

Cheng D.X. et al. (2003), *Modification of Webster's Minimum Delay Cycle Length Equation based on HCM 2000*, Paper submitted to Transportation Research Board for Presentation and Publication at the 2003 Annual Meeting in Washington, D.C.

Dietiker, J. et al. (2009), *Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen*. SVI-Forschungsauftrag 2004/057, Mai 2009

Friedrich M. & Galster M. (2008), *Anbindungszeiten in Verkehrsnetzen*, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 1000, 2008

Golle, P., Molt, W., Patscha, J. (1985). *Typisierung von Strassen im Innerortsbereich nach dem Nutzerverhalten*. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich Unfallforschung, Nr. 109, Bergisch Gladbach, 1985

Hauger, G. (1996). *Einfluss von verkehrlichen, städtebaulichen und strassenfunktionalen Parametern auf das Geschwindigkeitsverhalten im motorisierten Individualverkehr auf Innerortsstrassen*. Dissertation, TU Wien

HBS (2005); *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen*, Ausgabe 2001, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, 2005

HCM (2000); *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board, Washington, 2000

Maier, R., Meewes, V. (1990). *Fahrbahnbreite und Geschwindigkeitsverhalten*. Strassenverkehrstechnik, (34), 1990, Heft 2, S. 49-54

Mörner, J.V. (1984). *Geschwindigkeitsverhalten von Autofahrern, empirische Untersuchungen für den Entwurf und die Gestaltung innerörtlicher Strassen*. Strasse und Tiefbau, 38 (1984), Heft 7/8

Müller, P. (1985), *Geschwindigkeitsverhalten*, Darmstadt 1985

Pai M. & Weinberger P. (2004), *Hot Topics: Speed Flow Curves*, FHWA, Washington D.C.

Singh, R. (1999), *Improved Speed-Flow Relationships: Application to Transportation Planning Models*, Paper presented at the 7<sup>th</sup> TRB Conference on Application of Transportation Planning Methods, Boston, March 1999

Seongsoon, Y. et al. (2003), *Accounting for the impact of heavy truck traffic in volume/delay functions within transportation planning models*. Paper prepared for TRB 84<sup>th</sup> Annual Meeting, 2005

Spiess, H. (1990), *Conical Volume-Delay Functions*. Transportation Science, Vol. 24, No. 2

Webster, F.V. (1961), *Traffic Signal Settings*. Road Research Technical Paper No. 39, Road Research Laboratory, 1958. Reprinted with minor amendments, 1961

Zweibrücken K. et al. (2007), *Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen*, Forschungsauftrag SVI 2001/539, Juli 2007

## ABKÜRZUNGEN

BPR	Bureau of Public Roads
C	Kapazität (in Fz/h)
Fz/h	Fahrzeuge pro Stunde
HBS	Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen
HCM	Highway Capacity Manual
km/h	Kilometer pro Stunde
ÖV	Öffentlicher Verkehr
q	Verkehrsstärke (Fz/h)
$T_0$	Reisezeit bei freiem Verkehrsfluss
$T_f$	betrachtete Zeitperiode (in Stunden)
$T_m$	Mittlere Reisezeit
v	Geschwindigkeit
$V_0$	Reisegeschwindigkeit bei freiem Verkehrsfluss
$V_m$	Mittlere Reisegeschwindigkeit



# PROJEKTABSCHLUSS



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 10. Dezember 2010

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2005/001

Projekttitel: Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten

Enddatum: Oktober 2010

#### Texte:

Zusammenfassung der  
Projektresultate:

