



Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren

Prospects and limits of contra-flow bus lanes

**Réserver une voie aux bus par régulation dynamique des
feux: possibilités et limites**

Rapp Trans AG
Dr. Florian Harder, dipl. Geogr.
Mario Mohr, dipl. Geogr.
Thorsten Koy, dipl. Ing. ETH
Yves Gasser, dipl. Geomatiking. ETH
Graciela Christen, dipl. Ing.

**Forschungsauftrag SVI 2007/022 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

November 2012

1388

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten 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 l' (les) auteur(s) mandaté(s) par 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)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

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

The content of this report engages only the author(s) commissioned 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)



Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren

Prospects and limits of contra-flow bus lanes

**Réserver une voie aux bus par régulation dynamique des
feux: possibilités et limites**

Rapp Trans AG
Dr. Florian Harder, dipl. Geogr.
Mario Mohr, dipl. Geogr.
Thorsten Koy, dipl. Ing. ETH
Yves Gasser, dipl. Geomatiking. ETH
Graciela Christen, dipl. Ing.

**Forschungsauftrag SVI 2007/022 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Mario Mohr, dipl. Geogr.

Mitglieder

Dr. Florian Harder, dipl. Geogr.

Thorsten Koy, dipl. Ing. ETH

Yves Gasser, dipl. Geomatiking. ETH

Graciela Christen, dipl. Ing.

Begleitkommission

Präsident

Dr. Arnd König, Amt für Verkehr, Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich

Mitglieder

Hans-Ulrich Erb, Erb + Partner AG, Winterthur

Werner Glünkin, Amt für Energie und Verkehr Graubünden, Chur

Werner Lendenmann, Baudepartement des Kantons St. Gallen

Peter Schoop, Metron Verkehrsplanung AG, Brugg

Karl Vogel, Tiefbauamt, Stadt Luzern

Cyrill Weber, Zugerland Verkehrsbetriebe AG

Günter Weber, Bahn + Bus Beratung AG 3B

Andreas Zogg, Kantonspolizei Zürich

KO-Finanzierung des Forschungsauftrags

PostAuto Schweiz AG, Region Graubünden

„Studie Busbeschleunigung Lenzerheide – Chur“

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	6
Résumé	8
Summary	10
 1 Ausgangslage und Fragestellung	 13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Ziel des Forschungsprojektes	13
1.3 Notwendigkeit	14
1.4 Definitionen und Abgrenzungen	14
1.5 Vorgehensweise	15
2 Phase 1: Übersicht Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungen	17
2.1 Literaturrecherche und Befragungen	17
2.2 Anwendungsfälle	18
2.2.1 Chamerstrasse, Zug (Richtungswechselbetrieb)	18
2.2.2 Langstrasse, Zürich (Richtungswechselbetrieb)	20
2.2.3 Alameda da Universidade, Lissabon (With-Flow-Betrieb)	21
2.2.4 Rapperswil – Jona (Contraflow-Betrieb)	22
2.2.5 Lenzerheide – Chur (Contra-Flow-Betrieb)	23
2.2.6 Weitere Beispiele (Contra-Flow-Betrieb)	25
2.2.7 Typologisierung und Fact Sheets	25
3 Phase 2: Simulation typischer Situationen	29
3.1 Zielsetzung der Phase 2	29
3.2 Theoretische Eingangsüberlegungen	29
3.3 Knotendesign	31
3.3.1 Knotendesign A – typischer kleiner LSA-Knoten	31
3.3.2 Knotendesign B – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung	32
3.3.3 Knotendesign C – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung	32
3.3.4 Auswahl Knotendesign für Simulation	33
3.4 Mikrosimulation	34
3.4.1 Funktionsweise der elektronischen Busspur	34
3.4.2 Simulationsparameter	35
3.4.3 Funktionsweisen der Phaseneingriffe des OeV	37
3.5 Nachfragevariation	39
3.6 Ergebnisse der Simulation	40
4 Synthese der Erkenntnisse	45
4.1 Ergebnis und Definition von Einsatzbereichen	45
4.2 Planungs- und Entscheidungshilfe	47
5 Schlussfolgerungen	53
 Anhänge	 55
Abkürzungen	85
Abbildungsverzeichnis	86
Literaturverzeichnis	87
Projektabschluss	88
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	91
SVI Publikationsliste	95

Zusammenfassung

Der verfügbare Raum für Verkehrsflächen ist meist beschränkt. Infrastrukturausbauten für den MIV wie für den OeV scheitern immer öfter an den hohen Kosten und den nicht verfügbaren Flächen. Die optimale Abwicklung des Verkehrs auf der vorhandenen Infrastruktur mit Hilfe von Verkehrsmanagementkonzepten wird deshalb wichtiger. Elektronische Busspuren bieten hierzu eine Möglichkeit, indem die Auslastung der bestehenden Infrastruktur gesteigert werden kann.

Anders formuliert können elektronische Busspuren der deutlichen Reduktion der Fahrzeitverluste im OeV zuträglich sein, ohne dass grosse Investitionen notwendig werden und ohne dass es zu wesentlichen Fahrzeitverlusten im MIV kommt.

Die vorliegenden Untersuchungen (Literaturrecherche und Mikrosimulation) und die daraus abgeleiteten Empfehlungen dienen dazu, den Einsatz elektronischer Busspuren auf sinnvolle Bereiche einzugrenzen und gleichzeitig abzuklären, unter welchen Voraussetzungen eine verbreitete Anwendung dieser relativ neuen Massnahme förderungswürdig ist.

Als Ergebnis der Recherchearbeiten lässt sich mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse eine Typologisierung der möglichen Ausprägungen von elektronischen Busspuren durchführen: Ein Richtungswechselbetrieb liegt demnach dann vor, wenn der Strassenraum für eine Busspur in Seitenlage je Fahrtrichtung nicht zur Verfügung steht, jedoch für einen Bussonderfahrstreifen ausreicht. Dabei teilen sich Busse beider Fahrtrichtungen die gemeinsame Spur. So nutzen bspw. morgens stadteinwärts fahrende Busse die Sonderspur und abends stadtauswärts fahrende Busse. Busse in die entgegengesetzte Richtung nutzen währenddessen die für den normalen Verkehr vorhandenen Fahrstreifen.

Ein Withflow-Betrieb zeichnet sich hingegen durch die Freigabe eines Fahrstreifens für Busse auf Strassen mit zwei Fahrstreifen je Richtung aus. Andere Verkehrsteilnehmer werden über in der Fahrbahn installierte LED-Signale rechtzeitig informiert, dass sie den Fahrstreifen zur Busdurchfahrt räumen müssen resp. nicht befahren dürfen. Nach Passieren des Busses kann der Individualverkehr den Fahrstreifen erneut nutzen.

Bei einem Contraflow-Betrieb wird der Gegenverkehr mittels Signalisierung gestoppt, damit ein Bus eine gestaute Reihe von Fahrzeugen überholen kann. Der sich aufstauende Verkehr wird in Busrichtung per Dosierungsanlage angehalten, so dass der Bus nach Passieren auf der Gegenspur vor dem Stau wieder auf die ursprüngliche Spur einfädeln kann.

In den im Anhang aufgeführten Fact Sheets werden diese drei Typen inhaltlich übersichtlich dargestellt. Neben dem Beschrieb einer Beispielanwendung werden die Vor- resp. Nachteile, die notwendige technische Ausrüstung sowie Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen genannt. Zudem werden Hinweise zur Verkehrssicherheit und Akzeptanz sowie zur rechtlichen Situation gegeben.

Es zeigt sich, dass elektronische Busspuren zwar noch selten umgesetzt, aber keineswegs unbeachtet sind. Vielmehr erscheint diese Form der OeV-Bevorzugung ein reges Interesse zu wecken. Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche sowie der Arbeiten an der Fallstudie „Busbeschleunigung Lenzerheide – Chur“ beschränkt sich die Mikrosimulation auf solche elektronische Busspuren mit Benutzung der Gegenfahrbahn

(Contraflow) zur Umfahrung von kleinräumigen Stauereignissen vor einem Knoten resp. einer Dosierungsanlage.

Die Nutzung des elektronischen Busspuren-Konzeptes erreicht Grenzen in jenen Bereichen, wo die Komplexität des Knoten- resp. Streckenbereichs eine sinnvolle (d.h. konfliktfreie) Umsetzung nicht mehr zulässt. Die für einen Contraflow-Betrieb durchgeführte Mikrosimulation zeigt Randbedingungen, bei denen eine Anwendung denkbar ist, ohne den MIV mit unverhältnismässigen Verlustzeiten zu belegen und dennoch den OeV signifikant zu beschleunigen. Es gilt dabei jedoch festzustellen, dass die Fragen nach allgemeinen Grenzen nur schwerlich zu beantworten sind. Vielmehr sind die einzelnen Faktoren einer allgemeinen Abwägung zu unterziehen. Hierbei können die Simulationsergebnisse eine Beratungsfunktion übernehmen. Zu beachten ist zudem, dass sich die aufgeführten Fragen und Aspekte je nach Projektlage und örtlicher Situation ergänzen lassen, so dass es keine reine Schwarz-Weiss-Unterscheidung gibt.

Für eine Anwendung von elektronischen Busspuren (insb. Contraflow-Betrieb) werden, soweit dies projektunabhängig möglich ist, Empfehlungen über die Eignungsvoraussetzungen gegeben. Mit Hilfe der formulierten Planungs- und Entscheidungshilfe liegt nun ein Grundgerüst für einen Prozess vor, an dem sich Planer, Entscheidungsträger und Interessenvertreter orientieren können.

Résumé

L'espace destiné aux voies de circulation est souvent limité. Le manque de place et des coûts trop élevés constituent de plus en plus souvent des obstacles pour les projets d'infrastructures routières. L'optimisation du trafic individuel motorisé (TIM) et des transports publics (TP) repose de facto de plus en plus sur des concepts prenant en compte les infrastructures déjà existantes. A ce titre, les voies de bus électroniques apparaissent comme une solution adéquate.

En effet, les voies de bus électroniques permettent des gains de temps significatifs pour les TP, mais ne provoquent pas pour autant des pertes de temps significatives pour le TIM, et elles ne nécessitent pas d'investissements coûteux.

Les travaux de recherche effectués à ce jour (recherches dans la littérature et microsimulations) et les recommandations qui en découlent permettent d'une part d'identifier les zones où de telles voies de bus électroniques sont vraiment appropriées, et d'autre part de disposer de l'argumentation nécessaire pour encourager ces mesures plutôt innovantes.

Les travaux de recherche permettent de distinguer plusieurs types de voies de bus électroniques : ainsi, on trouve la circulation alternée sur une seule et même voie lorsque il n'y a pas assez de place pour aménager deux voies de bus individuelles, donc une de chaque côté de la chaussée, mais que l'espace disponible permet toutefois l'aménagement d'une voie commune réservée aux bus. Le matin, cette voie est par exemple empruntée par les bus qui se dirigent en direction de la ville, tandis que le soir elle est empruntée par ceux qui sortent de la ville. Pendant ce temps, les bus qui circulent dans l'autre sens roulent sur la même voie que le trafic individuel.

Le système 'withflow' consiste à dégager temporairement une voie sur une route à 2x2 voies afin que les bus puissent l'emprunter. Des signaux LED disposés sur la voie indiquent alors aux conducteurs du trafic individuel qu'ils ne doivent pas emprunter cette voie-là le temps du passage du bus. Dès que le bus est passé, le trafic individuel peut à nouveau emprunter cette deuxième voie.

Le système 'contraflow' consiste à stopper, moyennant des signaux, les véhicules qui circulent sur la voie opposée, afin de libérer une voie et permettre à un bus de contourner un embouteillage formé par les véhicules qui roulent dans le même sens que lui. Ces véhicules-là sont alors régulés à l'aide d'un dispositif de dosage pour permettre au bus de revenir sur la voie initiale dès qu'il a dépassé l'embouteillage.

Ces trois types de voies de bus électroniques sont détaillés plus amplement dans les fiches figurant en annexe. Ces fiches présentent des exemples types, leurs avantages et inconvénients, ainsi que les dispositifs techniques nécessaires, mais aussi les possibles champs d'application et leurs limites. En outre, des précisions sont apportées concernant la sécurité routière, l'acceptance et les dispositions juridiques existantes.

Il apparaît que les voies de bus électroniques ne sont certes pas encore très répandues, mais qu'elles ne laissent pas indifférent pour autant. Ces mesures destinées à accorder la priorité aux TP suscitent en effet un vif intérêt. Compte tenu des résultats provenant des recherches effectuées dans la littérature et de l'étude de cas 'Busbeschleunigung Lenzerheide–Chur' ('Accélération des bus entre Lenzerheide et Coire'), la

microsimulation se restreint aux voies de bus électroniques utilisant la voie opposée (contraflow) pour contourner par exemple de petits embouteillages avant un carrefour.

Certaines infrastructures complexes ne conviennent pas à l'aménagement de voies de bus électroniques. Les microsimulations intégrant le système 'contraflow' montrent qu'il est possible d'accélérer les TP de manière significative sans toutefois pénaliser le TIM par des pertes de temps trop importantes. Il faut cependant noter qu'il est difficile d'énoncer des généralités quant aux limites du concept. En effet, les différents facteurs doivent être évalués au cas par cas, et il convient de considérer les résultats de la simulation comme une base de réflexion. Chaque projet est spécifique et doit donc être adapté à la situation et aux circonstances locales.

Les recommandations d'ordre général qui sont faites concernant la mise en place de voies de bus électroniques, notamment celles utilisant le système 'contraflow', constituent des aides à la planification et à la prise de décision dont les planificateurs, les décideurs et les représentants d'intérêts peuvent s'inspirer.

Summary

The space available for traffic is usually limited. But the reason infrastructure upgrades for motorised public transport (MPT) as also for public transport fail is more often high costs than not available space. Therefore, optimal management concepts for traffic on the existing infrastructure are becoming ever more important. Electronic bus lanes provide an opportunity to improve the capacity of existing infrastructure.

In other words, electronic bus lanes can help reduce travel time losses in public transport without having to invest high sums and without causing significant losses in travelling time for MPT.

The present studies (literature search and micro-simulations) and the resulting recommendations are intended to provide and locate the meaningful use of electronic bus lanes and simultaneously clarify the conditions for which a common application of this relatively new measure is worthy of public aid.

As a result of the research work and with knowledge gained, it is possible to accomplish a typology of the possible characteristics of electronic bus lanes. A reserved lane system (RSL) is therefore in place if there isn't enough space for two buses in opposing direction, but ample room for a bus lane as such. The buses from opposing directions share this designated bus lane. As an example, mode-operandi could be that in the morning, buses driving into town use the designated bus lane and in the evening, the buses travelling out of town are solely allowed to use the designated lane (normal traffic uses the normal lanes during the whole day).

A with-flow system (WFS) is characterised by the clearance of a lane for buses on roads with two lanes in either direction. LED-signals timely inform other road users about vacating one of the lanes (or simply not entering the lane) so that the bus can pass. After the bus has passed, private transport can use that lane again.

In a contra-flow system (CFS) oncoming traffic is stopped by means of traffic signalling so that buses can overtake a lane of vehicles. The traffic in the direction of the bus is stopped by means of a traffic feed system so that the bus can return to its original lane (from the opposing lane) at the end of the traffic-jam.

In the fact sheets depicted in the Annex, the three system types have been described and listed in detail (examples, pro/con, necessary technical equipment, capabilities, limitations etc.).

It turns out that electronic bus lanes have rarely been implemented, but not ignored completely. It can be said that this form of public transport actually generates quite a bit of interest. Based on the results of the literature review and the work in the case study „Bus Acceleration Lenzerheide – Chur“, the micro-simulation is confined to electronic bus lanes with usage of the oncoming lane (CFS) to bypass small traffic-jams prior to junctions or traffic feed systems.

The use of an electronic bus lane concept reaches its limits in areas where the complexity of junctions and sections of the road do not allow a useful (i.e. free of conflict) implementation of such a bus lane operation. The micro-simulation carried out on the basis of a CFS shows conditions that could allow its implementation without causing a disproportional delay to the private transport, but at the same time speeding up the MPT significantly.

cantly. It has to be noted that questions about general limitations remain unanswered. Individual factors should rather undergo a general consideration. Here, results from simulations can be used for advisory purposes. It must be kept in mind that the questions and aspects can be complemented so that there is no purely black or white differentiation.

