



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

Bemessungsverkehrsstärken: Ein neuer Ansatz

**Débit de circulation de dimensionnement: Une nouvelle
approche**

Traffic Volume on Design Level: A new Approach

**Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT
ETH Zürich
Kay W. Axhausen
Boris Jäggi
Christoph Dobler**

**Forschungsprojekt VSS 2011/103 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS)**

Juli 2015

1517

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



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

Bemessungsverkehrsstärken: Ein neuer Ansatz

**Débit de circulation de dimensionnement: Une nouvelle
approche**

Traffic Volume on Design Level: A new Approach

**Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT
ETH Zürich
Kay W. Axhausen
Boris Jäggi
Christoph Dobler**

**Forschungsprojekt VSS 2011/103 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Kay W. Axhausen

Mitglieder

Boris Jäggi

Christoph Dobler

Begleitkommission

Präsident

Jost Lüking

Mitglieder

Jörg Häberli

Andreas Roduner

Alexander Unseld

Christoph Lieb

Daniel Baumann

Frank Bruns

Ruedi Ott

Paul Widmer

Dieter Egger

Antragsteller

Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einführung	13
2 Methode IVT	15
2.1 Zusammenbruchwahrscheinlichkeit	15
2.2 Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch	16
2.3 Geschwindigkeit während Zusammenbruch	16
2.4 Dauer des Zusammenbruchs	16
2.5 Erwartete Geschwindigkeit	17
2.6 Geplante Geschwindigkeit	17
2.7 Generalisierte Kosten (monetär)	17
2.8 Generalisierte Kosten (zeitbasiert)	19
2.9 Daten Grundlagen	19
3 Das Excel Programm	21
3.1 Bedienungsanleitung	21
3.1.1 Eingaben & Ergebnisse	21
3.1.2 Messwerte Gesamtverkehr	22
3.1.3 Messwerte Schwerverkehr	23
3.1.4 Ganglinien	23
3.1.5 Berechnungen	23
3.1.6 Übrige Tabellenblätter	23
3.2 Resultate	23
3.2.1 Resultate aus dem Ganglinien Tool	23
3.2.2 Interpretation der Resultate	24
4 Methode LfV	25
4.1 Verkehrsbelastung	25
4.2 Kapazität	25
4.3 Stauzeitenberechnung	26
5 Vergleich der Methoden IVT und LfV	27
5.1 Ganglinien der Schweizer Norm	28
5.1.1 Wochenganglinie 1	29
5.1.2 Wochenganglinie 2	30
5.1.3 Wochenganglinie 3	31
5.1.4 Wochenganglinie 4	32
5.1.5 Wochenganglinie 5	33
5.1.6 Wochenganglinie 6	34
5.1.7 Wochenganglinie 7	35
5.2 Ganglinien nach Pinkofsky	35
5.2.1 Tagesganglinie A, Wochenganglinie A, Jahresganglinie A	37
5.2.2 Tagesganglinie B, Wochenganglinie B, Jahresganglinie B	37
5.2.3 Tagesganglinie C, Wochenganglinie C, Jahresganglinie C	38
5.2.4 Tagesganglinie D, Wochenganglinie D, Jahresganglinie D	38
5.2.5 Tagesganglinie E, Wochenganglinie E, Jahresganglinie E	39
5.2.6 Tagesganglinie F, Wochenganglinie F, Jahresganglinie F	39
5.3 Negative Kosten	40

6	Angewandte Beispiele im Vergleich	41
6.1	Beispiel Bern Ost	41
6.2	Beispiel St. Gallen.....	43
6.3	Beispiel Nord Süd Achse	44
7	Schlussfolgerungen	47
	Anhänge.....	49
	Literaturverzeichnis.....	77
	Projektabschluss	78
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....	81

Zusammenfassung

Dieser vorliegende Bericht umfasst die Einführung und Erläuterung eines probabilistischen Bewertungsverfahrens (Methode IVT) zusammen mit der dazu entwickelten Software in Form eines Excel Programmes sowie einen Vergleich der vorgestellten Methode mit einer in Deutschland entwickelten Methode mit demselben Ziel, der Berechnung von generalisierten Kosten in Form von Stautunden. Die beiden Methoden stellen eine Weiterentwicklung der bestehenden Bemessungsmethoden dar und beinhalten eine Berechnung der Verlustzeiten über das ganze Jahr basierend auf einer stündlichen Ganglinie.

Die Methode IVT wurde am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich entwickelt und basiert auf einer probabilistischen Berechnung der Zusammenbruchwahrscheinlichkeit und der daraus entstehenden Reisezeitverlängerung, Verfrühungen und Verspätungen. Die Methode LfV wurde am Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum entwickelt und basiert auf einem Warteschlangensystem. Beide Methoden werden im Bericht vorgestellt und miteinander verglichen, in dem sie auf die Schweizerischen Norm Ganglinien und die typisierten Ganglinien nach Pinkofsky angewendet wurden. Bei kleinen Belastungen ergibt die Methode IVT realistischere Zeitverluste, bei sehr grossen Belastungen sind die Zeitverluste der Methode LfV grösser. Bei mittleren Belastungen sind die berechneten Zeitverluste ähnlich. Der typische Verlauf der Methoden ist bei allen Ganglinien ähnlich. Je schmaler die Tagesspitze, desto ähnlicher die Zeitverluste beider Methode. Eine Anwendung an Beispielen des Schweizer Autobahnnetzes zeigt auf, dass je nach Situation die eine oder die andere Methode geeigneter ist. Generell empfehlen wir jedoch die Methode IVT für Anwendungen in der Schweiz.

Résumé

Ce document introduit une méthode probabiliste (la méthode IVT) pour le calcul et l'évaluation du coût généralisé des variations du temps de trajet, ainsi qu'un outil informatique développé à cette fin. L'outil informatique prend la forme d'une fiche de calcul Excel. Cette méthode est comparée avec une autre, proposée en Allemagne pour le même but. Les deux méthodes sont des améliorations de l'état de l'art, et permettent le calcul des variations du temps de trajet pour l'année entière, en se basant sur des données de demande par heure au long de l'année.

La méthode IVT a été développée par l'Institut pour la Planification du Trafic et des Systèmes de Transport de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, et se base sur un calcul de la probabilité de rupture du système de transport, et des ralentissements, retards et arrivées en avance en résultant. La méthode allemande LfV a été développée par le Lehrstuhl für Verkehrswesen de la Ruhr-Universität Bochum et est basé sur un modèle de file d'attente. Le présent document propose une présentation, une explication et une comparaison de ces deux méthodes, utilisant des données de demande Suisses et Allemandes. Dans le cas d'une faible demande, l'approche IVT produit des variations du temps de trajet plus réalistes, alors que l'approche LfV résulte en des estimations plus élevées pour les hauts niveaux de demande. Pour les niveaux de demande intermédiaires, les résultats des deux approches sont similaires. La tendance pour les variations du temps de trajet en fonction du volume de trafic est similaire pour les deux modèles, et ce pour les différents profils de demande. Les résultats des deux méthodes sont plus similaires pour les profils avec un pic journalier prononcé.

Le rapport contient aussi des exemples d'applications des deux méthodes dans le réseau autoroutier Suisse. Les deux approches semblent applicables dans ce cas, dépendant de la situation. De façon générale, nous recommandons la méthode IVT pour les applications suisses.

Summary

This report contains the introduction of a probabilistic approach (IVT Approach) for the computation and assessment of travel time losses together with a software program that was developed for that purpose. The software program is implemented in an Excel Sheet. The approach is compared with a different approach from Germany of the same purpose, the estimation of travel time losses in the form of generalized costs. Both approaches are enhancements of standard processes and compute travel time losses for a whole year, based on an hourly yearlong demand profile.

The IVT approach was developed at the Institute of Transport Planning and Systems at the Swiss Federal Institute of Technology in Zürich and is based on a probabilistic computation of the breakdown probability and the following delays, early delays and late delays. The LfV Approach from Germany was developed at the Lehrstuhl für Verkehrswesen of the Ruhr-Universität Bochum and is based on a queueing model. Both methodologies are presented and explained in this report as well as compared, using demand profiles from Switzerland and Germany. In the case of low volumes of travel demand, the IVT approach computes more realistic travel time losses and the LfV approach gives higher estimates for very high demand volumes. For medium volumes the results of the two approaches are similar. The typical trendline of the travel time losses as a function of traffic volume are similar for all the different demand profile. Profiles with a more pronounced day peak are more similar than flatter ones.

The report also contains examples of application of the two approaches in the Swiss Freeway network that shows that both of the approaches can be suitable, depending on the situation. Over all, we recommend the IVT approach for application in Switzerland.

1 Einführung

Im Projekt Bemessungsverkehrsstärken oder Ganglinien Tool wurde ein neues Hilfsmittel zur Bemessung und Bewertung von Hochleistungsstrassen erstellt. Das Hilfsmittel basiert auf der Methode von Bernard (2008), welche am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich entwickelt wurde und deshalb im Folgenden Methode IVT genannt wird. Dieses Hilfsmittel besteht aus einem Excel-Programm, welches es einem Planer oder einer Planerin erlaubt, die in Bernard (2008) entwickelte Methode mit wenig Zeitaufwand richtig anzuwenden. Die Methode berücksichtigt bei der Analyse eines Autobahnabschnitts die Belastung und Verteilung (Ganglinie) übers ganze Jahr, die durch die Belastung entstehenden Verzögerungen und Zusammenbruchwahrscheinlichkeiten und die durch die Zusammenbrüche entstehenden Verfrühungen und Verspätungen. Die Methode macht eine Bewertung eines Autobahnabschnittes bei gegebener Belastung, indem sie die gesellschaftlichen (=über alle Benutzer aufsummiert) generalisierten (=Zeit-) Kosten berechnet, die dann bei der Bemessung berücksichtigt werden können.

Die Vorgehensweise des in diesem Bericht vorgestellte Hilfsmittels kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Aus Verkehrszählungen oder Verkehrsmodellen wird die gemäss SN 640 005b entsprechenden Jahres und Wochenganglinie ermittelt.
- Die Norm-Ganglinie dient als Basis zur Berechnung der gesellschaftlichen generalisierten Kosten pro km Autobahnabschnitt.
- Das Resultat der Bewertung wird in CHF und Reisetunden angegeben

Im Bericht wird im zweiten Kapitel die Bewertungsmethode erklärt, dann wird im dritten die Software (Excel-Programm) erläutert. Im vierten Kapitel werden die Resultate diskutiert um die Interpretation zu vereinfachen. Im 5. Kapitel wird eine an der Ruhr-Universität in Bochum entwickelte Methode mit demselben Ziel der Berechnung von Stautunden vorgestellt und im 6. Kapitel werden die zwei Methoden an Hand von Schweizerischen und Deutschen Norm-Ganglinien verglichen. Im 7. Kapitel werden die beiden Methoden an drei aktuellen Beispielen, die Ausbauprojekte Bern-Ost und St. Gallen sowie der Schweizerischen Nord-Süd Achse, angewandt und die Resultate verglichen. Der Bericht schliesst mit einem Ausblick und der Bewertung der bisherigen Ergebnisse. Im Anhang des Berichts gibt es ein Glossar in welchem die gebrauchten Begriffe definiert sind.

Um die hier vorgestellte Methode für eine Bemessung anzuwenden, können die ermittelten generalisierten Kosten in eine umfassende Kosten-Nutzen-Analyse eingebunden werden. Die Methode kann auch verwendet werden um in einem vereinfachten Verfahren die Anzahl Fahrspuren zu dimensionieren. Dazu müssen für die verschiedenen Ausbaustandards des betrachteten Autobahnabschnitts (2,3,4 oder mehr Spuren pro Richtung) die generalisierten Kosten berechnet werden. Die Differenz der generalisierten Kosten zwischen den Ausbaustandards entspricht einem volkswirtschaftlichen Nutzen (höhere Kapazität heisst weniger Verzögerung und somit geringere generalisierte Kosten) welche diskontiert mit den Investitionskosten verglichen werden. Das Resultat der Dimensionierung ist der Ausbaustandard bei welchem der Nutzen aus der Differenz der generalisierten Kosten grösser ist als die zusätzlichen Investitionskosten.

2 Methode IVT

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Methodik zur Bewertung von Hochleistungsstrassen, wie sie von Bernard (2008) entwickelt wurde.

2.1 Zusammenbruchwahrscheinlichkeit

Die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit P_b ist abhängig von der 60-minütigen Sättigungsrate r_{60} . Die exakte Zusammenbruchwahrscheinlichkeit wird berechnet als die kumulative Wahrscheinlichkeit einer Normalverteilung in der Form

$$P_b(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\beta} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

wobei β definiert ist als das Verhältnis von Mittelwert über Standardabweichung der Reservekapazität, oder $\beta = \mu_R / \sigma_R$.

Mittelwert μ_R und Standardabweichung σ_R sind definiert als:

$$\mu_R = f_c - r_{60}$$

$$\sigma_R = \sqrt{f_s^2 + sd(r_{60})^2}$$

Die Standardabweichung der Sättigungsrate sd ist im Excel Programm im Tabellenblatt „Tabelle 10“ dargestellt und entspricht der Abbildung 1.

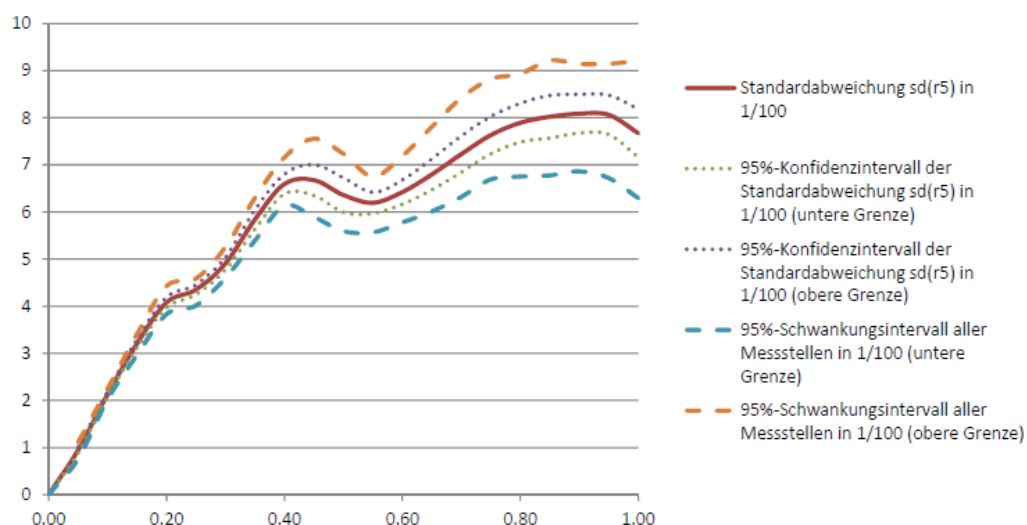


Abb. 1 Standardabweichung der Sättigungsrate sd in Abhängigkeit der Sättigungsrate r_{60} .

Die Parameter für f_c und f_s sind abhängig vom Schwerverkehrsanteil und in Tabelle 1 gegeben.

Tab. 1 Parameter zu den Gleichungen zu Mittelwert und Standardabweichung der Reservekapazität

Schwerverkehrsanteil	f_c	f_s
0 – 5%	1.3305	0.1991
5 – 15%	1.28805	0.1805
15-25%	1.2004	0.1658

2.2 Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch

Die Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch v_m entspricht nicht der Projektierungsgeschwindigkeit v_0 sondern ist abhängig von der Belastung und somit von der Sättigungsrate r_{60} .

Die Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch v_m berechnet sich mit der Formel

$$v_m = \frac{v_{Freeflow}}{1 + \alpha \cdot r_{60}^\beta}$$

wobei die Parameter zur Formel für die Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch der Tabelle 2 entnommen werden können.

Tab. 2 Parameter zur Gleichung zur Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch

	$V_0 = 80 \text{ km/h}$		$V_0 = 100 \text{ km/h}$		$V_0 = 120 \text{ km/h}$	
	mIV	SV	mIV	SV	mIV	SV
α	0.546	0.353	0.37	0.236	0.194	0.119
β	5.968	7.432	4.656	4.566	3.344	1.7
$v_{Freeflow}$	73.6	72.8	94.4	84.6	115.2	96.4

2.3 Geschwindigkeit während Zusammenbruch

Während eines Zusammenbruchs verringert sich die Geschwindigkeit noch mehr gegenüber der Geschwindigkeit ohne Zusammenbruch, und zwar um den Belastungsabhängigen Faktor f_{mb} .

Die Zusammenbruchgeschwindigkeit v_b ist also $v_b = f_{mb} \cdot v_m$. Der Faktor f_{mb} berechnet sich zu:

$$f_{mb} = c + \delta \cdot r_{60} + \frac{\gamma}{1 + e^{\alpha - \beta \cdot r_{60}}} \cdot$$

wobei die Parameter zur Formel für den Faktor f_{mb} der Tabelle 3 entnommen werden können.

Tab. 3 Parameter zur Gleichung von f_{mb}

	$V_0 = 80/100 \text{ km/h}$		$V_0 = 120 \text{ km/h}$	
	mIV	SV	mIV	SV
α	-31.38	-4.128	3.638	3.055
β	-83.61	-18.79	9.223	7.901
γ	0.457	0.388	-0.511	-0.596
δ	0.432	0.321	0.415	0.425
C	0.126	0.285	0.63	0.762

2.4 Dauer des Zusammenbruchs

Die Dauer des Zusammenbruchs t_b berechnet sich zu:

$$t_b = c + \frac{\gamma}{1 + e^{\alpha - \beta \cdot r_{60}}}$$

wobei die Parameter zur Formel für die Dauer des Zusammenbruchs der Tabelle 4 entnommen werden können.

Tab. 4 Parameter zur Gleichung von t_b		
	$V_0 = 80/100 \text{ km/h}$	$V_0 = 120 \text{ km/h}$
A	17.95	12.39
B	45.37	34.16
Γ	0.901	0.34
C	0.165	0.369

2.5 Erwartete Geschwindigkeit

Die erwartete Geschwindigkeit V_{Erw} setzt sich aus der Geschwindigkeit mit und ohne Zusammenbruch zusammen, jeweils gewichtet nach der entsprechenden Dauer:

$$V_{Erw} = \frac{\Delta t + P_b \cdot t_b \cdot f_{mb}}{\Delta t + P_b \cdot t_b} \cdot v_m$$

Δt bezeichnet den Zeitabschnitt über welchen die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit geschätzt wird. In dem in diesem Bericht vorgestellten Excel-Programm ist $\Delta t = 1$, da die Berechnung jeweils für jede Stunde gemacht wird.

2.6 Geplante Geschwindigkeit

In der geplanten Geschwindigkeit v_p ist die Zahlungsbereitschaft mit einbezogen. v_p ist die Geschwindigkeit für welche die Methode davon ausgeht, dass sie im Mittel von den Reisenden als realistische Geschwindigkeit für diesen Abschnitt in dieser Situation angenommen wird.

$$V_p = \frac{k_{früh} + k_{spät} \cdot P_b \cdot t_b \cdot f_{mb}}{k_{früh} + k_{spät} P_b \cdot t_b} \cdot v_m$$

wobei $k_{früh}$ und $k_{spät}$ die Zeitkostenwerte für Verfrühungen und Verspätungen in CHF/Pers-h sind, basierend auf SN 641 825.

2.7 Generalisierte Kosten (monetär)

Die generalisierten Kosten pro Person pro Stunde pro km Autobahnabschnitt $K_{p,h,km}$ berechnen sich aus der erwarteten Geschwindigkeit V_{Erw} , einem Anteil aus der Verfrühung (Differenz von geplanter und mittlerer Geschwindigkeit) und einem Anteil aus Verspätung (Differenz aus Zusammenbruch- und geplanter Geschwindigkeit).

$$K_{p,h,km} = k_E \frac{1}{V_{Erw}} + \frac{\Delta t}{\Delta t + P_b \cdot t_b} \cdot k_{früh} \cdot \left(\frac{1}{v_p} - \frac{1}{v_m} \right) + \frac{P_b \cdot t_b}{\Delta t + P_b \cdot t_b} \cdot k_{spät} \cdot \left(\frac{1}{f_{mb} \cdot v_m} - \frac{1}{v_p} \right)$$

wobei Δt die Intervalllänge für die Schätzung der Zusammenbruchwahrscheinlichkeit ist, die in unserem Fall 1/12 beträgt. $K_{p,h,km}$ wird für jede Stunde separat berechnet, mit der jeweiligen Belastung multipliziert und anschliessend über alle 8760 Stunden im Jahr aufsummiert. Für den motorisierten Individualverkehr ergibt das:

$$K_{tot,a,MIV,km} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{60,h} (1 - SV_h) \cdot r_0 \cdot K_{p,h,km}$$

mit r_0 als dem Besetzungsgrad (Anzahl Menschen pro Fahrzeug) und SV_h dem Schwerverkehrsanteil.

Für den Schwerverkehr ist es:

$$K_{tot,a,SV,km} = \sum_{h=1}^{8760} Q_{60,h} \cdot SV_h \cdot K_{SV,h,km}$$

wobei $K_{SV,h,km}$ den generalisierten Kosten für Schwerverkehrsfahrzeugen entspricht. $K_{SV,h,km}$ wird analog zu $K_{p,h,km}$ berechnet, wobei die dem Schwerverkehr entsprechenden Kostenansätze benutzt werden.

Die Zeitkostenansätze und Gewichtungen, welche für alle in diesem Bericht erwähnten Berechnungen angenommen wurden sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tab. 5 Zeitkostensätze und Gewichtungen verwendet bei Analyse

	Zeitkostensatz mIV	Gewichtung mIV	Zeitkostensatz SV	Gewichtung SV
	CHF/Person-h	-	CHF/Fahrzeug-h	-
k_E	19.74	2	53.72	2.25
$k_{früh}$	9.87	1	23.86	1.00
$k_{spät}$	29.61	3	80.58	3.38

Quellen: k_E (MIV): SN 641 822, Gewichtung MIV: SN 641 825, k_E (SV) und Gewichtung SV: Bernard (2008).

Die in Tabelle 5 aufgeführten Zeitkostensätze und Gewichte, welche für die Berechnungen und Vergleiche der Methoden verwendet wurden, entsprechen zum Zeitpunkt des Projektabschlusses nicht mehr dem aktuellsten Stand. Gemäss neuester Forschung zum Thema Verlässlichkeit (Fröhlich 2014) wird die Verfrühung als weniger unangenehm empfunden als bisher angenommen. Diese Studie ermittelte Gewichtungen für den Personenverkehr von mit 25% des Wertes für Reisezeit für die Verfrühung und 162.5% für die Verspätung.

Da für Gewichtungen für die Zuverlässigkeit des Schwerverkehrs keine aktuellen Studien aus der Schweiz existieren, müssen hier pragmatische Werte angenommen werden. Die einfachste Annahme ohne zusätzliches Wissen wäre die Annahme von mindestens den gleichen Kosten für Verspätung wie für Reisezeit (Gewichtung von 1) sowie keine Kosten für Verfrühung, also einer Gewichtung von $k_E : k_{früh} : k_{spät}$ zu 1:0:1. Diese Gewichtung funktioniert in der Berechnung der Verlässlichkeit nicht, da mit einer Gewichtung von 0 für Verfrühungen, der Anteil an Verfrühung bei der geplanten Geschwindigkeit maximiert wird bis keine Verspätungen mehr entstehen können. Die Formel für v_p in Abschnitt 2.6 zeigt, dass bei einem Wert von 0 für $k_{früh}$, die geplante Geschwindigkeit v_p zu $v_m \cdot f_{mb}$ kollabiert, was dann in der Formel für die generalisierten Kosten in Abschnitt 2.7 auch den Anteil aus Verspätung eliminiert.

Studien aus Deutschland haben zudem ergeben, dass für den Güterverkehr die Verspätung ein z.T. erheblicher, zusätzlicher Kostenfaktor ist, der über die reine Fahrzeit hinausgeht. Siehe dazu BVU und Infratest (2014). Um einen realistischen Wert anzunehmen welcher sich auf empirischen Daten begründen lässt, wurde das Verhältnis zwischen den Zuverlässigkeits-Zeitwerten für Personenverkehr und Güterverkehr aus den Niederlanden (Bates 2012) im Analogieschluss auf die Schweiz angewendet. In Bates (2012) ist das Verhältnis zwischen dem Reliability Ratio RR (Wert der Standardabweichung über Zeitwert) im Personenverkehr und dem Reliability Ratio im Güterverkehr $RR_{MIV} : RR_{SV} = 1 : 0.58$. Das bedeutet, dass die Zuverlässigkeit im Schwerverkehr etwas mehr als halb so stark gewichtet wird ist wie im Personenverkehr. Auf die Schweiz angewendet ergibt das einen Wert für die Verspätung von 1.36 für den Schwerverkehr. Der pragmatischste Ansatz in Anbetracht der oben beschriebenen

Probleme mit dem minimalen Ansatz ist die Gewichtungen der Verfrühung aus Personenverkehr auch für den Schwerverkehr zu übernehmen und die Gewichtung der Verspätung gemäss der oben beschriebenen Analogie abzuleiten, bis neuere Forschungsergebnisse vorliegen

Tabelle 6 zeigt Beispiele für die Zeitkostenansätze für das Jahr 2007 und die Gewichtungen wie sie für die neue Norm für die Verlässlichkeit vorgeschlagen werden.

Tab. 6 Zeitkostensätze und Gewichtungen Normvorschlag

	Zeitkostensatz mIV	Gewichtung mIV	Zeitkostensatz SV	Gewichtung SV
	CHF/Person-h (2007)	-	CHF/Fahrzeug-h (2007)	-
k_E	23.3	1.000	62.8	1.000
$k_{früh}$	5.8	0.250	15.7	0.250
$k_{spät}$	37.8	1.625	85.4	1.360

Quellen: k_E (MIV): SN 641 822a, Gewichtung MIV: SN 641 825a, k_E (SV): SN 641 827, Gewichtung SV: eigene Annahme (vgl. Text).

2.8 Generalisierte Kosten (zeitbasiert)

Um die generalisierten Kosten als Reisestunden zu erhalten wird in den oben beschriebenen Gleichungen anstatt den Zeitkostenansätzen $k_{früh}$, $k_{spät}$ und k_E nur die entsprechenden Gewichtungen gemäss Tabelle 6 eingesetzt.

2.9 Daten Grundlagen

Als Grundlage für die oben beschriebene Methode dient eine stundenfeine Jahresganglinie. Die Schweizer Norm SN 640 005b gibt 7 wöchentliche (168 Stunden) und 5 jährliche (12 Monate) Nachfrageprofile vor, mit welchen die gewünschte Ganglinie erstellt werden kann. Das für die Methode IVT erstellte Hilfsmittel hat das in der Norm SN 640 005b beschriebene Verfahren zur Bestimmung der massgebenden Ganglinie integriert und ordnet eingegebene Messwerte dem wöchentlichen Profil zu, welches am besten übereinstimmt. Das jährliche Profil wird vom Planer oder der Planerin selbst gewählt. Die Verkehrsmenge ergibt sich auch aus den Messwerten. Die so erhaltene Ganglinie wird als Grundlage für die Berechnung der gesellschaftlichen generalisierten Kosten verwendet.

3 Das Excel Programm

Die in diesem Projekt hergestellte Software besteht aus einer einzigen Excel-Datei, welche das gesamte Programm beinhaltet.

Diese Excel-Datei kann zur Benutzung in der Praxis von der Mobility-Plattform des VSS (www.mobilityplatform.ch) unter dem Link http://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/documents/21559_Anwendung_SN641825a_Zu_verlaessigkeit_2.xlsx heruntergeladen werden.

Die Excel-Datei besteht aus verschiedenen Tabellen, welche miteinander verknüpft sind. In diesem Kapitel werden alle Tabellen und ihre Wirkungsweisen beschrieben und eine Anleitung zum Gebrauch des Programms gegeben. Für die Benutzenden in der Praxis sind nur die ersten drei Tabellen des Programms von Bedeutung. In diesen Tabellen werden die Eingabedaten eingegeben und die Resultate entnommen.

Diese Tabellen heissen:

- Eingaben & Ergebnisse
- Messwerte Gesamtverkehr
- Messwerte Schwerverkehr

3.1 Bedienungsanleitung

3.1.1 Eingaben & Ergebnisse

Dieses Tabellenblatt umfasst ein Feld für Eingaben und Resultate und vier Diagramme, auf welchen die entsprechenden Ganglinien dargestellt werden. Das Feld für Eingaben und Resultate ist in sechs Blöcke aufgeteilt. Die oberen vier Teile, übertitelt mit „Zeitwerte“, „Kennzahlen“, „Gesamtverkehr“ und „Schwerverkehr“ zeigen Eingaben und Werte, die zur Methode zur Ermittlung der Normganglinie wie in SN 640 005b (VSS, 2010) und zur Berechnung der generalisierten Kosten wie in SN 641 825a (VSS, in Vorbereitung) beschrieben, gehören. Diese vier Teile weisen grüne Eingabefelder und graue Ergebnisfelder auf.