In Verkehrsmodellen werden für die Teilmodelle der Ziel- und Verkehrsmittelwahl sowie für die Verkehrsumlegung Widerstandsfunktionen benötigt, welche den für die Zurücklegung einer Strecke benötigten Zeitaufwand in Abhängigkeit der Verkehrsstärke abbilden. Die bisher verwendeten Widerstandsfunktionen basieren auf Untersuchungen von Verkehrssituationen im Ausserortsbereich. Die Wirkung der im Innerortsbereich auftretenden stadtverkehrstypischen Störeinflüsse auf den Verkehrsablauf wurde bisher kaum adäquat berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, diese Wissenslücke zu füllen. Dazu werden die Wirkungen von stadtverkehrstypischen Störeinflüssen auf die mittlere Reisegeschwindigkeit auf Innerorts-Strassenabschnitten ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten empirisch und mit Verkehrsmikrosimulation untersucht. Mit den aus der Mikrosimulation gewonnenen Daten werden die Parameter von drei häufig verwendeten Widerstandsfunktions-Ansätzen (BPR-Funktion, Akçelik-Funktion und konische Funktion) für typische Verkehrssituationen geschätzt.

Die berücksichtigten Verkehrssituationen werden durch die Ausprägungen der Variablen für stadtverkehrstypische Störeinflüsse definiert. Aufgrund der bei den durchgeführten empirischen Erhebungen gewonnenen Erkenntnisse wurden 36 verschiedenen Verkehrssituationen definiert.

An Fallbeispielen wurden für jede dieser Verkehrssituationen Mikrosimulationsberechnungen durchgeführt, bei denen jeweils die Verkehrsbelastung schrittweise erhöht wurde. Mit den damit gewonnenen Daten konnten in einem ersten Schritt für drei festgelegte Strassentypen lineare Regressionsmodelle mit der Kapazität als abhängiger und der Wunschgeschwindigkeit und der Verkehrssituation als unabhängigen Variablen geschätzt. Im zweiten Schritt erfolgte dann die Parameterschätzung für die drei oben genannten Widerstandsfunktions-Ansätze mittels nichtlinearer Regression. Die Beurteilung der "Modellgüte" der drei Ansätze resultiert in der Empfehlung, für Innerorts-Strassenabschnitte die BPR-Funktion anzuwenden.

Für die praktische Anwendung der BPR-Widerstandsfunktion im Rahmen der Verkehrsmodellierung liefert die Studie die nötigen Grundlagen in der Form von Hinweisen zur Festlegung der jeweils massgebenden Verkehrssituation und zur Einschätzung des anzunehmenden Wunschgeschwindigkeitsniveaus. Dabei wird auch die Möglichkeit aufgezeigt, die Verkehrssituationen in 2 – 3 Gruppen zusammenzufassen, wodurch die Aufgabe der Zuweisung von Linktypen bei der Netzcodierung massiv vereinfacht werden kann.

Zielerreichung: Das gesetzte Forschungsziel, Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten herzuleiten sowie Empfehlungen für den praktischen Einsatz dieser Funktionen im Rahmen der Verkehrsmodellierung abzugeben, konnte erreicht werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

**Folgerungen und Empfehlungen:**

Für die Widerstandsfunktionen von Innerorts-Strassenabschnitten ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten wird aufgrund der Forschungsergebnisse der Ansatz der BPR-Funktion empfohlen.

Die Kapazität und die Wunschgeschwindigkeit eines Innerorts-Strassenabschnittes sowie die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Parameter der BPR-Funktion hängen von der Verkehrssituation ab. Da sich diese in der Regel tageszeitlich ändert, müssen für die Verkehrsmodellierung auch tageszeitlich differenzierte Netz-Codierungen mit unterschiedlichen Linktypen für ein und denselben Link verwendet werden.

**Publikationen:**

-

**Beurteilung der Begleitkommission:**

**Beurteilung:**

Mit umfangreichen empirischen Erhebungen und Verkehrs-Mikrosimulationen konnte für die in der Schweiz typischerweise vorkommenden Innerorts-Strassenabschnitte eine repräsentative Datengrundlage zur Schätzung der Parameter bekannter Widerstandsfunktions-Ansätze gewonnen werden. Die Beurteilung dieser Ansätze und die Empfehlung, in der Praxis den Ansatz der BPR-Funktion zu verwenden, sind nachvollziehbar.

Das Forschungsziel, für die Praxis geeignete Widerstandsfunktionen von Innerorts-Strassenabschnitten herzuleiten, welche die stadtverkehrstypischen Störeinflüsse berücksichtigen, konnte erreicht werden. Die Forschungsarbeit leistet einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrsmodellierung im städtischen Kontext.