Recommendations about the eligibility requirements for the implementation of electronic bus lanes (especially in CFS) have been issued, as far as this is possible remaining independent of specific projects. There now exists a matrix for a process which can assist planners, policy makers and stakeholders.

1 Ausgangslage und Fragestellung

1.1 Ausgangslage

Die Stausituationen auf der Strasse in Agglomerationen haben in den letzten Jahren zugenommen. Neu kommt hinzu, dass im Rahmen von Verkehrsmanagementkonzepten Rückstaus an bestimmten Orten zum Schutz von empfindlichen (Zentrums-)Gebieten bewusst in Kauf genommen werden. Diese angebotsorientierte Planung führt dazu, dass auch der öffentliche Verkehr von Staus betroffen ist und es zu entsprechenden Verspätungen kommen kann. Solche Verspätungen wirken sich negativ auf die Attraktivität des OeV aus, insbesondere wenn dadurch Anschlüsse und/oder Wagenumläufe und Dienstpläne nicht eingehalten werden können. Aus einer übergeordneten Sicht der Verkehrsplanung sind OeV-Verspätungen deshalb nicht akzeptabel.

Neben dem oft schwierigen Ausbau der MIV-Kapazitäten standen zur Vermeidung von OeV-Behinderungen bis anhin separate Busspuren im Vordergrund. Solche Anlagen sind aber aufwändig, beanspruchen Platz, verstärken den Zerschneidungseffekt der Strasse und werden bei einem geringen OeV-Aufkommen nur schlecht ausgelastet. Deshalb wurden in letzter Zeit vermehrt sogenannte elektronische Busspuren erprobt. Dies sind Anlagen, die nur zeitlich befristet und mit signaltechnischen Mitteln gesichert dem Bus die Benutzung der Gegenfahrbahn oder richtungsfremder Abbiegestreifen erlauben.

Erste Erfahrungen mit solchen Anlagen sind positiv. Es fehlt aber eine umfassende Übersicht zu allen Ausgestaltungsmöglichkeiten mit ihren jeweiligen spezifischen Vor- und Nachteilen resp. daraus abgeleitet Empfehlungen über sinnvolle Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen.

1.2 Ziel des Forschungsprojektes

Sowohl in der Schweiz als auch im Ausland konzentrieren sich die Untersuchungen zu elektronischen Busspuren auf Verkehrssituationen in Agglomerationen. Ziel des Forschungsprojektes ist die Ableitung konkreter Empfehlungen, unter welchen Bedingungen elektronische Busspuren in diesen Räumen eine adäquate Massnahme zur Vermeidung oder Verringerung von staubedingten Fahrzeitverlusten im OeV darstellen. Forschungsbedarf wird primär in der Beantwortung der folgenden Fragen gesehen:

- Wie lässt sich das Spektrum von elektronischen Busspuren typisieren?
- Wo liegen die hauptsächlichen Einsatzmöglichkeiten und –grenzen von elektronischen Busspuren?
- Mit welchen Zeitgewinnen und -verlusten ist für den OeV und den MIV zu rechnen?
- Bis zu welcher OeV-Dichte und welchem MIV-Aufkommen sind elektronische Busspuren sinnvoll?
- Wo liegen die Grenzen der möglichen Rückstaulängen, die mit elektronischen Busspuren umfahren werden können?
- Wie wirkt sich die Einführung einer elektronischen Busspur auf die Verkehrssicherheit aus?
- Wie ist die Akzeptanz durch den MIV?
- Welcher Ausrüstungsbedarf besteht für elektronische Busspuren (Signalisation, Stauraumüberwachung, Rotlichtüberwachung)?

Die Aussagen dieses Forschungsberichtes wenden sich sowohl an erfahrene Verkehrsplaner als auch an interessierte Laien gleichermaßen. Neben einem Überblick über die (theoretischen und umgesetzten) Möglichkeiten von elektronischen Busspuren wird eine konkrete Anleitung zur Planungsvorbereitung gegeben, welche mit einer einfachen Planungs- und Entscheidungshilfe aufzeigt, ob eine elektronische Busspur im konkreten Fall in Frage kommt und planungstechnisch weiterverfolgt werden sollte.

Nutznieser der Ergebnisse sind somit einerseits Planer, Entscheidungsträger, Transportunternehmungen und Bestellerorganisationen und andererseits auch die Benutzer und Interessenvertreter öffentlicher Verkehrsmittel, welchen die Aufrechterhaltung der Betriebsstabilität und einer möglichst behinderungsfreien Fahrt ein Anliegen ist.

1.3 Notwendigkeit

Der verfügbare Raum für Verkehrsflächen ist meist beschränkt. Infrastrukturausbauten für den MIV wie für den OeV scheitern immer öfter an den hohen Kosten und den nicht verfügbaren Flächen. Die optimale Abwicklung des Verkehrs auf der vorhandenen Infrastruktur mit Hilfe von Verkehrsmanagementkonzepten wird deshalb wichtiger. Elektronische Busspuren bieten hierbei eine Möglichkeit, indem die Auslastung der bestehenden Infrastruktur gesteigert werden kann. (Der Bau einer neuen schlecht ausgenutzten Busspur kann vermieden und die Auslastung eines wenig benutzten MIV-Fahrstreifens (z.B. Gegenlastrichtung) erhöht werden.)

Anders formuliert können elektronische Busspuren der deutlichen Reduktion der Fahrzeitverluste im OeV zuträglich sein, ohne dass grosse Investitionen notwendig werden und ohne dass es zu wesentlichen Fahrzeitverlusten im MIV kommt.

Die vorliegenden Untersuchungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen dienen dazu den Einsatz elektronischer Busspuren auf sinnvolle Bereiche einzugrenzen und gleichzeitig abzuklären, unter welchen Voraussetzungen eine verbreitete Anwendung dieser relativ neuen Massnahme förderungswürdig ist.

1.4 Definitionen und Abgrenzungen

Gemäss Signalisationsverordnung (SSV Art. 34) ist eine Busfahrbahn ein Fahrstreifen, der dauerhaft (=statisch) ausschliesslich Bussen im öffentlichen Linienverkehr zur Verfügung steht. Ausnahmen für Velos und Taxis sind im Einzelfall möglich, müssen aber spezifisch signalisiert werden.

Eine elektronische Busspur im engeren Sinne erlaubt Bussen im öffentlichen Linienverkehr zeitlich befristet (auf Anmeldung, d.h. dynamisch) und signalisationstechnisch gesichert die Benutzung der Gegenfahrbahn.

Im weiteren Sinne sind unter elektronischen Busspuren sämtliche Massnahmen zu verstehen, die einem öffentlichen Linienbus elektronisch gesichert erlauben, auf einem MIV-Fahrstreifen andere Fahrmöglichkeiten zu benutzen als der übrige Strassenverkehr (z.B. Geradeausfahrt auf einem Rechtsabbiegestreifen). Zu dieser Massnahmekategorie gehören auch statische Busspuren, die im Richtungswechsel betrieben werden (z.B. Cham-Zug, Langstrasse in Zürich).

Phase 1 des Forschungsprojektes befasst sich mit Formen elektronischer Busspuren im weiteren Sinne. Die Simulation in der Phase 2 beschränkt sich auf elektronische Busspuren in engerem Sinne im Vergleich mit anderen Buspriorisierungsmassnahmen. Nicht explizit untersucht werden in diesem Forschungsvorhaben hingegen Arten von baulichen Massnahmen zur Busbevorzugung.

1.5 Vorgehensweise

Aufbauend auf einer Literaturanalyse wird der Forschungsauftrag in drei Phasen (Meilensteine) gegliedert. In der ersten Phase werden vorhandene Beispiele inkl. der damit verbundenen Erfahrungen für alle Verkehrsteilnehmer dargestellt. Gleichzeitig wird anhand von typischen Situationen das mögliche Spektrum von elektronischen Busbevorzugungsmassnahmen aufgezeigt. Diese Phase basiert auf Auswertungen bestehender Fachliteratur im In- und Ausland. Ergänzend werden für ausgewählte Beispiele aber auch gezielte Recherchen zu den bisherigen Erfahrungen durchgeführt und eine Typisierung von möglichen Situationen und die sich daraus ergebenden theoretischen Busbevorzugungsmassnahmen vorgenommen. Diese erste Phase dient damit einer breiten Auslegung vorhandener und denkbarer Lösungsansätze im Bereich elektronischer Busspuren und vertieft damit den vorangehenden Forschungsauftrag 1161 in diesem Spezialbereich. Die Typisierung ermöglicht es, für alle denkbaren Situationen nach möglichen Anwendungsformen für elektronische Busspuren zu suchen. Damit wird sichergestellt, dass nicht nur heute in der Schweiz existierende Beispiele dargestellt werden können. Für jede dieser denkbaren Anwendungsformen wird ein standardisiertes „Fact Sheet“ erarbeitet, welches die wichtigsten Aussagen prägnant wiedergibt. Diese „Fact Sheets“ sind im Anhang enthalten.

In der zweiten Phase werden mit Hilfe von Mikrosimulationen die Auswirkungen der verschiedenen Lösungsansätze (OeV-Privilegierung, elektronische Busspur) zur Busbevorzugung auf den MIV und den OeV verglichen und daraus sinnvolle Einsatzbereiche für elektronische Busspuren ermittelt. In diese Phase fliessen auch die Erkenntnisse aus der Fallstudie „Busbeschleunigung Lenzerheide – Chur“ mit ein, in welcher verschiedenste Ansätze untersucht wurden, um eine leistungsfähige und zuverlässige OeV-Erschliessung des Wintersportgebietes Lenzerheide zu gewährleisten. Unter anderem wurde dabei mittels Mikrosimulationen aufgezeigt, ob elektronische Busspuren auch über einen längeren Streckenabschnitt (bzw. über mehrere aufeinanderfolgende Teilabschnitte) sinnvoll eingesetzt werden können.

In der dritten Phase erfolgt eine Synthese der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Arbeitsschritten, indem die Einsatzmöglichkeiten und –grenzen von elektronischen Busspuren zu konkreten Einsatzempfehlungen und als Grundlage für die spätere Normierung aufbereitet werden.

Die gewonnenen Ergebnisse sind als Grundlagenforschung zu sehen und zielen auf die Formulierung allgemein gültiger Erkenntnisse. Neben den verschiedenen Informationsquellen (Literatur, Expertenwissen) und angewandten Untersuchungen (Simulationen) stellen die Fachinformationen der SVI-Begleitgruppe eine wertvolle Grundlage dieser Forschungsarbeit dar.

2 Phase 1: Übersicht Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungen

2.1 Literaturrecherche und Befragungen

Elektronische Busspuren sind bisher kaum wissenschaftlich untersucht und dokumentiert worden. Es liegen daher nur wenige verwertbare Berichte über elektronische Busspuren im In- und Ausland vor. Die Gründe sind vor allem im geringen Bekanntheitsgrad der Massnahme und damit verbunden in der geringen Zahl zu finden.

Das Ergebniseinschränkende bei der Suche nach Anwendungsbeispielen und deren Beschreibungen ist nicht nur, dass es kaum Contraflow-, Withflow- oder im Richtungswechsel betriebene Busspuren gibt, sondern auch, dass diese nur sehr spärlich dokumentiert sind. Um diese Tatsachen abzuschwächen, wurde eine ergänzende Expertenbefragung gemacht.

Dazu wurde eine zweistufige Befragungsrunde durchgeführt. In der ersten Stufe wurden insgesamt 39 Anfragen an kantonale und städtische Stellen verfasst. Adressaten waren die 26 Kantone sowie die neun grössten Städte der Schweiz. Komplettiert wurde die Befragungsrunde durch drei deutsche Städte, bei denen Erfahrungen mit elektronischen Busspuren vermutet wurden (Mainz, Erlangen und Konstanz). Die Rücklaufquote von ca. 55 Prozent liegt im erwarteten Bereich und reicht aus, um allgemeine Aussagen tätigen zu können.

Es zeigte sich, dass insgesamt nur sehr wenige Erfahrungen in der Anwendung elektronischer Busspuren vorliegen, oft waren diese „noch kein Thema“. Jedoch scheint es eine steigende Anzahl an Projekten zu geben, welche „im Gespräch sind / diskutiert werden“. Auch lässt sich aus den qualitativ ausgewerteten Antworten auf die offenen Fragestellungen ableiten, dass ein Interesse an den Möglichkeiten elektronischer Busspuren besteht.

In der zweiten Stufe der Befragung wurden diejenigen sechs Experten eingehender zu ihren Einschätzungen befragt, die in der ersten Runde die (planerischen) Erfahrungen mit elektronischen Busspuren bestätigt hatten (Rücklaufquote 100 Prozent).

Die qualitativen Ergebnisse zeigen, dass ...

- die Einschätzung der Kosten-Nutzen-Relation sich zwischen neutral bis positiv (u.a. durch Einsparung zusätzlicher Kurse) bewegt.
- die Einschätzung der potentiellen Reisezeitgewinne im OeV positiv ausfällt (vor allem in der Hauptverkehrszeit).
- die Bewertung der Fahrplanstabilität ebenfalls durchwegs positiv („Schlüsselnutzen“; „zumindest in diesem Streckenabschnitt“) ausfällt.
- eine Attraktivitätssteigerung des OeV gesehen wird.
- die Einschätzung der Stauverlagerung resp. -entstehung im MIV darauf hinweisen, dass es eines Verkehrsmittelübergreifenden Gesamtkonzeptes sowie flankierender Massnahmen bedarf.
- die Einschätzung der Nutzer-Akzeptanz zwischen negativ bis z.T. positiv schwankt. Dies zeigt, dass eine pauschale Antwort bezüglich eines Akzeptanzniveaus kaum erfolgen kann. Vielmehr kommt es stets auf die lokale Situation und die dortigen Akteure an.

Die nachstehende Graphik zeigt die jeweiligen Antworten der Befragten, welche nicht namentlich genannt werden. Grün steht für eine positive Rückmeldung (d.h. Beja-

hung), rot steht für eine negative Äusserung (d.h. Verneinung). Orange sind Antworten symbolisiert, welche keine klare Aussage interpretieren lassen resp. die Befragten sich unentschlossen zeigten.

	Antworten der sechs Befragten					
Kosten-Nutzen-Relation	🟡	🟡	✅	🟡	🟡	✅
Reisezeitgewinne im OeV	✅	✅	✅	✅	✅	✅
Fahrplanstabilität	✅	✅	✅	✅	✅	✅
Steigerung der Attraktivität des OeV	✅	✅	✅	✅	✅	✅
Reduzierung von Unfällen	🟡	❌	🟡	🟡	🟡	🟡
Verringerung der Stauwahrscheinlichkeit	🟡	❌	❌	🟡	🟡	❌
Vermeidung von Stauverlagerungen	🟡	❌	k.A.	🟡	❌	🟡
Akzeptanz bei Verkehrsteilnehmern	❌	❌	❌	❌	✅	🟡

Abb. 2.1 Antwortspektrum der Expertenbefragung, 2. Stufe

2.2 Anwendungsfälle

Es lassen sich verschiedene Formen von Anwendungen erkennen: elektronische Busspuren im Richtungswechselbetrieb, im With-Flow-Betrieb und im Contra-Flow-Betrieb. Die Erläuterung dieser Typologisierung erfolgt nach Nachgang an eine Auswahl exemplarisch beschriebener Anwendungsfälle.

2.2.1 Chamerstrasse, Zug (Richtungswechselbetrieb)

In Zug wird auf der Chamerstrasse eine Busspur im Richtungswechselbetrieb genutzt. Auf dem ca. drei Kilometer langen Strassenabschnitt werden seit 1991 vormittags der stadteinwärtige OeV-Verkehr (Richtung Zug) und nachmittags die Busse stadtauswärts (Richtung Cham) an der stauanfälligen Strecke zwischen Steinhauserstrasse und Letzistrasse vorbeigeführt (Gesamtkosten der Inbetriebnahme 850'000 CHF).

In diesem Abschnitt wird die Busspur in Mittellage geführt (dreispurig), so dass den Bussen ein verlustzeitfreies Vorbeifahren am eventuell vorhandenen MIV-Stau ermöglicht wird (in der Spitzenstunde fahren zwölf bis 14 Busse pro Richtung). An die wenigen Grundstückszufahrten können die IV-Verkehrsteilnehmer unter Berücksichtigung des Busverkehrs wie gewohnt gelangen. Gleiches gilt für die abgehenden Erschliessungsstrassen (z.B. Lorzenstrasse).