Das Feld für die Resultate ist in 2 Spalten aufgeteilt: "Automatisiert" und "Manuell". In der Spalte "Automatisiert" wird die vom Programm als am besten zu den Messwerten passende Wochenganglinie und relative Zeitverschiebung wiedergegeben; in der Spalte "Manuell" können diese beiden Werte vom Anwender selber ausgewählt werden. Das Programm macht für alle Norm-Ganglinien (Gruppen) eine Regression auf die Zählraten, d.h. für jede Gruppe wird eine Ganglinie erstellt, die den Messwerten entspricht. Das Programm wählt dann die Gruppe, welche am besten passt aus und gibt diese in der Spalte "Automatisiert" an. Der Wert $\rho_{g,t,(max)}$ [-1,1] gibt an, wie gut die ermittelte (oder in der Spalte "Manuell" ausgewählte) Wochenganglinie zu den eingetragenen Messwerten passt. Je höher der Wert $\rho_{g,t,(max)}$, desto besser passt die Ganglinie.

Das Programm ermittelt nur die zu den Messwerten gehörige Wochenganglinie und relative Zeitverschiebung! Die Jahresganglinie muss in jedem Fall vom Anwendenden selber ausgewählt werden, daher ist die Jahresganglinie in beiden Spalten grün hinterlegt. Neben dem Feld für die Resultate werden vier Diagramme gezeigt, die vier verschiedene Ganglinien anbieten: Oben links die Jahresganglinie des Gesamtverkehrs, oben rechts die Wochenganglinie des Gesamtverkehrs, unten links die Jahresganglinie des Schwerverkehrs, unten rechts die Wochenganglinie des Schwerverkehrs.

- Wichtig: Angezeigt werden jeweils nur die in der Spalte "Manuell" ausgewählten Ganglinien!

Somit können von den Anwendenden, durch das Auswählen der Ganglinien-Gruppen n der Spalte "Manuell", alle Normganglinien (sowie deren $\rho_{g,t,(max)}$ Wert) auf eine einfache Art geprüft und konsultiert werden.

Die unteren zwei Teile des Feldes für die Resultate zeigen zuerst Ergebnisse für die Kosten-Nutzen-Analyse mit nur den generalisierten Kosten aus Zuverlässigkeit und dann die Ergebnisse für die Bemessungsempfehlung mit den generalisierten Kosten aus Zuverlässigkeit und Reisezeit, beide gemäss der Methode IVT, wie in der Norm SN 641 825a (VSS, in Vorbereitung) beschrieben.

Um eine Bewertung nach der Methode IVT durchzuführen, müssen in einem ersten Schritt die Zeitwerte überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dann muss bestimmt werden ob der Schwerverkehrsanteil statisch (= parallel zum Gesamtverkehr mit einem fixen Anteil) oder eigenständig modelliert werden soll. Um den Schwerverkehr eigenständig zu modellieren, müssen Messwerte bekannt sein auf Grund derer das Programm ein Ganglinie zuweisen kann. In diesem Fall muss im Dropdown Menu unter „statistischer Schwerverkehrsanteil“ nein ausgewählt werden und in der Tabelle „Messwerte Schwerverkehr“ die Messwerte eingegeben werden. Sind für den Schwerverkehr keine Messwerte verfügbar muss unter statischer Schwerverkehrsanteil "ja" ausgewählt werden und der Schwerverkehrsanteil spezifiziert werden. Der höchst mögliche SV-Anteil ist 25%.

Als nächstes muss die Projektierungsgeschwindigkeit v_{max} spezifiziert werden, wobei die Geschwindigkeiten 80 km/h, 100 km/h und 120 km/h möglich sind. Auch muss die Kapazität C_{VSS} eingegeben werden welche sich auf alle Fahrspuren pro Richtung des betrachteten Abschnittes bezieht. Der Besetzungsgrad r_0 zeigt an, wie viele Personen im Durchschnitt in einem Personenwagen sitzen und hat nur auf die absolute Höhe der generalisierten Kosten einen Einfluss, jedoch weder auf die Verteilung noch auf die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit. Der Standardwert von 1.55 entspricht dem Schweizerischen Durchschnitt im Jahr 2005. Für das Jahr 2030 beträgt der Durchschnitt 1.43 gemäss SN 641 822a.

Auch bei einer automatisierten Berechnung muss die Jahresganglinie bestimmt werden. Dazu müssen die verschiedenen Typen (Gruppen A1, A2, B, C, D), auf den entsprechenden Tabellenblätter angeschaut werden und der Planer muss eine Abschätzung machen, welcher Typ am besten zum betrachteten Abschnitt passt. Dazu können allfällige vorhandene Zählraten welche über den Jahresverlauf Aufschluss geben mit den Diagrammen der entsprechenden Typen verglichen werden. In den untersten 2 Teilen, unter Ergebnisse Zuverlässigkeit und Ergebnisse Bemessungsempfehlung werden die Resultate der Methode gezeigt. Angezeigt werden im Teil „Ergebnisse Zuverlässigkeit“ die gesellschaftlichen generalisierten Kosten aus Zuverlässigkeit des Personenverkehrs ($K_{Zuf,a,mIV}$) und des Schwerverkehrs ($K_{Zuf,a,SV}$) in monetären Einheiten. Im Teil Ergebnisse Bemessungsempfehlung werden die gesellschaftlichen generalisierten Kosten aus Zuverlässigkeit und Reisezeit für den Personenverkehr ($K_{tot,a,mIV}$) und für den Schwerverkehr ($K_{tot,a,SV}$) angezeigt. Diese Ergebnisse stellen die eigentlichen Bewertungs- und Bemessungskriterien dar. Alle weiteren Ergebnisse sind unterstützender Natur. So werden auch totalen generalisierten Kosten umgerechnet in Stunden ($Z_{tot,a,mIV}$ und $Z_{tot,a,SV}$) angegeben, die gesamte Anzahl Durchfahrten pro Jahr (Q_{TOT}), sowie die Anteile an der Anzahl Durchfahrten für bei verschiedenen Geschwindigkeits-Levels angegeben. Fahrten₈₀ bedeutet so der Anteil aller Durchfahrten im Jahr welche mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h oder weniger gemacht wurden.

3.1.2 Messwerte Gesamtverkehr

Dieses Tabellenblatt dient zur Eingabe der Messwerte des Gesamtverkehrs. Für jede Messung muss das exakte Datum, die Tagesstunde und die gemessene Verkehrsstärke eingegeben werden. Es können maximal 1000 Messwerte eingegeben werden, jede Zeile entspricht einer einstündigen Messung.

Die Spalte "Wochentag" wird vom Programm aufgrund des Datums ermittelt und dient der Kontrolle der eingegebenen Daten.

Wenn ein Zustand aus einem Verkehrsmodell bewertet werden soll, empfiehlt es sich vorgängig eine Ganglinie selber zu erstellen, welche man dann als Messwert hierhin kopieren kann. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass ein Datum gewählt wird bei dem der Wochentag mit den eigenen Annahmen übereinstimmt. Die dann vom Programm ausgewählte Ganglinie wird in 'Eingaben und Ergebnisse' angezeigt. Mit den drop-down Menüs für Jahresganglinie und Ganglinie der Spalte „manuell“ können die verschiedenen Ganglinien angezeigt und überprüft werden.

3.1.3 Messwerte Schwerverkehr

Dieses Tabellenblatt wird benötigt, um die Messwerte für den Schwerverkehr einzugeben. Für jede Messung muss das exakte Datum, die Tagesstunde und die gemessene Verkehrsstärke eingegeben werden. Es können maximal 1000 Messwerte eingegeben werden, jede Zeile entspricht einer einstündigen Messung. Die Spalte "Wochentag" wird vom Programm aufgrund des Datums ermittelt und dient der Kontrolle der eingegebenen Daten.

3.1.4 Ganglinien

Alle Ganglinien Typen der Norm [SN 640 005b] sind im Excel-Programm dargestellt. Jeder Ganglinientyp wird auf einem separaten Tabellenblatt in Tabellenform und graphisch gezeigt. Die Blätter 'Gruppe1' bis 'Gruppe7' entsprechen den Wochenganglinien für den Gesamtverkehr, 'Gruppe A1' bis 'Gruppe D' sind die Jahresganglinien für den Gesamtverkehr, 'Gruppe S1' bis 'Gruppe S3' sind Wochenganglinien für den Schwerverkehr und 'Gruppe SA' bis 'Gruppe SC' sind die Jahresganglinien für den Schwerverkehr.

3.1.5 Berechnungen

Die Regressionen gemäss Norm sowie die Berechnungen der Zeitkosten werden auf den 6 Tabellenblättern „Berechnungen automatisiert 1“, „Berechnungen automatisiert 2“, „Berechnungen automatisiert 3“, „Berechnungen manuell 1“, „Berechnungen manuell 2“ und „Berechnungen manuell 3“ ausgeführt. Diese Tabellen berechnen die Parameter des Berechnungsverfahrens der Norm, den Wert $p_{g,t,(max)}$ für jede Wochenganglinien-Gruppe, abhängig von der ausgewählten Jahresganglinie, sowie die Zeitkosten des Autobahnabschnittes.

3.1.6 Übrige Tabellenblätter

Zum einen sind die Drop-Down Menüs definiert, zum anderen die Umrechnungsfaktoren zwischen DTV und DWV. Die Tabellen 10, 15, 22, 23, 24 und 26 sowie die Abbildungen 25, 30&31, 34&35 und 38 entsprechen den Tabellen und Abbildungen in der Dissertation von Bernard (2008) mit gleicher Bezeichnung. Für den Anwender oder die Anwenderin in der Praxis haben diese Tabellen keine Bedeutung.

3.2 Resultate

3.2.1 Resultate aus dem Ganglinien Tool

Am Schluss der Berechnungen des Excel-Programms stehen gesellschaftliche generalisierte Kosten. Diese Kosten bestehen nur aus verschiedenen Arten von Zeitkosten die bei der Durchfahrt des betrachteten Autobahnabschnitts entstehen. Dies ist einerseits die Reisezeit, welche benötigt wird den entsprechenden Abschnitt zu durchfahren (Durchfahrtszeit), plus einem Zeitanteil aus Verfrühung und Verspätung. Die Durchfahrtszeit hängt von der Belastung ab und beträgt mindestens die Streckenlänge geteilt durch die freie Geschwindigkeit. Die Zeitkosten werden monetisiert mit unterschiedlichen Zeitkostenansätzen für Durchfahrtszeit, Verfrühung und Verspätung

gemäss SN 641 822 (Reisezeit MIV), SN 641 823 und SN 641 827 (beide für Reisezeit Schwerverkehr) und SN 641 825a (Verfrühung und Verspätung).

3.2.2 Interpretation der Resultate

Die monetarisierten gesellschaftlichen generalisierten Kosten multipliziert mit der Abschnittslänge entsprechen den gesamten Zeitkosten welche auf dem Abschnitt über ein Jahr für alle Durchfahrten entstehen. Die Monetisierung hat den Vorteil, dass diese jährlichen Kosten (oder Einsparungen im Falle eines Ausbaus) direkt mit allfälligen Investitionskosten verglichen werden können. Vergleicht man einen Ist-Zustand mit einem Ausbau-Zustand kann man z.B. bei gleicher Belastung und Ganglinie direkt sehen welche volkswirtschaftlichen Einsparungen mit einem Ausbau einhergehen würden. Man kann auch eine Obergrenze für die Kosten aus Reisezeit und Zuverlässigkeit definieren und mit der Methode die notwendige Kapazität berechnen. Das kann man machen, indem man iterativ versucht mit verschiedenen Kapazitäten die generalisierten Kosten unter ein selbst gesetztes Maximum zu bringen.

Betrachtet man die gesellschaftlichen generalisierten Kosten als Reisestunden, erhält man die gesamte, (nach Verfrühung und Verspätung) gewichtete Zeit die alle Benutzer des Autobahnabschnittes in einem Jahr aufwenden müssen. Das wären dann eine Art generalisierte Reisestunden im Gegensatz zur rein physischen Durchfahrtszeit bei freier Fahrt. Die Reisestunden entsprechen den generalisierten Kosten geteilt durch den Zeitkostenansatz. Für einen Variantenvergleich oder für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit bietet sich an die durchschnittliche Reisezeit pro Durchfahrt zu verwenden. Die durchschnittliche Reisezeit ist intuitiv einfacher einzuordnen und zu verstehen und kann direkt mit der Durchfahrtszeit bei freier Fahrt verglichen werden. So kann ein direkter Massstab für die Verzögerung durch Stop-and-Go und Stau benutzt werden. Hier nähert man sich den Kriterien des HBS, HCM oder entsprechenden Schweizer Norm, siehe SN 640 018a (VSS 2006).

4 Methode LfV

Die zweite Methode die in dieser Arbeit vorgestellt und mit der oben beschriebenen Methode IVT verglichen wird, ist die Methode LfV, benannt nach dem Lehrstuhl für Verkehrswege der Ruhr Universität Bochum. Die Methode basiert auf einem Warteschlangensystem mit stochastischer Kapazitätsberechnung, erstmals beschrieben von Zurlinden (2003). Der betrachtete Abschnitt einer Hochleistungsstrasse wird als Warteschlange (bottleneck) modelliert. Die Annahme ist, dass auf einer Hochleistungsstrasse ein Flaschenhals entsteht, wenn lokal eine Überbelastung entsteht. Dieser Flaschenhals wird mit einem stochastischen Zufluss und einer stochastischen Kapazität modelliert. Weiterentwickelt wurde das Verfahren in (Brilon et al., 2004) und in (Brilon et al., 2007).

In Brilon und Geistefeldt (2007) wurde das Verfahren der Ganglinienmodellierung behandelt und insbesondere der Ansatz zur Nachbildung der zufälligen Streuung der Verkehrsnachfrage als Funktion der Wurzel der mittleren Verkehrsnachfrage entwickelt.

Für die vorliegende Arbeit wurde die Methode mit dem Statistikprogramm R implementiert. Es wurden hierbei jeweils die gleichen Ganglinien als Grundlage verwendet, wie für die Methode IVT.

4.1 Verkehrsbelastung

In einem ersten Schritt wird aus den Wochen- (Schweizer Norm) bzw. Tagesganglinien (Pinkofsky) und den Monats- (Schweizer Norm) bzw. Wochenkoeffizienten (Pinkofsky) eine stündliche Jahresganglinie erzeugt, die den Verkehrsfluss aller 8760 Stunden des Jahres beschreibt. Aus dieser stündlichen Ganglinie wurde eine Ganglinie aus 5-Minutenintervallen erzeugt, mit Hilfe eines sogenannten Trendwerts TW. Der Trendwert ist eine lineare Interpolation der stündlichen Ganglinie. Jeweils an der Grenze zweier Stundenintervalle entspricht der Trendwert dem Mittelwert der beiden Intervalle. In der Mitte des Stundenintervalls wird der Trendwert so gesetzt, dass die Fläche unter dem Trendwert der Fläche unter dem stufenförmigen Graph der stündlichen Ganglinie entspricht. Dazu werden 3 Stützpunkte berechnet und dazwischen linear interpoliert, wie von Brilon und Geistefeldt (2007) beschrieben (siehe ebenda, Kapitel 4.3.3).

Um diesen Trendwert herum bewegt sich stochastisch die zur Berechnung benutzte Verkehrsbelastung. Dazu wird der Wert des 5-Minutenintervalls mit einem zufälligen, normalverteilten Faktor F_{norm} mit einem Mittelwert von 1 und einer Standardabweichung von $4/\sqrt{TW}$ multipliziert. Der Verkehrsfluss im 5 Minuten Intervall Q_{5min} berechnet sich aus:

$$Q_{5min} = TW \cdot \frac{F_{norm}}{12}$$

4.2 Kapazität

In der beschriebenen Methode wird der stochastische Verkehrsfluss in 5-Minutenintervallen einer stochastischen Kapazität gegenübergestellt. Die Kapazität ist Weibullverteilt und die Verteilungsfunktion F_{CAP} berechnet sich mit der Formel:

$$F_{CAP} = 1 - e^{-\left(\frac{Q_{5min}}{b}\right)^a}$$

mit Q_{5min} wie oben angegeben, $a = 15$ (ohne Streckenbeeinflussungsanlage, sonst 18) und $b = 1.275 \cdot C_{HBS}$. C_{HBS} ist die Kapazität nach HBS (HBS 20XX). Mit dem Statistikprogramm R wurde das konkret so implementiert: Für jedes 5-Minutenintervall wird mit der Funktion `rweibull` eine Weibullverteilte Zufallszahl gezogen, mit den

Parametern a als shape und b als scale Parameter. Die gezogene Zahl geteilt durch 12 ergibt die Kapazität CAP_i im entsprechenden Intervall.

Für die Stauzeitenberechnung wurde die Kapazität im Intervall jeweils um 15% reduziert wenn im vorherigen Intervall Stausituation herrscht.

4.3 Stauzeitenberechnung

Die Berechnung der überlastungsbedingten Verlustzeit, hier als Stauzeit bezeichnet, vergleicht in jedem 5-Minutenintervall die Belastung und die Kapazität. Wenn die Belastung grösser ist als die Kapazität, entsteht eine Warteschlange (=Stau), die exakt dem Überschuss an Verkehrsbelastung entspricht. Ist im nächsten Intervall die Belastung wiederum grösser, verlängert sich die Warteschlange um den neuen Überschuss, wenn jedoch die Kapazität grösser ist, wird der Stau um den Kapazitätsüberhang abgebaut. Die Stauzeit entspricht der mittleren Anzahl Fahrzeuge im Stau im Intervall, berechnet als Mittelwert zwischen dem Wert am Anfang und am Ende des Intervalls.

In Formeln ausgedrückt sieht das für die Staulänge so aus:

$$N_i = \max \left\{ \begin{array}{c} Q_{5\min} - CAP_i + N_{i-1} \\ 0 \end{array} \right\}$$

Mit N_i = Staulänge am Ende des Intervalls i , $Q_{5\min}$ = Belastung im Intervall i , CAP_i = Kapazität im Intervall i und N_{i-1} = Staulänge im Intervall $i-1$.

Und für die Stauzeit T_i so:

$$T_i = \frac{1}{2} \cdot (N_i + N_{i-1}) \cdot \Delta t$$

wobei Δt der Länge des Intervalls, 5 Minuten, entspricht.

5 Vergleich der Methoden IVT und LfV

Den beiden betrachteten Methoden liegen, wie in Kapitel 2 und 5 beschrieben, sehr unterschiedliche Berechnungen zu Grunde. Die Unterschiede sind in der Tabelle 6 zusammengefasst. Während in der Methode IVT die Fahrzeit der Benutzer durch den betrachteten Streckenabschnitt und die gegenseitige Behinderung der Verkehrsteilnehmer in Form der mit steigender Belastung sinkenden Durchschnittsgeschwindigkeit berücksichtigt wird, berechnet die Methode LfV nur die bei einem tatsächlichen Verkehrszusammenbruch (Stau) entstehenden Wartezeiten. Daraus ergibt sich, dass die Methode IVT auch bei geringen Belastungen Zeitverluste errechnet, während die Methode LfV bei geringen Belastungen einen Zeitverlust von null berechnet. Dadurch ergibt sich der bei allen Diagrammen zu sehende charakteristische Verlauf der Kurven.

Der andere, gewichtige Unterschied der beim Betrachten der Diagramme stets im Hinterkopf behalten werden sollte, ist das die Methode LfV einen punktuellen Flaschenhals betrachtet, die Methode IVT jedoch einen ausgedehnten Streckenabschnitt und die Zeitverluste somit je nach Abschnittslänge variieren. In den hier betrachteten Diagrammen sind jeweils die Zeitverluste pro Kilometer angegeben.

Tab. 7 Die Methoden im Vergleich

Methode	LfV	IVT
Grundlage	Schweizer Norm Ganglinien Ganglinien nach Pinkovski	Schweizer Norm Ganglinien Ganglinien nach Pinkovski
Intervalle	5 Minuten	1 Stunde
Kapazität	Stochastisch	Stochastisch
Stauzeitberechnung	Deterministisch	Probabilistisch
Geographische Betrachtung	Lokaler Flaschenhals	Relativ zur Streckenlänge
Berücksichtigt:		
Durchfahrtszeit	Nein	Ja
Behinderung durch Verkehr	Nein	Ja
Verfrühungen und Verspätungen	Nein	Ja
Stau	Ja	Ja
Stauübertrag zwischen Intervallen	Ja	Nein

Um die beiden Methoden zu vergleichen, wurden einerseits die Ganglinien der Schweizer Norm SN 640 005b (VSS, 2010) und andererseits die in Deutschland verwendeten, typisierten Ganglinien nach Pinkofsky (2006) durchgerechnet.

Grundlage für alle Rechnungen ist jeweils der durchschnittliche Werktagsverkehr (DWV), aus welchem zuerst die jeweilige Ganglinie und die entstehenden Verlustzeiten errechnet werden. Die Belastung (DWV) wurde mittels einem Faktor variiert (zwischen 0.2 und 2.2) und die von beiden Methoden errechneten Verlustzeiten aufgezeichnet. Zusätzlich dazu ist in den Diagrammen noch der Anteil an Verfrühungen und Verspätungen der Methode IVT vermerkt. Ein Faktor von 2.2 würde eine sehr hohe Belastung des Strassenabschnittes darstellen, was in der Realität so nicht zu erwarten ist. Für den Vergleich der Methoden wurden jedoch so hohe Belastungen gewählt um den generellen Verlauf und die Besonderheiten der Methoden herauszufinden und beurteilen zu können.

5.1 Ganglinien der Schweizer Norm

Um das Verhalten der Methoden IVT und LfV zu vergleichen, wurden alle Kombinationen von Wochenganglinien und Jahresganglinien der Schweizerischen Norm mit beiden Methoden durchgerechnet. In der Schweizer Norm SN 640 005b (VSS, 2010) sind die für diese Arbeit benutzen, normierten Ganglinien beschrieben, einschliesslich der Anleitung zur Ermittlung der für eine bestimmte Messreihe zugehörige normierte Wochenganglinie.

Alle Diagramme zeigen einen exponentiellen Anstieg der Zeitverluste bei zunehmender Belastung bei beiden Methoden. Die Methode LfV weist generell etwas höhere Verluste aus, obwohl nur Zeitverluste bei Verkehrszusammenbruch berücksichtigt werden. Wie in Abbildung 3 zu erkennen, sind die Verluste bei der Wochenganglinie 2, die die ausgeprägteste Tagesspitze aufweist, am ähnlichsten.

Am grössten sind die Unterschiede bei der Wochenganglinie 7, die wie in Abbildung 8 zu sehen ist, keine ausgeprägte Tagesspitze aufweist. Generell kann gesagt werden, dass Ganglinien mit einer ausgeprägteren, , schlanken Tagesspitze (Gruppen 1,2 und 6) ähnliche Resultate der Methoden erzielen und Ganglinien mit einer breiteren (Gruppen 5 und 7) oder zwei Tagesspitzen (Gruppen 3 und 4) grössere Unterschiede zwischen den Methoden ausweisen. Insgesamt sind die Zeitverluste zwar unterschiedlich, der Verlauf jedoch ähnlich, in der logarithmischen Skala linear und durchaus vergleichbar.

Betrachtet man den Anteil von Verfrühungen und Verspätung an den gesamten Zeitverlusten der Methode IVT, sieht man, dass bei Belastungen im Bereich der Kapazitätsgrenze (um den Faktor 1 herum) der Anteil am grössten ist. Das ist sinnvoll, da bei sehr grossen und sehr kleinen Belastungen die Fahrdauer besser eingeplant werden kann.

In den folgenden Kapiteln wird für jede Wochengangliniengruppe eins der fünf Diagrammen (für fünf Jahresganglinien) gezeigt. Ganglinien, die dieselbe Wochenganglinie jedoch unterschiedliche Jahresganglinien haben, verhalten sich relativ ähnlich zueinander.

Die Tatsache, dass die Methode IVT, obwohl mehr Aspekte berücksichtigt werden, generell kleinere Zeitverluste berechnet, deutet darauf hin dass entweder die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit oder die bei einem Zusammenbruch entstehenden Wartezeiten unterschätzt werden. Die Methode IVT rechnet bei sehr hohen Belastungen mit einer Zusammenbruchwahrscheinlichkeit von 100%, daraus resultiert jedoch eine mittlere Geschwindigkeit die nie tiefer als 1 km/h ist. Ausserdem wirkt sich bei der Methode IVT ein (beliebig langer) Stau niemals auf die nächste folgende Stunde aus, da in der Berechnungsmethodik jedes Stundenintervall einzeln berechnet wird. Daraus kann man ableiten, dass die Methode LfV bei höheren Belastungen realistischere Zeitverluste berechnet, da sich in der Realität ein Stau nicht sofort auflöst wenn im nächsten Intervall die Belastung zurückgeht.

Bei tieferen Belastungen ist die Methode IVT klar realistischer, bei mittleren Belastungen ergeben die Methoden einigermaßen vergleichbare Resultate.