Die Studie macht deutlich, dass die Kapazität und die Wunschgeschwindigkeit eines Strassenabschnittes keine (wie bisher in Verkehrsmodellen oft angenommen) konstanten Grössen sind, sondern von den stadtverkehrstypischen Störeinflüssen abhängen. Für die Praxis der Verkehrsmodellierung bedeutet dies, dass die Netzcodierung auf den jeweils abzubildenden Verkehrszustand (z.B. Morgen- oder Abendspitze, Zwischenstunde usw.) abzustimmen ist.

Die Begleitkommission ist mit den Schlussfolgerungen der Studie und dem aufgezeigten weiteren Forschungsbedarf einverstanden.

Die von der Begleitkommission angestrebte Koordination mit der Forschungsarbeit SVI 2004/057 "Wie Strassenraumbilder den Verkehr" beeinflussen" konnte aus sachlichen und insbesondere zeitlichen Gründen nur teilweise realisiert werden.

**Umsetzung:**

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit können direkt in die Praxis der Verkehrsmodellierung im städtischen Kontext umgesetzt werden. Die Parameterwerte für die empfohlene Widerstandsfunktion liegen für alle relevanten Strassentypen und Verkehrssituationen in Tabellenform vor. Die im Forschungsbericht zusammengestellten Empfehlungen für die Anwendung in der Praxis unterstützen die Umsetzung der Ergebnisse.

**weitergehender Forschungsbedarf:**

Die Studie hat gezeigt, dass weiterhin Forschungsbedarf besteht zur Festlegung der massgebenden Wunschgeschwindigkeit  $V_D$ . Es sollte ein Verfahren entwickelt werden, mit welchem in der Praxis die in einer jeweiligen Situation zutreffende Wunschgeschwindigkeit quantitativ (in km/h) festgelegt werden kann. In einem entsprechenden Forschungsprojekt ist auch der Einfluss der Verkehrszusammensetzung (z.B. Schwerverkehrs- und Veloanteil) auf die Wunschgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

In einem weiteren Forschungsprojekt sollte untersucht werden, wie sich die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung unterscheiden, wenn statt der bisherigen Methode der Netzcodierung mit fixer Zuordnung der Linktypen und nicht gesicherten Parameterwerten die hier empfohlene Methode mit nach Verkehrssituationen differenzierter Zuordnung der Linktypen und Anwendung der hier hergeleiteten Parameter der BPR-Widerstandsfunktion angewendet wird.

Wie im SVI-Forschungsprogramm bereits vorgesehen, sollte ein nächstes Forschungsprojekt der Untersuchung der belastungsabhängigen Verlustzeiten an Knoten und deren Integration in die Verkehrsmodelle (Ziel- und Verkehrsmittelwahl sowie Umlegung) gewidmet sein.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

Einfluss auf Normen-  
werk:

keine

**Präsident Begleitkommission:**

Name:

Hinden

Vorname:

Samuel

Amt, Firma, Institut:

Bau- Verkehrs- und Energiedirektion Kanton Bern

Strasse, Nr.:

Reiterstrasse 11

PLZ:

3011

Email:

samuel.hinden@bve.be.ch

Ort:

Bern

Telefon:

031 633 36 51

Kanton, Land:

Bern, Schweiz

Fax:

031 633 36 60

**Unterschrift Präsident Begleitkommission:**

sig. S. Hinden



## Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

### Auszug zur Integration in Schlussberichte (Stand: 1. Quartal 2011)

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern <i>Comportement d'adhérence des unités de précontrainte à torons</i> <i>Bond behaviour of strand tendons for post-tensioning</i>	2009
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton <i>Béton filtré ultra-performant pour augmenter l'efficacité de la maintenance des ouvrages d'art en béton armé</i> <i>Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete for increasing efficiency of the maintenance of reinforced concrete road structures</i>	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle <i>Développement d'une centrale de cogénération à base d'huile végétale avec propre moulin à huile</i> <i>Development of a vegetable oil block heat and power plant with own oil mill</i>	2010
1296	ASTRA 2007/008	Swis contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP) <i>Schweizer-Beitrag zum Russpartikel-Messprogramm für schwere Motorwagen (HD-PMP)</i> <i>Contribution de la Suisse au Programme de Mesure des Particules pour voitures automobiles lourdes (HD-PMP)</i>	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages? -(Performance-orientierte Methoden) <i>Relation between binder properties and damage characteristics of pavements ?</i> <i>(Performance orientated methods)</i>	2010
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Schadensprozesse und Zustandsverläufe <i>Processus de dégradation et lois d'évolution</i> <i>Pavement damage processes and performance curves</i>	2008
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen <i>Génération de trafic par des installations de stationnement</i> <i>Traffic generation of parking facilities</i>	2009
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesysteme (SGPS) <i>Système de prévision de chaussées glissantes</i> <i>Forecasting Expert System for Road Slipperiness</i>	2010

1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum- Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung <i>Espace de rues sans obstacles- Exigences des personnes avec handicap Obstacle free traffic areas- Demands of people with disabilities</i>	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen <i>Modernisation des feux de signalisation Modernisation of traffic control systems</i>	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall <i>Influence du courant d'air longitudinal dans les tunnels routiers en cas d'incendie Influencing the longitudinal airflow in road tunnels in case of fire</i>	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch <i>Surveillance acoustique d'un pont de béton précontraint et évaluation de l'état pendant sa démolition Acoustic monitoring of a prestressed concrete bridge</i>	2010
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten Szenarien der Gefahrenentwicklung <i>Scénarios de l'évolution des dangers Scenarios of hazard development</i>	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety Report part of traffic psychology Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière Rapport partiel de la psychologie de circulation</i>	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i>	2008
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés; D-A-CH - projet initial Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders; D-A-CH - Initiation Project</i>	2008

1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung <i>Profit et coûts, bilans écologiques des systèmes d'évacuation de l'eau de ruissellement des routes</i> <i>Cost and Benefits, ecological balances of different concepts of management and treatment of road run-</i>	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten <i>Banque de données pour taux de génération de trafic</i> <i>Database for trip generation rates</i>	2008
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen <i>Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier</i> <i>Modeling of objects and processes for the road information system</i>	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen <i>Impact of traffic calming measures on noise immissions</i> <i>Impacts des mesures de modération du trafic sur les</i>	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen <i>Functional requirements for traffic collection systems relating to traffic lights</i> <i>Exigences fonctionnelles en matière de systèmes de détection du trafic en rapport avec les installations de feux de circulation</i>	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen <i>Profil géométrique type pour tous les types de véhicules</i> <i>Standard profile of cross sections for all vehicle types</i>	2010
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts <i>Validierung des CRS-Oedometers mittels intakter Proben</i> <i>Validation of Constant Rate of Strain oedometer on intact samples</i>	2010
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit <i>Coûts horaires du trafic des personnes:</i> <i>Dépendance de la perception et de la distance</i> <i>Willingness to pay in passenger transportation:</i> <i>Perception and distance dependence</i>	2008



**Forschungsberichte auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)**  
**Rapports de recherche sur proposition de l'Association suisse des ingénieurs en transports**  
(erschienen im Rahmen der Forschungsreihe des UVEK / parus dans le cadre des recherches du DETEC)