Den Verkehrsteilnehmern wird mittels LSA und Wechselverkehrszeichen am Fahrbahnrand signalisiert, welche Richtung aktuell bevorzugt wird (05:00 bis 08:45 Uhr in Richtung

Zug; 08:45 bis 24:00 Uhr in Richtung Cham). Während der Aktivierung der Gegenrichtung nutzen nicht-priorisierte Busse ebenfalls die MIV-Spur.

Um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten sind die Haltestellen als Busbuchten konzipiert worden. Lediglich eine Haltestelle befindet sich auf der Fahrbahn, was als nicht optimal betrachtet werden muss. Es tritt die ungewohnte Situation auf, dass Fußgänger zu resp. von der Haltestelle sowie der querende Langsamverkehr auf Verkehr aus zwei Richtungen achten muss. Für den Fußgängerverkehr ergeben sich ansonsten keinerlei Einschränkungen gegenüber einem konventionellen Betrieb. Der separat geführte Veloverkehr wird aufgrund der räumlichen Trennung eher von der Massnahme entlastet (keine direkt vorbeifahrenden Busse).

Das Hauptziel der Umsetzung (Fahrplanstabilität) wird durch den Richtungswechselbetrieb sehr gut erreicht und die Busse werden behinderungsfrei an dem gestauten MIV vorbeigeführt [4].



Abb. 2.2 Beschilderung in Cham
[Q: Metron]



Abb. 2.3 Mittelfahrbahnhaltestelle in Cham
[Q: Metron]



Abb. 2.4 Skizze Beginn resp. Ende Richtungswechselbetrieb

Dieses Konzept wird u.a. seit 1979/80 in Mainz (Weisenauer Strasse / Wormser Strasse) angewandt. Bei diesem Modellprojekt (Beteiligung des ADAC) steuern die Busse die Einfahrt in die Schleuse wie eine normale Vorrangschaltung an. Auf dieser Strecke fahren

zwei Linien mit jeweils bis zu vier resp. fünf Bussen je Richtung in der Spitzenstunde. Unfälle oder Zwischenfälle sind nicht bekannt.



Abb. 2.5 Nördl. Ende E-Busspur in Mainz [Q: Google Street View]



Abb. 2.6 Richtungswechselbetrieb in Mainz [Q: Stadt Mainz, Amt für Verkehrswesen]

2.2.2 Langstrasse, Zürich (Richtungswechselbetrieb)

Die innerstädtische Langstrasse in Zürich wird im Abschnitt Hohl- bis Militärstrasse in einem Einbahnregime Richtung Militärstrasse geführt. Neben den Fahrstreifen für den Individualverkehr ist eine Busspur auf einer Länge von ca. 260m im Richtungswechselbetrieb angelegt.

Diese wird in beide Richtungen von Gelenktrolley-Bussen der Linie 32 (Holzerhurd – Strassenverkehrsamt) in einem 5min-Takt (HVZ) befahren. Punktsignale regeln die Benutzung der Strecke durch den OeV. Das Befahren durch die ca. 6'000 PW ist ausgeschlossen.

Die Regelung kommt vermutlich aus der Zeit, als die SBB-Unterführung neu gebaut wurde, also aus den frühen Achtzigerjahren. Wegen des beschränkten Platzes und der Stausituation drängte sich diese spezielle Lösung mit Busspur im Richtungswechselbetrieb auf.

Mittelfristig ist ein neues Verkehrsregime geplant, das die Sperrung der Langstrasse in diesem Abschnitt für Autos vorsieht. Die dadurch bewirkte Verkehrsreduktion erlaubt die Aufhebung der Busspur und die Öffnung der Veloroute in Richtung Süden.

Aus Sicht Betrieb ist die Situation nicht ganz unproblematisch. Für den Veloverkehr gilt de jure ein Fahrverbot auf der Busspur, de facto stellt die Langstrasse aber eine wichtige Veloroute dar, die deshalb auch entsprechend genutzt wird. Die Velos fahren erstens oft auf der Busspur und zweitens nicht nach den Signalen des kontrollierten Richtungswechselbetriebes wie der Trolleybus. Die Buschauffeure müssen entsprechend immer damit rechnen, dass ihnen ein Velo auf der Busspur entgegenkommt.

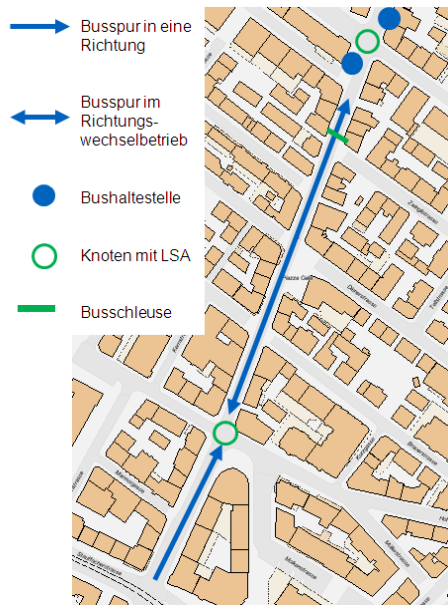


Abb. 2.7 Räumliche Lage Langstrasse
[Q: Tiefbauamt Stadt Zürich]



Abb. 2.8 Blick in die Langstrasse
[Q: Tiefbauamt Stadt Zürich]

Ein weiterer Friktionspunkt ist der Fußverkehr. Die im Vergleich zum MIV-Fahrbahnstreifen weniger frequentierte Busspur wird bei grossem Publikumsaufkommen oft auch als Fußgängerzone missverstanden. Das führt dazu, dass die Buschauffeure sehr genau auf Fußgänger achten müssen, die auf die Fahrbahn treten. Für die Fußgänger ist wegen des Richtungswechsels auch nicht immer ganz klar, von welcher Seite der Trolleybus nun kommt. Die Buschauffeure sind also hinsichtlich Aufmerksamkeit stark gefordert, und die Fahrgeschwindigkeit wird der Situation entsprechend reduziert.

2.2.3 Alameda da Universidade, Lissabon (With-Flow-Betrieb)

Das elektronische Busspuren-Projekt in Lissabon wurde 2005 entwickelt und in der Nähe des Stadtzentrums in der Alameda da Universidade umgesetzt. Aufgrund seiner räumlichen Lage nutzen viele Verkehrsteilnehmer die Strasse zur Umfahrung von Stauungen auf umliegenden Strassen. Dies führt zu einem gravierenden Rückkoppelungseffekt während der Hauptverkehrszeiten mit Auswirkungen auf die Fahrplanstabilität des OeV [8].

Um dies zu vermeiden wurde auf einer Länge von 800 Metern eine elektronische Busspur im With-Flow-Betrieb installiert. Nach einigen Testwochen zeigte sich, dass eine nur bei kritischer Verkehrslage und Busankunft durchgeführte Aktivierung die effektivsten Ergebnisse liefert.

Sobald ein Bus sich der Strecke nähert, wird ein Fahrbahnstreifenwechsel des IV auf die aktivierte Busspur unterbunden. Die sich auf der Busspur befindlichen IV-Fahrzeuge fließen auf dieser ab, so dass keine Konfliktsituationen beim Einfädeln entstehen. Für die Konzeption des Systems bedeutet dies, dass eine Vorlaufzeit vor Busankunft notwendig ist, um ein solches Abfließen zu ermöglichen.



Abb. 2.9 Beginn E-Busspur in Lissabon
[Q: Google Street View]



Abb. 2.10 LED-Markierungen in Lissabon
[Q: Google Street View]

Aufgrund der relativ geringen technischen Ausrüstung, die für die Umsetzung des Systems notwendig ist, fallen die Kosten sehr niedrig aus. Lediglich 14 zusätzliche Detektoren (Induktionsschlaufen) zur Buserkennung und eine variable Signalisation am Beginn sowie LED-Markierungen im Verlauf der elektronischen Busspur (in einem Abstand von drei Metern) mussten installiert werden.

Da die Phasenabläufe der umliegenden LSA-Steuerungen nicht verändert worden sind, können die Auswirkungen direkt auf die elektronische Busspur zurückgeführt werden. Die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit der Busse auf diesem Streckenabschnitt stieg in den ersten sechs Monaten um 15 bis 25 Prozent. Da es keine signifikanten Auswirkungen auf den restlichen Verkehrfluss gibt, fällt die Akzeptanz der elektronischen Busspur auch bei den Verkehrsteilnehmern des IV positiv aus.

2.2.4 Rapperswil – Jona (Contraflow-Betrieb)

Um die Auswirkungen einer Überlastung zwischen Rapperswil und Jona (Kanton St. Gallen) auf den OeV zu reduzieren, wurde geprüft, welche Ergebnisse die Installation einer elektronischen Busspur in der Hauptverkehrszeit (Contra-Flow-Betrieb) erzeugen würde. Die Massnahme wurde im Jahre 2000 installiert und ist seitdem fortwährend in Betrieb [1, 4].

Damit die vier Busse je Stunde ihren Fahrplan einhalten und die Anschlüsse sichern können, melden sie sich auf einer Induktionsschleife an und fahren langsam auf das Stauende zu. Sobald der Knoten St. Dionys gesperrt (Rot für alle Richtungen) und die Gegenrichtung vom Verkehr geräumt wurde, wird den Buschauffeuren mittels weissen Signals gezeigt, dass sie die elektronische Busspur nutzen können. Um sämtliche Gefahrenquellen auszuschliessen und Missverständnisse oder Unfälle zu vermeiden, erfolgt die Überholung auf der ca. 200 Meter langen Strecke stets nur auf Sicht und in Eigenverantwortung der Buschauffeure, zudem erfolgt eine Verkehrsüberwachung mittels Rotlichtkameras. Nach dem Überholvorgang reihen sich die Busse wieder in die Fahrspur ein und setzen ihren Weg fahrplanmässig fort.

Der Einsatz von 300'000 CHF Investitionskosten (drei Wechselsignale á 70'000 CHF, Planungs- und Programmierungsarbeiten) sowie 100'000 CHF für die Information der Öffentlichkeit über dieses innovative Projekt erscheinen vor dem Hintergrund der entsprechenden Kosten einer Alternativlösung (bauliche Busspur) sowie der erzielten Ergebnisse

gerechtfertigt. Zwar ist eine Erfolgskontrolle nur schwer durchführbar (Testfahrten sind schwierig zu interpretieren; daher u.a. Simulation im vorliegenden Dokument), aber dank der behinderungsfreien Fahrt der Busse können die meisten Anschlüsse am Bahnhof Rapperswil gesichert werden. Diese geringe Verlustzeit der Busse geht einher mit einer nur geringen Wartezeiterhöhung für den MIV.



Abb. 2.11 Streckenprofil und Signalisation im deaktivierten Zustand
[Q: Google Street View]



Abb. 2.12 Wechselsignale auf der Strecke Rapperswil-Jona
[Q: 1]



Abb. 2.13 Überholvorgang
[Q: 1]



Abb. 2.14 Räumlicher Kontext der Strecke
[Q: Google Earth]

2.2.5 Lenzerheide – Chur (Contra-Flow-Betrieb)

Die Hauptstrasse H3a gehört auf dem Abschnitt Chur – Lenzerheide zu den stark frequentierten Hauptstrassen des Kantons Graubünden. Gleichzeitig mit dem grossen Verkehrsaufkommen des Privatverkehrs ist sie Trägerin einer starken OeV-Achse mit Stundentakt der Postautokurse resp. Halbstundentakt und zahlreichen Zusatzwagen in den Spitzenzeiten. Besonders an schönen Wintersporttagen kommt es regelmässig zu Verkehrsüberlastungen beim Rückreiseverkehr. Weil sich Postauto und motorisierter Individualverkehr (MIV) die Fahrbahn teilen müssen, wird auch der öffentliche Verkehr bei Stausituationen in Mitleidenschaft gezogen.

Die 2009 im Auftrag von PostAuto Schweiz AG und des Kantons Graubünden fertig gestellte Studie „Busbeschleunigung Lenzerheide – Chur“ klärt ab, inwieweit eine leistungsfähige und zuverlässige OeV-Erschliessung auf der Strasse mittels Verkehrsmanagement-Massnahmen auf der Kantonsstrasse und an den Parkplätzen der Bergbahnen erreicht werden kann. Ziel war es, Verspätungen zu reduzieren und somit eine Kostenersparnis zu generieren, welche sich kausal aus einem geringen Fahrzeug- resp. Chauffeurbedarf ergibt.

In der Fallstudie werden die Machbarkeit und die Auswirkungen von Busbeschleunigungsmassnahmen mittels Parkplatz-Ausfahrtssperrung, Parkplatz-Ausfahrtsdosierung, Fahrbahnhaltestellen und elektronischer Busspuren mit Hilfe von Modellsimulationen untersucht. Damit ist es möglich, die Veränderungen der Reisezeiten durch die Massnahmen für die einzelnen OeV-Kurse sowie den MIV zu quantifizieren. Zum Einsatz gelangt das Mikrosimulationsmodell AIMSUN. Permanente Busspuren sind nicht in diese Untersuchung einbezogen, da es sich bei den Verkehrsproblemen um Phänomene von relativ kurzer Dauer handelt (Rückreiseverkehr an Spitzen-Wintersporttagen).

Für das Modell sind alle Grundlagen wie Streckencharakteristik, Anzahl Parkplätze, Bushaltestellen, Fahrplan Postauto sowie die Verkehrszahlen vom Sonntag 17.02.2008 erfasst und implementiert. Die Abbildung des IST-Zustandes an diesem Spitzentag mit massiver Verkehrsüberlastung zeigt eine mittlere Verspätung der OeV-Kurse von fast 30 Minuten gegenüber dem Fahrplan; nur vier von 19 Kursen erreichen die Anschlüsse zur SBB. Ferner zeigt sich, dass die Stausituation sehr stark von der Frequenz der Fussgängerbewegungen an den kritischen Fussgängerstreifen in Churwalden abhängt. Deshalb stehen die Massnahmen in Churwalden im Vordergrund gegenüber Massnahmen an anderen Orten.



Abb. 2.15 Anfang E-Busspur Churwalden
[Q:7]

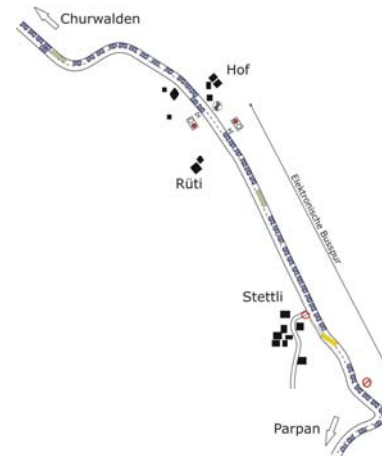


Abb. 2.16 Freigaben Gegenfahrbahn
[Q:7]

Insgesamt ergeben sich bei den untersuchten Varianten nur geringe Verbesserungen der Verspätungen der Postkurse durch die Busbeschleunigungsmassnahmen. Eine Ausnahme ist die Variante „Elektronische Busspur auf der Gegenfahrbahn und Fahrbahnhaltestelle“, bei der die Summe der Verspätungen aller Postkurse halbiert wird. Es zeigt sich, dass Einzelmassnahmen nicht zum Ziel der Vermeidung von Busverspätungen führen. Es braucht die Kombination der Massnahmen Parkplatzdosierung, Elektronische-Busspur (E-Busspur) und Verbesserung bei den Fussgängerüberquerungen in einem Massnahmenpaket.

Der Vergleich der Ergebnisse der Simulationen zeigt im Übrigen auch, dass die untersuchten Varianten wenig bis gar keine Erhöhung der Reisezeit für den MIV zur Folge ha-

ben. Die Vorteile für die Buspassagiere werden nicht mit entsprechenden Nachteilen für die anderen Verkehrsteilnehmer erkauft.

Die Studienergebnisse empfehlen daher, die folgenden Massnahmen zu prüfen und einzuleiten:

- Zusammenlegung der beiden Fussgängerstreifen im oberen Dorfteil von Churwalden. Steuerung des gemeinsamen Fussgängerstreifens mit einer Fussgänger-LSA oder einem Verkehrsdienst während der Zeit der Verkehrsspitzen.
- Die Einmündungen aus den Bergbahn-Parkplätzen in Churwalden sind während der Zeit der Verkehrsspitzen in Abhängigkeit der Durchfahrten der Postautokurse zu bewirtschaften. Solange Postautokurse zwischen Parpan und Churwalden im Stau stehen, sollten die Parkplatzausfahrten gesperrt werden.
- Auf der Strecke Parpan - Churwalden sollte die Benutzung der Gegenfahrbahn durch den Bus als Versuchsbetrieb eingeführt und getestet werden. Von einer elektronischen Busspur im Abschnitt Parpan Obertor – Parpan Post ist vorläufig abzusehen.