5.1.1 Wochenganglinie 1

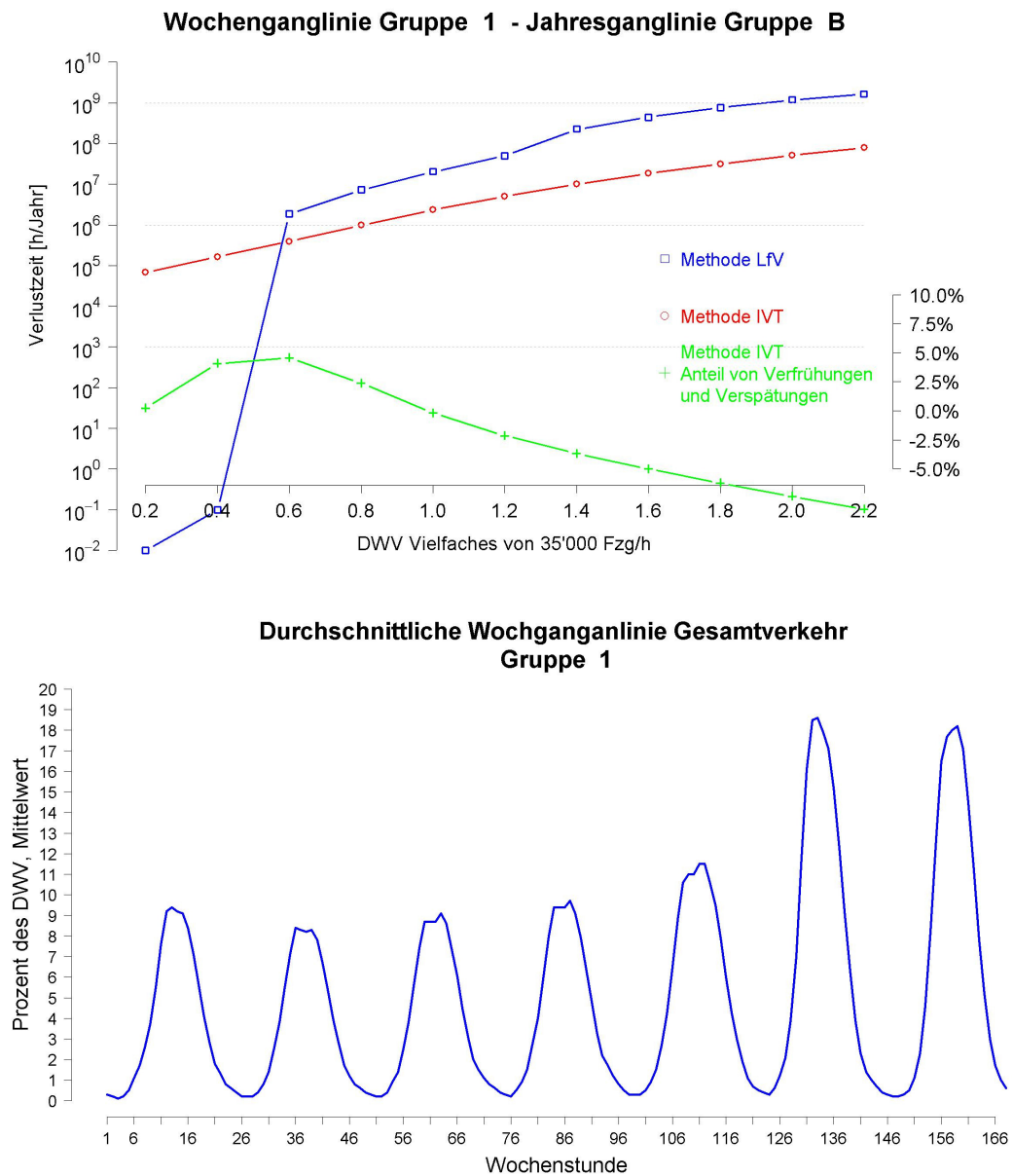


Abb. 2 Vergleich Gruppe 1

5.1.2 Wochenganglinie 2

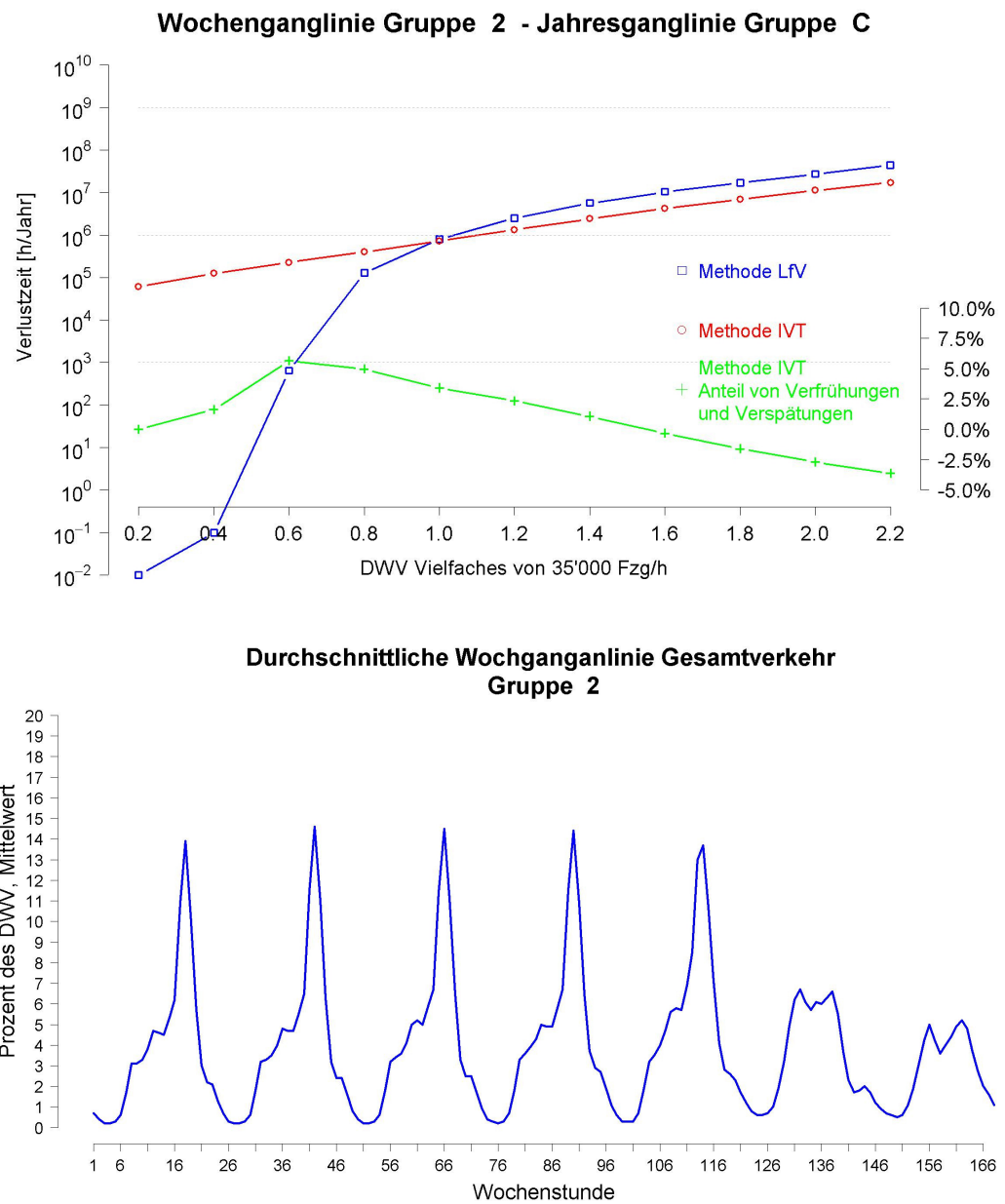


Abb. 3 Vergleich Gruppe 2

5.1.3 Wochenganglinie 3

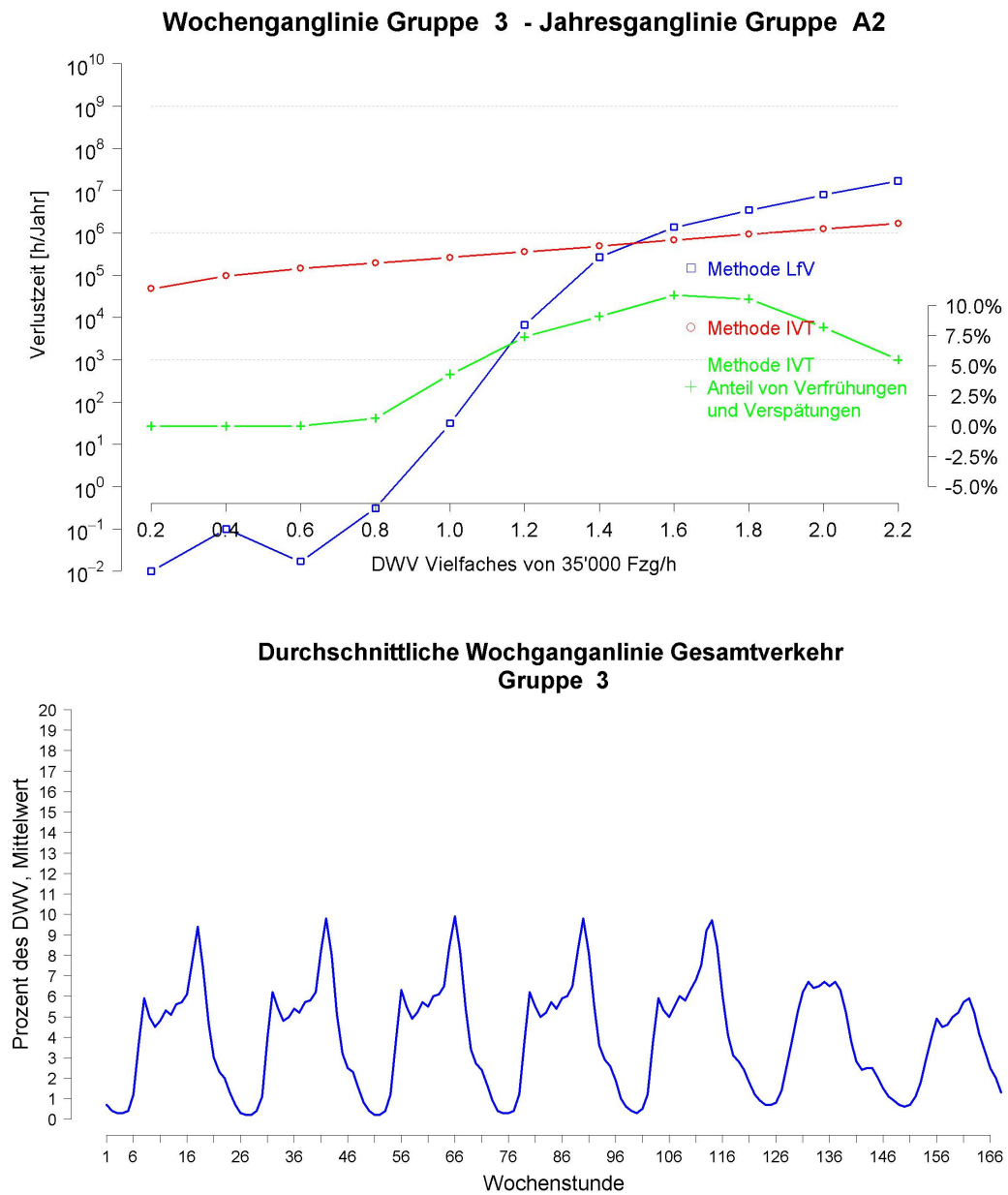


Abb. 4 Vergleich Gruppe 3

5.1.4 Wochenganglinie 4

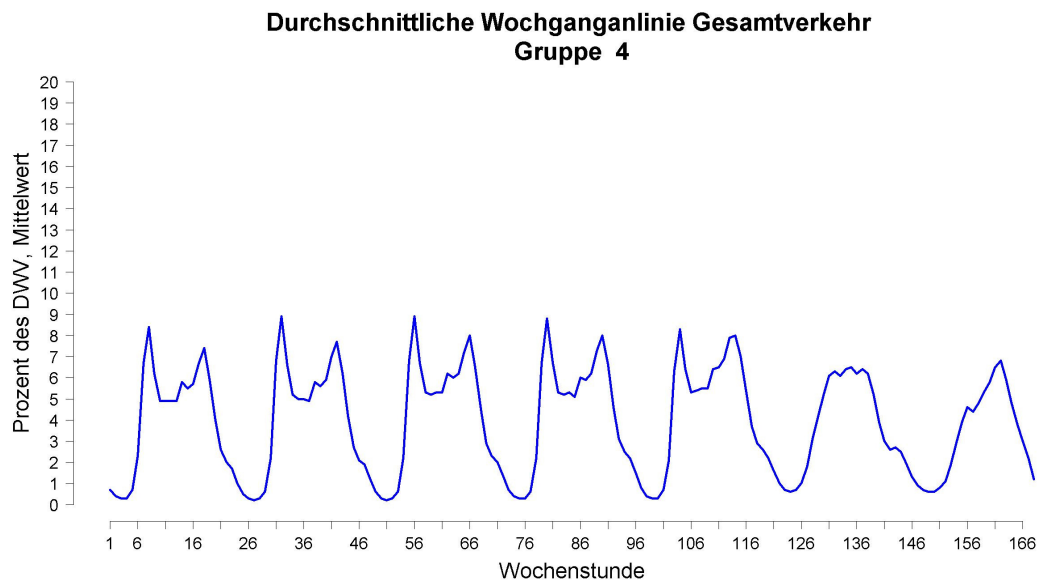
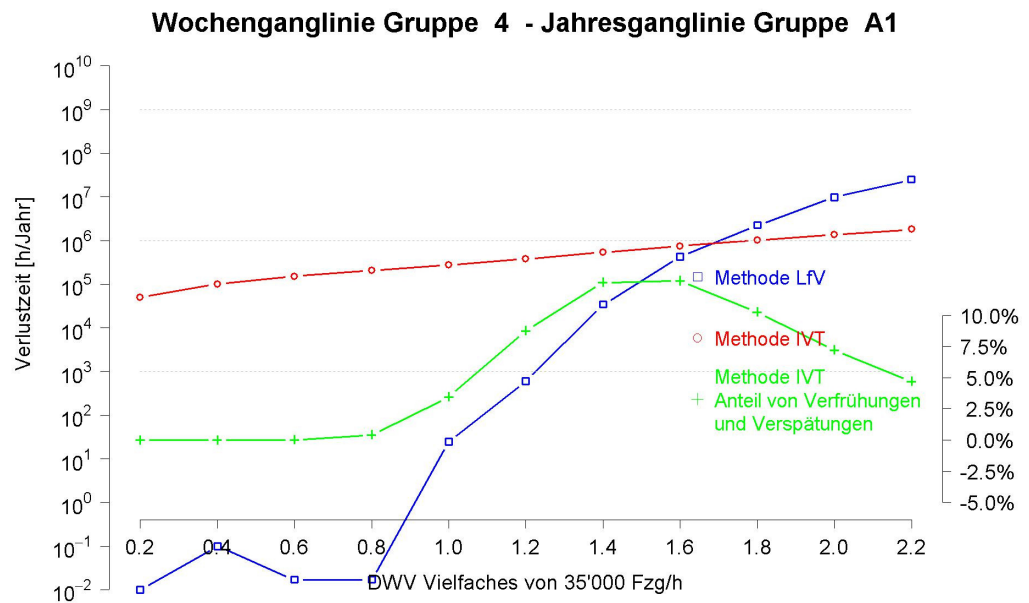


Abb. 5 Vergleich Gruppe 4

5.1.5 Wochenganglinie 5

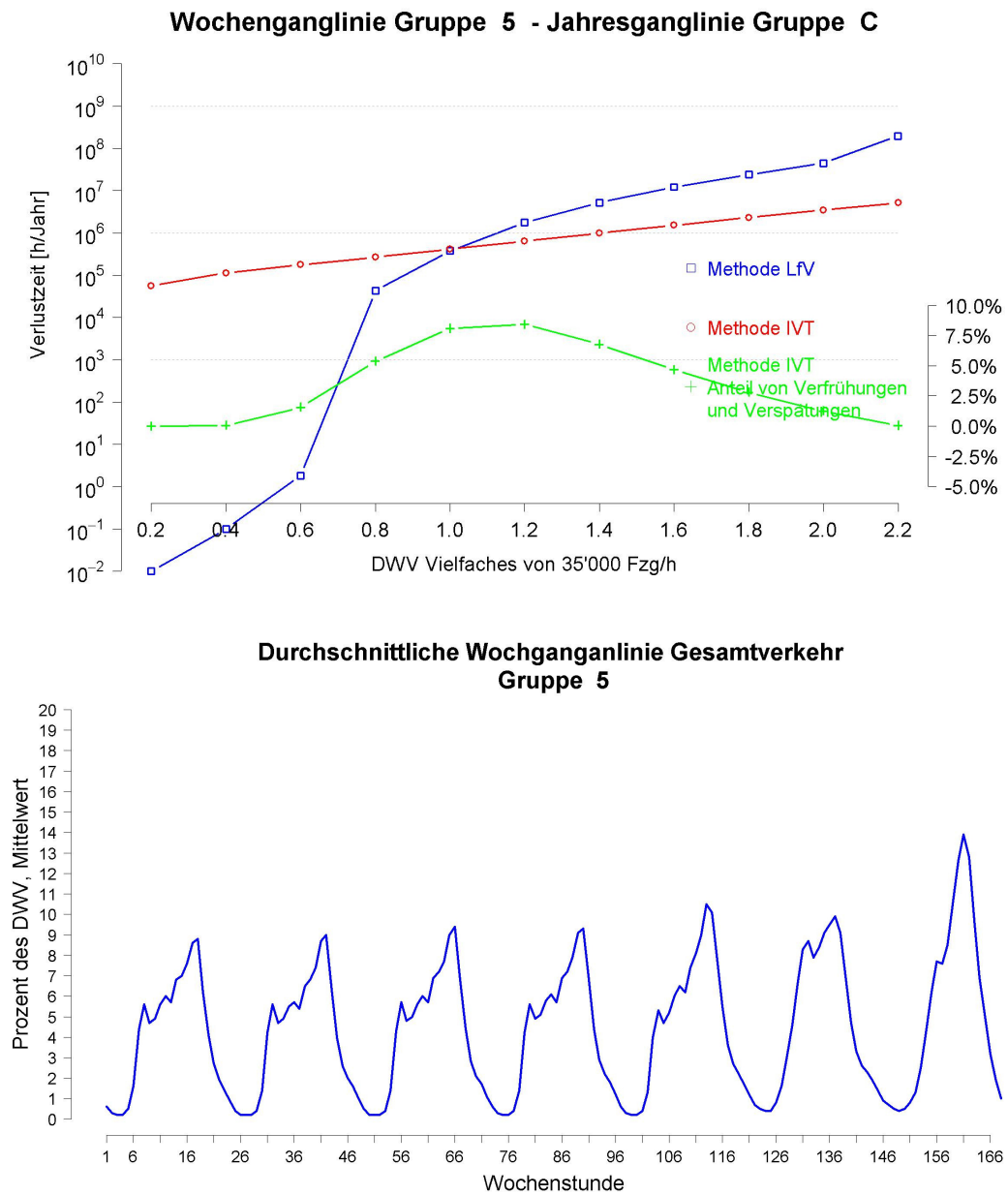


Abb. 6 Vergleich Gruppe 5

5.1.6 Wochenganglinie 6

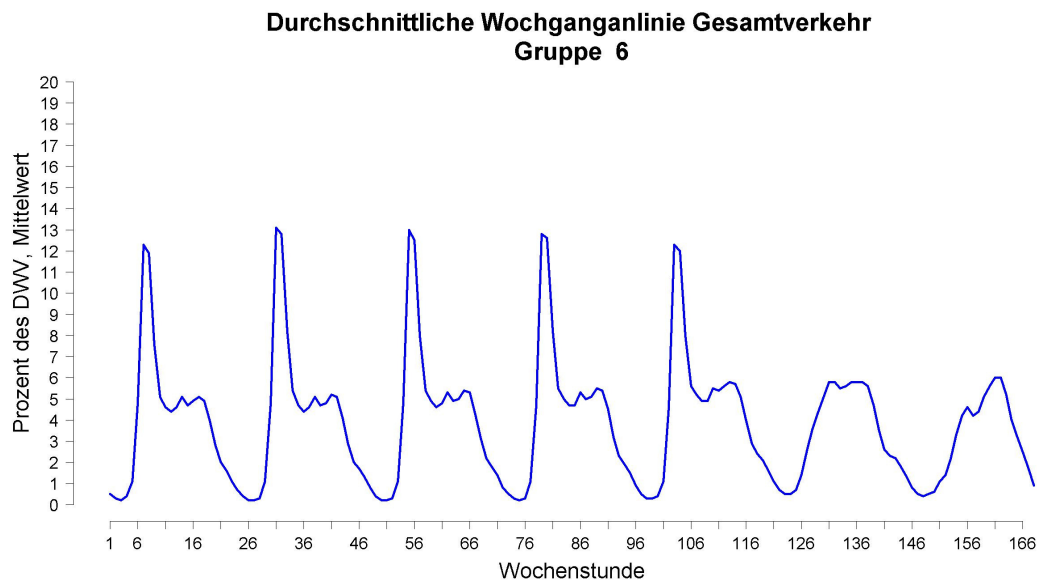
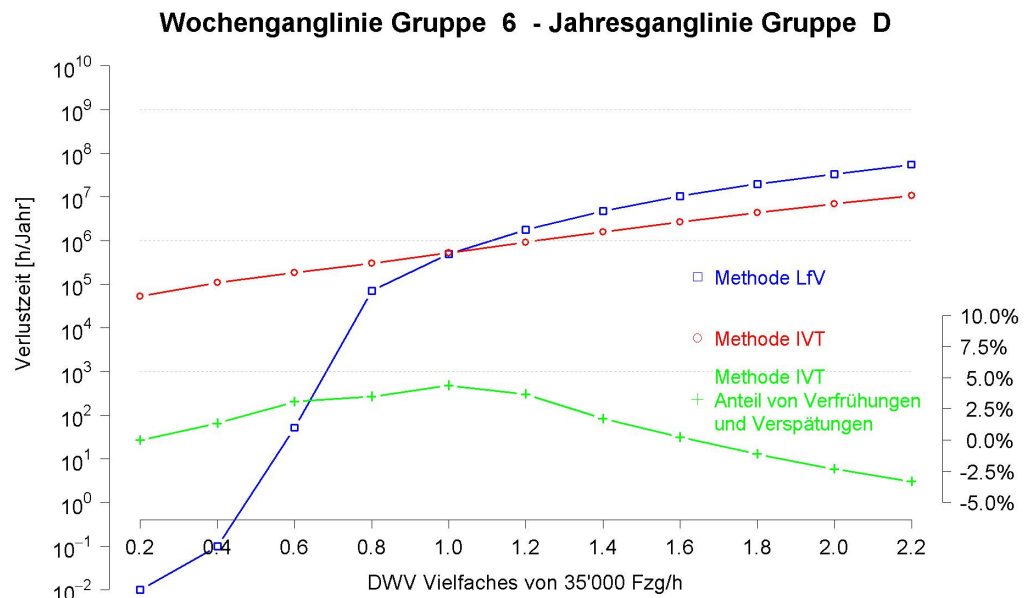


Abb. 7 Vergleich Gruppe 6

5.1.7 Wochenganglinie 7

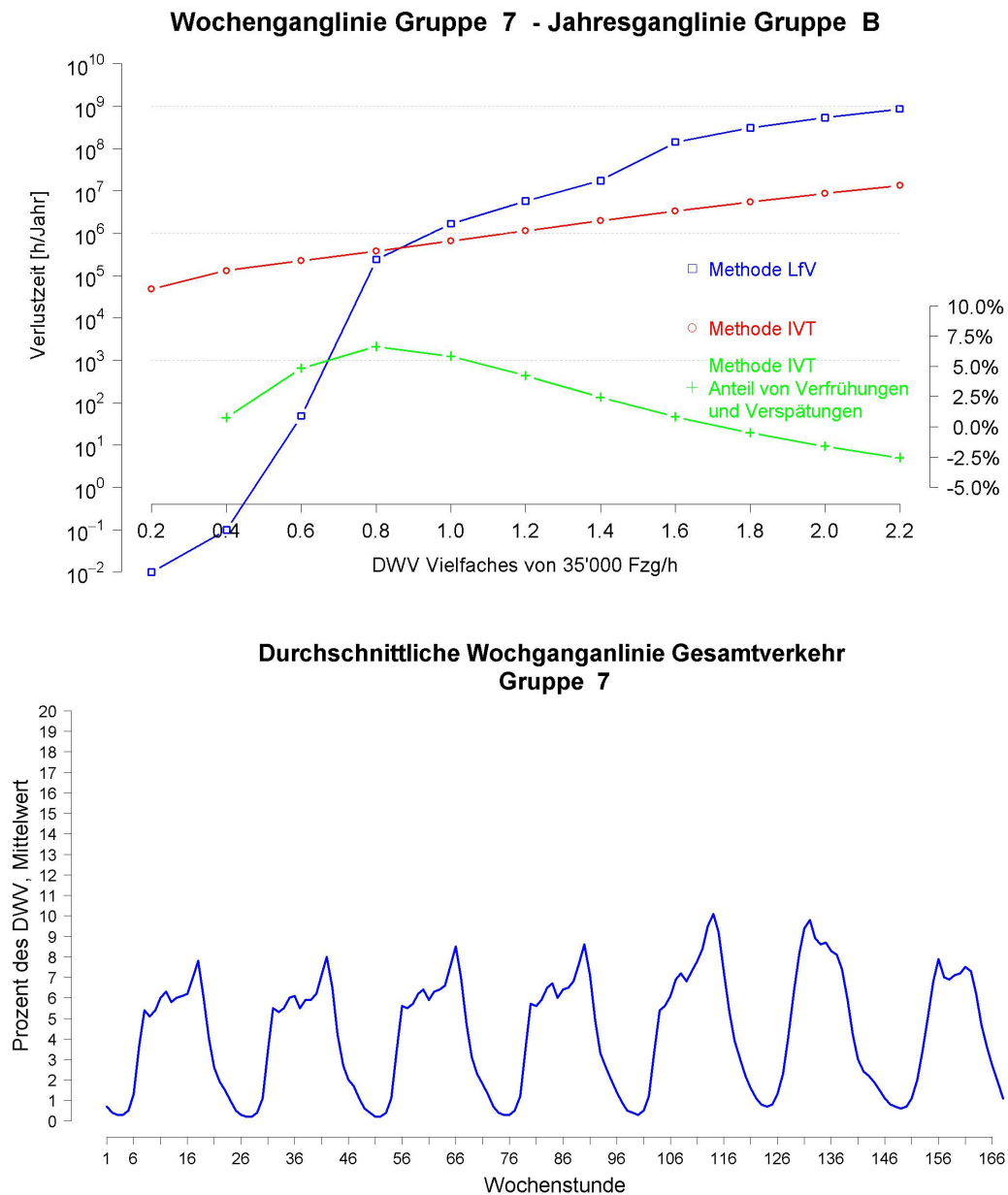


Abb. 8 Vergleich Gruppe 7

5.2 Ganglinien nach Pinkofsky

Die typisierten Ganglinien nach Pinkofsky bestehen aus einer stündlichen Tagesganglinie für jeweils Montag, Werktag, Freitag, Samstag und Sonntag, einer täglichen Wochenganglinie für die Schwankungen innerhalb der Woche, sowie einer wöchentlichen Jahresganglinie mit einem Faktor für alle 53 Wochen des Jahres. Sowohl für die Tages-, die Wochen-, als auch für die Jahresganglinie gibt es 6 verschiedene Typen, A bis F. Im Rahmen dieser Arbeit wurden nicht alle Kombinationen von möglichen Ganglinien durchgerechnet, sondern nur jeweils die Kombinationen AAA (für Tagesganglinien des Typs A, Wochenganglinie des Typs A und Jahresganglinie des Typs A), BBB, CCC, DDD, EEE und FFF. Die Diagramme sind in Abbildungen 9 bis 14 dargestellt. Die resultierenden Kurven sind den Kurven der Schweizerischen Norm Ganglinien sehr

ähnlich. Auch bei den typisierten Ganglinien nach Pinkofsky sind beide Methoden exponentiell ansteigend, wobei die Methode LfV etwas stärker ansteigt. Alle untersuchten Ganglinien verhalten sich sehr ähnlich. Alle typisierten Ganglinien sind im Anhang aufgelistet.