- 1980 **Velo- und Mofaverkehr in den Städten**  
(R. Müller)
- 1980 **Anleitung zur Projektierung einer Lichtsignalanlage**  
(Seiler Niederhauser Zuberbühler)
- 1981 **Güternahverkehr, Gesetzmässigkeiten**  
(E. Stadtmann)
- 1981 **Optimale Haltestellenabstände beim öffentlichen Verkehr**  
(Prof. H. Brändli)
- 1982 **Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs \***  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1983 **Lichtsignalanlagen mit oder ohne Uebergangssignal Rot-Gelb**  
(Weber Angehrn Meyer)
- 1983 **Güternahverkehr, Verteilungsmodelle**  
(Emch + Berger AG)
- 1983 **Modèle Transyt 8: Traffic Network Study Tool; Programme Pretrans**  
(...)
- 1983 **Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung \***  
(Glaser + Saxer)
- 1984 **Le rôle des taxis dans les transports urbains (franz. Ausgabe)**  
(Transitec)
- 1984 **Park and Ride in Schweizer Städten \***  
(Balzari & Schudel AG)
- 1986 **Verträglichkeit von Fahrrad, Mofa und Fussgänger auf gemeinsamen Verkehrsflächen \***  
(Weber Angehrn Meyer)
- 1986 **Transyt 8 / Pretrans; Modell Programmsystem für die Optimierung von Signalplänen von städtischen Strassennetzen**  
(...)
- 1987 **Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und –technische Massnahmen \***  
(Metron AG)
- 1987 **Provisorischer Behelf für die Umweltverträglichkeits-Prüfung von Verkehrsanlagen \***  
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)
- 1988 **Bestimmungsgrössen der Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr \***  
(Rapp AG)
- 1988 **EDV-Anwendungen im Verkehrswesen**  
(IVT, ETH Zürich)
- 1988 **Forschungsvorschläge Umweltverträglichkeitsprüfung von Verkehrsanlagen**  
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)
- 1989 **Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen \***  
(P. Widmer)
- 1990 **Planungsverfahren bei Ortsumfahrungen**  
(Toscano-Bernardi-Frey AG)
- 1990 **Anteil der Fahrzeugkategorien in Abhängigkeit vom Strassentyp**  
(Abay & Meyer)
- 1991 **Busbuchten, ja oder nein?\***  
(Zwicker und Schmid)
- 1991 **EDV-Anwendung im Verkehrswesen, Katalog 1990**  
(IVT, ETH Zürich)
- 1991 **Mofa zwischen Velo und Auto**  
(Weber Angehrn Meyer)
- 1991 **Erhebung zum Güterverkehr**  
(Abay & Meier, Albrecht & Partner AG, Holinger AG, RAPP AG, Sigmoplan AG)
- 1991 **Mögliche Methoden zur Erstellung einer Gesamtbewertung bei Prüfverfahren\***  
(Basler & Partner AG)
- 1992 **Parkierungsbeschränkungen mit Blauer Zone und Anwohnerparkkarte**  
(Jud AG)
- 1992 **Einsatzkonzepte und Integrationsprobleme der Elektromobile\***  
(U. Schwegler)