Die ersten beiden Punkte sind erfolgt resp. werden zeitnah erfolgen. Die Umsetzung des drittgenannten Punktes ist zudem geplant, aktuell aber (noch) nicht in Anwendung.

2.2.6 Weitere Beispiele (Contra-Flow-Betrieb)

Auch in Deutschland existieren Beispiele von elektronischen Busspuren im Contra-Flow-Betrieb. So wurde bspw. in Konstanz in der Morgenspitze (6.30 – 9.00 h) der MIV zeitweise am Ortseingang mittels Pfortneranlage zurückgehalten und der Bus konnte nach der Sperrung der Gegenfahrbahn den Stau überholen. Allerdings wurde die elektronische Busspur in Konstanz nach der Eröffnung einer Umfahungstrasse wieder aufgehoben.

In Erlangen wird auf einer vierstreifigen Hauptverkehrsstrasse zeitlich begrenzt während der Morgenspitze (6.30 – 8.30 h) ein Fahrstreifen der Gegenrichtung als Busspur genutzt. Signalisationstechnisch erfolgt die Absicherung durch Barrieren zu Beginn und am Ende der Busspur und mittels Wechselsignalen. Die einstreifige Verkehrsführung in der Gegenrichtung führt auf Grund der geringen Auslastung kaum zu Leistungseinbussen beim MIV.

Eine vergleichbare Anwendung einer solchen elektronischen Busspur existiert auch in Utrecht (NL). Repräsentative Langzeiterfahrungen sind jedoch (noch) nicht vorhanden.

In der Schweiz wird resp. wurde an vielen Stellen eine solche Massnahme diskutiert: Lenzerheide – Chur (Graubünden), Maurstrasse – Fällanden (Zürich), Schaffhauserstrasse – Opfikon/Kloten (Zürich), Ehrendingerstrasse – Ennetbaden-Ehrendingen (Aargau).

2.2.7 Typologisierung und Fact Sheets

Als Ergebnis der Recherchearbeiten lässt sich mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse eine Typologisierung der möglichen Ausprägungen von elektronischen Busspuren durchführen: Richtungswechsel-, Withflow- und Contraflowbetrieb.

Richtungswechselbetrieb: Wenn der Strassenraum für eine Busspur in Seitenlage je Fahrtrichtung nicht zur Verfügung steht, jedoch für einen Bussonderfahrstreifen ausreicht, bietet sich ein Richtungswechselbetrieb an. Dabei teilen sich Busse beider Fahrtrichtungen die gemeinsame Spur. So nutzen bspw. morgens stadteinwärts fahrende Busse die

Sonderspur und abends stadtauswärts fahrende Busse. Busse in die entgegengesetzte Richtung nutzen währenddessen die für den normalen Verkehr vorhandenen Fahrstreifen.

Withflow-Betrieb: Freigabe eines Fahrstreifens für Busse auf Strassen mit zwei Fahrstreifen je Richtung, wenn ein Befahren ohne Bevorrechtigung zu Zeitverlust führen würde. Andere Verkehrsteilnehmer werden über in der Fahrbahn installierte LED-Signale rechtzeitig informiert, dass sie den Fahrstreifen zur Busdurchfahrt räumen müssen resp. nicht befahren dürfen. Nach Passieren des Busses kann der Individualverkehr den Fahrstreifen erneut nutzen.

Contraflow-Betrieb: Damit ein Bus eine gestaute Reihe von Fahrzeugen überholen kann, wird der Gegenverkehr mittels Signalisierung gestoppt. Der sich aufstauende Verkehr wird in Busrichtung per Dosierungsanlage angehalten, so dass der Bus nach Passieren auf der Gegenseite vor dem Stau wieder auf die ursprüngliche Spur einfädeln kann.

In den im Anhang aufgeführten Fact Sheets werden die drei Typen inhaltlich übersichtlich dargestellt (Beilage 1). Neben dem Beschrieb einer Beispielanwendung werden die Vor- resp. Nachteile, die notwendige technische Ausrüstung sowie Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen genannt. Zudem werden Hinweise zur Verkehrssicherheit und Akzeptanz sowie zur rechtlichen Situation gegeben.

Als morphologischer Kasten dargestellt ergeben sich die in Abbildung 2.16 gezeigten Kombinationsmöglichkeiten mit verschiedenen Komplexitätsgraden, welche die oben geäußerte Typologisierung genauer beschreiben.

Ein morphologischer Kasten ist eine heuristische Methode, um komplexe Problembereiche vollständig zu erfassen und alle möglichen Lösungen vorurteilsfrei zu betrachten. Die Vorgehensweise dabei ist wie folgt:

Die für die Fragestellung bestimmenden Merkmale (z.B. Anwendungsform, Anzahl OeV-Kurse) werden untereinander aufgeschrieben. Alle denkbaren Ausprägungen des jeweiligen Merkmals werden horizontal daneben aufgelistet (z.B. Merkmal = Führung Veloverkehr; Ausprägungen: kombiniert mit MIV und auf separatem Veloweg). So entsteht eine Matrix, in der jede denkbare Kombination von Ausprägungen aller Merkmale gezeigt werden kann, indem jeweils eine Ausprägung je Merkmal gewählt werden kann.

Im vorliegenden Fall liesse sich ein Beispiel mit den Merkmalsausprägungen eines Contraflow-Betriebes auf einer ausserörtlichen freien Strecke bestimmen, welche breit und übersichtlich ist. Es besteht Raum für eine IV-Dosierung, welche Ursache für eine Stauung ist. Das OeV-Angebot auf dieser Strecke beträgt 8 Kurse in Hauptlast- resp. 4 Kurse in Gegenrichtung je Stunde. Von den insgesamt 1'000 in die Knoten einfahrenden PW-Fahrzeugen fahren in Richtung der Massnahme 600. Der Veloverkehr ist zudem mit der PW-Verkehrsführung kombiniert.

Kriterium	Ausprägungen			
Anwendungsform	Richtungswechselbetrieb	Withflow-Betrieb	Contraflow-Betrieb	
räumliche Lage	Innerorts	ausserorts		
räumliche Situation	freie Strecke	Knotenbereich ohne LSA	Knotenbereich mit LSA	Knotenbereich mit Kreisel
Strassenraum	eng und unübersichtlich	eng, aber übersichtlich	breit, aber unübersichtlich	breit und übersichtlich
Raum für Dosierungsrückstau	nicht vorhanden	vorhanden, aber mit Zufahrten	vorhanden, ohne Zufahrten	
Stauungsursache	Ursache ist Knoten	Ursache liegt hinter Knoten	Dosierung des MIV	
Anzahl OeV-Kurse	1	4	8	12
Anzahl OeV-Kurse Gegenrichtung	1	4	8	12
Anzahl MIV/h in Massnahmerichtung	400	600	800	1'000
Gesamtzahl MIV/h	600	800	1'000	1'200
Führung Veloverkehr	kombiniert mit MIV	auf separatem Veloweg		
Fussgängereinfluss	mit Überwegen	ohne Überwege		

Abb. 2.17 Morphologischer Kasten mit allen denkbaren Ausgestaltungen, wertungsfrei

Aufgrund der Vielfalt der sogenannten elektronischen Busspuren (Richtungswechselbetrieb, Withflow-Betrieb, Contraflow-Betrieb) sowie der Konzentration im weiteren Studienverlauf auf solche elektronischen Busspuren, welche das Contraflow-Prinzip verfolgen, beschränkt sich die Terminologie stets auf die Nutzung eines Contraflow-Betriebs (sofern nicht anderweitig erwähnt).

Die herkömmliche Priorisierung des OeV an LSA wird als „Preemption“ bezeichnet. Damit folgt der Text der Terminologie der Simulationsumgebung und wahrt den Unterscheidungs faktor zu anderen Busbevorzugungsmassnahmen. In diesem Kontext wird unter Preemption die Anmeldung eines OeV-Fahrzeuges an einem LSA-geregelten Knoten verstanden, bei dem der OeV-führende Strom durch das Vorziehen, die Ausdehnung oder das zusätzliche Einfügen einer freundlichen Grünzeit begünstigt wird.

3 Phase 2: Simulation typischer Situationen

3.1 Zielsetzung der Phase 2

Aufgrund der Ergebnisse der Phase 1 sowie der Arbeiten an der Fallstudie „Busbeschleunigung Lenzerheide – Chur“ beschränkt sich die Phase 2 dieser Forschungsarbeit auf elektronische Busspuren im Sinne einer Benutzung der Gegenfahrbahn (Contraflow) zur Umfahrung von kleinräumigen Stauereignissen vor einem Knoten resp. einer Dosierungsanlage.

Je nach konkreter Situation sind für die Reduktion von OeV-Behinderungen durch MIV-Rückstau verschiedene Massnahmen denkbar. Als Idee ist ein Diagramm anzustreben, welches schematisch die möglichen Massnahmen (Leistungssteigerungen auf der Strasse sind per Definition nicht berücksichtigt) sowie die ungefähren Einsatzbereiche einer elektronischen Busspur zeigt.

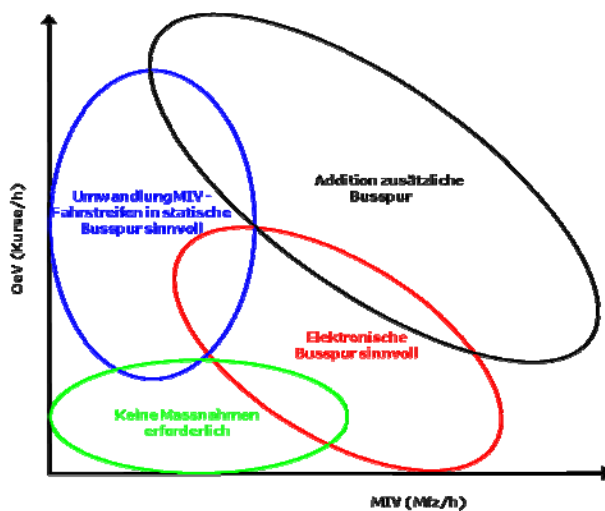


Abb. 3.18 Anwendungsbereiche von Busbeschleunigungsmassnahmen (Ideenskizze)

3.2 Theoretische Eingangsüberlegungen

Das Ziel dieser Phase liegt in der Identifikation von konkreten Anwendungsbereichen.

Solche Situationen lassen sich durch folgende Merkmale klassifizieren:

- *Anzahl der Fahrstreifen im gestauten Querschnitt*

Liegt die Anzahl der vorhandenen Fahrstreifen (inkl. Abbiegerstreifen) in einem Bereich, der eine statische Busspur resp. eine Queue Jump Lane (d.h. eigene Busspur im Wartebereich des Knotens) beherbergen könnte, erscheint die Installation einer elektronischen Busspur als nicht praktikabel, da sich das gewünschte Ergebnis einfacher erzeugen liesse.

- *OeV-Aufkommen im Querschnitt, OeV-Querfahrten am Folgeknoten*

Bei einer grossen Anzahl OeV-Kurse würde die Gegenfahrbahn oft blockiert und damit ein genügender Abfluss des MIV in Gegenrichtung verhindert werden. In solchen Situa-

onen ist eine elektronische Busspur nur schwerlich vermittelbar (Akzeptanz) und deshalb der Neubau einer statischen (baulichen) Busspur oft die bessere Lösung.

Gleiches gilt, sollten zu viele Busse der Gegenrichtung resp. querende OeV-Fahrten durch die elektronische Busspur behindert und die dort erzielten OeV-Reisezeitgewinne negativ überprägt werden.

- *MIV-Verkehrsmengen*

Bei einem geringen wie auch bei einem sehr hohen MIV-Aufkommen ist die elektronische Busspur zu hinterfragen. Sehr geringe MIV-Verkehrsmengen legen die Vermutung nahe, dass eine klassische Priorisierung genügen würde, sehr hohe Mengen führen zu Fragen der Rückstaulänge, welche es zu überholen gilt (d.h. Länge der elektronischen Busspur). Gleiches gilt für einen Zustand, in dem die querenden Ströme aufgrund der Eingriffe kollabieren.

- *Länge des Rückstaus*

Neben den Verkehrsmengen im MIV und im OeV ist der sinnvolle Einsatzbereich einer elektronischen Busspur auch wesentlich von der Länge des zu umfahrenden Rückstaus abhängig. Je länger der Rückstau, desto länger dauert die Streckensperrung für den Gegenverkehr, d.h. desto geringer sollte die Verkehrsbelastung in Gegenrichtung sein, damit es nicht zu inakzeptablen Verkehrsverhältnissen kommt. Auch muss die elektronische Busspur entsprechend lang gestaltet werden (Einschränkungen für Zugangsverkehr von Grundstücken und Nebenstrassen).

- *Stau-Ursache (LSA-Knoten, Kreisel, Pförtneranlage, Fahrstreifenabbau etc.)*

Sollte die Stau-Ursache nicht der betroffene LSA-Knoten sein, so stellt sich die Frage nach dem Gesamtnutzen. Dieser wäre dem Zweck nicht entsprechend, müsste der Bus nach dem Wiedereinfädeln auf die Richtungsfahrbahn erneut im Stau stehen. Fährt er hingegen nach dem Kreuzungspunkt eine andere Route (z.B. biegt er in der Kreuzung von der Hauptrelation ab) oder besitzt die LSA eine MIV-dosierende Wirkung (z.B. Pförtneranlage im Eingangsbereich eines Stadtzentrums), so ist eine Nutzung plausibler nachzuvollziehen.

- *Lage, Anzahl Zwischenknoten, Einmündungen, Parkplätze*

Je einfacher der Strassenraum gestaltet ist, desto besser wird sich die elektronische Busspur einpassen. Die räumliche Situation (Kurvigkeit, Längsprofil) sowie die Funktion des Knotens im Strassennetz dürfen keine sicherheits- und verkehrstechnisch einschränkende Unsicherheiten aufwerfen. Dazu gehören ebenfalls Einmündungen oder parkierende Fahrzeuge am Strassenrand.

- *Art und Umfang von Velomassnahmen, Fussgängeranlagen*

Auch müssen sich Velomassnahmen und Fussgängeranlagen mit dem Konzept der elektronischen Busspur vereinbaren lassen. Velofahrer führen bei bestimmten Situationen zu Einschränkungen resp. zu definierenden Grössen (z.B. entgegenkommende Velofahrten ohne räumliche Trennung, als massgebender Faktor in der Berechnung der Räumzeiten). Fussgängeranlagen (z.B. Zebrastreifen oder Fussgängerampeln) dürfen keine zusätzlichen Eingriffe in das System darstellen resp. müssen sich einfach in das Konzept integrieren lassen.

Diese theoretisch abgeleiteten Erkenntnisse gilt es im Folgenden mittels Simulationsarbeiten zu verifizieren resp. zu widerlegen.

3.3 Knotendesign

Um diese Einsatzbereiche konkret auszuloten, sollen die Auswirkungen elektronischer Busspuren mit Hilfe von Mikrosimulationen untersucht werden. Der Einbezug aller oben aufgeführten Abhängigkeiten würde zu einer Vielzahl von Untersuchungsfällen führen, die den Rahmen dieser Forschungsarbeit sprengen würden. Es wird daher eine Beschränkung auf die in den folgenden Abbildungen dargestellten drei idealtypischen Fälle vorgeschlagen.

Die jeweils rot dargestellten Fahrbeziehungen in den Knotenzufahrten müssen kurze Zeit vor (abhängig von der Räumzeit) und während der Aktivierung der elektronischen Busspur (grün gestrichelt) unterbunden werden. Die übrigen in schwarz dargestellten Fahrbeziehungen müssen spätestens dann angehalten werden, wenn sich der Bus auf der elektronischen Busspur dem Konfliktbereich im Knoteninnenbereich nähert. Die ursprüngliche Knotensteuerung darf erst wieder aktiviert werden, wenn der Bus den normalen Fahrstreifen erreicht und den Knoten passiert hat.