5.2.1 Tagesganglinie A, Wochenganglinie A, Jahresganglinie A

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination AAA

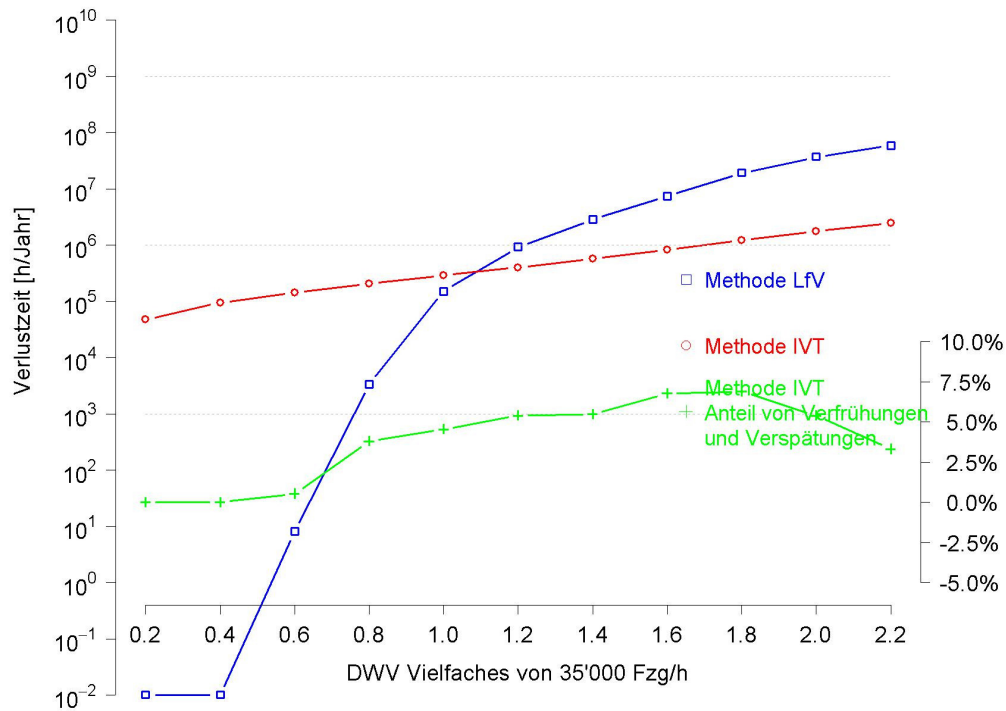


Abb. 9: Vergleich Kombination AAA

5.2.2 Tagesganglinie B, Wochenganglinie B, Jahresganglinie B

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination BBB

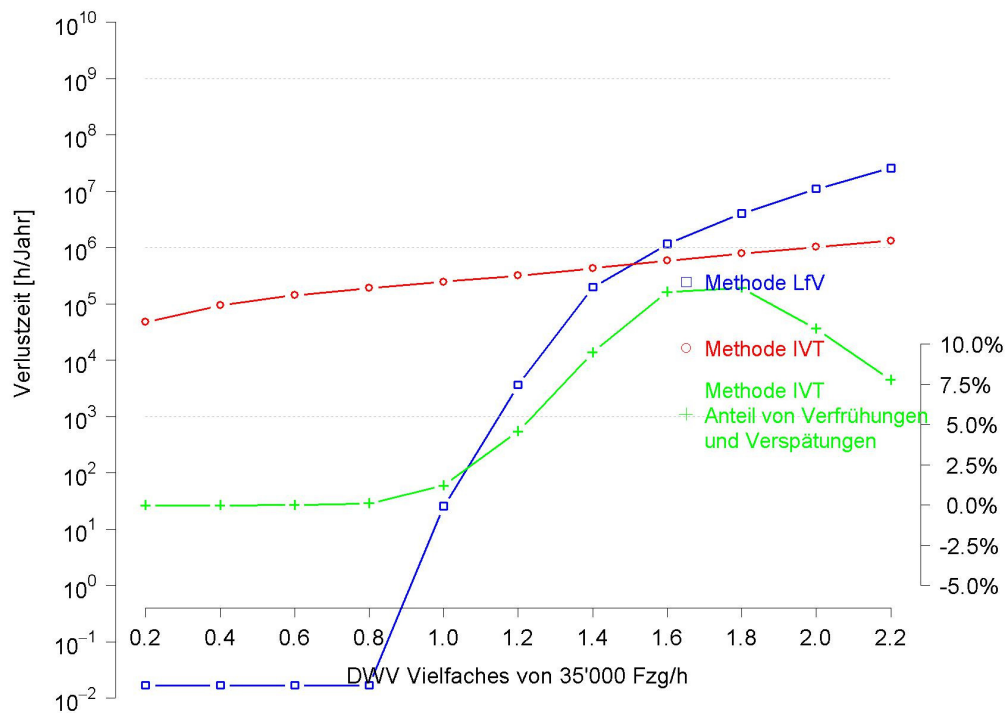


Abb. 10: Vergleich Kombination BBB

5.2.3 Tagesganglinie C, Wochenganglinie C, Jahresganglinie C

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination CCC

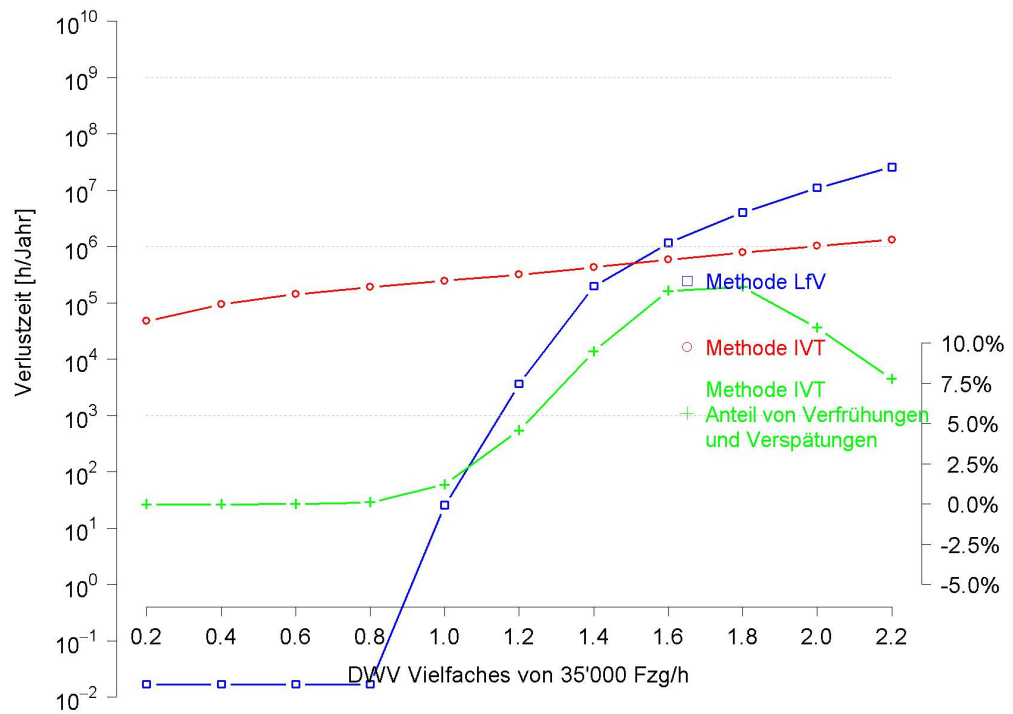


Abb. 11: Vergleich Kombination CCC

5.2.4 Tagesganglinie D, Wochenganglinie D, Jahresganglinie D

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination DDD

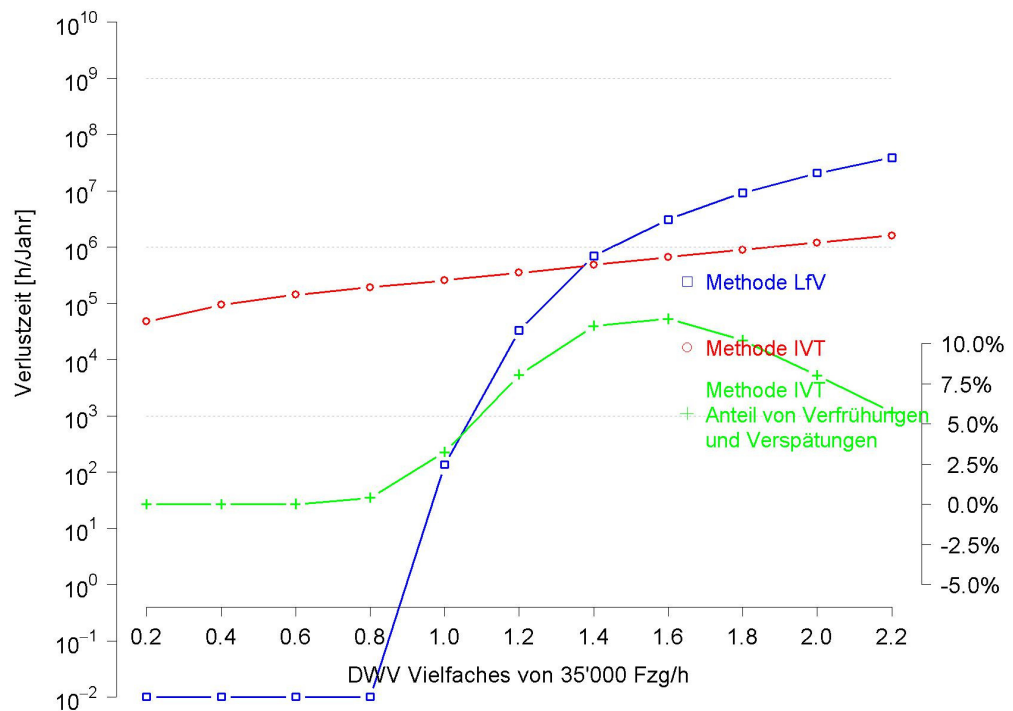


Abb. 12: Vergleich Kombination DDD

5.2.5 Tagesganglinie E, Wochenganglinie E, Jahresganglinie E

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination EEE

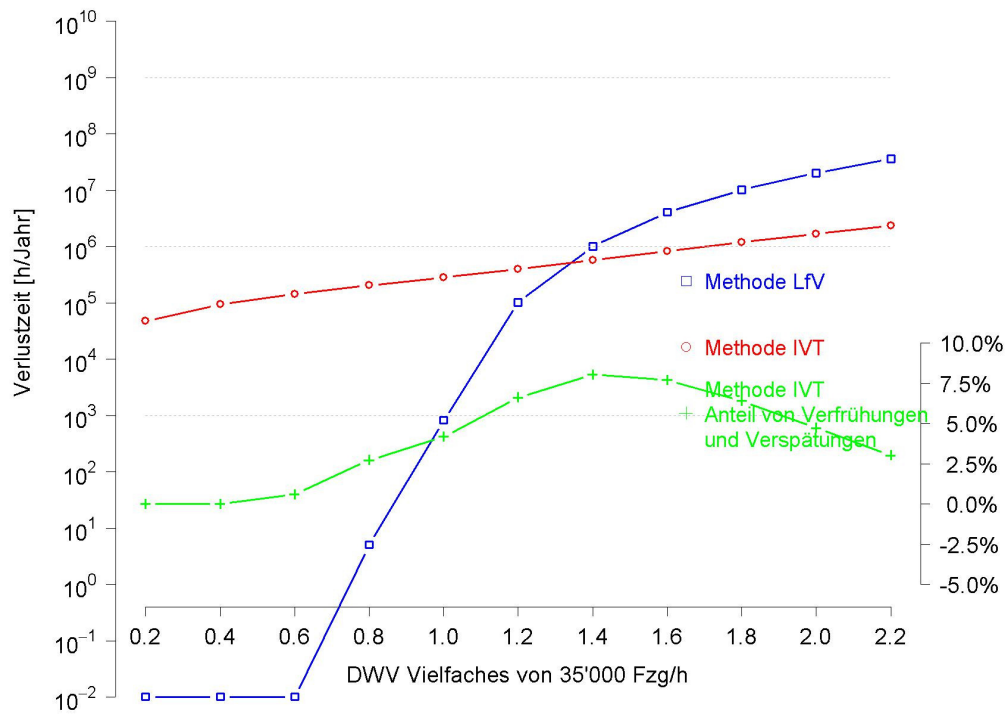


Abb. 13: Vergleich Kombination EEE

5.2.6 Tagesganglinie F, Wochenganglinie F, Jahresganglinie F

Ganglinie nach Pinkofski, Kombination FFF

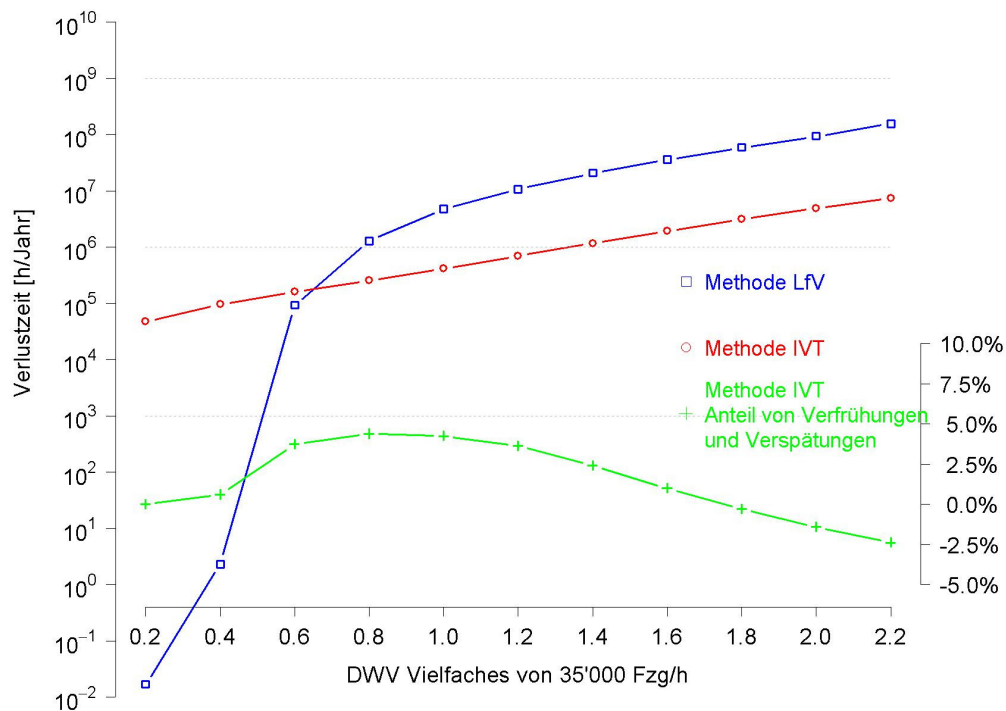


Abb. 14: Vergleich Kombination FFF

5.3 Negative Kosten

Bei sehr hohen Belastungen flacht die rote Kurve der Methode IVT etwas ab und steigt nicht mehr exponentiell an. Den Grund für dieses Abflachen sieht man an der grünen Kurve der Verfrühungen und Verspätungen: Bei sehr grossen Belastungen werden die Kosten für Verfrühung und Verspätung negativ. Das ist der Fall, wenn die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit 100% beträgt und die geplante Geschwindigkeit v_p , die mittlere Geschwindigkeit v_m und die Zusammenbruchgeschwindigkeit alle sehr klein sind (ca. 3 - 5 km/h). v_p wird kleiner als die Zusammenbruchgeschwindigkeit (ergibt negative Verspätungskosten) und v_m wird kleiner als v_p (ergibt negative Verfrühungskosten). Kurz gesagt, vertauschen sich die Bedingungen für Verfrühung und Verspätung und ergeben deshalb negative Kosten. Der Grund dafür sind die auf empirischen Daten beruhenden Annäherungsfaktoren und Parameter, welche für extreme Belastungen (nicht beobachtbar) leichte Ungenauigkeiten aufweisen können.

Das Phänomen der negativen Kosten in der Methode IVT kann einfach behoben werden, indem man die Verfrühungen und Verspätungen bei 0 begrenzt (=bei 100% Zusammenbruch gibt es keine Kosten durch Verfrühung/Verspätung) oder den absoluten Wert nimmt (auch bei sicherem Stau kann man sich verrechnen). Der Unterschied ist nicht gross, es handelt sich in jedem Fall um unrealistische Belastungen. Unsere Empfehlung diesbezüglich wäre den absoluten Wert zu nehmen.

In Tabelle 8 sind die Verlustzeiten der Methode IVT nach Quelle aufgeteilt, für verschiedene Belastungen (Kapazität 4000 Fzg./h). Der Beitrag von Verspätungen ist jeweils etwas grösser als der von Verfrühungen. Man sieht auch wie die negativen Kosten bei sehr grossen Belastungen entstehen. Da bei negativen Kosten sich die Verfrühungen und die Verspätungen die Rollen tauschen, ist hier der Anteil der Verfrühungen grösser. Verzögerte Durchfahrt bezeichnet den Anteil aus dem ersten Term in Gleichung (9), d.h. die Kosten die durch eine Verringerung der Erwarteten Geschwindigkeit V_{Erw} entstehen.

Tab. 8 Anteil Verlustzeit nach Quelle Methode IVT (Wochenganglinie 1, Jahresganglinie C)

DTV	Verzögerte Durchfahrt	Verfrühung	Verspätung
20'000	96.23%	1.29%	2.48%
30'000	93.24%	2.43%	4.33%
40'000	94.70%	1.92%	3.37%
100'000	106.79%	-4.84%	-1.94%

6 Angewandte Beispiele im Vergleich

Um den Vergleich der zwei Methoden zu veranschaulichen, wurden drei Projektbeispiele ausgesucht und mit beiden Methoden durchgerechnet. Die ersten zwei Beispiele sind Autobahnprojekte aus der Schweiz welche aus einem Variantenstudium zu möglichen Ausbaustandards bestehen, das dritte besteht aus ausgesuchten Stellen der Nord-Süd Achse. Der jeweilige untersuchte Abschnitt wurde in homogene Teilabschnitte unterteilt welche einzeln gerechnet wurden. Für jeden Abschnitt wurden die Zeitverluste der beiden Methoden gegenübergestellt und verglichen. Generell kann gesagt werden, dass bei Belastungen deutlich unter der Kapazitätsgrenze die Methode IVT die brauchbareren Resultate liefert, da die Methode LfV in diesem Fall keine Zeitverluste errechnet. Für Abschnitte die klar überbelastet sind, ergibt die Methode LfV, dank der Warteschlangenmethodik, die höheren Zeitverluste und es kann angenommen werden, dass die höheren Zeitverluste der Methode LfV realistischer sind und die Methode IVT die Zeitverluste bei sehr starken Belastungen eher unterschätzen.

6.1 Beispiel Bern Ost

Beim Projekt Bern-Ost geht es um den Abschnitt zwischen dem Halbanschluss Schosshalde und dem Anschluss Muri. Bei der Projektstudie wurden 4 verschiedene Varianten mit einem Tunnel untersucht (B1, B3, B5 und D1) sowie einer Referenz Variante V0 und einer Variante mit einem leichten Ausbau der Referenzvariante V0+. Die Varianten unterscheiden sich bezüglich Nachfrage, Belastung, Länge und Kapazität.

Der Projektperimeter wurde in 4 Abschnitte unterteilt: Abschnitte Nord (Wankdorf) und Süd (Muri) für jeweils beide Richtungen (Rtg. Bern, Rtg. Thun). Dies war nötig weil die Abschnitte unterschiedliche Kapazitäten und Belastungen haben. Die Berechnungen der Bewertungsmethodik wurde für jeden Abschnitt einzeln durchgeführt.

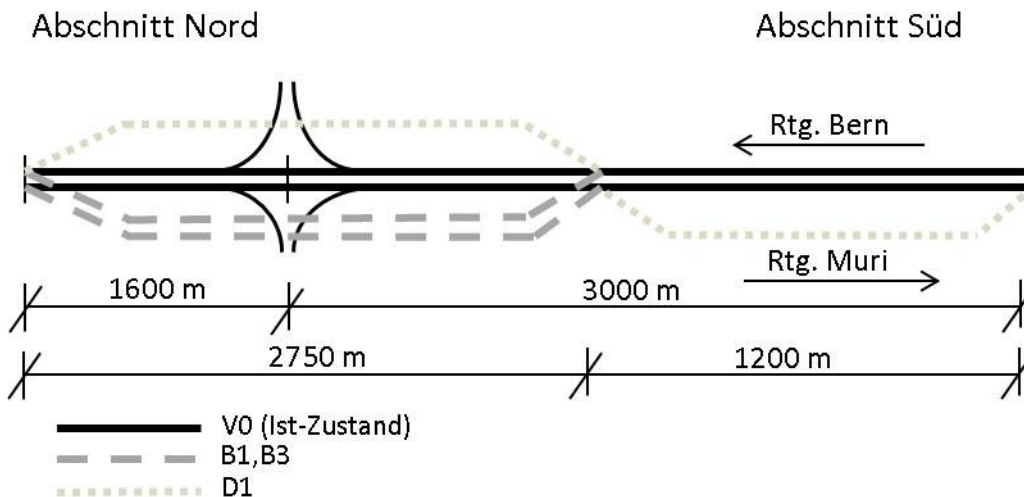


Abb. 15: Topologie des Projektbeispiels Bern Ost

Die Verkehrsbelastungen für die verschiedenen Varianten kommen aus einem Verkehrsmodell, in welchem nur der DWV (Durchschnittliche Werktagsverkehr) angegeben wurde. Da sich an dieser Stelle eine Zählstelle des Astra befindet, konnte von dort die relative Tagesganglinie übernommen werden und zusammen mit dem DWV aus dem Verkehrsmodell ein hypothetischer Messtag mit 24 Messungen erstellt werden, der als Input für die Bewertung fungierte. Die somit als Grundlage erhaltene Jahresganglinie hat den selben DWV wie im Verkehrsmodell und die gleiche Verteilung wie die Messungen der Zählstelle.

Abbildungen 16 und 17 zeigen die berechneten Stautunden der verschiedenen Varianten für die beiden analysierten Methoden. Die mit der Methode LfV berechneten Zeitverluste sind bei den 4 Ausbauvarianten deutlich kleiner und bei der 0-Variante ohne Ausbau deutlich grösser. Dies entspricht wiederum dem typischen, oben beobachteten Verlauf. Dasselbe ist bei der Methode IVT zu beobachten. Die Unterschiede zwischen den Ausbau-Varianten sind bei den beiden Methoden unterschiedlich. Beide Methoden zeigen, dass ein Ausbau zu einer Staureduktion führt, geben aber eine unterschiedliche Rangfolge vor. Dabei ist zu beachten, dass die Zeitverluste, die bei der Methode LfV berechnet wurden, insgesamt sehr tief liegen: Die Varianten haben Stautunden im Bereich von 20'000 Stunden im ganzen Jahr, bei täglich um die 100'000 Nutzern. Da die Werte so klein sind, können die Unterschiede zwischen den Methoden auch auf Grund des Zufallscharakters der Methode entstehen. Die Werte für die Methode IVT sind diesbezüglich viel realistischer und eher für eine Abwägung zwischen den Varianten geeignet.

Es zeigt sich auch, dass für die Dimensionierung eines Abschnittes auf eine für den Verkehrsbenuer angenehme Kapazität die Methode IVT geeigneter ist, da die Methode LfV die Zeitverluste die durch normale Belastung ohne Stau entstehen, nicht berücksichtigt. Gerade bei so tiefen Werten sind Qualitätsunterschiede eher gefragt als die reine Wartezeit aus dem Warteschlangensystem.

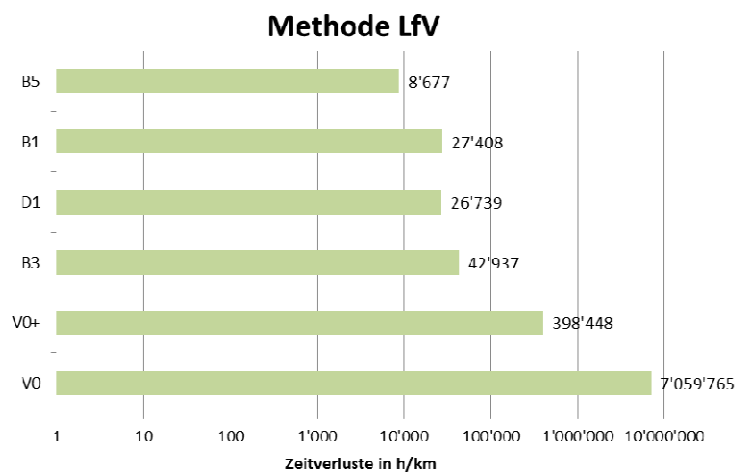


Abb: 16 Vergleich der Alternativen des Projektbeispiels Bern Ost, Methode LfV (Log-Skala)

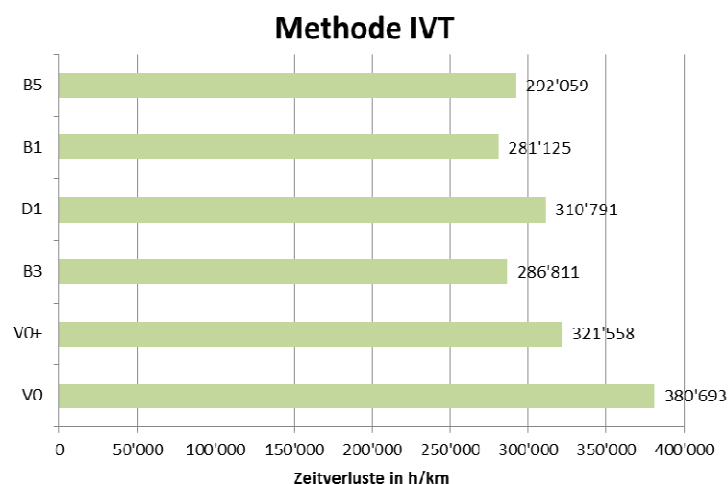


Abb: 17 Vergleich der Alternativen des Projektbeispiels Bern Ost, Methode IVT

6.2 Beispiel St. Gallen

Beim Projekt St. Gallen geht es um den Abschnitt zwischen St. Gallen-Winkel und Anschluss Meggenhus. Bei der Projektstudie St. Gallen wurden 2 Ausbauvarianten untersucht: Eine 3. Röhre für den Tunnel in den Abschnitten Rosenberg und Harzbüchel, die die Kapazität in diesen 2 Abschnitten erhöhen würde, sowie ein Bypass, welcher diese 2 Abschnitte entlasten würde. Als Referenzzustand wird das Jahr 2030 genommen, ohne Ausbauten. Die Varianten unterscheiden sich bezüglich Nachfrage, Belastung und Kapazität, jedoch nicht bezüglich der Länge.

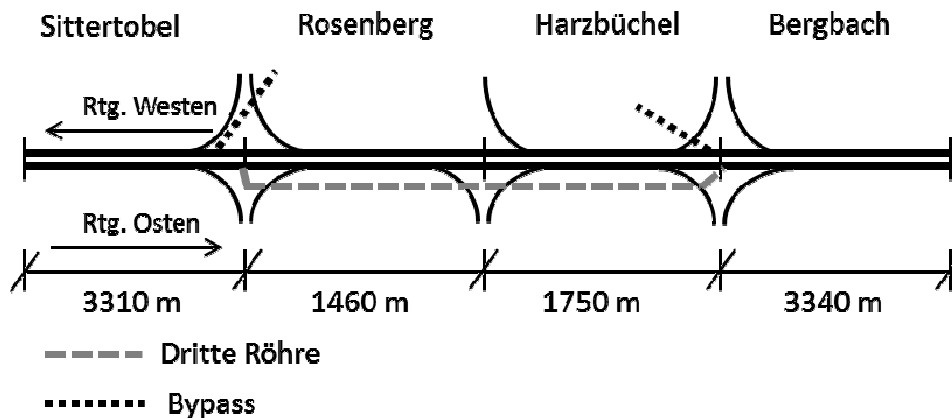


Abb: 17 Topologie des Projektbeispiels St. Gallen

Der Projektperimeter wurde in 8 Abschnitte unterteilt: Abschnitte Sittertobel, Rosenberg, Harzbüchel und Bergbach für jeweils beide Richtungen (Rtg. Zürich, Rtg. Rohrschach). Auch bei diesem Projekt unterscheiden sich die Abschnitte in Belastung und Kapazität. Die Berechnungen wurden für jeden Abschnitt einzeln durchgeführt.

Bei diesem Beispiel wurde wie beim Beispiel Bern-Ost für jeden Abschnitt mittels den Astra-Zählstellen eine hypothetische Tagesganglinien erstellt die als Messtag mit 24 Messwerten fungierte. Aus diesem Messtag wurde die entsprechende Norm-Ganglinie ermittelt welche für die Berechnung der Zeitverluste benutzt wurde.

Abbildung 18 zeigt die mit den beiden Methoden ermittelten Staustunden pro für den massgebenden Abschnitt bestehend aus Rosenberg und Harzbüchel. In diesem Abschnitt befindet sich der heutige überlastete Tunnel. Dieser soll entweder durch das Projekt Bypass entlastet werden oder durch den Bau einer 3. Röhre eine Kapazitätserweiterung erhalten. Abbildung 18 zeigt den Variantenvergleich mit dem Referenzzustand 2030 für beide Methoden. Beide Methoden liefern generell dieselben Erkenntnisse aus dem Variantenvergleich, nämlich dass eine 3. Röhre den Tunnel nur partiell entlasten würde, der Bypass die Situation jedoch stärker entspannen würde. Die Zahlen der LfV sind diesbezüglich deutlicher, weil sie nur die Stunden, in welchen die Fahrzeuge in der Warteschlange stehen, berechnet ohne die Erhöhung der Reisezeit durch Verkehr zu berücksichtigen.

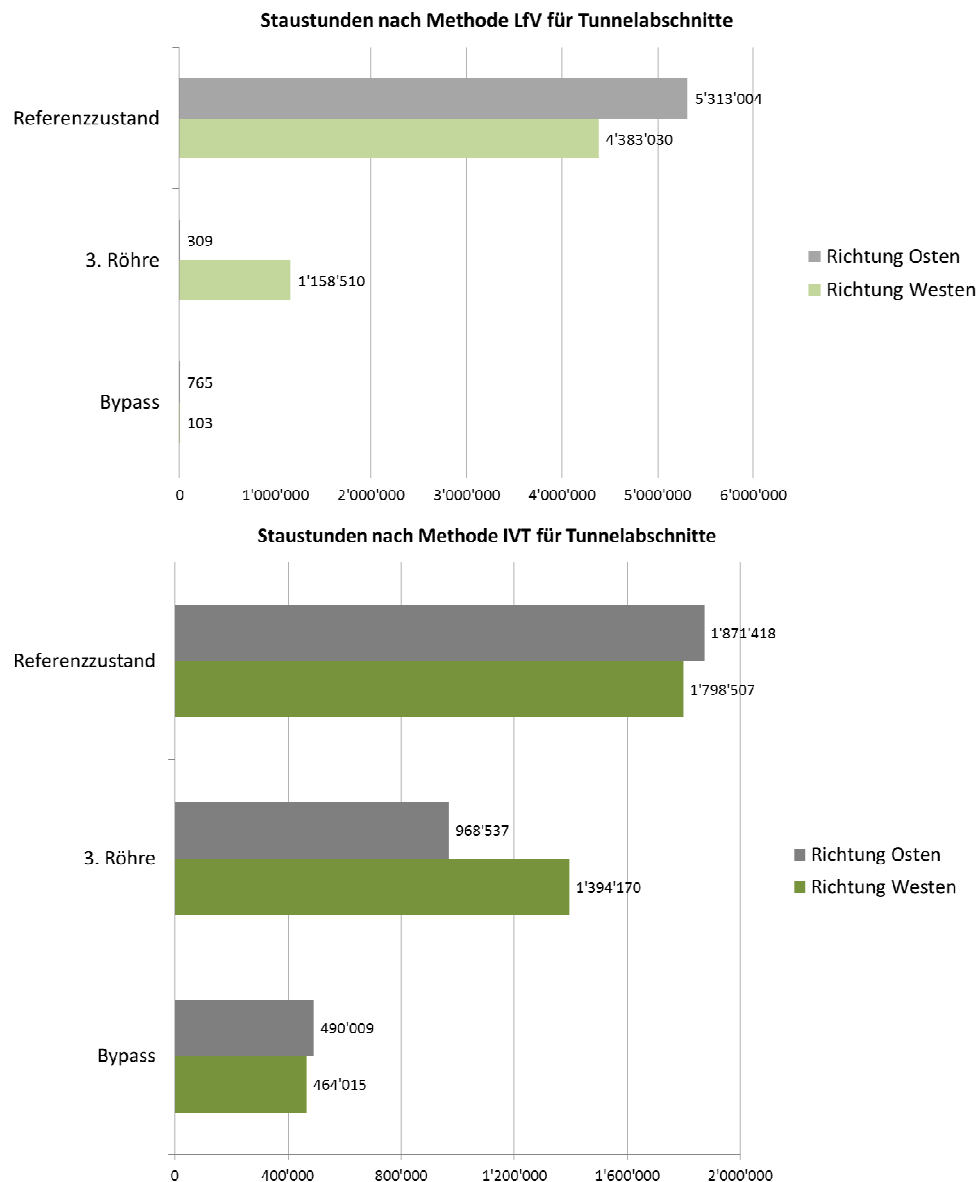


Abb. 18: Vergleich Methoden IVT und LfV für die Tunnelabschnitte Rosenberg und Harzbüchel des Projektbeispiels St. Gallen.