- 1992 **UVP bei Strassenverkehrsanlagen, Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten\***  
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)  
erschieden auch als Mitteilungen zur UVP Nr. 7/Mai 1992 des BUWAL
- 1992 **Von Experten zu Beteiligten - Partizipation von Interessierten und Betroffenen beim Entscheiden über Verkehrsvorhaben\***  
(J. Dietiker)
- 1992 **Fehlerrechnung und Sensitivitätsanalyse für Fragen der Luftreinhaltung: Verkehr - Emissionen – Immissionen \***  
(INFRAS)
- 1993 **Indikatoren im Fussgängerverkehr \***  
(RAPP AG)1993
- 1993 **Velofahren in Fussgängerzonen\***  
(P. Ott)
- 1993 **Vernetztes bzw. ganzheitliches Denken bei Verkehrsvorhaben**  
(Jauslin + Stebler, Rudolf Keller AG)
- 1993 **Untersuchung des Zusammenhanges von Verkehrs- und Wandermobilität**  
(synergo, Jenni + Gottardi AG)
- 1993 **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von flexiblen Nutzungen im Strassenraum**  
(Sigmaplan AG)
- 1993 **EIE et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact \***  
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)  
erschieden als Mitteilungen zur UVP Nr. 7(93) / Juli 1993 des BUWAL/parus comme informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement EIE No. 7(93) / juillet 1993 de l'OFEFP
- 1993 **Handlungsanleitung für die Zweckmässigkeitsprüfung von Verkehrsinfrastrukturprojekten, Vorstudie**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1994 **Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen**  
(Rutishauser, Mögerle, Keller)
- 1994 **Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1: Determinanten und Entwicklungen\***  
(R + R Burger AG, Büro Z)
- 1995 **Verkehrsentwicklungen in Europa, Vergleich mit den schweizerischen Verkehrsperspektiven**  
(Prognos AG / Rudolf Keller AG)  
erschieden als GVF-Auftrag Nr. 267 des GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen / paru au SG DFTCE Service d'étude des transports No. 267
- 1996 **Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen**  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1997 **Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen \***  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1997 **Verkehrsgrundlagen für Umwelt- und Verkehrsuntersuchungen**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 1998 **Entwicklungsindices des Schweizerischen Strassenverkehrs \***  
(Abay + Meier)
- 1998 **Kennzahlen des Strassengüterverkehrs in Anlehnung an die Gütertransportstatistik 1993**  
(Albrecht & Partner AG / Symplan Map AG)
- 1998 **Was Menschen bewegt. Motive und Fahrzwecke der Verkehrsteilnahme**  
(J. Dietiker)
- 1998 **Das spezifische Verkehrspotential bei beschränktem Parkplatzangebot \***  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1998 **La banque de données routières STRADA-DB somme base de modèles de trafic**  
(Robert-Grandpierre et Rapp SA / INSER SA / Rosenthaler & Partner AG)
- 1998 **Perspektiven des Freizeitverkehrs. Teil 2: Strategien zur Problemlösung**  
(R + R Burger und Partner, Büro Z)
- 1998 **Kombinierte Unter- und Überführung für FussgängerInnen und VelofahrerInnen**  
(Büro BC / Pestalozzi & Stäheli)
- 1998 **Kostenwirksamkeit von Umweltschutzmassnahmen**  
(INFRAS)
- 1998 **Abgrenzung zwischen Personen- und Güterverkehr**  
(Prognos AG)
- 1999 **Gesetzmässigkeiten im Strassengüterverkehr und seine modellmässige Behandlung**  
(Abay & Meier / Ernst Basler + Partner AG)
- 1999 **Aktualisierung der Modal Split-Ansätze**  
(P. Widmer)
- 1999 **Management du trafic dans les grands ensembles**  
(Transportplan SA)
- 1999 **Technology Assessment im Verkehrswesen : Vorstudie**  
(RAPP AG Ing. + Planer Zürich)