3.3.1 Knotendesign A – typischer kleiner LSA-Knoten

Knoten A weist die recht einfache Gestalt eines typischen kleinen LSA-Knotens auf. In Hauptlastrichtung (von links resp. West kommend) wird der Linksabbieger als separate Spur aufgestellt, gleiches gilt für die Gegenrichtung. Die von Norden und Süden einmündenden Nebenstrassen besitzen in beiden Fällen lediglich eine Spur, so dass Rechts- und Linksabbieger zusammen mit den Geradeausfahrern in einer Phase behandelt werden müssen.

Der in die elektronische Busspur einmündende Gegenverkehr ist mit anderen Fahrbeziehungen gemischt, so dass mit Ausnahme des Linksabbiegers aus Gegenrichtung sämtliche Knotenzufahrten bei Aktivierung der elektronischen Busspur blockiert werden müssen. Lediglich wenn sich der Bus dem Knotenbereich nähert und auf die reguläre Fahrbahnseite zurückkehren will, ist ein Anhalten dieses Stromes notwendig.

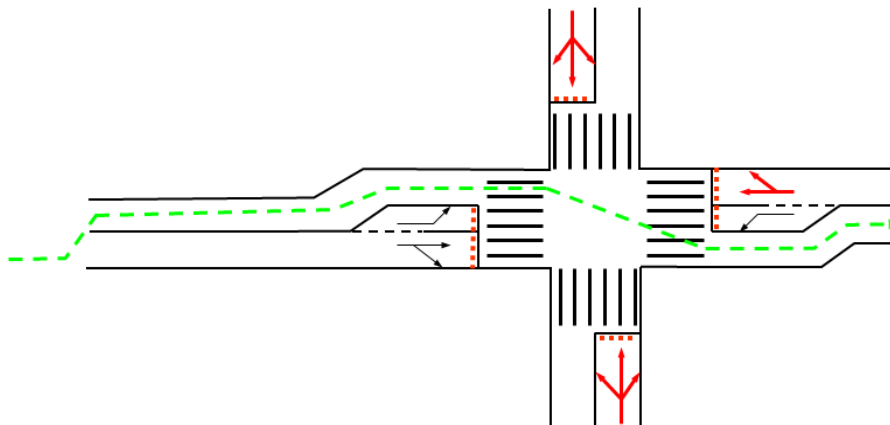


Abb. 3.19 Knotendesign A – typischer kleiner LSA-Knoten

Die grüne Linie symbolisiert den Verlauf des Busses bei Nutzung der elektronischen Busspur. Die diesen Fahrt feindlichen MIV-Ströme sind rot eingefärbt.

3.3.2 Knotendesign B – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung

Das Design von Knoten A fortführend, entspricht Knotentyp B einem typischen grossen LSA-Knoten mit Vorsortierung. Zwar bleiben die Zufahrten aus Hauptlast- wie Gegenrichtung identisch, so werden aber die nördliche wie die südliche Nebenstrassenzufahrt modifiziert. Die beiden Linksabbieger besitzen nun eine jeweils separate Abbiegespur.

Diese Veränderungen führen dazu, dass sich die Anzahl der von einer Dosierung betroffenen Knotenströme reduziert. Während der Aktivierung der elektronischen Busspur ist es möglich, neben dem Linksabbieger der Gegenrichtung auch den aus Norden kommenden Linksabbieger sowie die mit der nicht durch die elektronische Busspur blockierten Abbiegerbeziehungen aus Süd (geradeaus und rechts) abzuwickeln, ohne Beeinflussung der Busfahrzeiten. Lediglich wenn sich der Bus dem Knotenbereich nähert und auf die reguläre Fahrbahnseite zurückkehren will, ist ein Anhalten dieser Ströme notwendig.

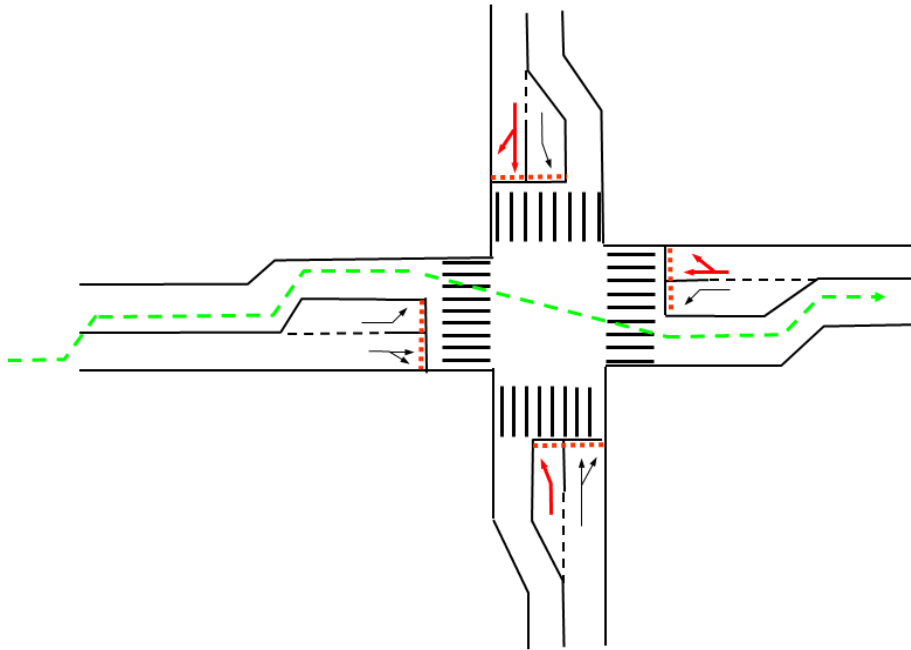


Abb. 3.20 Knotendesign B – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung

3.3.3 Knotendesign C – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung

Das Knotendesign des Typs C zeichnet sich dadurch aus, dass die Hauptstrecke zweispurig geführt wird. An den Abbiegerbeziehungen resp. Stromaufteilungen wird gegenüber Knoten B nichts verändert, so dass die dort aufgestellten Annahmen auch für Knoten C gelten.

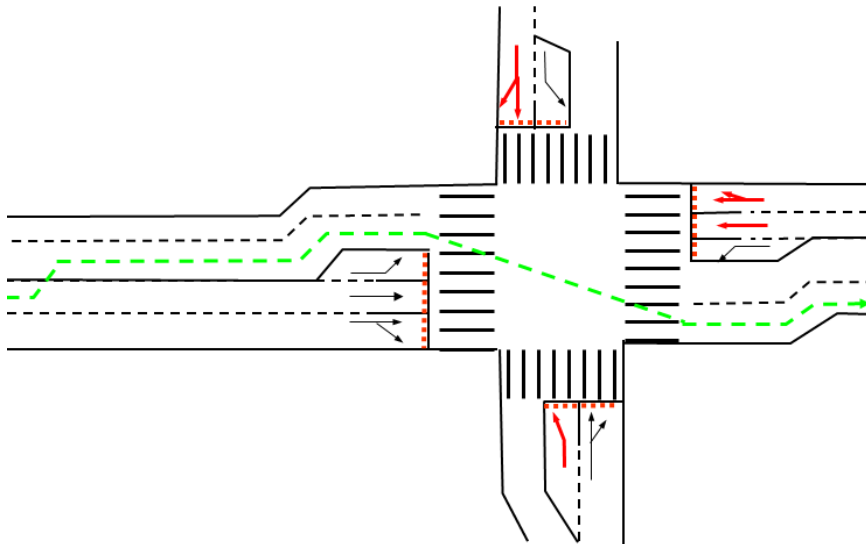


Abb. 3.21 Knotendesign C – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung

3.3.4 Auswahl Knotendesign für Simulation

Trotz der auffälligen Gemeinsamkeiten der drei verschiedenen Knotentypen zeigt sich, dass Knoten nicht gleich Knoten ist. Vielmehr erscheint die Formgestalt beliebig erweiterbar. Diese Studie zielt auf allgemein gültige Erkenntnisse ab und versucht daher nicht einen spezifischen Untersuchungsfall zu behandeln.

Um die Simulationsdurchgänge jedoch gezielt auf mögliche Grenzbereiche einer Anwendung von elektronischen Busspuren zu fokussieren, wird an dieser Stelle ein Knoten ausgewählt, welcher im Folgenden mittels Simulation untersucht wird. Die beiden anderen Knotentypen werden an dieser Stelle rein qualitativ behandelt.

Der Knoten von Typ C erscheint bereits auf den ersten Blick recht kompliziert. Zwar weist er die identischen Abbiegerverhältnisse wie Knoten B auf, allerdings führt die Zweispurigkeit der Hauptverkehrsachse zu einem relativ hohen Konflikt- resp. Optimierungspotential.

Wird der Gegenverkehr bei Anmeldung des Busses dosiert (sprich gestoppt), so müssen beide Seiten angehalten werden, um keine Gefahrensituationen zu erzeugen. Die Akzeptanz der MIV-Verkehrsteilnehmer ist dabei zu hinterfragen, erscheint es doch recht unerlässlich, warum zwei Spuren für einen Bus blockiert werden sollen.

Zudem bestehen adäquatere Methoden zur Verfügung, welche den Bussen ein verlustzeitfreies Passieren des Knotens ermöglichen. Zum einen wäre da eine klassische Busspur zu nennen: auf dieser könnte der Bus jederzeit den wartenden MIV-Stau überholen. Sie liesse sich zudem auch zeitlich begrenzen, so dass die Busse nur in den Zeiten eine Bevorzugung erhalten, in denen sie diese benötigen (z.B. morgendliche Spitzenstunde).

Liesse sich eine solche Massnahme nur schwer mit dem MIV-Volumen vereinbaren und/oder bedürften die entgegenkommenden Busse ebenfalls einer Priorisierung, so wäre zum anderen eine (elektronische) Busspur in Richtungswechselbetrieb eine denkbare Alternative. Eine elektronische Busspur (Contraflow) wäre also eindeutig nicht die beste Lösung für dieses Problem.

Knotentyp A und B scheinen hingegen besser auf die Möglichkeiten einer elektronischen Busspur zu passen. In der Gestalt der Hauptverkehrsachse identisch, zeigen sie lediglich in der Spuraufteilung der einmündenden Nebenstrassen einen Unterschied. Für die Simulationsergebnisse der Hauptachse wären demzufolge nahezu identische Ergebnisse zu erwarten. Da die nördliche wie südliche Zufahrt während der Aktivierungsphase vollständig blockiert ist (Typ A), wird das Ergebnis bei Typ B besser ausfallen.

Um die Simulationsdurchläufe bündeln zu können, wurde daher beschlossen, sich auf den Knoten von Design B zu fokussieren und eine Betrachtung der Knotentypen A und C zu vernachlässigen.

3.4 Mikrosimulation

In diesem Teilkapitel werden die Basics der Mikrosimulation beschrieben. Es ist dabei bewusst eine mittlere Ebene zwischen „tiefer“ modellspezifischer Beschreibung und „flacher“ allgemeinverständlicher Erläuterung gewählt worden, um beide Zielgruppen dieses Berichtes anzusprechen.

3.4.1 Funktionsweise der elektronischen Busspur

Der Ablauf für die Modellierung der elektronischen Busspur ist folgender:

1. Der Bus meldet sich durch die Vorbeifahrt an einem Punkt in einem definierten Abstand vor Beginn der elektronischen Busspur an. (Der definierte Abstand kann auch eine automatische Auslösung bei der Einfahrt des Busses in eine Haltestelle verbunden mit einer festgelegten Verzögerung für die Sperrung der Gegenfahrbahn sein. Dies ist abhängig von der örtlichen Gegebenheit.)
2. Aufgrund der Anmeldung wird am östlichen Ende der elektronischen Busspur die Gegenfahrbahn gesperrt, wenn erstens kein Stau auf der Gegenfahrbahn ist und zweitens kein Bus kurz vor der zu sperrenden Gegenfahrbahn fahren will.
3. Nach Durchfahrt des letzten Fahrzeugs auf der Gegenfahrbahn (vollständige Räumung der elektronischen Busspur) wird diese für den Bus freigegeben.
 - Die Freigabe dafür erfolgt nach Sicht durch den Busfahrer
 - und ggf. durch entsprechende Kommunikation zwischen dem am Ende und dem am Anfang der elektronischen Busspur positionierten Personal
 - und ggf. durch technische Vorrichtung mittels Detektion und Lichtsignale
4. Der Bus fädelt sich aus der Normalspur aus und fährt auf der Gegenfahrbahn bis zum Ende der elektronischen Busspur. Die Gegenfahrbahn wird während der Dauer der Busdurchfahrt für den Verkehr gesperrt und etwaige Spuren für Zufahrten an Knoten ebenfalls. Wenn möglich soll der von der Sperrung nicht betroffene Verkehr so weiter geregelt werden, dass der Verkehrsfluss bestehen bleibt. Der Verkehr in derselben Richtung wie der Bus auf der Gegenfahrbahn wird so dosiert, dass er zum einen genügend Raum lässt für das Wiedereinfädeln des Busses von der Gegenfahrbahn auf die Normalspur und zum anderen dass eine Lücke geschaffen wird, die dem Bus die ungehinderte Weiterfahrt auf der Normalspur bis zur nächsten Haltestelle ermöglicht.

5. Am Ende der elektronischen Busspur wird der Verkehr auf allen auf den Knoten zuführenden Spuren bei resp. kurz vor der Ankunft des Busses angehalten.

6. Der Bus fädelt sich wieder auf die Normalspur ein und fährt weiter auf der Normalspur.

3.4.2 Simulationsparameter

Die einzelnen Knotenströme werden entsprechend der Untersuchungstypen in Signalgruppen zusammengefasst und in ein Phasenbild eingetragen. Als Phase wird dabei ein Intervall bezeichnet, in welchem ein oder mehrere Knotenströme gleichzeitig den Knoten passieren können.

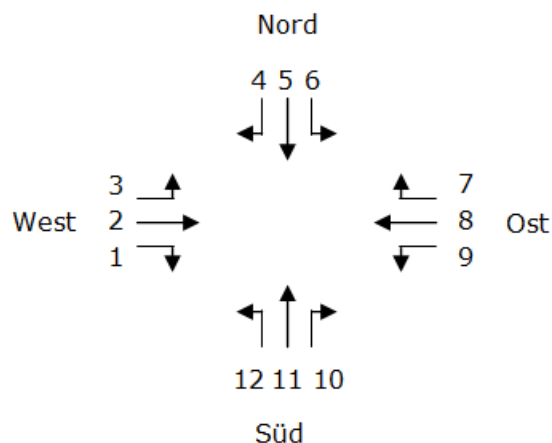


Abb. 3.22 Bezeichnung der Fahrströme

B		Strom mit ÖV verträglich?	Phase 1	tz	Phase 2	tz	Phase 3	tz	Phase 4
Fahrs trei fen	1	nein	X						
	2	nein	X						
	3	nein	X						
	4	nein			X				
	5	nein			X				
	6	nein			X				
	7	nein	X						
	8	nein	X						
	9	nein							X
	10	nein					X		
	11	nein					X		
	12	nein					X		

Phase 1

Phase 2

Phase 3

Phase 4

Abb. 3.23 Phasenbild

Die zugrunde gelegte Umlaufzeit Z wird auf 75 sec festgelegt. Darin sind die einzelnen Grünzeiten sowie die pauschal auf 5 sec fixierten Zwischenzeiten t_z enthalten.

Gemäss der statischen Berechnungen der Leistungsfähigkeiten des Knotentyps B gelten für die Wahl der Grünzeiten folgende Annahmen:

- Bei einer schwachen Verkehrsnachfrage wird eine gleichmässige Qualität auf allen Knotenströmen angestrebt, d.h. die verschiedenen Auslastungen liegen in einem vergleichbaren Rahmen.
- Die entsprechende Grünzeit eines Knotenstromes wird erhöht, sollte es ein Bus nicht mehr schaffen, innerhalb der ersten Phase den Knoten zu passieren. In diesem Fall errechnet sich ein Auslastungsgrad X des Knotenstromes von grösser als 100 Prozent.
- Um die Umlaufzeit von 75 sec weiterhin halten zu können, werden die Grünzeiten der Querströme entsprechend gemindert. Diese Reduzierung erfolgt ggf. bis auf einem Querstrom die Verkehrsqualitätsstufe D erreicht wird. Eine Verschlechterung darüber hinaus oder eine Verringerung einer Grünzeitphase unter sechs Sekunden sollte nicht durch Grünzeitverschiebungen hervorgerufen werden.