6.3 Beispiel Nord Süd Achse

Als drittes Beispiel für diesen Bericht werden verschiedene Stellen der Nord-Süd Achse des Schweizerischen Autobahnnetzes untersucht. Der grösste Teil der Schweizerischen Bevölkerung lebt im Mittelland, einem relativ flachen, in Ost-West Richtung ausgedehnten Raum nördlich der Alpen zwischen Bodensee und Genfersee. Die Ost-West Achse ist die wichtigste Fernverkehrsbeziehung in der Schweiz. Die beiden voran gegangenen Beispiele, beschrieben in Kapitel 7.1 und 7.2 liegen auf der West-Ost Achse oder auf einem Seitenast dieser Achse. Die Nord-Süd Achse im Schweizer Verkehrsnetz hat zwar gesamthaft kleinere Verkehrsströme, jedoch eine grosse geschichtliche und kulturelle Bedeutung für die Schweiz. Kernstück der alpenüberquerenden Verkehrsverbindung ist der Gotthard-Tunnel, der nicht nur die schnellste Verbindung zwischen der italienischsprachigen und deutschsprachigen Schweiz ist, sondern auch direkteste Verbindung zwischen Deutschland und Italien durch die Schweiz darstellt. Die Nord-Süd Achse hat eine deutlich andere Charakteristik, da hier einerseits der alpenüberquerende Güterverkehr und der Freizeitverkehr eine grosse Rolle spielen.

Für die Beispielanwendung wurden vier verschiedene Stellen ausgewählt: Grenzübergang zu Deutschland bei Basel, Autobahn bei Emmenbrücke nördlich von Luzern, der Gotthard-Strassentunnel und das Autobahnstück über den Monte Ceneri zwischen Bellinzona und Lugano. Das Schweizerische Autobahnnetz mit den Beispielstellen eingezeichnet ist in Abbildung 19 dargestellt.

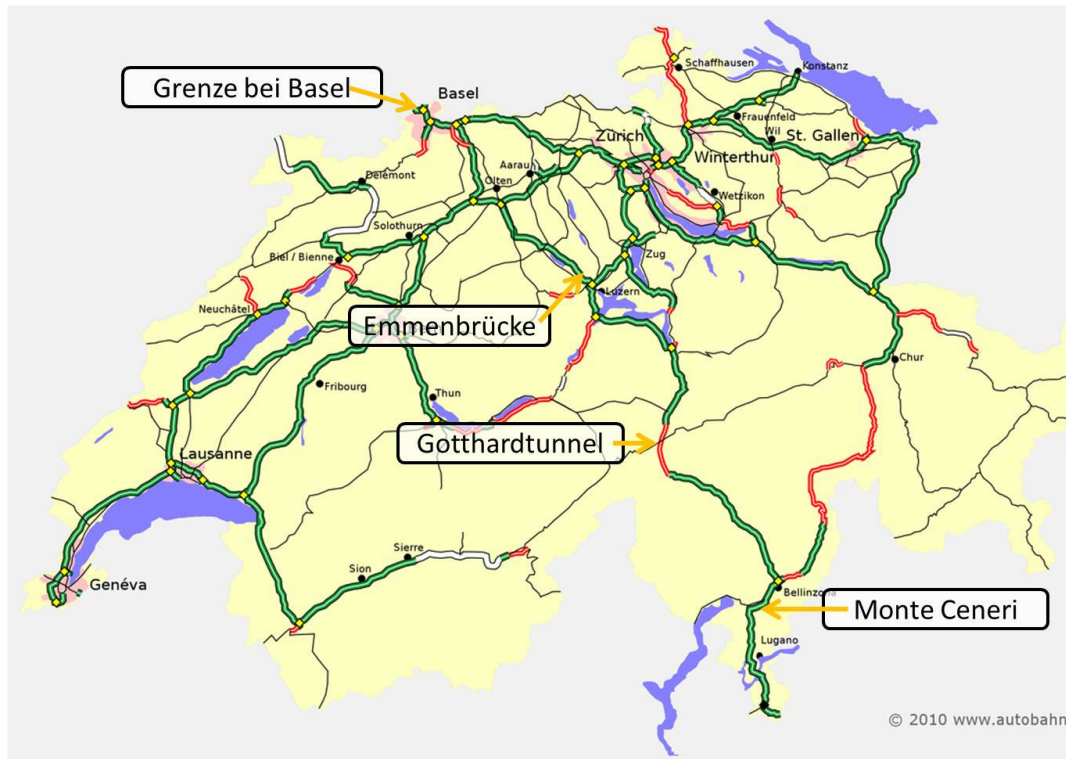


Abb. 19: Schweizer Autobahnnetz mit ausgewählten Stellen auf der Nord-Süd Achse

Für alle 4 Stellen wurde die Norm Ganglinie ermittelt und mit dieser beide Methoden durchgerechnet. Die jeweiligen Zeitverluste sind in Abbildung 20 dargestellt. Betrachtet man die Resultate in Abbildung 20, sieht man grosse Unterschiede zwischen den Methoden. Das Autobahnstück beim Grenzübergang bei Basel hat eine zu geringe Belastung um mit der Methode LfV Stau zu produzieren. Der nahegelegene Grenzposten ist hier kapazitäts- bestimmend und nicht die relativ gut ausgebaute Autobahn davor. (Um die Zeitverluste des Grenzpostens zu berechnen, wäre die das Warteschlangensystem der Methode LfV natürlich sehr geeignet, die Methode IVT jedoch nicht brauchbar.)

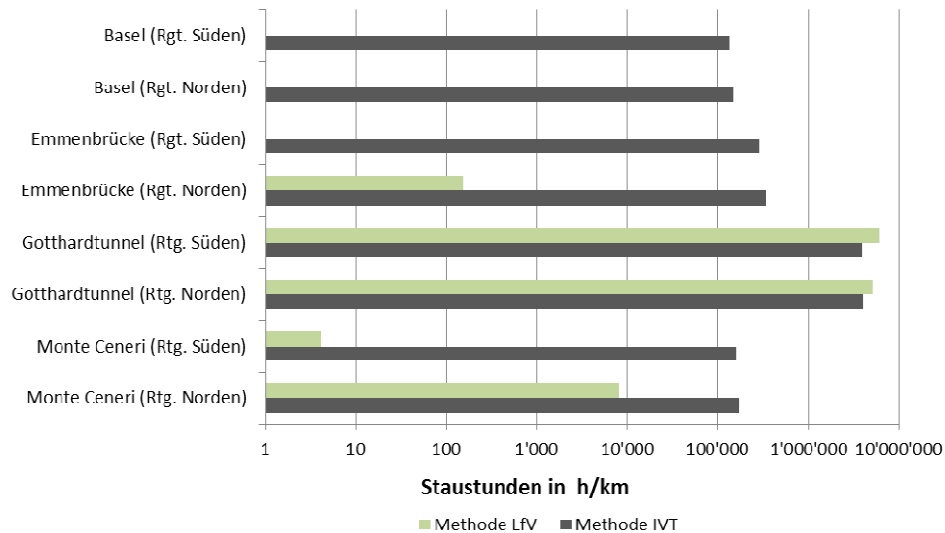


Abb. 20: Vergleich Methoden IVT und LfV für ausgewählte Stellen der Nord-Süd Achse

Auch beim Autobahnstück Emmenbrücke ist die Belastung zu gering (oder die Autobahn zu gut ausgebaut) um nennenswerte Verlustzeiten mit der Methode LfV zu berechnen. Der Gotthard Strassentunnel ist als Tunnel mit einer Röhre und nur je einer Fahrspur pro Richtung ein Flaschenhals. Die Kapazität ist durch ein Tropfenzählersystem auf maximal 800 Fahrzeugeinheiten pro Stunde beschränkt. Beide Methoden ergeben zumindest auf der logarithmischen Skala ähnliche Ergebnisse, wobei auch hier die Zeitverluste nach Methode LfV deutlich höher sind, wie bei hohen Belastungen immer beobachtet. Der Abschnitt auf dem Monte Ceneri wiederum ist nicht stark ausgelastet und weist sehr kleine Zeitverluste der Methode LfV auf.

7 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Methoden zeigt unterschiedliche, jedoch typische und vom jeweiligen Ansatz her erklärbare Verläufe, die für verschiedenste Ganglinien immer ähnlich aussehen. Die beiden Verläufe der Zeitkosten in Abhängigkeit der Belastung sind exponentiell, was für Zeitkosten bei Stau als realistisch erscheint. Die beiden Methoden erlauben eine deutlich bessere und komplexere Beurteilung von Autobahnprojekten, als die bisherige Methodik. Insbesondere die Methode IVT erlaubt zudem die Berechnung zusätzlicher Kennzahlen, wie z.B. an wie vielen Spitzenstunden die Zusammenbruchwahrscheinlichkeit höher als 50% ist oder die Durchschnittsgeschwindigkeit unter einen gewissen Wert fällt.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen für alle Schweizer und verschiedenen Deutschen Ganglinien zeigen, dass die Resultate der Methode IVT unabhängig der Ganglinie und der Belastung stabile und brauchbare Resultate ergibt und sich deshalb auch für die Anwendung in der Praxis eignet.

Die Methode IVT hat zudem deutliche Vorteile bei der Beurteilung von Abschnitten mit geringerer Belastung und integriert die volkswirtschaftlichen Kosten von Verfrühungen und Verspätungen. Die Methode LfV hat den Vorteil, dass ein Stau auf das nächstfolgende Intervall übertragen wird, was vor allem bei sehr grossen Belastungen zu grösseren Verlustzeiten führt. Damit können für Abschnitte im System die Flaschenhälse darstellen und punktuell grosse Zeitverluste der Nutzer verursachen ausgemacht und realistisch beurteilt werden. Für den Vergleich von längeren Abschnitten mit verschiedenen Varianten oder für die Dimensionierung von Abschnitten, bei denen ein flüssiger Verkehrsablauf angestrebt wird, eignet sich die Gesamtbetrachtung der Methode IVT deutlich besser. Insgesamt erscheinen die errechneten Zeitkosten der Methode LfV auch sehr hoch. Die Schätzungen der Methode IVT sind bei sehr grossen Belastungen eher konservativ und vorsichtig und verhindern eine Überschätzung der volkswirtschaftlichen Kosten und daraus folgende überdimensionierte Projekte.

Ein weiterer Vorteil der Methode IVT ist, dass die Eingangsparameter für die Berechnungen alle aus empirischen Erhebungen aus dem Schweizer Nationalstrassennetz stammen. Die Methode LfV berechnet den Stau auf rein theoretische und deterministische Weise. Bei der Methode LfV können unrealistisch lange Staus entstehen, welche über mehrere Stunden hinweg bestehen bleiben oder sogar noch grösser werden. In der Realität würden solche Staus vielleicht umfahren oder gemieden. In der Methode IVT können sich solche Staus gar nicht erst bilden, da sie empirisch nicht belegbar sind.

Deshalb, und weil mit der Methode IVT niedrig belastete Abschnitte dimensioniert werden können, empfehlen wir für Anwendungen in der Schweiz die Methode IVT.

Der nächste Schritt um die Methode IVT in die Dimensionierung von Schweizer Autobahnabschnitten zu integrieren, ist der Entwurf einer entsprechenden Norm.

Anhänge

I	Ganglinien der Schweizer Norm	51
I.1	Jahresganglinien	51
II	Ganglinien nach Pinkofski	55
II.1	Tagesganglinien	55
II.2	Wochen und Jahresganglinien	57
III	Vergleiche aller Kombinationen der Schweizer Normganglinie.....	59
III.1	Wochenganglinie 1	59
III.2	Wochenganglinie 2	61
III.3	Wochenganglinie 3	64
III.4	Wochenganglinie 4	66
III.5	Wochenganglinie 5	69
III.6	Wochenganglinie 6	71
III.7	Wochenganglinie 7	74

I Ganglinien der Schweizer Norm

I.1 Jahresganglinien

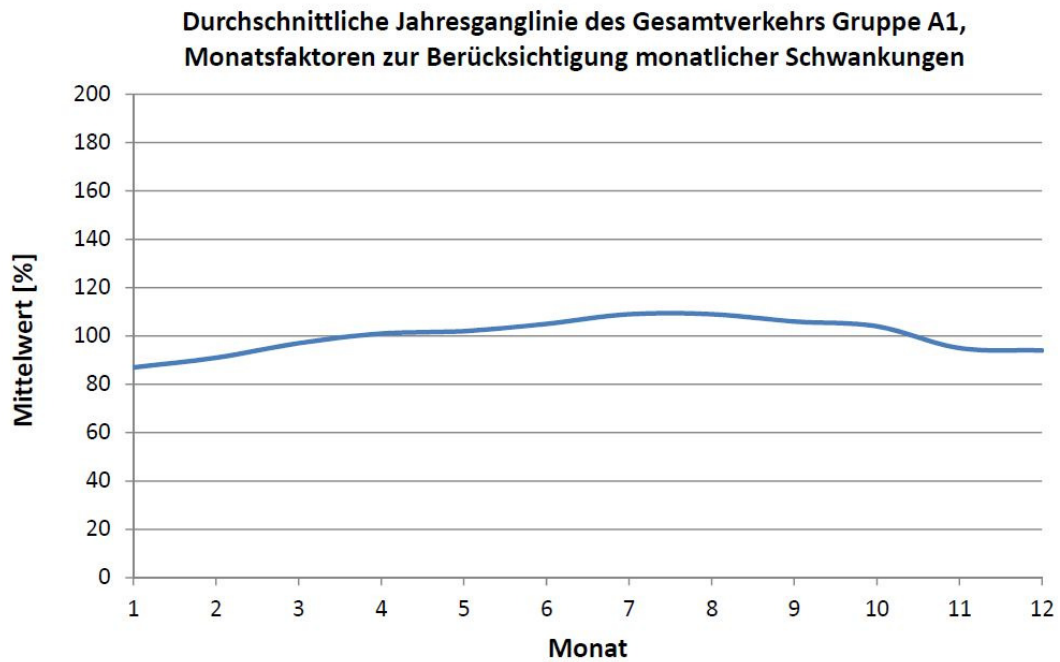


Abb. 1 Jahresganglinie A1.

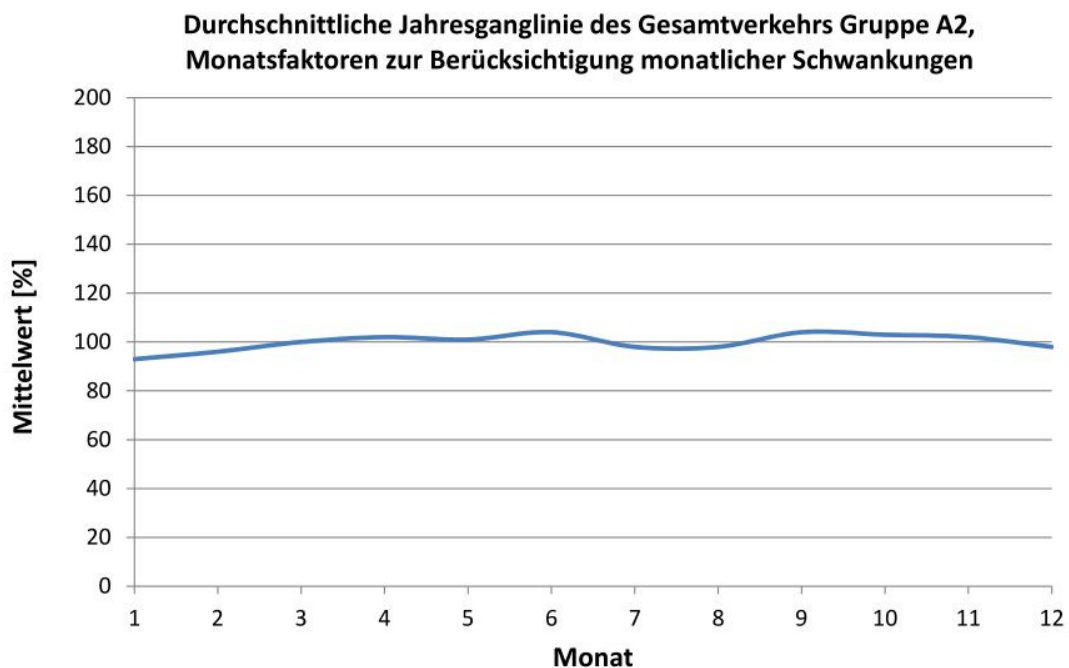


Abb. 2 Jahresganglinie A2.

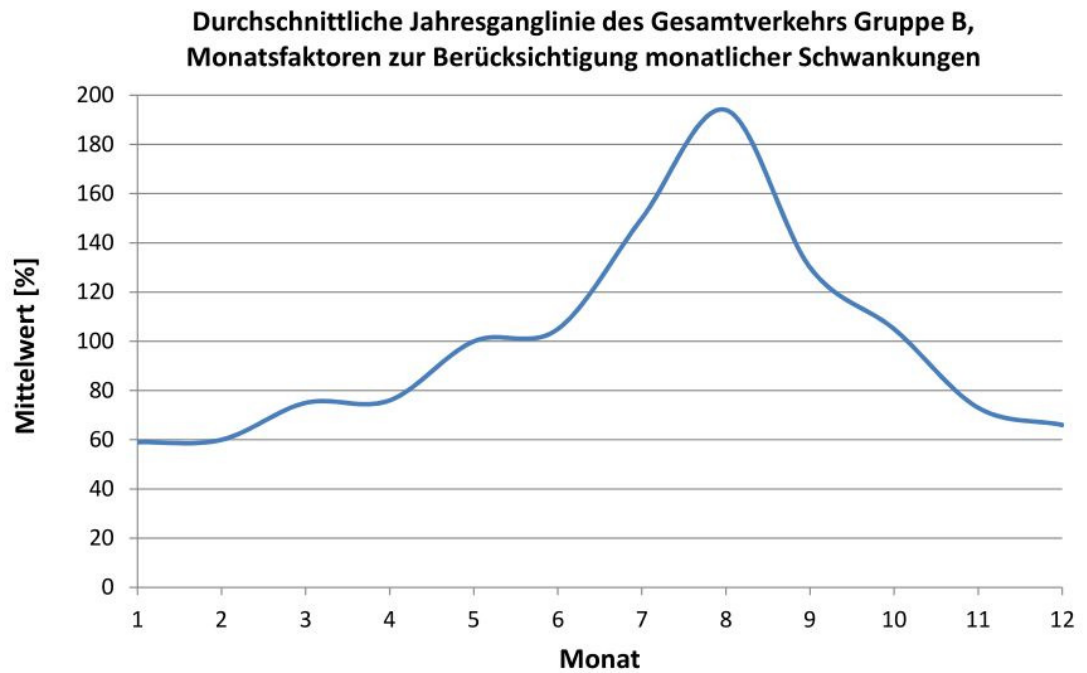


Abb. 3 Jahresganglinie B

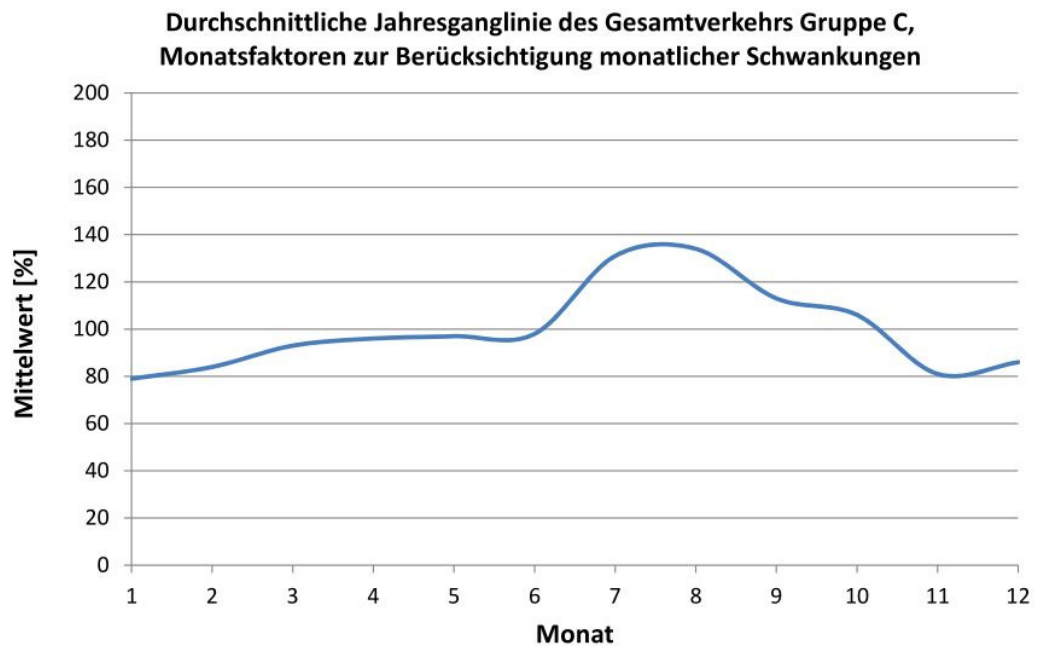


Abb. 4 Jahresganglinie C

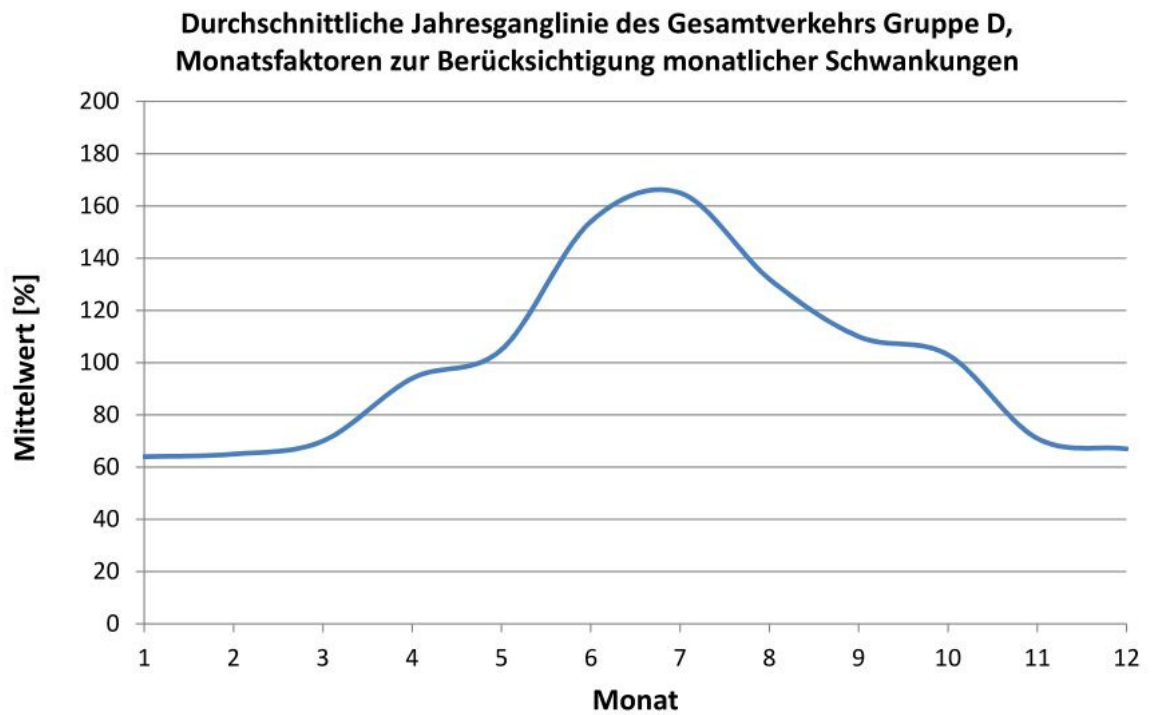


Abb. 5 Jahresganglinie D

II Ganglinien nach Pinkofski

II.1 Tagesganglinien

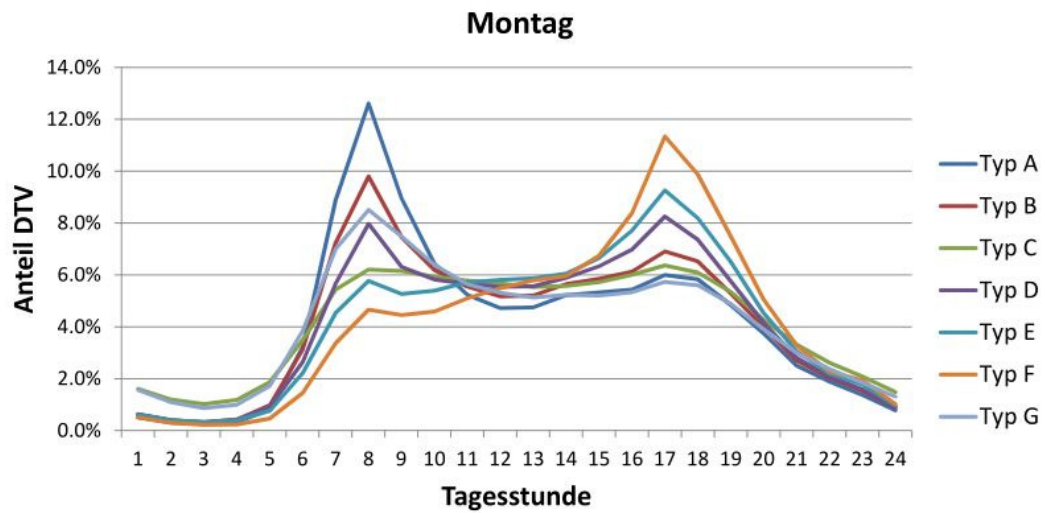


Abb. 6 Tagesganglinie Montag.