- 1999 **Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten**  
(ASIT / IC Infraconsult AG)
- 1999 **„Kernfahrbahnen“ Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenquerschnitten \***  
(Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG)
- 2000 **Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr**  
(Prognos AG)
- 2000 **Dephi-Umfrage Zukunft des Verkehrs in der Schweiz**  
(P. Widmer / IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung)
- 2000 **Der Wert der Zeit im Güterverkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2000 **Floating Car Data in der Verkehrsplanung**  
(Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG + Rosenthaler + Partner AG)
- 2000 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable: Experimente mit verschiedenen Befragungssätzen**  
(IVT - ETHZ)
- 2001 **Aktivitätenorientierte Personenverkehrsmodelle, Vorstudie**  
(P. Widmer und K.W. Axhausen)
- 2001 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(G. Abay und K.W. Axhausen)
- 2001 **Véhicules électriques et nouvelles formes de mobilité**  
(Transitec Ingénieurs-Conseils SA)
- 2001 **Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse von Bestimmungsgrößen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung**  
(RAPP AG Ingenieure + Planer)
- 2001 **Grobkonzept zum Aufbau einer multimodalen Verkehrsdatenbank**  
(INFRAS)
- 2001 **Ermittlung der Gesamtleistungsfähigkeit (MIV + OEV) bei lichtsignalgeregelten Knoten**  
(büro S-ce Simon-consulting-engineering)
- 2001 **Besteuerung von Autos mit einem Bonus/Malus-System im Kanton Tessin**  
(U. Schwegler Büro für Verkehrsplanung)
- 2001 **GIS als Hilfsmittel in der Verkehrsplanung**  
(büro widmer)
- 2001 **Umgestaltung von Strassen im Zuge von Erneuerungen**  
(Infraconsult AG + Zeltner + Maurer AG)
- 2001 **Piloterhebung zum Dienstleistungsverkehr und zum Gütertransport mit Personenwagen**  
(Prognos AG, Emch+Berger AG, IVU Traffic Technologies AG)
- 2002 **Parkplatzbewirtschaftung bei publikumsintensiven Einrichtungen - Auswirkungsanalyse**  
(Metron AG, Neosys AG, Hochschule Rapperswil)
- 2002 **Probleme bei der Einführung und Durchsetzung der im Transportwesen geltenden Umweltschutzbestimmungen; unter besonderer Berücksichtigung des Vollzugs beim Strassenverkehrslärm**  
(B+S Ingenieur AG)
- 2002 **Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung**  
(Berz Hafner + Partner AG)
- 2002 **Warum steht P. Müller lieber im Stau als im Tram?**  
(Planungsbüro Jürg Dietiker / MOVE RAUM P. Regli / Landert Farago Davatz & Partner / Dr. A. Zeyer)
- 2002 **Nachhaltigkeit im Verkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2002 **Massnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz längerer Fuss- und Velostrecken**  
(Arbeitsgemeinschaft Büro für Mobilität / V. Häberli / A. Blumenstein / M. Wälti)
- 2002 **Carreivekehr: Grundlagen und Perspektiven**  
(B+S Ingenieur AG / Gare Routière de Genève)
- 2002 **Potentielle Gefahrenstellen**  
(Basler & Hofmann / Psychologisches Institut der Universität Zürich)
- 2003 **Evaluation kurzfristiger Benzinpreiserhöhungen**  
(Infras / M. Peter / N. Schmidt / M. Maibach)
- 2002 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Vorstudie**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2002 **Mischverkehr MIV / ÖV auf stark befahrenen Strassen**  
(Verkehrsingenieurbüro TEAMverkehr)
- 2003 **Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen**  
(Abay & Meier, Zürich)
- 2003 **Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer**  
(WAM Partner, Planer und Ingenieure, Solothurn)
- 2003 **Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben**  
(Metron Landschaft AG, Brugg / Quadra GmbH, Zürich / Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2004 **Perspektiven für kurze Autos**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon)
- 2004 **Lange Planungsprozesse im Verkehr**  
(BINARIO TRE, Windisch)
- 2004 **Auswirkungen von Personal Travel Assistance (PTA) auf das Verkehrsverhalten**  
(Ernst Basler und Partner AG, Zürich)
- 2004 **Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT / Rapp Trans AG, Zürich)
- 2004 **Determinanten des Freizeitverkehrs: Modellierung und empirische Befunde**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Verfahren von Technology Assessment im Verkehrswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IKAÖ, Bern / Interface, Luzern)
- 2004 **Mobilitätsdatenmanagement für lokale Bedürfnisse**  
(SNZ, Zürich / TEAMverkehr, Cham / Büro für Verkehrsplanung, Fischingen)
- 2004 **Auswirkungen neuer Arbeitsformen auf den Verkehr - Vorstudie**  
(INFRAS, Bern)
- 2004 **Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr**  
(synergo, Zürich / ILS NRW, Dortmund)
- 2005 **Verkehrsumlegungs-Modelle für stark belastete Strassennetze**  
(büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**  
(B+S Ingenieure AG, Bern / Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2005 **Spezialisierung und Vernetzung: Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitanräumen des Städtesystems Schweiz**  
(synergo, Zürich)
- 2005 **Wirkungsketten Verkehr - Wirtschaft**  
(ECOPLAN, Altdorf und Bern / büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Cleaner Drive**  
**Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen**  
(E'mobile, der Schweizerische Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge, Urs Schwegler)
- 2005 **Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Dr. Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen**  
(Jenni + Gottardi AG, Zürich / Universität Karlsruhe)