Die Mikrosimulation der Knotenzufahrt mit LSA wird mit der Simulationssoftware „AIM-SUN NG – Version 6.1.3 und externen APIs „Preemption Swiss“ und „Contraflow Public Transport Lane in complex junctions“ gesteuert. API steht für application programming interface, zu deutsch eine „Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung“. Sie ermöglichen das Zugreifen des Programms auf externe Datenbanken. Das Vorgehen der beiden APIs wird im nachstehenden Teilkapitel behandelt.

Die Netzgeometrie entspricht der Spuraufteilung des Knotentyp A. Die Strassentypen werden dabei mit einer maximalen Geschwindigkeit von 50 km/h und einer maximalen Kapazität pro Spur von 900 Fz/h definiert. Die Länge der Contraflow-Lane beträgt 250m.

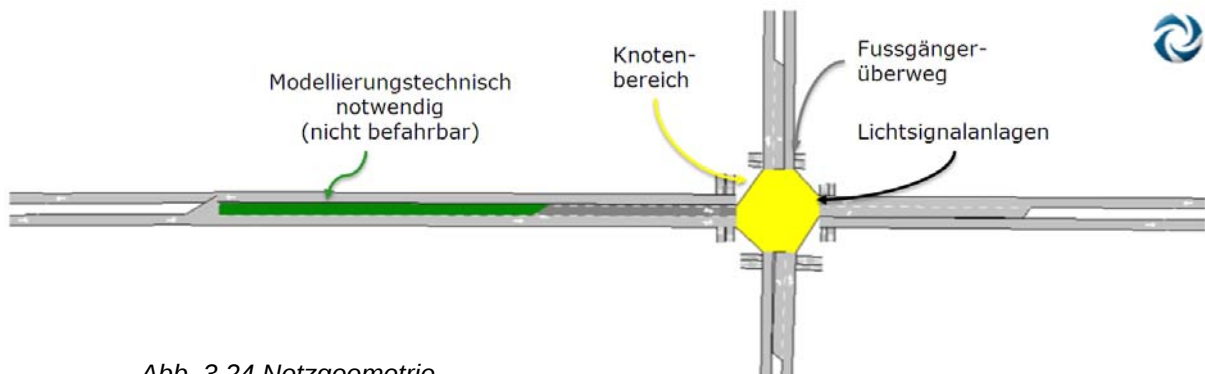


Abb. 3.24 Netzgeometrie

Die Analyse der Belastungswerte (Reisezeiten, Rückstaulängen etc.) erfolgt mittels Anwesenheitsdetektoren. Sie werden auf aussagefähigen sowie zur Steuerung der APIs notwendigen Streckenabschnitten platziert.

Der MIV wird als Fahrzeugtyp „car“ definiert und entsprechend der Nachfrage ins Modell integriert. Dabei gilt stets, dass die MIV-Nachfrage dynamisch als Quell-Ziel-Matrix umgelegt wird. Simuliert wird eine Spitzenstunde (17:00:00-18:00:00 Uhr). Damit die ersten resp. letzten Fahrzeuge der Spitzenstunde ebenfalls in Konfliktsituationen mit anderen Fahrzeugen kommen resp. eine Grundbelastung vorliegt, wird ein Vorlauf (16:30:00-17:00:00 Uhr) resp. ein Nachlauf (18:00:00-18:30:00) mit jeweils 50 Prozent der Nachfrage aufgenommen.

MIV-Matrix "cars" 17:00-18:00_Fall A_1200					
O/D	West	Nord	Ost	Süd	Total
West	0	160	480	0	640
Nord	0	0	0	200	200
Ost	120	0	0	40	160
Süd	0	200	0	0	200
Total	120	360	480	240	1'200

Abb. 3.25 Beispiel einer Nachfragematrix

Das genaue „Erwachen“ der Fahrzeuge wird mittels exponentieller Distribution gesteuert. Die Fahrzeuge werden dabei mit den Ansatz „Global Arrivals Exponential Distribution“ gemäss entsprechender OD-Matrix erzeugt. Insgesamt wurden je Versuchsdurchlauf (definiert durch Anzahl OeV-Kurse, Anzahl MIV-Fahrzeuge/h, Aufteilung Hauptlastrichtung-Gegenrichtung, Anteil Querstrom) stets zehn sogenannte Replikationen gerechnet, welche sich weder in der Anzahl OeV-Fahrzeuge noch in der MIV-Nachfrage unterscheiden, aber eine Zufallsvariable bei der Verteilung aufweisen. Dieser Schritt ist notwendig, um eine allgemeine Aussage treffen zu können und die modelltechnischen Effekte des Erzeugungsintervalls herauszufiltern. Die exponentiellen Distributionsfaktoren bleiben dabei über alle Simulationszustände gleich, d.h. alle Replikationen werden für jeden Untersuchungsfall berechnet.

Fussgängerverkehr, Veloverkehr, Parkiervorgänge und Einmündungen werden in dieser Simulation vernachlässigt. Der Einfluss dieser Elemente wurde qualitativ berücksichtigt.

3.4.3 Funktionsweisen der Phaseneingriffe des OeV

„Preemption Swiss“

Diese API modifiziert den Phasenablauf, damit die sich anmeldenden Busse bevorzugt den Kreuzungsbereich passieren können. Es können dabei drei unterschiedliche Zustände betrachtet werden: keine Busanmeldung, Busanmeldung in einer feindlichen Phase und Busanmeldung in einer freundlichen Phase.

Liegt keine Anmeldung eines Busses vor (Abbildung 3.25), so verläuft der Phasenplan auf klassische Weise. Die Buspriorisierungsphase wird dabei übersprungen.



Abb. 3.26 Preemption ohne Busanmeldung

Meldet sich ein Bus in einer feindlichen Phase an (Abbildung 3.26), wird diese nach einer kurzen Verzögerung (zur Einhaltung einer Mindestgrünzeit) beendet und die Buspriorisierungsphase begonnen (inkl. Zwischenzeit zur Räumung des Knoteninnenbereichs). In dieser Phase erhalten all jene Ströme grün, welche den Bus am Passieren der Haltelinie behindern. Nach Abmeldung des Busses wird der Phasenablauf mit der ursprünglich folgenden Phase fortgesetzt.



Abb. 3.27 Preemption mit Busanmeldung bei feindlicher Phase

Meldet sich ein Bus in einer freundlichen Phase an (Abbildung 3.27), so wird diese so lange verlängert bis der Bus den Kreuzungsbereich passiert hat. Nach Abmeldung des Busses wird der Phasenablauf mit der ursprünglich folgenden Phase fortgesetzt. Je nach Zeitpunkt der Anmeldung kann sich die Busphase daher verlängern oder verkürzen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass über alle Anmeldungen hinweg ein Ausgleich von Verlustzeiten und gewonnener Grünzeiten eintreten wird, so dass keine ausgleichenden Massnahmen erfolgen müssen.



Abb. 3.28 Preemption mit Busanmeldung bei freundlicher Phase

„Contraflow Public Transport Lane in complex junctions“

Die API zur Modellierung der elektronischen Busspur ist ähnlich konzipiert wie die Preemption-Anmeldung bei feindlicher Phase. Allerdings ist sie in drei Teilphasen untergliedert.

Die erste Teilphase wird durch die Anmeldung des Busses aktiviert. Die Aktivierung der elektronischen Busspur wird dabei aufgrund der Situation „Verkehrsstau in der priority Sektion“ unter der Berücksichtigung von Gegenfahrzeugen (Anwesenheitsdetektor) gesteuert. Die Situation „Verkehrsstau in der priority Sektion“ kann dabei wie folgt definiert werden: z.B. durchschnittliche Geschwindigkeit in der priority Sektion ≤ 2 km/h und/oder durchschnittliche Dichte in der priority Sektion ≥ 50 Fz/km.

Um jedoch vergleichbare Aussagen zwischen Contraflow und Preemption zu erhalten, wird die Annahme einer vollständigen Contraflow-Aktivierung getroffen, d.h. in 100 Prozent aller Fälle wird die elektronische Busspur aktiviert.

Der Detektor zur Ermittlung dieses Zustandes liegt ca. 200m vor dem eigentlichen Beginn der elektronischen Busspur. Nach Aktivierung wird der in die Busspur aus der Gegenrichtung einfahrende Verkehr gestoppt, so dass eine Räumung erfolgt. Lediglich der in Busrichtung fahrende MIV-Strom kann kontrolliert abfließen, damit der Bus jenen Punkt erreichen kann, an dem er die Fahrbahnseite wechselt.

Während der Bus auf der Gegenfahrbahn unterwegs ist, darf zwar kein feindlicher Strom fahren (auch ein potentiell fahrender MIV-Strom sollte aus Gründen der Effektsteigerung nicht fahren), doch bestimmte Ströme des querenden Verkehrs sind in dieser Ablaufphase berechtigt den Knoten zu passieren. Dies sind namentlich der geradeausfahrende und rechtsabbiegende Strom aus Süd sowie der geradeausfahrende Strom aus Nord.

Kurz bevor der Bus den Knotenbereich erreicht, werden diese Ströme ebenfalls gestoppt und der Bus kann konfliktfrei auf seine ursprüngliche Fahrbahnseite zurückwechseln. Nach erfolgter Abmeldung wird der Phasenablauf normal fortgesetzt.

3.5 Nachfragevariation

Damit nur solche Fälle betrachtet werden, die in einem potentiellen Anwendungsbereich liegen resp. den Grenzbereich definieren, wurde vorgängig eine statische Leistungsfähigkeitsberechnung durchgeführt. Es wurden Fälle evaluiert, bei denen der Einsatz von elektronischen Busspuren geeignet erscheint. Dazu wurde die Leistungsfähigkeit von Knoten mit LSA und OeV-Priorisierung berechnet.

Es ergab sich, dass bei einer Nachfrage auf dem Hauptstrom (mit Bus) von 400 Fz/h stets sämtliche am Knoten ankommenden Fahrzeuge (und somit auch Busse) innerhalb eines Umlaufs den Knoten passieren können. Liegt die Hauptstromnachfrage über 400 Fz/h ist das wartefreie Passieren des Knotens nur bedingt möglich.

Wächst das Verkehrsvolumen eines Knotens auf einen Gesamtzufluss von über 1'000 Fz/h, steigen die mittleren Wartezeiten einiger Zuflusströme so weit an, dass es zu starken Rückstaubildungen kommt.

Diese pauschalisierte Ergebnisanalyse lässt sich weiter differenzieren. Dabei fällt auf, dass aufgrund der Gestaltungen der betrachteten LSA-Knotentypen im Allgemeinen bei ähnlichen Varianten ein vergleichbares Ergebnis berechnet wird. Insgesamt ergibt Knotentyp B mehr Variabelkombinationen für potentielle Simulationsberechnungen als Knotentyp A, was für die Wahl des Typs B spricht.

Ableitend aus diesen Berechnungen werden Fälle in der Simulation betrachtet, welche durch ein Verhältnis des MIV auf Hauptstrom zu Querstrom (50%, 100%) sowie ein Richtungsanteil im Hauptstrom (20%, 50%) definiert werden. Es ergeben sich dabei Belastungswerte in einer Spanne.

- MIV-Nachfrage auf Hauptstrom von 300 bis 750 PWE/h (PWE = Personenwageneinheiten)
- Gesamt-MIV-Nachfrage von 750 bis 1500 PWE/h

Zudem werden drei verschiedene OeV-Kurszahlen pro Stunde und Richtung angenommen (4, 8, 12).

3.6 Ergebnisse der Simulation

Die Durchführung der Simulationen zeigen folgende Ergebnisse:

- *Methodische Ergebnisdarstellung*

Aufgrund der sich überlagernden Ergebnisaussagen ist die Erstellung einer einzigen Darstellung nicht praktikabel resp. führt zu einer Nicht-Lesbarkeit. Die Darstellungen der in den Simulationen gewonnenen Aussagen erfolgt über mehrere Graphiken, welche in der kausalen Kombination ein ähnliches Anwendungsfenster definieren wie ursprünglich angestrebt.

- *Reisezeit OeV*

Vergleicht man die Reisezeiten des OeV über die Szenarien, so fällt auf, dass die Reisezeitgewinne der elektronischen Busspur gegenüber der Buspriorisierung relativ unabhängig von der Anzahl der OeV-Kurse zu sein scheint (Abb. 3.28 und Abb. 3.29).

- *Reisezeitgewinn OeV-Volumen in Hauptlastrichtung*

Betrachtet man die Reisezeitgewinne im OeV mit der Anzahl in Hauptlastrichtung (von West) einfahrenden MIV-Fahrzeuge/h (Abbildung 3.28), so werden zwei Knickstellen deutlich: eine bei ca. 400 MIV-Fahrzeugen/h und eine bei ca. 600 MIV-Fahrzeugen/h.

- *Knickstelle 1*

Unterhalb einer MIV-Belastung von ca. 400 Fahrzeugen/h ist ein zeitlicher Gewinn kaum messbar. Zwar steigt dieser bei bis zu ca. 600 Fahrzeugen/h deutlich an, liegt aber dennoch stets unterhalb von einer Minute.

- *Knickstelle 2*

Erst bei einer Belastung von über ca. 600 Fahrzeugen/h wächst der Zeitgewinn deutlich an.

- *Reisezeitgewinne OeV-Gesamtvolumen*

Tauscht man auf dem Graphen die Anzahl der Fahrzeuge/h in Hauptlastrichtung mit der Gesamtzahl aller in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge aus (Abbildung 3.29), so bleibt die Grundstruktur erhalten. Die beiden Knickstellen liegen nun bei ca. 750 resp. 1'000 Fahrzeugen/h.

- *Anwendungsfenster MIV-Belastung*

Als (Teil-)Ergebnis dieser Betrachtung bleibt (unter den getroffenen Annahmen) festzuhalten, dass ein Bereich von ca. 600 Fahrzeugen/h in Hauptlastrichtung resp. 1'000 Fahrzeugen/h insgesamt in den Knoten einfahrend vorliegen sollte, damit sich ein Zeitgewinn von über einer Minute zwischen Preemption- und Contraflow-Nutzung einstellt.