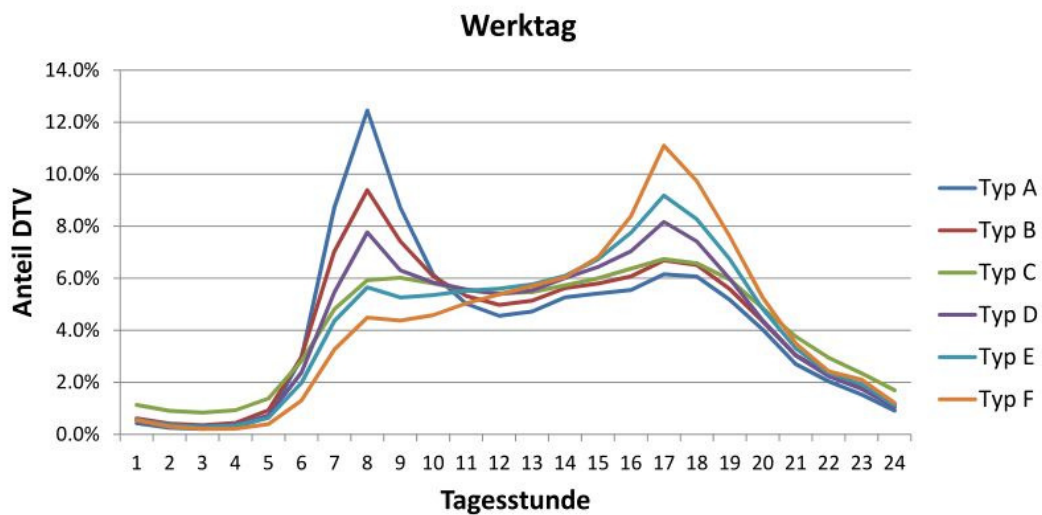
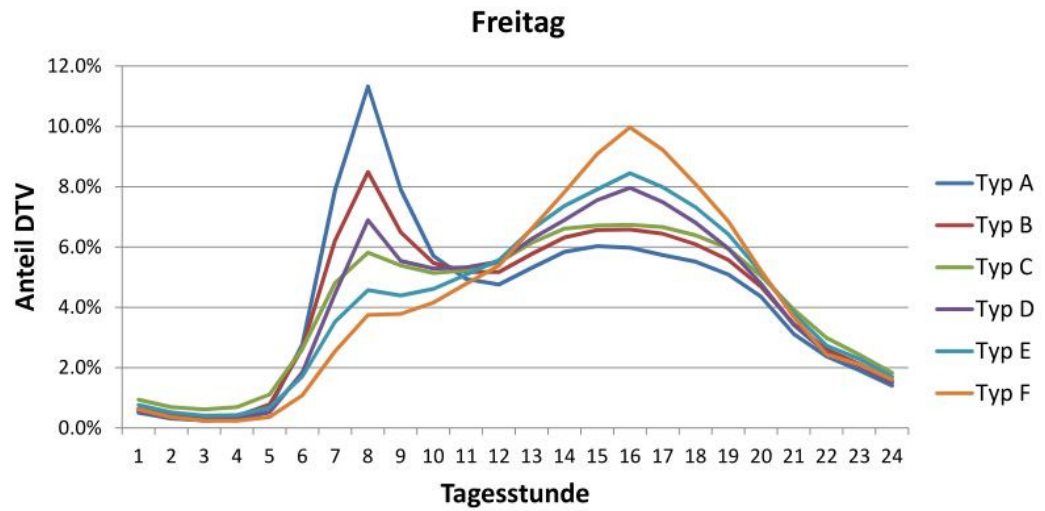
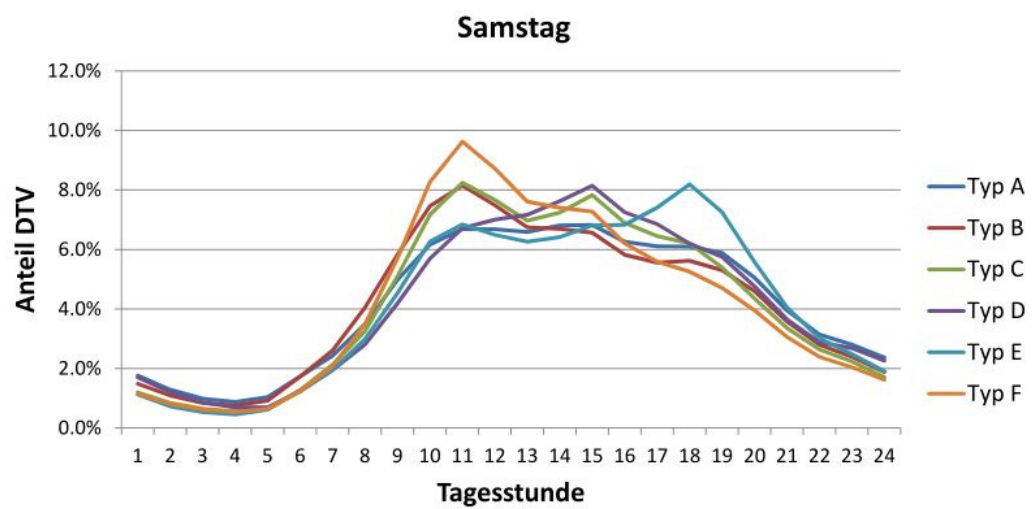


Abb. 7 Tagesganglinie Werktags Dienstag bis Donnerstags

**Abb. 8** Tagesganglinie Freitag**Abb. 9** Tagesganglinie Samstag

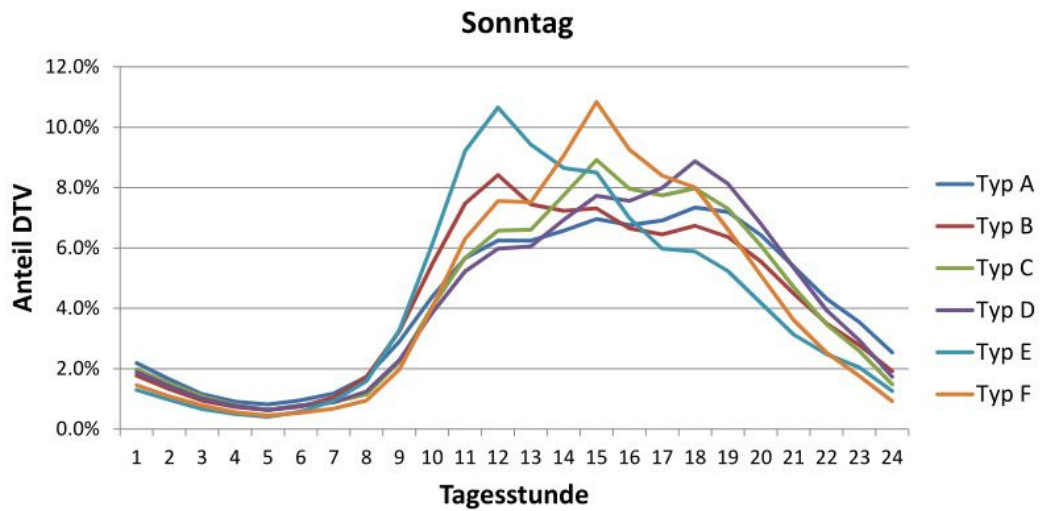


Abb. 10 Tagesganglinie Sonntag

II.2 Wochen und Jahresganglinien

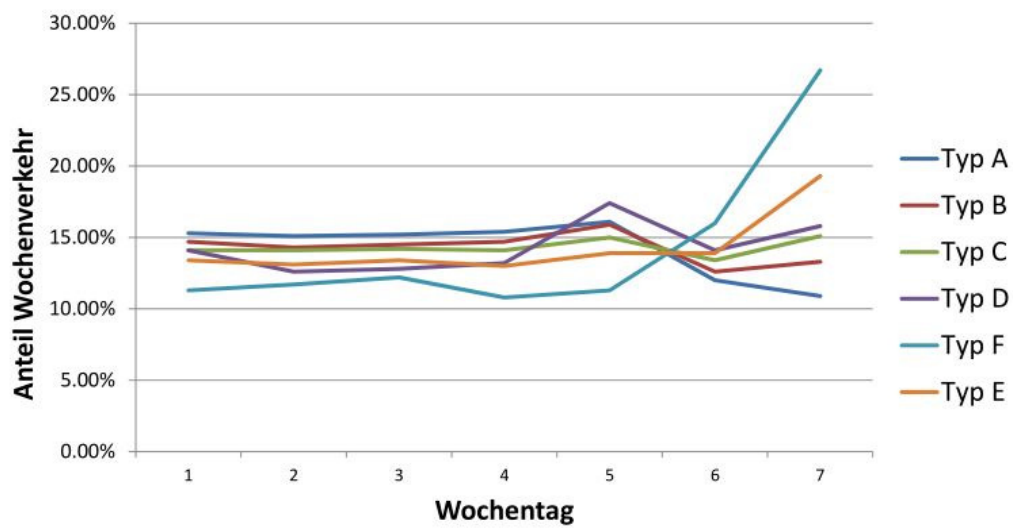


Abb. 11 Wochenganglinien

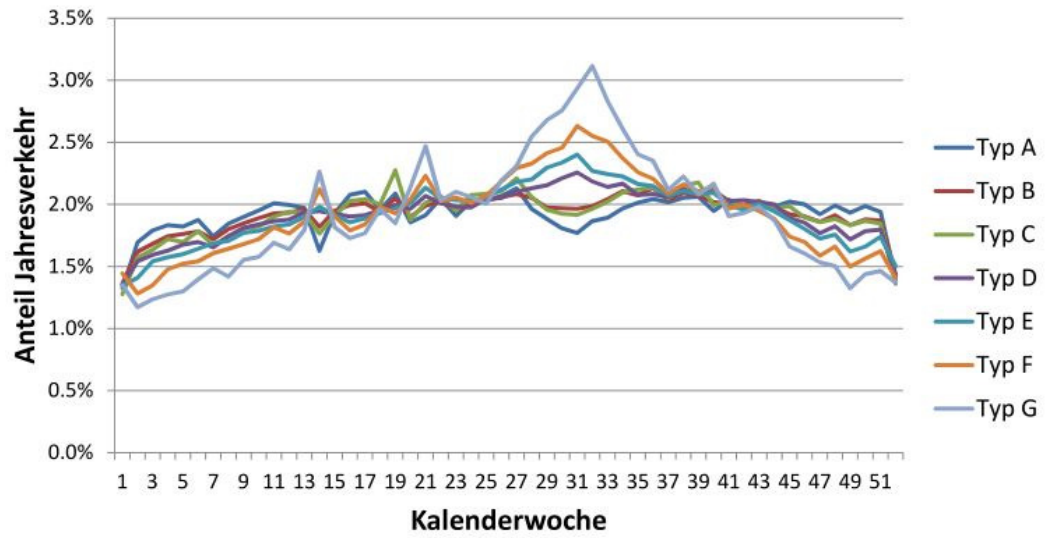


Abb. 12 Jahresganglinie.

III Vergleiche aller Kombinationen der Schweizer Normganglinie

III.1 Wochenganglinie 1

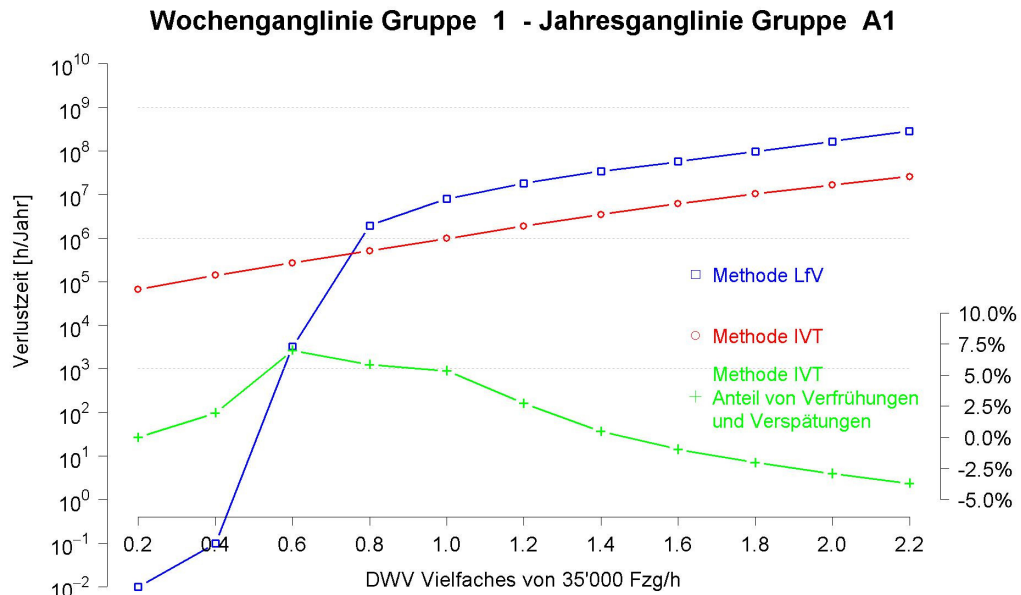


Abb. 1 Vergleich Gruppe 1 A1

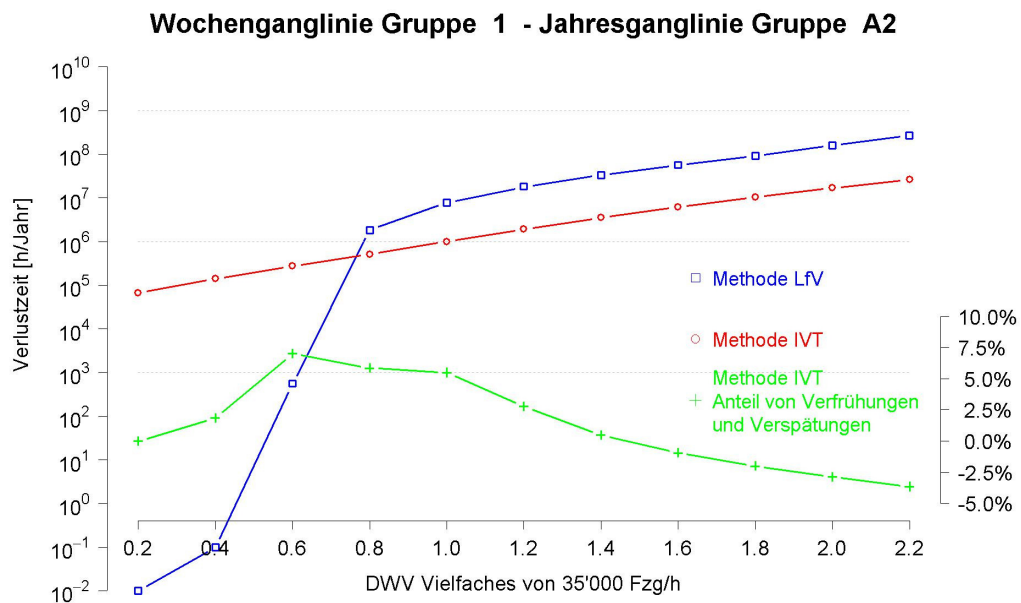
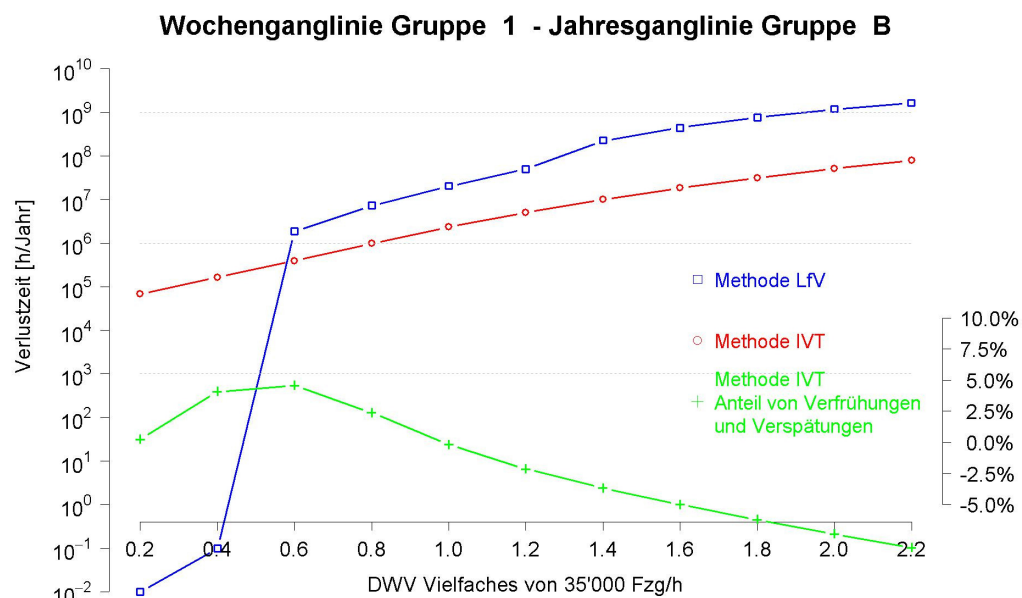
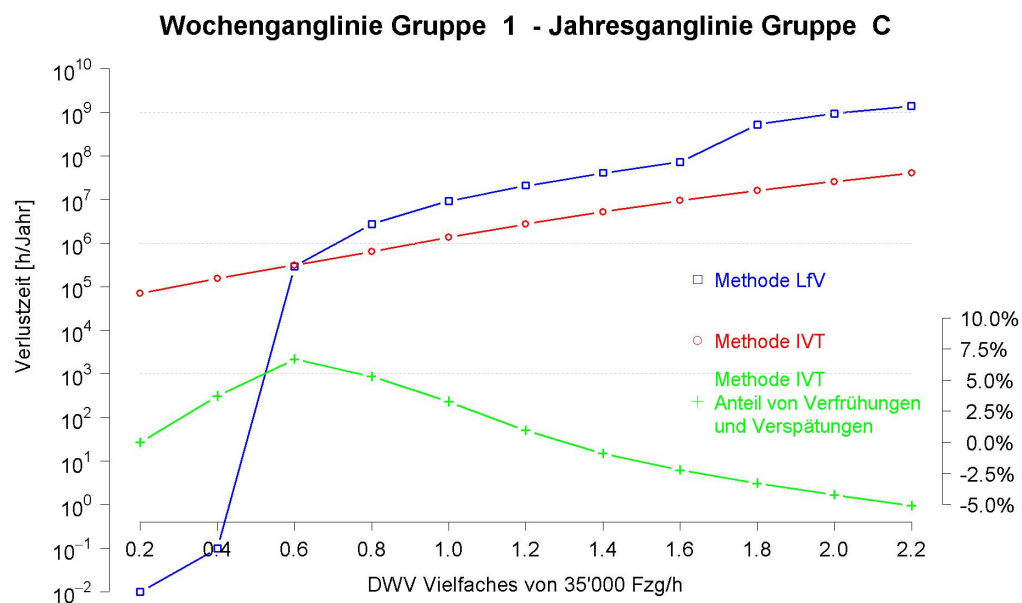


Abb. 2 Vergleich Gruppe 1 A2

**Abb. 3** Vergleich Gruppe 1 B**Abb. 4** Vergleich Gruppe 1 C

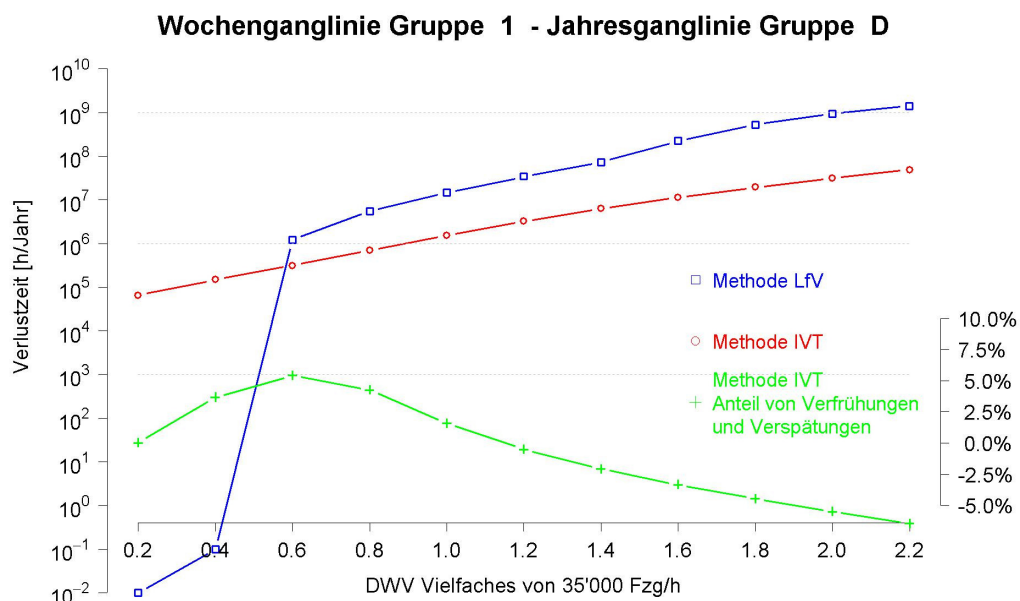


Abb. 5 Vergleich Gruppe 1 D

III.2 Wochenganglinie 2

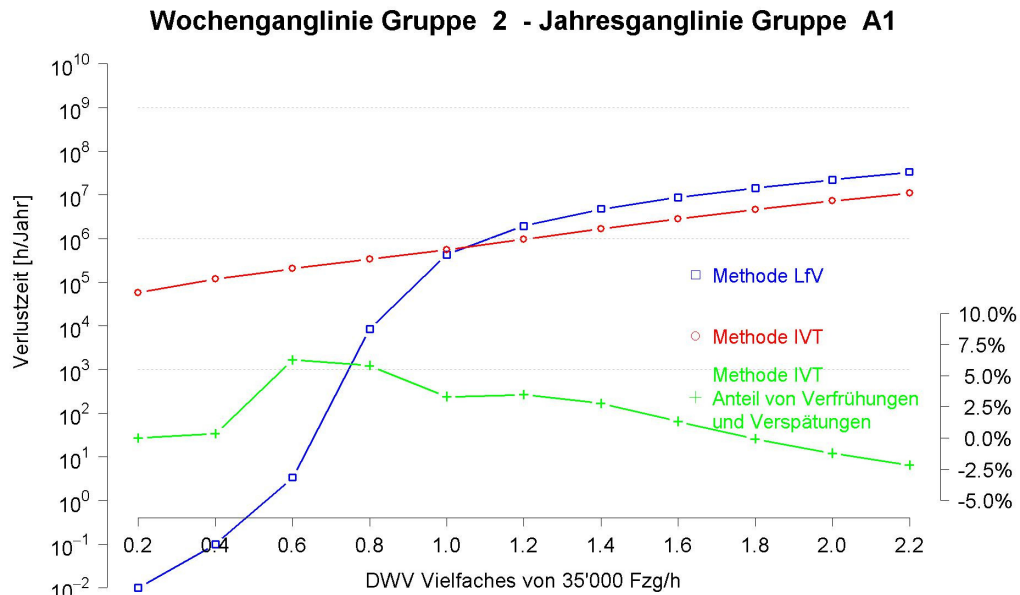


Abb. 6 Vergleich Gruppe 2 A1

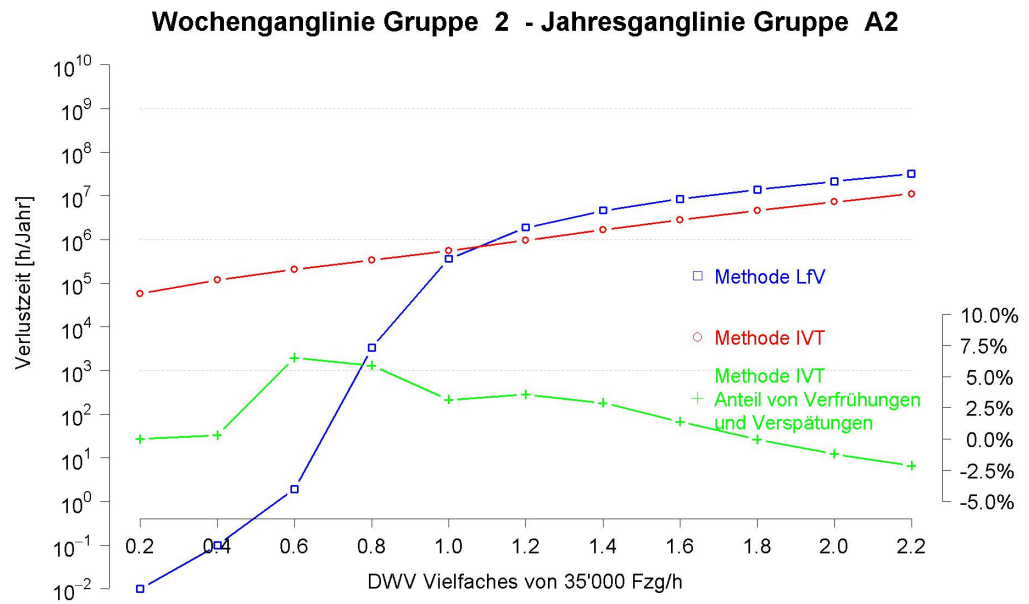


Abb. 7 Vergleich Gruppe 2 A2

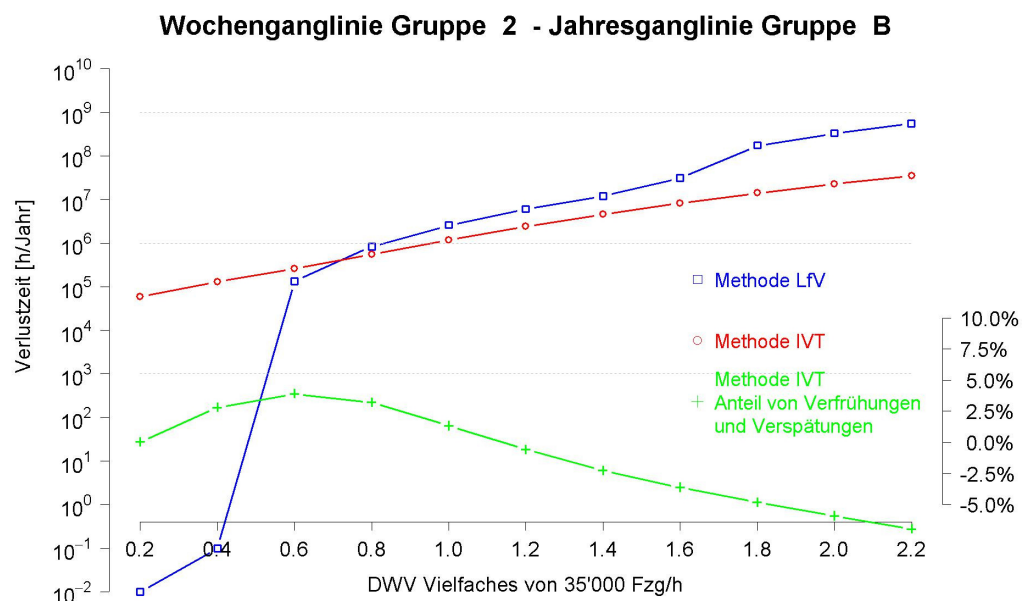
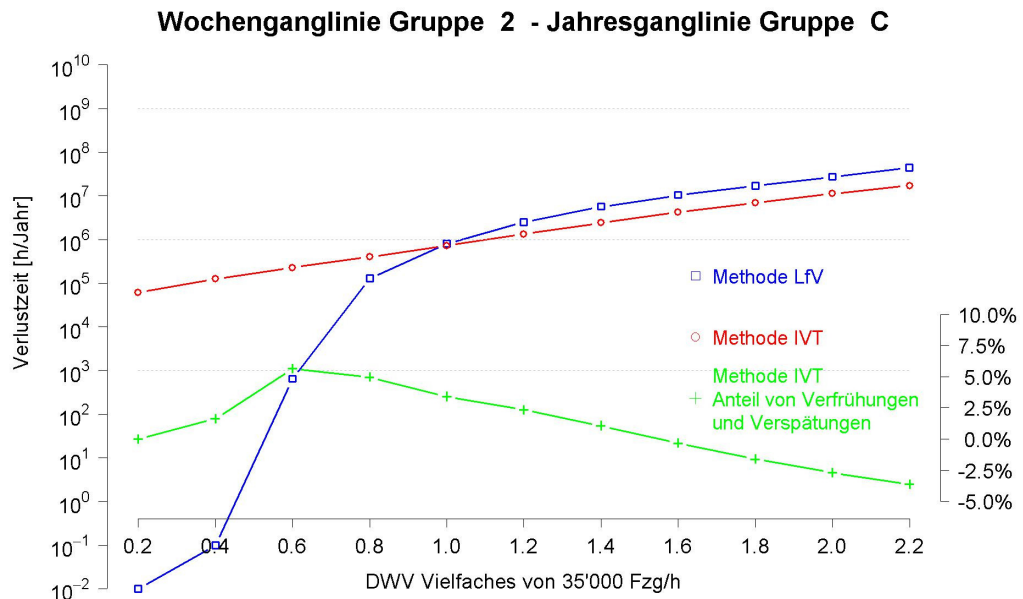
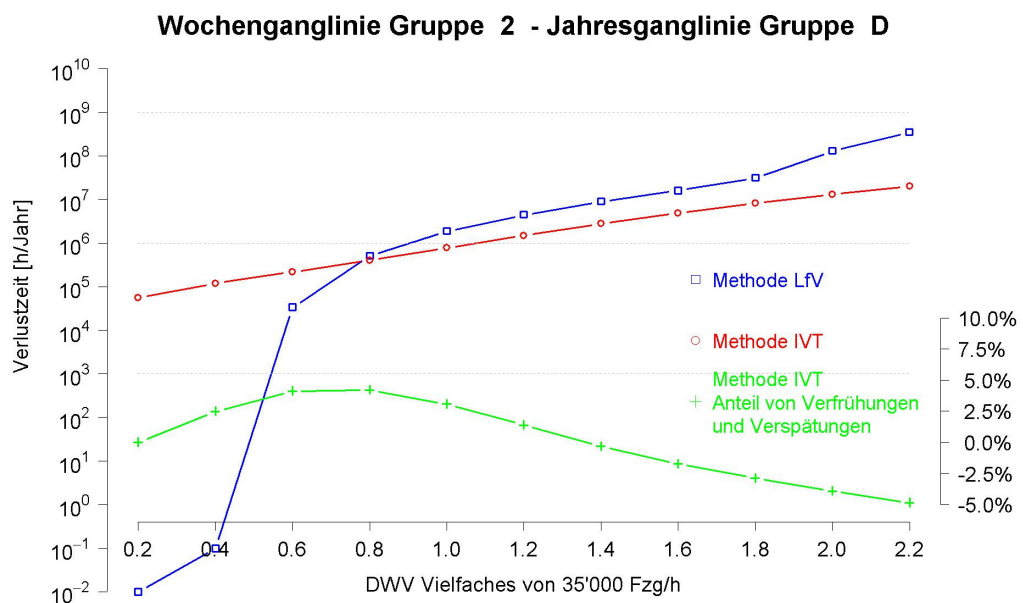