- 2005 **Trafic de support logistique de grandes manifestations (Betriebsverkehr von Grossanlässen)**  
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL)
- 2005 **Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsgrundsätze**  
(Ingenieurbüro Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr**  
(Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2005 **Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2005 **Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge - Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich**  
(Rapp Trans AG, Zürich / Interface, Luzern)
- 2006 **Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin**  
(Università della Svizzera Italiana, Lugano / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2006 **Nachhaltigkeit im Verkehr**  
**Indikatoren im Bereich Gesellschaft**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2006 **Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot**  
(Interface - Institut für Politikstudien, Luzern)
- 2006 **Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg / Transitec Ingenieurs-Conseils SA, Lausanne / Fussverkehr Schweiz, Zürich)
- 2006 **Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs**  
(IRAP, Hochschule für Technik, Rapperswil / Fussverkehr Schweiz, Zürich / Pestalozzi & Stäheli, Basel / Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich)
- 2006 **Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts**  
(S-ce Simon consulting experts, Zürich)
- 2006 **Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2006 **Error Propagation in Macro Transport Models**  
(Systems Consult, Monaco / B+S Ingenieur AG, Bern)
- 2007 **Fussgängerstreifenlose Ortszentren**  
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Winterthur / IAP, Zürich)
- 2007 **Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken**  
(Frossard GmbH, Zürich)
- 2007 **Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen**  
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Basel)
- 2007 **Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschaftswachstum**  
(INFRAS, Zürich / Università della Svizzera Italiana, Lugano)
- 2007 **Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie**  
(SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich)
- 2007 **Konfliktanalyse beim Mischverkehr**  
(SigmaPlan AG, Bern)
- 2007 **Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2007 **Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr**  
(Büro für Mobilität AG, Bern/Burgdorf / büro für utopien, Burgdorf/Berlin / LP Ingenieure AG, Bern / Masciardi communication & design AG, Bern)
- 2008 **Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH, Zürich / TRANSP-OR EPF Lausanne, Lausanne / IRE USI, Lugano)
- 2008 **Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten**  
(Metron AG, Brugg / Universität Zürich Sozialforschungsstelle, Zürich)
- 2008 **Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen**  
(IRAP HSR Hochschule für Technik, Rapperswil)
- 2008 **Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen**  
(Hesse+Schwarze+Partner, Zürich / büro widmer, Frauenfeld)
- 2008 **Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung**  
(Verkehrsconsulting Fröhlich, Zürich / TransOptima GmbH, Olten / Ernst Basler + Partner AG, Zürich)
- 2008 **Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 2008 **Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets"**  
(Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich - ETH / Università della Svizzera Italiana / Universität St. Gallen)
- 2008 **Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**  
(Hochschule Luzern - Wirtschaft, Luzern / ISOE, Frankfurt am Main / Interface Politikstudien, Luzern)
- 2008 **Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs**  
(SigmaPlan AG / Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG)
- 2009 **Modal Split Funktionen im Güterverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IVT ETH, Zürich)
- 2009 **Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030?**  
(büro widmer Frauenfeld / Institut für Psychologie, Universität Bern)
- 2008 **Mobilitätsmanagement in Berieben - Motive und Wirksamkeit**  
(synergo, Zürich / Tensor Consulting AG, Bern)
- 2009 **Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen**  
(Ecoplan, Altdorf und Bern / Ernst Basler + Partner, Zürich)
- 2009 **Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen**  
(Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften zhaw, Winterthur / Jenni + Gottardi AG, Thalwil)
- 2009 **Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)**  
(Berz Hafner + Partner AG, Bern / Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien, Bern / Künzler Bossert + Partner GmbH, Bern / Roduner BSB + Partner AG, Schliern)
- 2009 **Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung**  
(synergo, Mobilität - Politik - Raum, Zürich / Institut für Politikwissenschaft/Uni Bern, Bern / Büro Vatter, Bern / Büro für Mobilität AG, Bern)
- 2009 **Einsatz von Simulationenwerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung**  
(Rapp Trans AG, Zürich / ZHAW, Wädenswil, IAS Institut für Angewandte Simulation)
- 2009 **Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2010 **Optimierung der Stassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich)

*\* vergriffen: Diese Exemplare können auf Wunsch nachkopiert werden*  
*\*épuisé: Selon désir, ces rapports peuvent être copiés*

Die Berichte können bezogen werden bei / Les rapports peuvent être commandés au:  
**VSS, Sihlquai 255, 8005 Zürich,**  
**Tel. 044 / 269 40 20, Fax. 044 / 252 31 30, info@vss.ch**