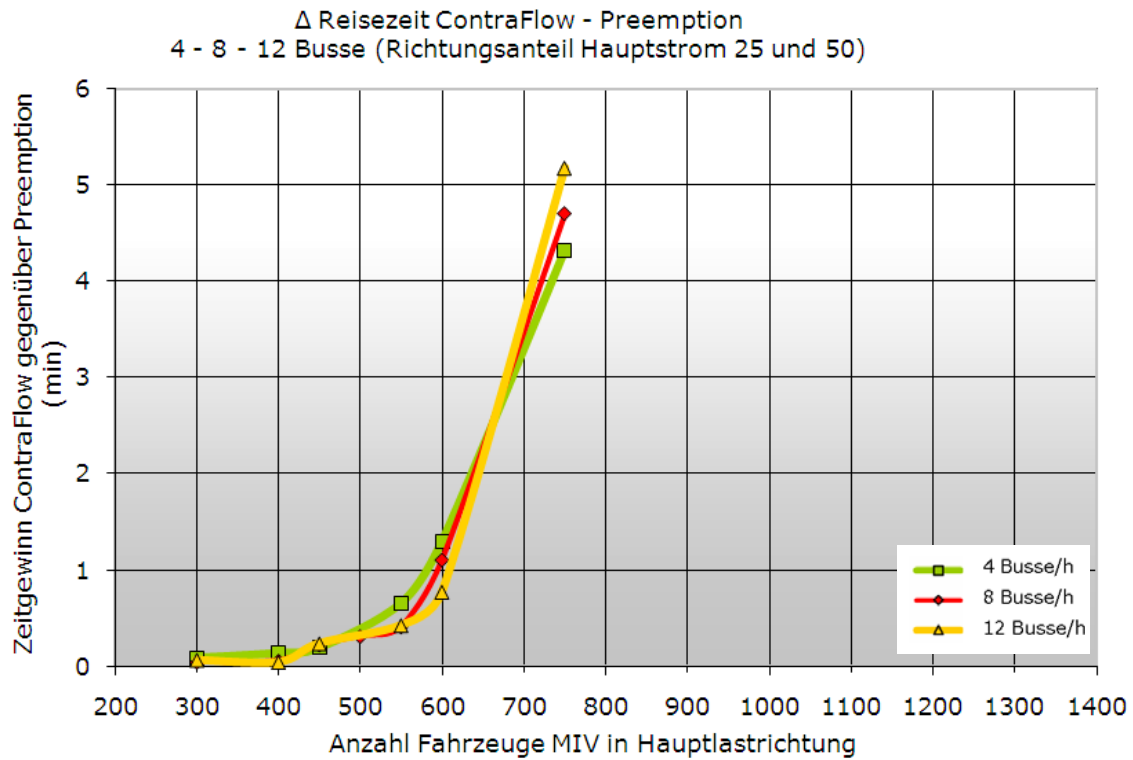


Abb. 3.29 Reisezeitveränderung in Bezug auf die Fahrzeuge in Hauptlastrichtung

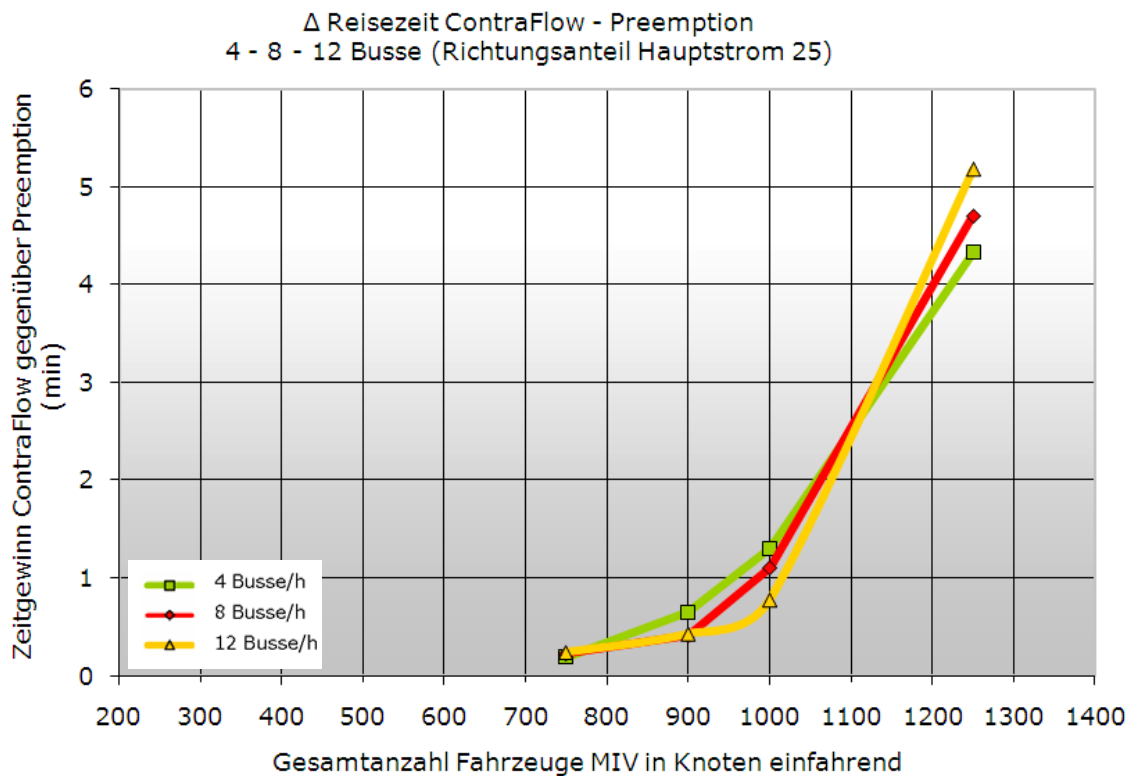


Abb. 3.30 Reisezeitveränderung in Bezug auf die Gesamtanzahl Fahrzeuge

- *Methodische Darstellung – Rückstaulängen resp. Verlustzeiten MIV:*

Die Interpretation der erzeugten Rückstaulängen resp. Verlustzeiten des MIV (ausgewertet per Level-of-Service) gestaltet sich aufgrund der hohen Kombinationsfülle relativ schwierig. Es bietet sich an, stets einen Vergleich der Rückstaulängen resp. des Level-of-Service (LOS) auf Basis der Einzeldarstellungen von Preemption und Contraflow differenziert nach Anzahl OeV-Kurse und Knotenarm zu erstellen. Die Gesamtheit aller ausgewerteten Fälle ist in Beilage 2 aufgeführt. An dieser Stelle wird nur exemplarisch resp. gesamtheitlich auf die Ergebnisse eingegangen.

- *Erläuterung der Darstellungen*

Auf der x-Achse der Graphiken ist stets die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt. Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang, bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge (hellgrün = LOS A; grün = LOS B; gelb = LOS C; orange = LOS D; rot = LOS E; violett = LOS F resp. hellgrün < 25m; gelb < 50m; rot < 100m; violett ≥ 100 m). Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu einer signifikanten Veränderung der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

- *Fallbeispiel Rückstaulängen*

Das Fallbeispiel mit acht Bussen für die westliche Zufahrt (=Hauptlastrichtung und Richtung des begünstigten Busses) zeigt die Einflüsse der elektronischen Busspur auf die Rückstaulänge recht eindrücklich (Abbildung 3.30 und 3.31).

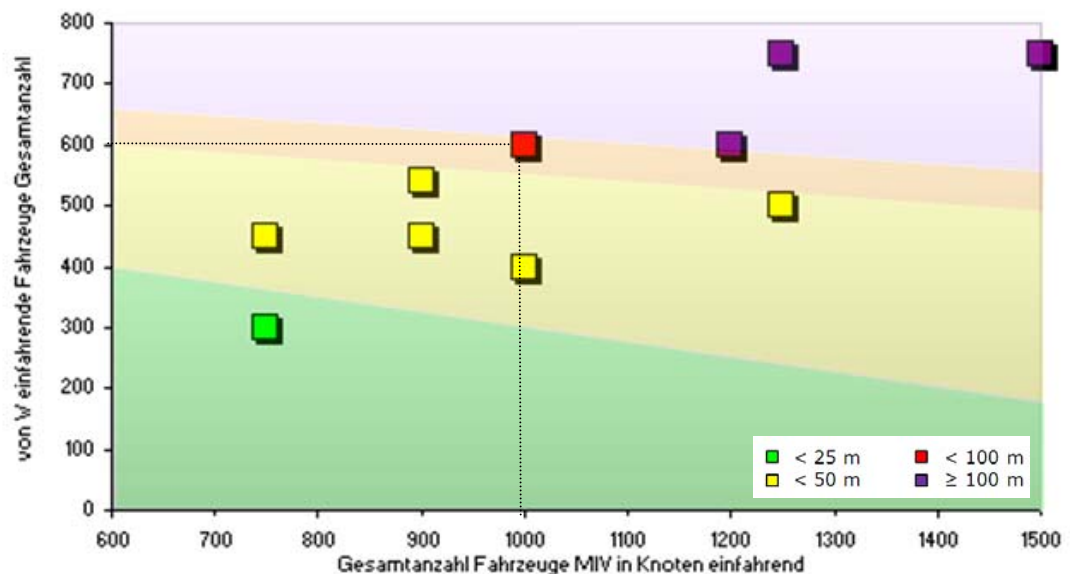


Abb. 3.31 Rückstaulänge bei Buspriorisierung (West, acht Busse)

Fahren von Westen her 600 Fahrzeuge in den Knoten ein und liegt die Zahl der insgesamt in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge bei 1'000, so stellt sich unter Berücksichtigung einer Buspriorisierung eine Rückstaulänge für den Knotenstrom aus Westen kommend von 50 bis 100 Metern ein.

Bei Betrachtung einer elektronischen Busspur im Contraflow-Betrieb verschlechtert sich dieses Ergebnis auf eine Rückstaulänge von über 100 Metern (Abbildung 3.31).

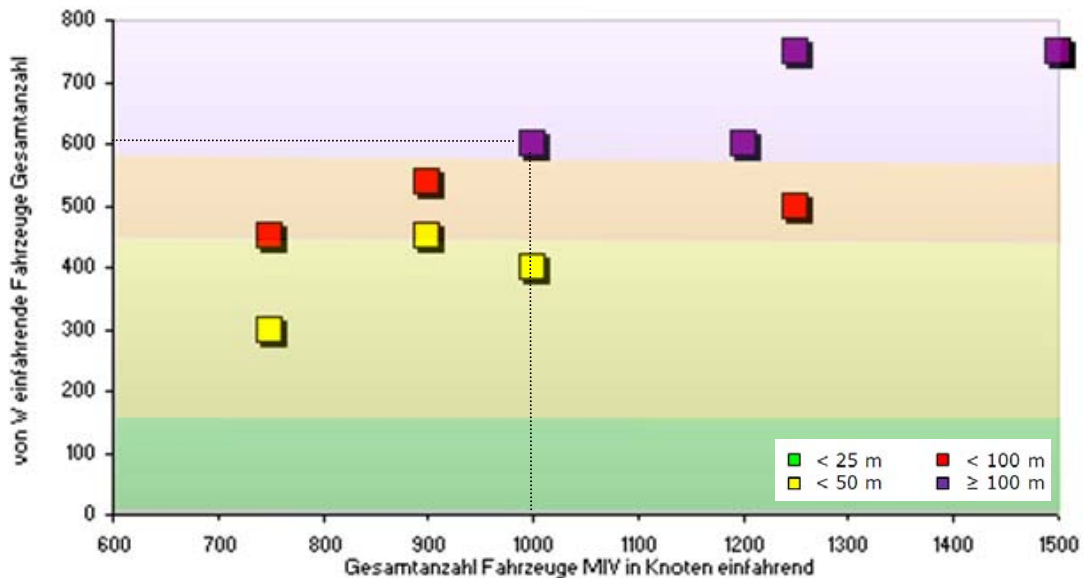


Abb. 3.32 Rückstaulänge bei Contra-Flow-Betrieb (West, acht Busse)

- *Gesamtheitliche Analyse*

Die Flächen geben jene Bereiche an, welche gleiche Ergebnisse vermuten lassen.

Sind die grünen und gelben Flächen in den Priorisierungsfällen bestimmend, so reduziert sich ihr Anteil bei der Nutzung elektronischer Busspuren.

- *Anstieg Rückstaulänge auf über 100m*

Insgesamt ist ein Ansteigen der Rückstaulängen zu beobachten, welche jedoch erst ab einer Anzahl von West her einfahrenden Fahrzeugen von ca. 550 bis 600/h zu Rückstaulängen von über 100m führen.

- *Dosierungsfunktion einer elektronischen Busspur*

Als Ergebnis wäre eine höhere Dosierungsfunktion bei Einführung einer elektronischen Busspur zu erkennen, welche die Räumungsvorgänge einer Buspriorisierung (nahezu vollständig) auslöst und so die Busse in eine deutlich bessere Situation setzt als den MIV.

- *Fallbeispiel Level-of-Service*

Das zweite Fallbeispiel zeigt den Level-of-Service mit zwölf Bussen für die östliche Zufahrt (=Gegenrichtung des begünstigten Busses) (Abbildung 3.32 und 3.33).

Fahren von Osten her 250 Fahrzeuge in den Knoten ein und liegt die Zahl der insgesamt in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge bei 1'250, so stellt sich unter Berücksichtigung einer Buspriorisierung für den Knotenstrom aus Westen kommend ein Level-of-Service von A ein, d.h. es besteht eine Wartezeit von weniger als 20 Sekunden.

Bei Betrachtung einer elektronischen Busspur im Contraflow-Betrieb verändert sich dieses Ergebnis auf eine LOS-Stufe von E. Dies entspricht einer Wartezeit von über 100 Sekunden.

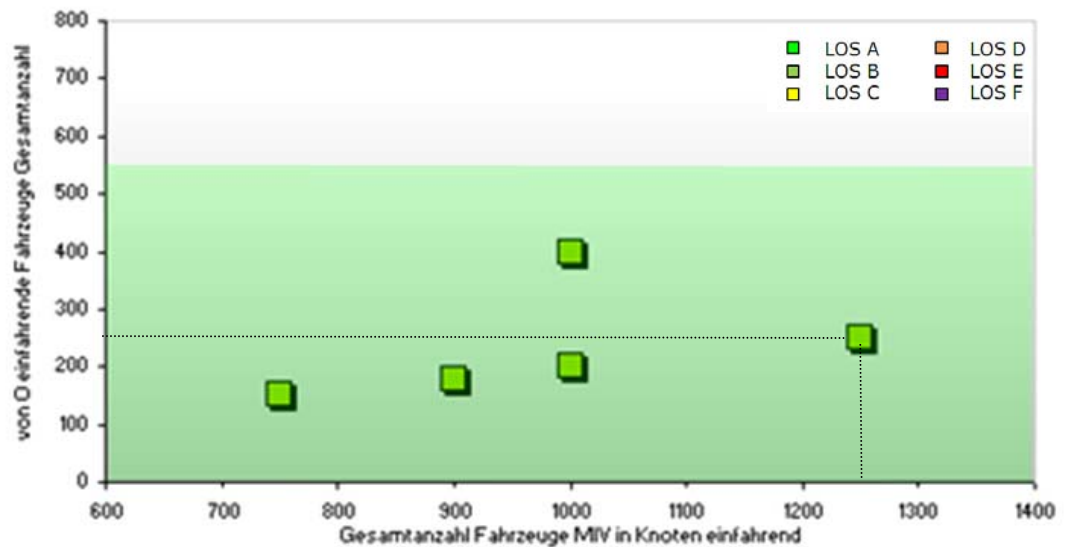


Abb. 3.33 Level-of-Service bei Buspriorisierung (Ost, zwölf Busse)

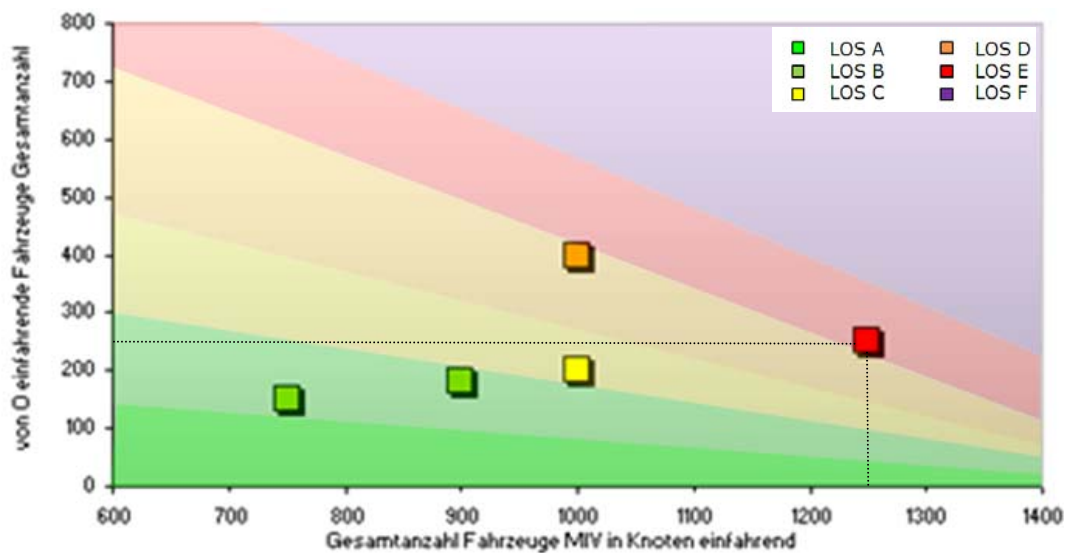


Abb. 3.34 Level-of-Service bei Contra-Flow-Betrieb (Ost, zwölf Busse)

- Auswirkungen der elektronischen Busspur auf LOS:

Entfaltet eine Priorisierung der Busse kaum wahrzunehmende Einflüsse auf die Reisezeiten (unabhängig von Fahrzeugzahl stets LOS B), steigt die Reisezeit in Verbindung mit der Gesamtzahl sowie der Anzahl der aus Ost in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge/h bei einer elektronischen Busspur. Ab insgesamt ca. 1'200 Fahrzeugen sowie etwa 500 Fahrzeugen von Osten kommend ist dabei mit deutlichen Auswirkungen auf die Reisezeiten zu rechnen.

4 Synthese der Erkenntnisse

4.1 Ergebnis und Definition von Einsatzbereichen

Die Zusammenführung der Erkenntnisse führt zu einer Korrektur des oben formulierten morphologischen Kastens. Dieser wird um solche Fälle reduziert, welche keinen sinnvollen Anwendungsbereich darstellen.