Abb. 8 Vergleich Gruppe 2 B

**Abb. 9** Vergleich Gruppe 2 C**Abb. 10** Vergleich Gruppe 2 D

III.3 Wochenganglinie 3

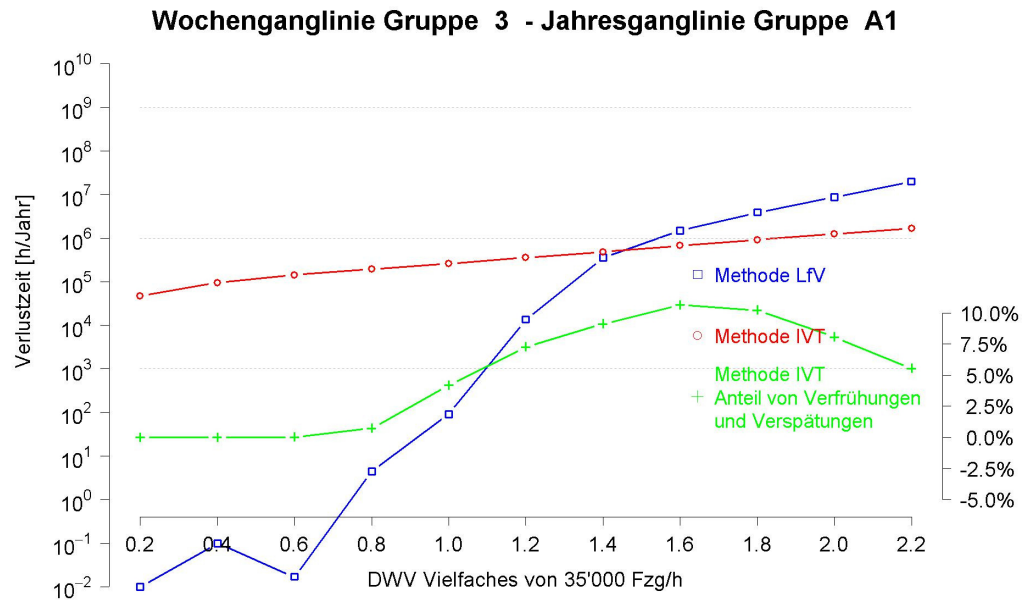


Abb. 11 Vergleich Gruppe 3 A1

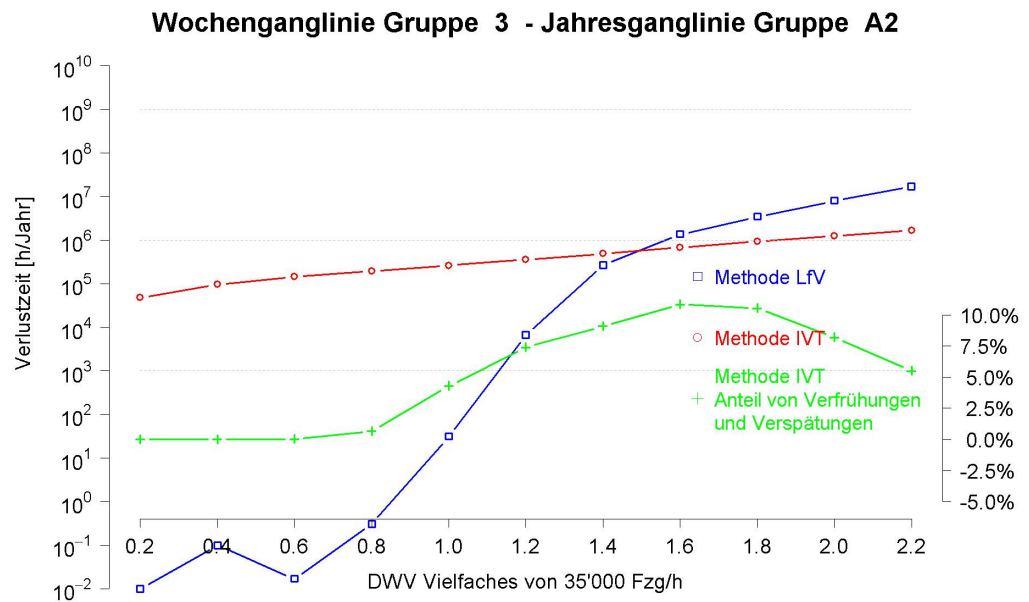
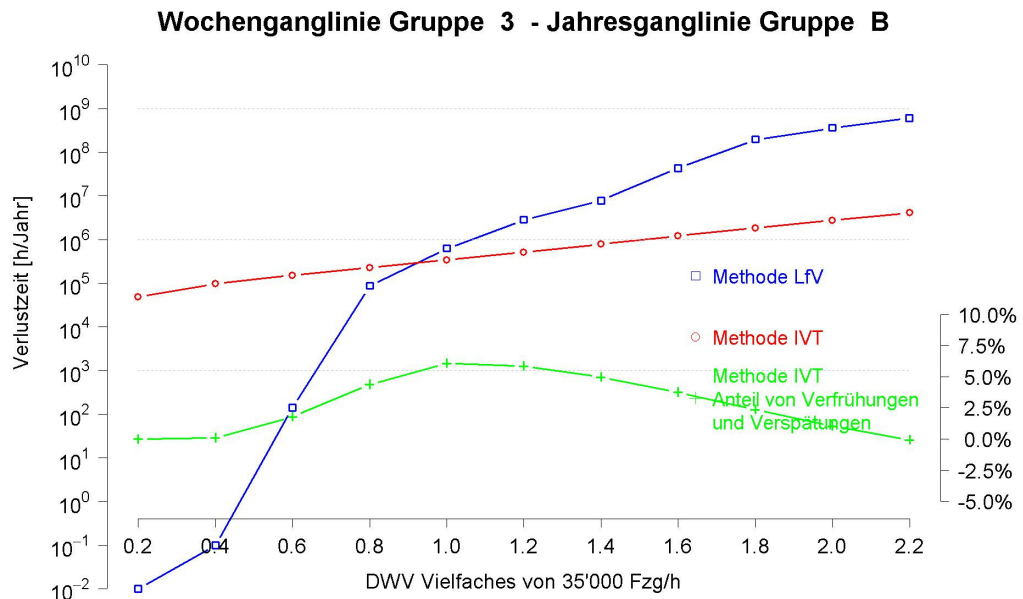
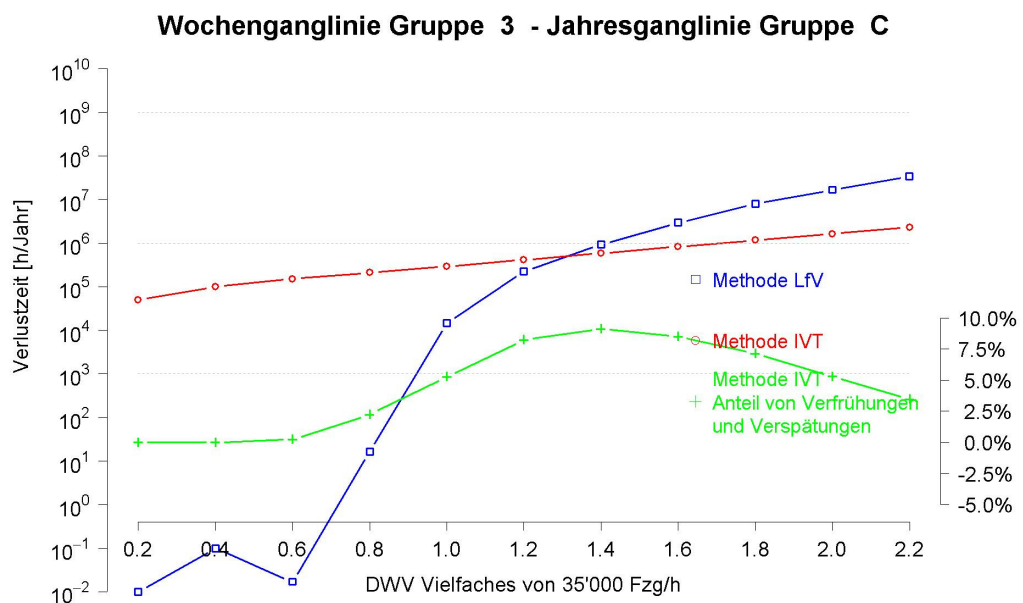


Abb. 12 Vergleich Gruppe 3 A2

**Abb. 13** Vergleich Gruppe 3 B**Abb. 14** Vergleich Gruppe 3 C

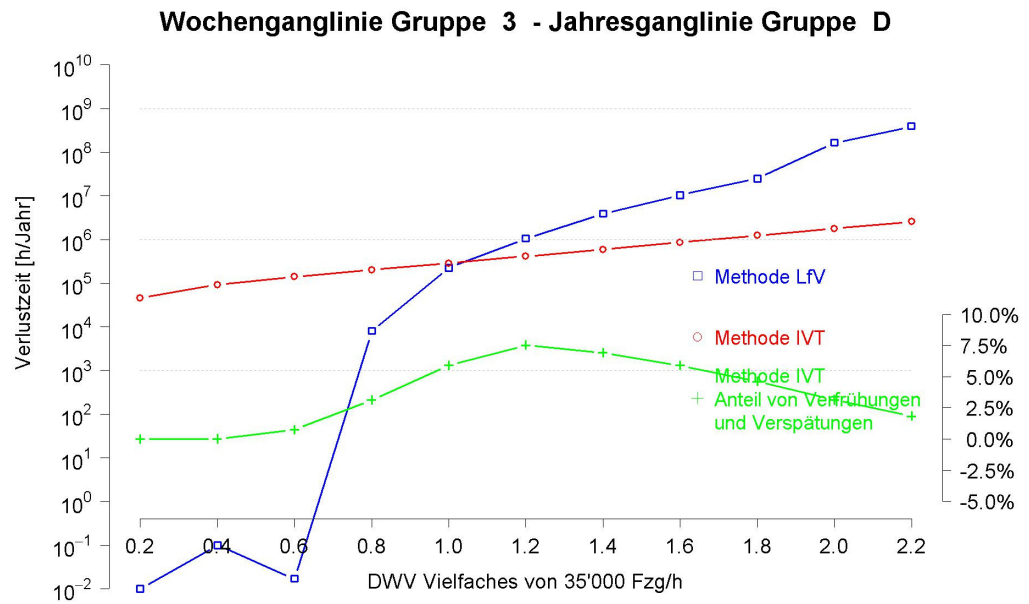


Abb. 15 Vergleich Gruppe 3 D

III.4 Wochenganglinie 4

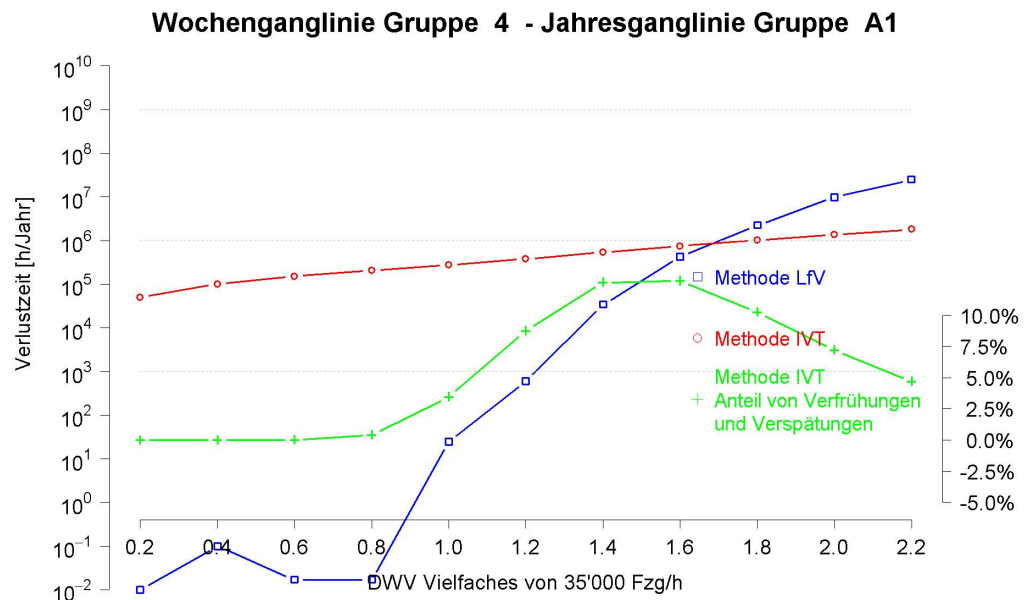
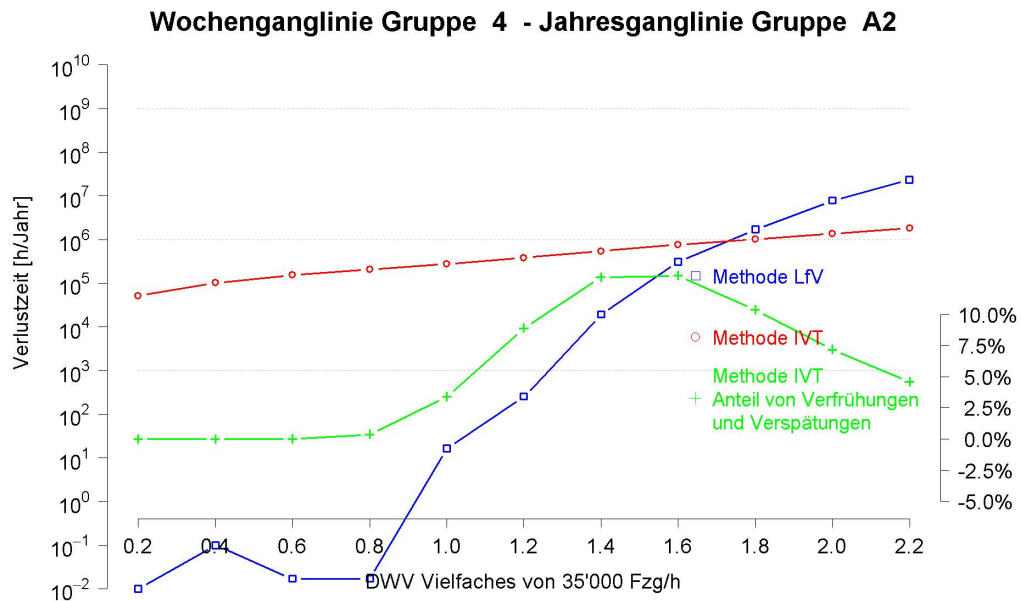
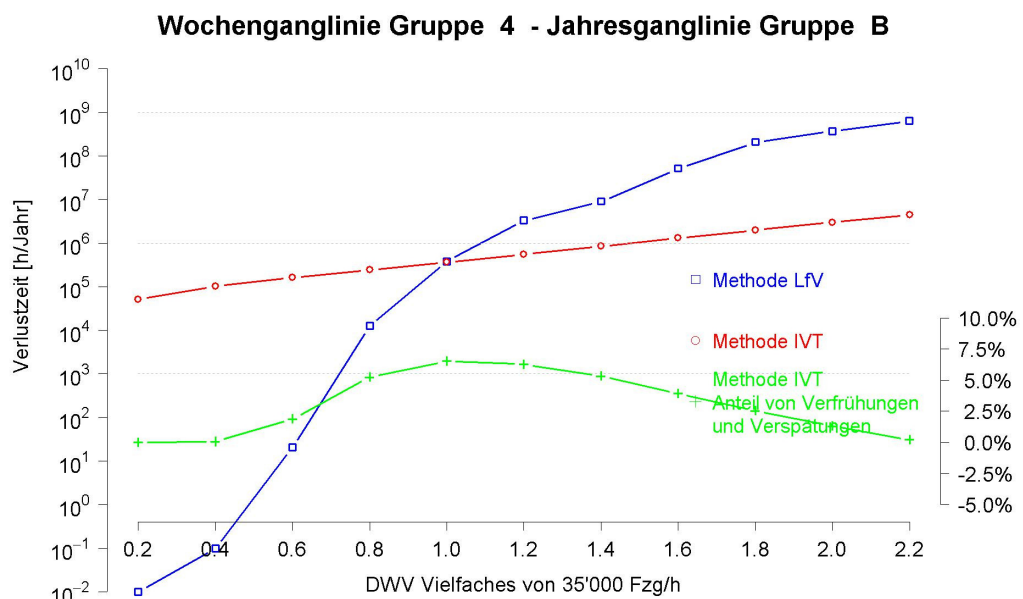


Abb. 16 Vergleich Gruppe 4 A1

**Abb. 17** Vergleich Gruppe 4 A2**Abb. 18** Vergleich Gruppe 4 B

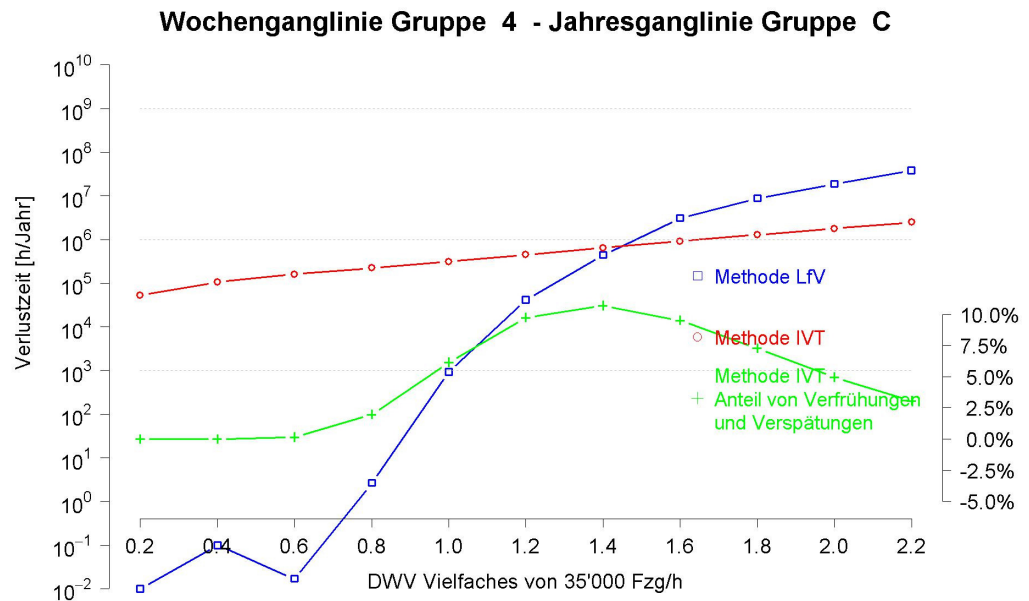


Abb. 19 Vergleich Gruppe 4 C

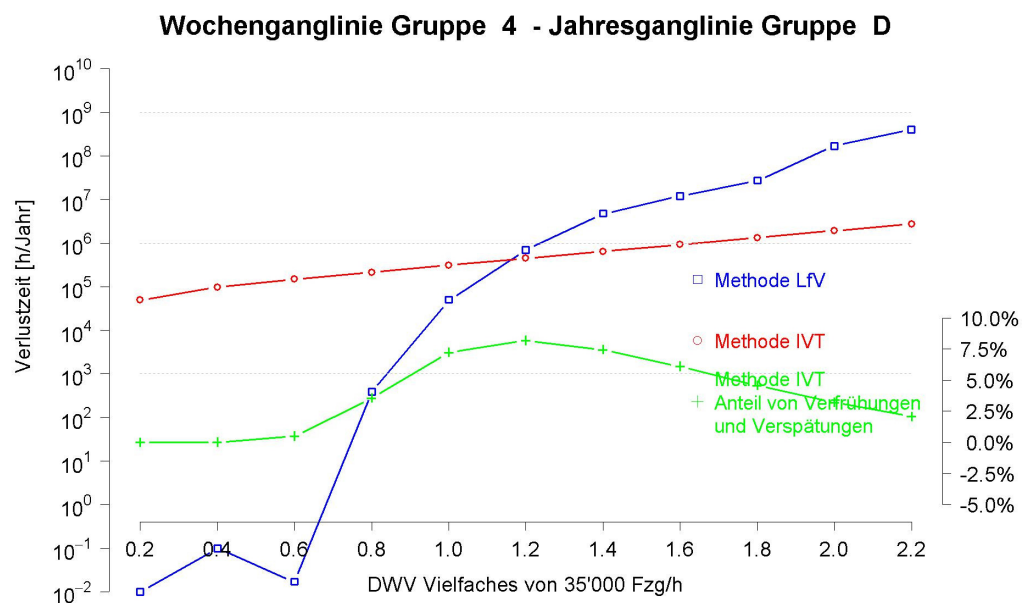


Abb. 20 Vergleich Gruppe 4 D

III.5 Wochenganglinie 5

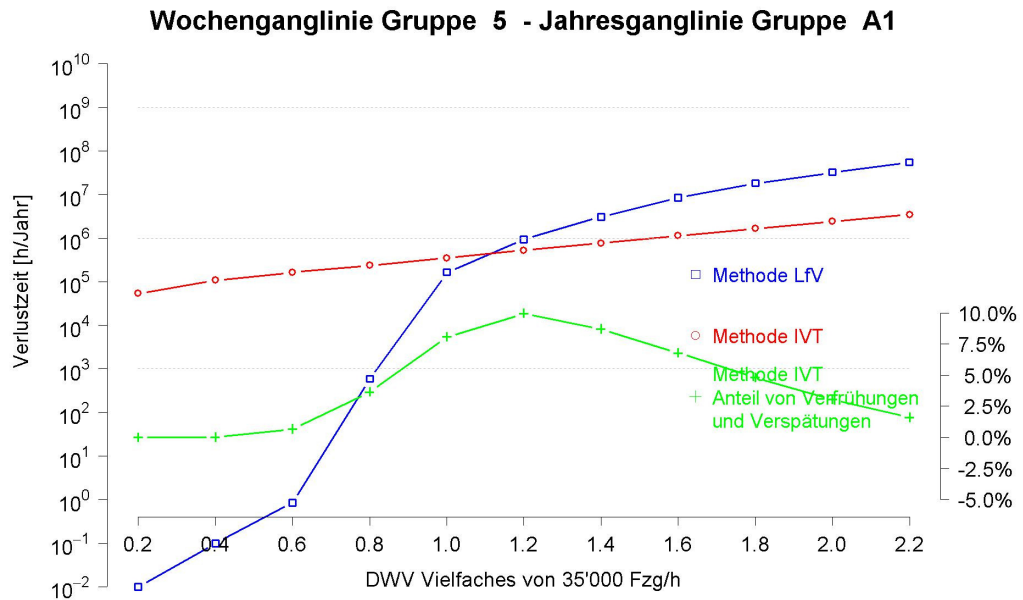


Abb. 21 Vergleich Gruppe 5 A1

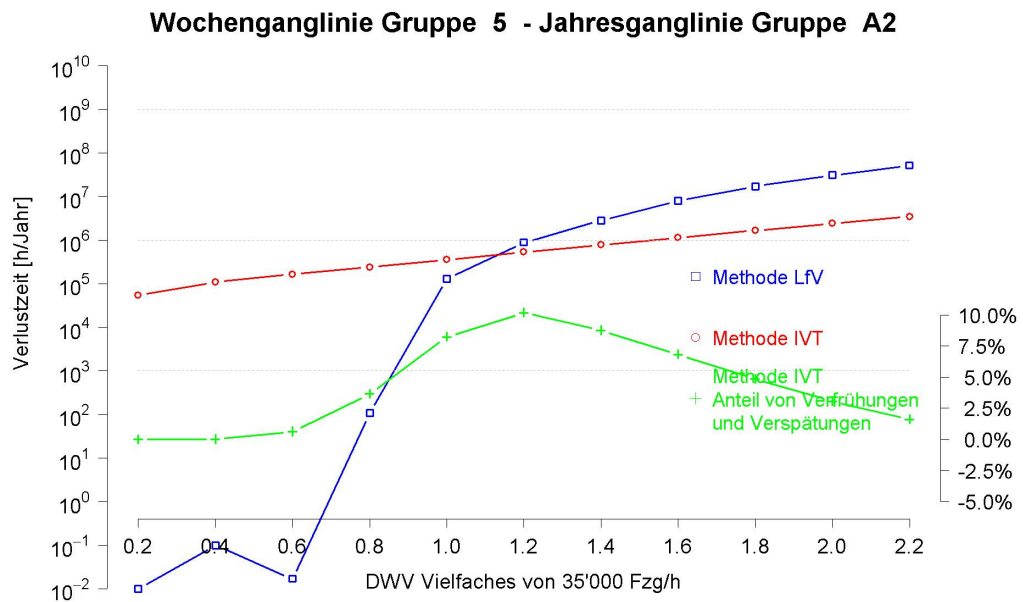


Abb. 22 Vergleich Gruppe 5 A2

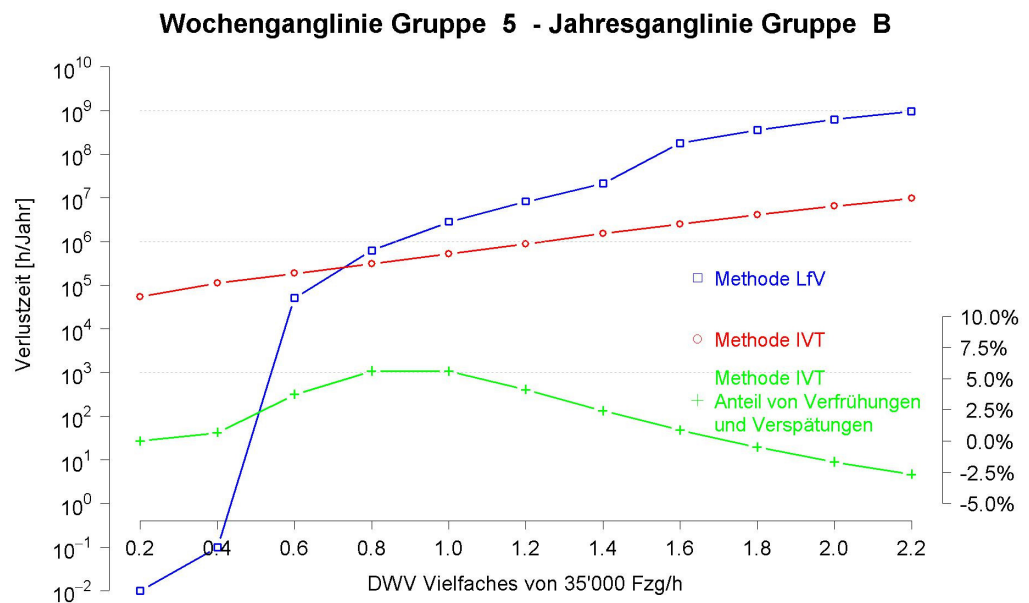


Abb. 23 Vergleich Gruppe 5 B

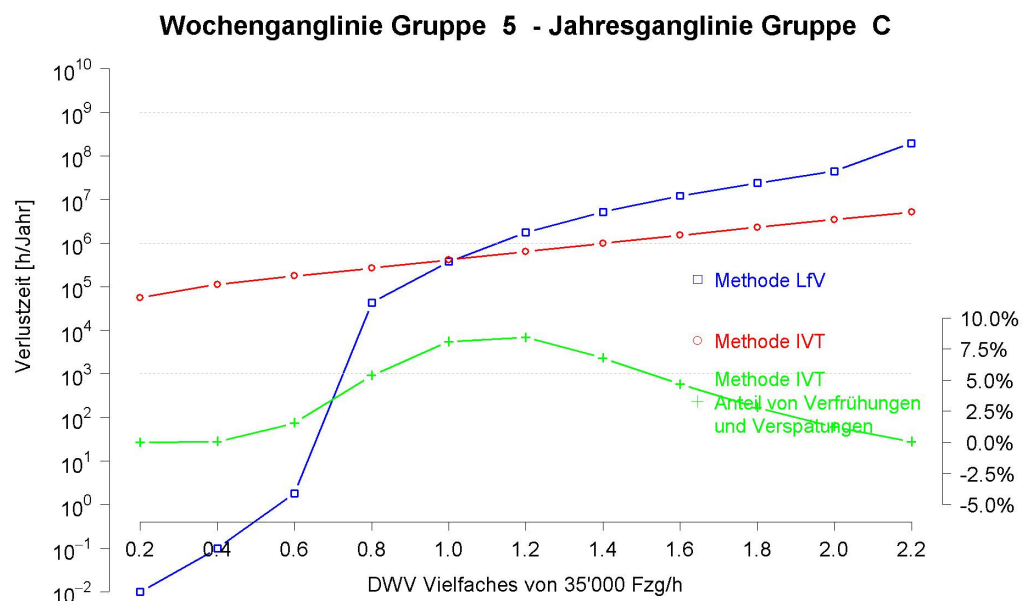


Abb. 24 Vergleich Gruppe 5 C

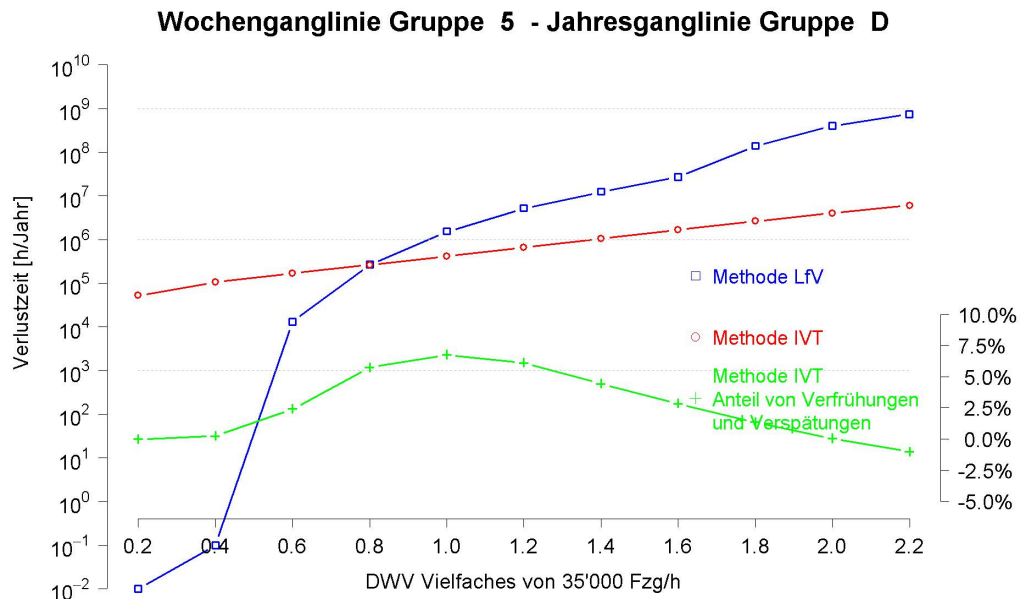


Abb. 25 Vergleich Gruppe 5 D

III.6 Wochenganglinie 6

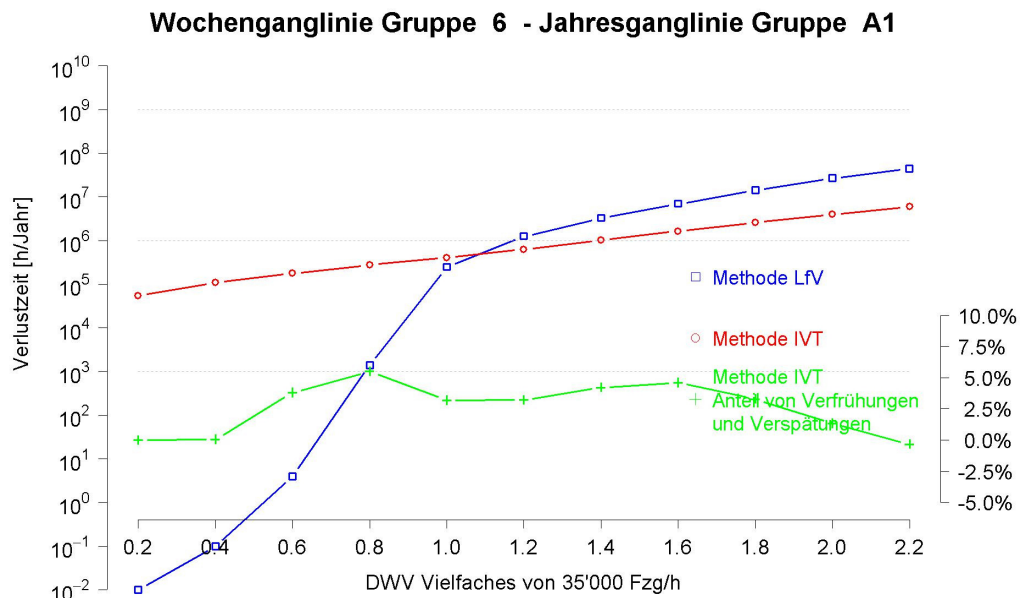


Abb. 26 Vergleich Gruppe 6 A1

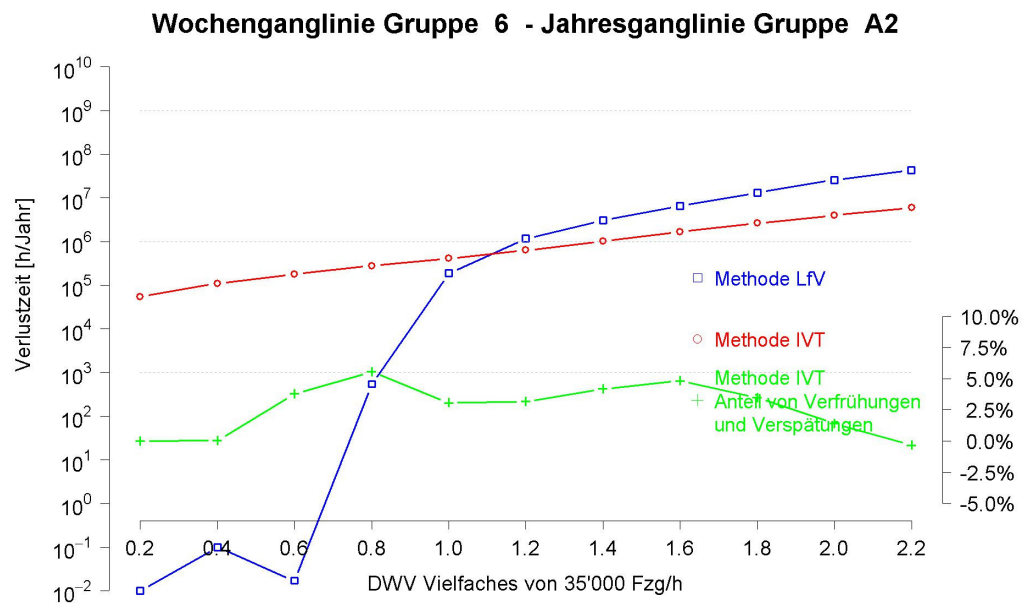


Abb. 27 Vergleich Gruppe 6 A2

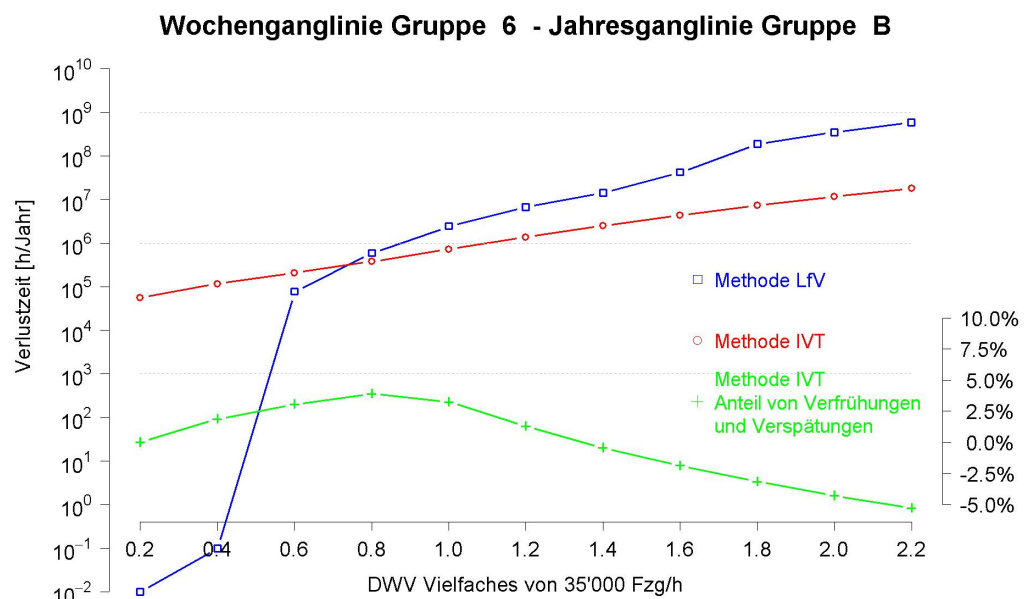
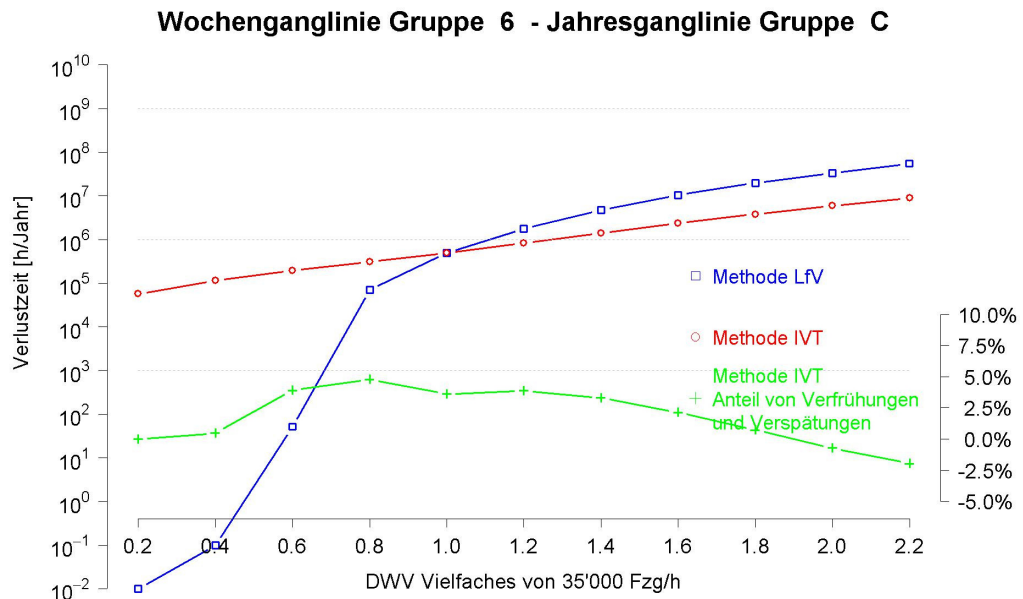
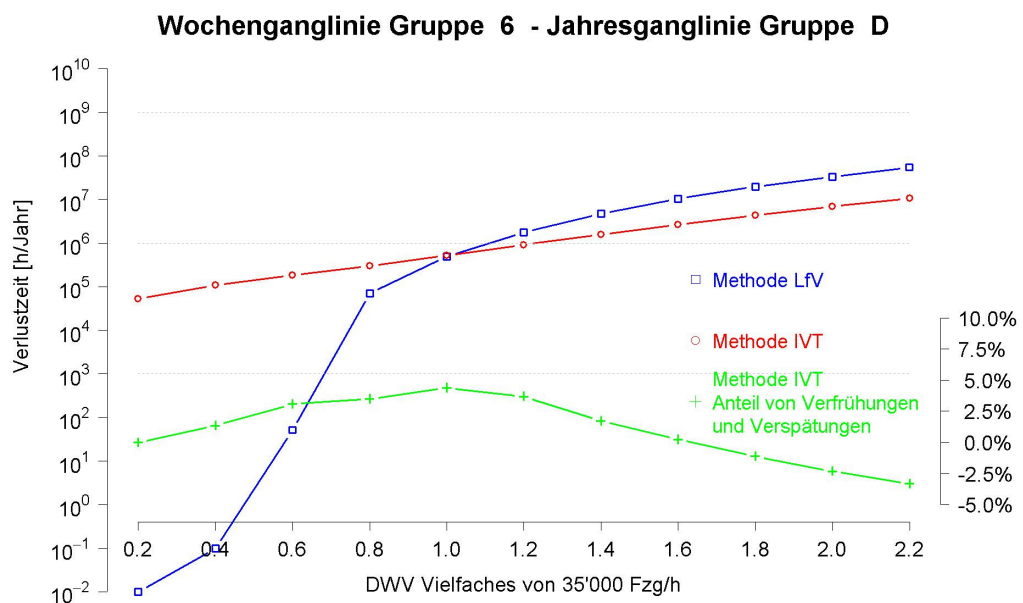


Abb. 28 Vergleich Gruppe 6 B

**Abb. 29** Vergleich Gruppe 6 C**Abb. 30** Vergleich Gruppe 6 D

III.7 Wochenganglinie 7

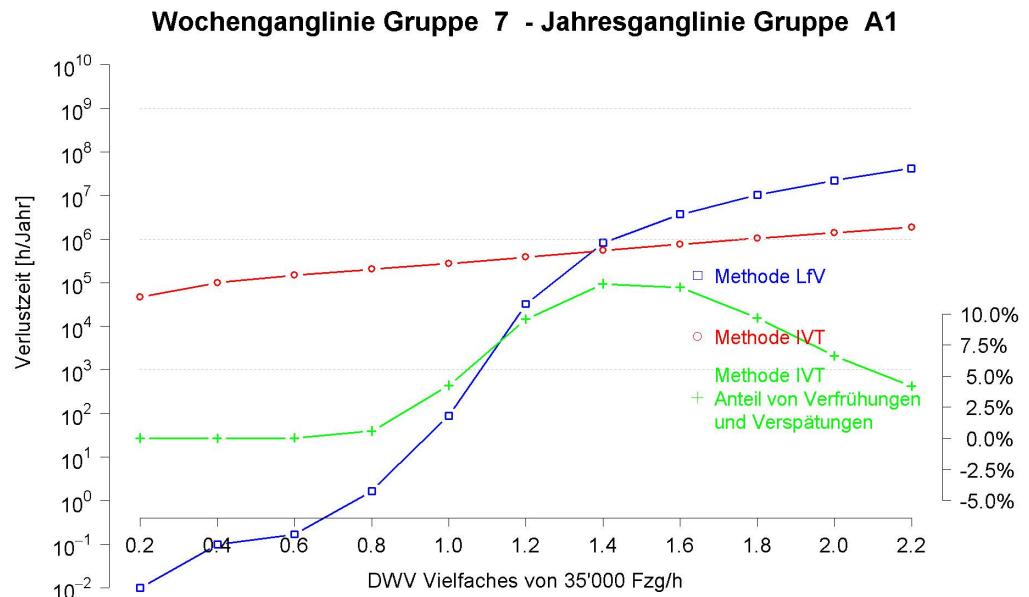


Abb. 31 Vergleich Gruppe 7 A1

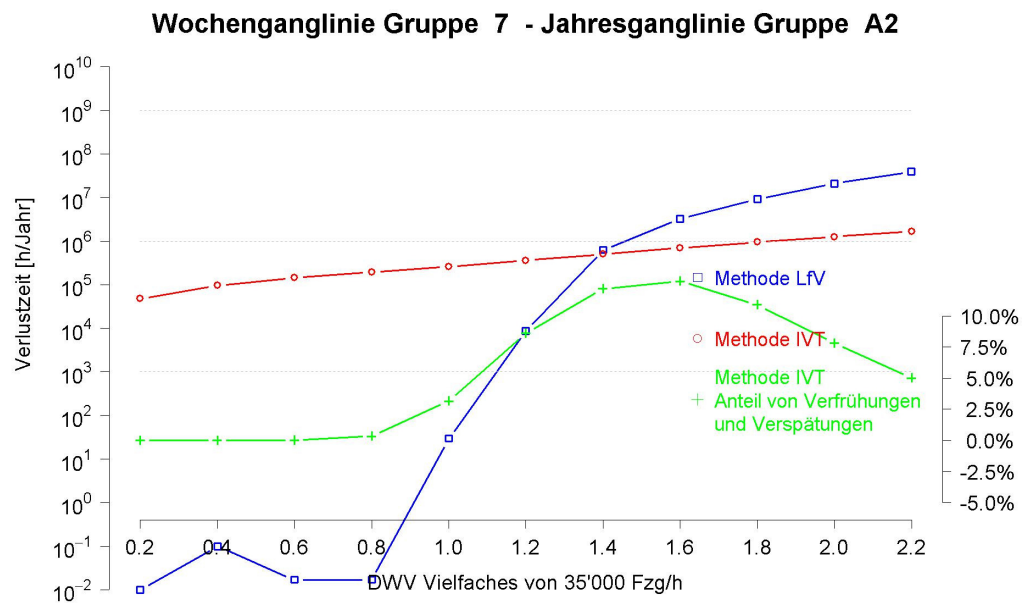
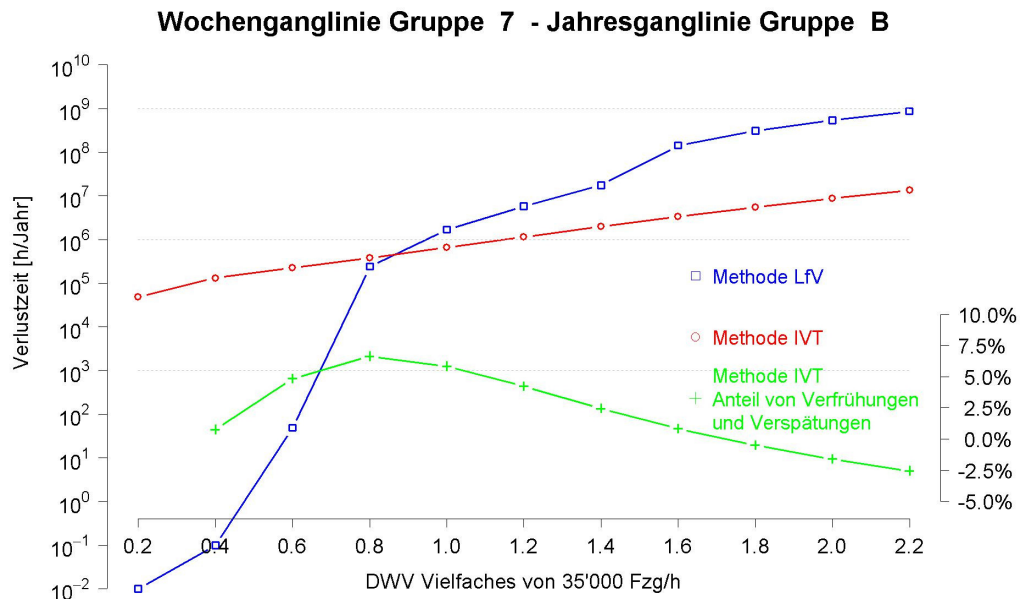
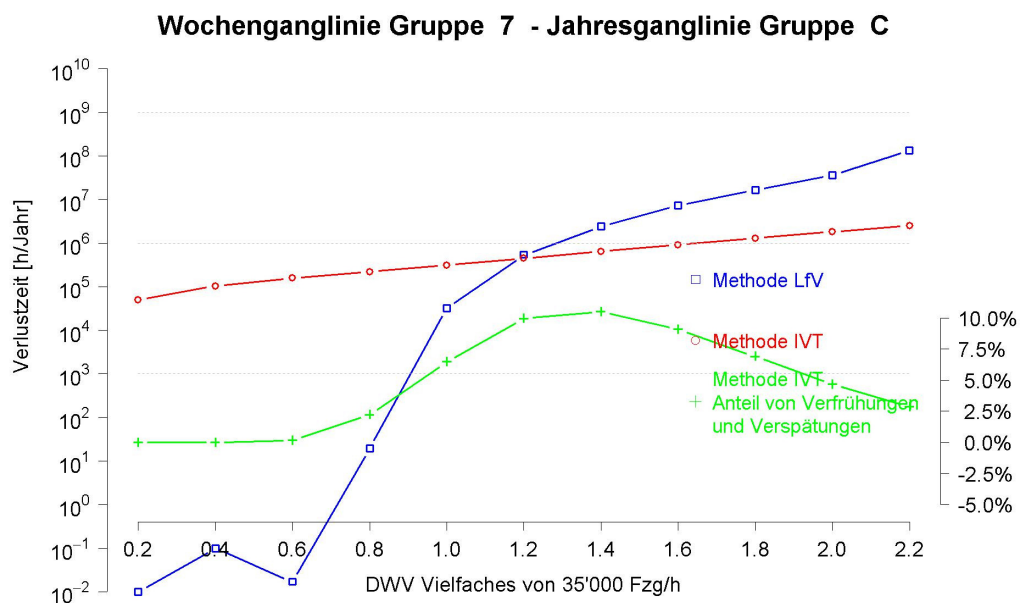


Abb. 32 Vergleich Gruppe 7 A2

**Abb. 33** Vergleich Gruppe 7 B**Abb. 34** Vergleich Gruppe 7 C

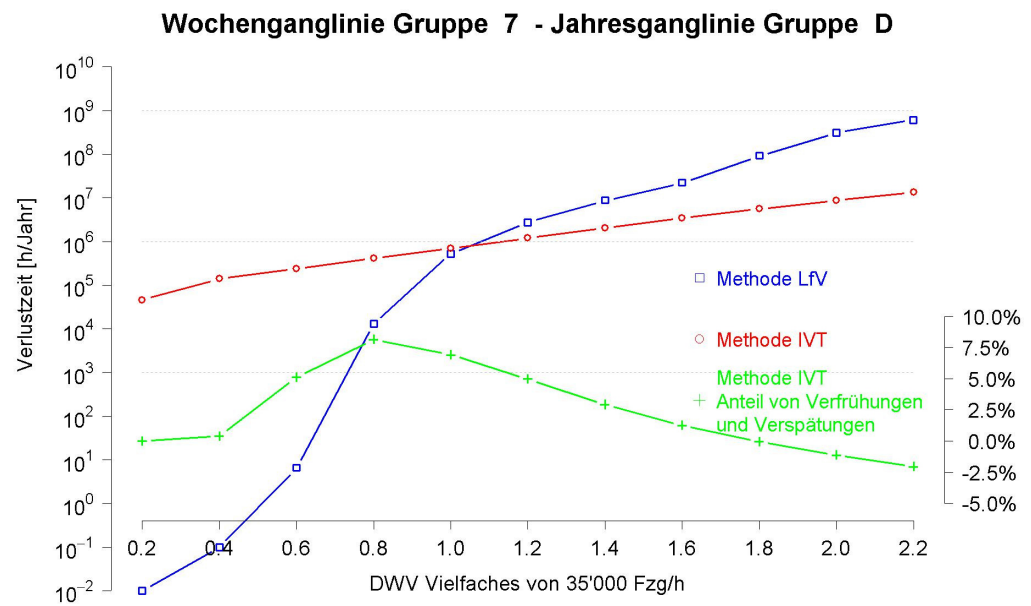


Abb. 35 Vergleich Gruppe 7 D

Literaturverzeichnis

-
- Bates, John (2012) Values of time and reliability in passenger and freight transport in The Netherlands, Report for the Ministry of Infrastructure and the Environment.
- Bernard, M. (2008) Entwicklung eines Bemessungskonzepts für Autobahnabschnitte unter Berücksichtigung der Zufallsgrößen Verkehrsnachfrage und Kapazität in der Risikoanalyse, Dissertation, ETH Zürich, Zürich.
- Brilon, W. und J. Geistefeldt (2007) Modellierung von Dauerlinien und Ganglinien der Verkehrsnachfrage im Autobahnnetz, Schlussbericht, *Technischer Bericht*, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bochum
- Brilon, W., J. Geistefeldt und H. Zurlinden (2007) Implementing the concept of reliability for highway capacity analysis, *Transportation Research Record*, **2027**.
- Brilon, W., H. Zurlinden und J. Geistefeldt (2004) Ganzjahresanalyse des Verkehrsflusses auf Autobahnen, *Strassenverkehrstechnik*, **11**.
- BVU und TNS Infratest (2014) Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, Vorläufiger Endbericht.
- Fröhlich, P., C. Weis, M. Vrtic, P. Widmer und P. Aemisegger (2014) Einfluss der Verlässlichkeit der Verkehrssysteme auf das Verkehrsverhalten, Forschungsbericht SVI 2010/003, Schriftenreihe des UVEK, xxxx, Bern (noch nicht publiziert).
- Pinkofsky, L. (2006) Typisierung von Ganglinien der Verkehrsstärke und ihre Eignung zur Modellierung der Verkehrsnachfrage, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig.
- VSS (2010) Ganglinientypen und durchschnittlicher werktäglicher Verkehr, Norm, SN 640 005b, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich.
- VSS (2009) Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr, Norm, SN 641 822, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich.
- VSS (2007) Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Güterverkehr, Norm, SN 641 823, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich.
- VSS (in Vorbereitung) Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Bewertung von Zuverlässigkeit auf Nationalstrassen und Bemessungsempfehlung von Nationalstrassen, Norm, SN 641 825a, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich
- VSS (2014) Excel Programm zur Anwendung der Norm SN 641 825a, www.vss.ch, Schweizerischer Verband der Strassen – und Verkehrsfachleute, Zürich
-

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

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 30.11.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: 2011/103

Projekttitel: Bemessungsverkehrsstärken: Ein neuer Ansatz

Enddatum: 31.12.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Im Rahmen des Projekts wurde eine neue Methode zur Dimensionierung und Bewertung von Hochleistungsstrassen analysiert und in ein Excel-Programm implementiert. Die für die Bemessung massgebenden Verkehrsstärken leiten sich dabei von ganzjährigen stündlichen Ganglinien ab und ergeben ganzjährige generalisierte Kosten eines Hochleistungsabschnittes, welche zur Bewertung in einer KNA oder zur Dimensionierung gebraucht werden.

Im erstellten Excel-Programm können Messwerte für den zu analysierenden Abschnitt eingegeben werden, sowie weitere Kennzahlen wie Kapazität oder Zeitwerte. Das Programm ermittelt automatisch die zugehörige stündliche Jahresganglinie nach Schweizer Norm und die entsprechenden generalisierten Kosten. Es ist benutzerfreundlich ausgelegt und ist bereit für die Nutzung durch Planer in der Praxis.

Die zu Grunde liegende Methode, entwickelt von Bernard am IVT der ETH Zürich, wurde für alle Norm-Ganglinien und für eine grosse Spanne von Verkehrsnachfrage getestet und mit einer in Deutschland entwickelten Methode welche auf einem Warteschlangensystem beruht, verglichen. Die Resultate zeigen ähnliche Verläufe der Methoden, mit Unterschieden bei kleiner Nachfrage (höhere generalisierte Kosten bei der Methode IVT) und sehr grosser Nachfrage (höhere GK bei Deutscher Methode). Die hier getestete Methode IVT ergibt konsistente und für die Dimensionierung geeignetere Resultate, weshalb sie für Anwendungen in der Schweiz und für die Implementierung in die entsprechende Schweizer Norm zur Verlässlichkeit empfohlen wird.

Im Rahmen des Projektes wurde ein Forschungsbericht erstellt welcher die Resultate zusammenfasst und eine Bedienungsanleitung des Excel-Programms enthält, sowie ein wissenschaftliches Paper geschrieben das auf Englisch in der amerikanischen Zeitschrift "Transport Research Record" erscheinen wird.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Ziele wurden erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Excel Lösung ist stabil, bedarf aber der Pflege. Es stellt sich wie beim Werkzeug zur Ganglinien-Norm die Frage, inwieweit und wie schnell man auf eine Cloud-basierte Lösung wechseln sollte, um allfällige Verbesserungen und Datenbasen zentral zur Verfügung stellen zu können.

Publikationen:

Forschungsbericht: "Schlussbericht Forschungsprojekt Astra - Bemessungsverkehrsstärken: Ein neuer Ansatz."

Paper in Transport Research Record: "Comparison of estimates of travel time losses on high capacity roads"

Die Excel-Datei steht beim VSS zur Verfügung.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Axhausen

Vorname: Kay

Amt, Firma, Institut: IVT, ETH Zürich

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



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

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Exceldatei und Forschungsbericht liegen vor und entsprechen dem Forschungsauftrag und den Wünschen der Begleitkommission. Entsprechend den Vorgaben liefert die Methode Werte für die erwartete Fahrzeit in Abhängigkeit von der von Leistungsfähigkeit und Belastung eines Strassenabschnittes und damit von der Zusammenbruchswahrscheinlichkeit des Verkehrs und erlaubt deren Bewertung.

Umsetzung:

Das Werkzeug zur Implementierung des neuen Ansatzes zu den Bemessungsverkehrsstärken liegt vor, wie auch der Forschungsbericht mit den Tests und Vergleichsergebnissen.

weitergehender Forschungsbedarf:

Das jetzige Werkzeug wendet die Methode Bernard auf einen Hochleistungs-Strassenabschnitt an. Ein Ausbau der Software zur einfachen, parallelen Berechnung von mehreren Abschnitten/Varianten wurde vorgeschlagen.

Einfluss auf Normenwerk:

Auf Grund der Resultate wird die Norm zur Verlässlichkeit SN 641 825 überarbeitet. Das Excel-Programm erleichtert die Anwendung dieser komplexen Methode wesentlich.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Lüking

Vorname: Jost

Amt, Firma, Institut: R+R Burger und Partner AG

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Dr. Jost Lüking

Digital unterschrieben von Dr. Jost Lüking
DN: cn=Dr. Jost Lüking, o=R+R Burger und Partner AG, ou, email=lueking@rag.ch, c=CH
Datum: 2015.03.31 16:16:18 +02'00'

Bernhard OEHRY
Präsident FLI

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Foundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektionierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Vieillissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrropsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDA in SVT Einsatz modellbasierter Datentransfornormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kapthaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post- tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009