Kursiv dargestellt sind solche Merkmale, die sich in einem Grenzbereich befinden. Mit einem grauen Schleier wurden solche Ausprägungen belegt, welche sich nicht für eine Umsetzung einer elektronischen Busspur eignen.

Es zeigt sich, dass die vertretbaren Ausprägungen von einigen Merkmalen z.T. erheblich einschränken (z.B. Raum für Dosierungsrückstau). Andere Merkmale werden kaum oder gar nicht in ihrer Ausprägung begrenzt (z.B. räumliche Lage).

In dem vorliegenden Fall liesse sich ein Beispiel mit den Merkmalsausprägungen eines Contraflow-Betriebes auf einer ausserörtlichen freien Strecke beziehen, welche breit und übersichtlich ist. Es besteht Raum für eine IV-Dosierung, welche Ursache für eine Stauung ist. Das OeV-Angebot auf dieser Strecke beträgt 8 Kurse in Hauptlast- resp. 4 Kurse in Gegenrichtung je Stunde. Von den insgesamt 1'000 in die Knoten einfahrenden PW-Fahrzeugen fahren in Richtung der Massnahme 600. Der Veloverkehr ist zudem mit der PW-Verkehrsführung kombiniert.

Die letztgenannte Merkmalsausprägung lässt sich nicht mit den gemachten Erkenntnissen vereinbaren. Es handelt sich hierbei um eine Ausprägung, welche als ein Ausschlusskriterium zu werten ist. Entsprechend dem morphologischen Kasten entfällt daher diese Merkmalskombination.

Kriterium	Ausprägungen			
Anwendungsform	Richtungswechselbetrieb	Withflow-Betrieb	Contraflow-Betrieb	
räumliche Lage	innerorts	ausserorts		
räumliche Situation	freie Strecke	Knotenbereich ohne LSA	Knotenbereich mit LSA	Knotenbereich mit Kreisel
Strassenraum	eng und unübersichtlich	eng aber übersichtlich	breit aber unübersichtlich	breit und übersichtlich
Raum für Dosierungsrückstau	nicht vorhanden	vorhanden, aber mit Zufahrten	vorhanden, ohne Zufahrten	
Stauungsursache	Ursache ist Knoten	Ursache liegt hinter Knoten	Dosierung des MIV	
Anzahl OeV-Kurse	1	4	8	12
Anzahl OeV-Kurse Gegenrichtung	1	4	8	12
Anzahl MIV/h in Massnahmerichtung	400	600	800	1'000
Gesamtzahl MIV/h	600	800	1'000	1'200
Führung Veloverkehr	kombiniert mit MIV	auf separatem Veloweg		
Fussgängereinfluss	mit Überwegen	ohne Überwege		

Abb. 4.35 morphologischer Kasten mit auf Umsetzung zu prüfenden Varianten

4.2 Planungs- und Entscheidungshilfe

Die Planungs- und Entscheidungshilfe soll ein einfaches Ablaufschema bieten, mit Hilfe dessen schnell und ohne hohen Zeitaufwand eine erstmalige Prüfung eines neuen Projektes auf seine Verträglichkeit einer ContraFlow-Implementierung möglich ist.

Es gilt dabei, die Fragen auf einer relativ hohen Flughöhe zu beantworten und ggf. die Ergebnisse einer direkten Abwägung zu unterziehen. Zu beachten ist zudem, dass sich die aufgeführten Fragen und Aspekte je nach Projektlage und örtlicher Situation ergänzen lassen, so dass es keine völlige Schwarz-Weiss-Malerei gibt. Im Folgenden wird der Ablauf ausführlich erläutert, ehe das Schema skizziert wird.

Besteht ein Problem in der Durchführung von OeV-Fahrten resp. ist ein solches zu erwarten?

Diese Frage gilt als Einstiegsfrage in die Planungs- und Entscheidungshilfe und soll abklären, ob eine generelle Planungsfähigkeit für eine elektronische Busspur vorliegt. Ausgangspunkt ist hierbei eine aktuelle Situation, welche durch einen hohen Zeitverlust (beim OeV) und einer daraus abzuleitenden instabilen Fahrplanteue charakterisiert ist. Auch zukünftig absehbare Veränderungen (Einführung zusätzlicher OeV-Kurse, prognostizierte Zunahme des MIV) können als Begründung für eine weitergehende Prüfung angesehen werden.

Ist eine konventionelle Busspur nicht umsetzbar?

Es gilt zu prüfen, ob der Bau einer konventionellen Busspur die Probleme lösen kann. Gegen eine solche separate Spur kann u.a. eine Belastungsverteilung von OeV-Fahrzeugen sprechen, welche im Grunde eine solche Lösung für beide Richtungen benötigen würde. Auch die Verteilung des Stauaufkommens über den Tag hinweg ist zu beachten. Handelt es sich lediglich um ein kurzes Zeitfenster, in welchem eine signifikante Reisezeitsteigerung im OeV entsteht, kann eine bauliche Massnahme als überdimensioniert gelten.

Wesentlich gravierender sind Einschränkungen, welche sich aus dem zusätzlichen Raumbedarf ergeben. Insbesondere in innerörtlichen Bereichen besteht häufig eine aus Platzmangel hervorgerufene Situation, welche die Etablierung einer zusätzlichen Busspur nicht zulässt.

Kann eine Busspur in Richtungswechselbetrieb nicht angedacht werden?

Besteht ausreichend Platz, um eine separate Busspur zu bauen, sollte dieser jedoch in den Spitzenstunden von verschiedenen Richtungen her genutzt werden (z.B. vormittags stadteinwärts, nachmittags stadtauswärts), so kann es genügen, eine Busspur im Richtungswechselbetrieb einzurichten, auf welcher je nach Tageszeit ein Busstrom verkehrt. Kann hierbei das Problem einer ungenügenden Fahrplanstabilität bewältigt werden, braucht eine elektronische Busspur nicht weiter geprüft zu werden. Besteht jedoch auch der Platz für nur eine zusätzliche Spur nicht oder ist die Nutzung in eine Richtung über den ganzen Tag hinweg notwendig, so sollte eine Busspur in Richtungswechselbetrieb verworfen werden und die Möglichkeiten einer elektronischen Busspur weiter geprüft werden.

Würde die Einführung einer Contraflow-Regelung grundsätzlich auf Akzeptanz stossen?

Die Einführung einer noch unbekannten Lösung wie der elektronischen Busspur besitzt einen deutlichen Einfluss auf den täglichen Verkehrsablauf. Vor allem sicherheitsrelevante Fragen müssen vorab geklärt werden. Neben einer Kontroll- resp. Monitoringmöglichkeit beim Betreiber bedarf es der klaren Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer. Nur auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die Buspriorisierung respektiert wird und es zu

keinen Verletzungen der Vorfahrt- resp. Dosierungsregelung kommt. Es hat sich gezeigt, dass es besonders förderlich ist, frühzeitig die Öffentlichkeit zu informieren und mit der Regelung vertraut zu machen. Zudem ist eine positive Resonanz von Akteuren wie OeV-Unternehmen und Strassenverwaltungen notwendig. Sollte eine allgemeine Akzeptanz nicht erreicht werden können, ist von weiteren Planungen abzusehen. Deswegen gilt es in diesem Schritt zu prüfen, inwieweit rechtliche Rahmenbedingungen der Entfaltung der Gestaltungsmöglichkeiten einer elektronischen Busspur entgegensprechen („rechtliche Akzeptanz“).

Lässt die Form und Gestalt der Strecke eine Contraflow-Nutzung zu?

Der zu nutzende Strassenraum muss für eine Contraflow-Anwendung geeignet sein: Unter anderem ist zu prüfen, ob der Strassenraum (insb. die als elektronische Busspur zu nutzende Gegenfahrbahn) eine ausreichende Breite ausweist. Ein wesentliches Element beim Konzept der elektronischen Busspuren ist es, dass aufgrund der Nutzungsflexibilität eine Befolgung der Verkehrsregeln entgegenkommender wie wartender Verkehrsteilnehmer nicht vollständig vorausgesetzt werden kann. Um eine weitere Kontrollinstanz in das System zu integrieren, fahren die Buschauffeure lediglich auf Sicht sowie in eigener Verantwortung. Um ihnen ein frühzeitiges Erkennen von Gefahrensituationen zu ermöglichen, ist es notwendig, dass die Strecke gut einsehbar ist (d.h. keine bis sehr geringe Kurvigkeit, kein bis sehr geringes Steigungsprofil, keine potentiellen Sichteinschränkungen). Dieser Punkte geht somit ebenfalls in eine Prüfung der rechtlichen Situation über. Es gilt dabei zu analysieren, inwieweit die verschiedenen Verkehrsteilnehmer rechtlich abgesichert resp. beschränkt werden können. Zudem führt diese Prüfung zu einer verstärkten Planungssicherheit der Planungsstelle sowie des Busbetreibers.

Lassen sich bestehende Zufahrten zur Strecke zweckmässig absichern?

Neben den entgegenkommenden und wartenden Verkehrsteilnehmern stellen einmündende Strassen sowie Aus- resp. Zufahrten zu anliegenden Grundstücken eine Gefahrenquelle dar. Diese müssen abgesichert (per LSA, Beschilderung etc.) oder gar gänzlich unterbunden werden, damit eine sichere Pulküberholung der Busse erfolgen kann.

Ist für eine Dosierung (Rückstaubildung MIV) ausreichend Stauraum in jede Richtung vorhanden?

Damit die Gegenfahrbahn geräumt werden kann sowie der Bus wieder in seine ursprüngliche Fahrspur zurückkehren kann, ist eine Dosierung der Fahrzeuge des MIV notwendig, sofern diese nicht sowieso vorliegt. In Abhängigkeit von der Überholzeit (entsprechend der Länge der Überholstrecke) sowie des vorliegenden Fahrzeugvolumens wird ein Aufstellraum für die zurückgehaltenen Fahrzeuge benötigt. Die Dosierung darf jedoch nicht dazu führen, dass wichtige Kreuzungspunkte oder Zufahrten von den angehaltenen Fahrzeugen blockiert werden resp. dies muss als Konsequenz in Kauf genommen werden.

Führt eine elektronische Busspur zu keinen Konflikten mit Fussgängern resp. Velofahrern?

Neben dem MIV müssen auch die Teilnehmer des LV (Fussgänger und Velofahrer) bei der konzeptionellen Planung einer elektronischen Busspur berücksichtigt werden. Ihnen muss eine gesicherte Strassenquerung ermöglicht werden resp. wenn dies als nicht umsetzbar erscheint, muss ihnen eine Ausweichroute aufgezeigt werden. Die Zerschneidungswirkung der Strasse soll dabei so gering wie möglich gehalten werden. Den Velofahrern muss ein konfliktfreies Weiterfahren ermöglicht werden, um deren Fahrzeit nicht bei der Festlegung der Dosierungsintervalle berücksichtigen zu müssen. Zwar wäre dies in Fahrtrichtung der Buspriorisierung denkbar, beim entgegenkommenden Veloverkehr würde dies jedoch zu sehr langen Räumzeiten führen, was insgesamt lange Wartezeiten für den MIV wie auch den wartenden Bus bedeuten würde. Die Lösung dieser Problema-

tik liegt in der separaten Führung auf einem Veloweg ggf. in einer räumlichen Umfahrung der Strecke.

Liegt die Anzahl der potentiell profitierenden Busse in einem Bereich, der die negativen Einflüsse sowie Investitionskosten rechtfertigen kann?

In einer ersten groben Abschätzung soll geprüft werden, ob der sich positiv entfaltende Effekt eine ausreichend grosse Anzahl OeV-Fahrten (Anzahl Fahrzeuge, Anzahl Fahrgäste) betrifft. Sind nur wenige Verkehrsteilnehmer als Profiteure zu erwarten, werden wahrscheinlich die negativen Eingriffe in den Verkehrsablauf sowie die zu investierenden Kosten nicht zu rechtfertigen sein resp. werden in einem Missverhältnis stehen (Kosten-Nutzen-Verhältnis). Hierbei existieren keine definierten Grenz- oder Schwellenwerte. Vielmehr liegt der Zweck dieser Abfrage in einem schnellen Ausschluss klar ungeeigneter Zustände.

Liegt die Anzahl der potentiell negativ beeinflussten Verkehrsteilnehmer in einem Bereich, der zu verkraften ist?

Im Umkehrschluss zur vorherigen Frage soll hier geprüft werden, ob der sich negativ entfaltende Effekt eine nicht übermässige Anzahl Fahrten (Anzahl querende Busse, Anzahl Fahrgäste, Anzahl MIV-Fahrzeuge) betrifft. Ist eine zu grosse Menge zu erwarten oder ist zu befürchten, dass sich die Effekte nicht wieder abbauen können und einen grossräumigen Verkehrszusammenbruch bewirken können, werden die Massnahme nicht zu rechtfertigen sein. Hierbei existieren ebenfalls keine definierten Grenz- oder Schwellenwerte. Vielmehr liegt der Zweck dieser Abfrage in einem schnellen Ausschluss klar ungeeigneter Zustände.

Ist aufgrund der Anzahl Fahrzeuge in Hauptlastrichtung ein signifikanter OeV-Zeitgewinn zu erwarten?

Lässt sich aufgrund der Anzahl Fahrzeuge in Hauptlastrichtung ein signifikanter OeV-Zeitgewinn erwarten, kann unter der Prämisse der zuvor getroffenen Annahmen (ausreichende Anzahl positiv Betroffener, vertretbare Anzahl negativ Betroffener) die Prüfung einer elektronischen Busspur weiterverfolgt werden. Es liegen auch hierbei keine definierten Grenz- oder Schwellenwerte vor. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass ein Fahrzeitgewinn im OeV von unter einer Minute kaum die Eingriffe sowie die zu investierenden Kosten rechtfertigen werden. Von einer notwendigen Grundbelastung von mindestens ca. 600 Fahrzeugen ist daher auszugehen.

Ist aufgrund der Anzahl insgesamt in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge ein signifikanter OeV-Zeitgewinn zu erwarten?

Ebenfalls ist die Anzahl Fahrzeuge zu betrachten, welche insgesamt in den Knoten einfahren (Hauptlastrichtung plus Gegenrichtung plus querende Ströme). Lässt sich auch hier die Aussage eines signifikanten OeV-Zeitgewinn bestätigen, kann unter der Prämisse der zuvor getroffenen Annahmen (ausreichende Anzahl positiv Betroffener, vertretbare Anzahl negativ Betroffener) die Prüfung einer elektronischen Busspur weiterverfolgt werden. Es liegen auch hierbei keine definierten Grenz- oder Schwellenwerte vor. Jedoch ist anzunehmen, dass ein Fahrzeitgewinn im OeV von unter einer Minute kaum die Eingriffe sowie zu investierenden Kosten rechtfertigen werden, so dass von einer notwendigen Grundbelastung von mindestens ca. 1'000 Fahrzeugen auszugehen ist.

Ist ein gravierendes Absinken des Level-of-Service (Wartezeit) nicht erkennbar resp. ist dieses zu tolerieren?

Neben den positiven Effekten spielen die negativen ebenfalls eine wichtige Rolle. Durch die Grünzeitverluste (bewirkt durch Dosierungs-, Räum-, Aktivierungsphasen) können Knotenzufahrten ein gravierendes Absinken des Level-of-Service erleiden. Aufgrund der komplizierten Kausalstruktur lässt sich dieser Sachverhalt nicht in einer alleinigen Graphik veranschaulichen. Daher muss zur Beantwortung dieser Frage auf verschiedene

Diagramme zurückgegriffen werden, welche jeweils durch Knotenzufahrt und Anzahl OeV-Kurse definiert werden. Erst der Vergleich von zwei zusammengehörigen Diagrammen (einmal als Preemption sowie einmal als Contraflow) zeigt, ob sich gravierende Veränderungen einstellen.

Im Folgenden wird dieses Vorgehen an einem Diagrammpaar exemplarisch aufgezeigt:

Abgebildet ist das Ergebnisdigramm für die östliche Zufahrt (Gegenstrom) und den Fall, dass zwölf Busse pro Stunde die Preemption resp. die elektronische Busspur nutzen (Abbildung 4.35). In der oberen Darstellung werden alle Fälle durch ein Level-of-Service B charakterisiert (d.h. Wartezeit < 35 Sekunden). Wird nun die Preemption durch eine elektronische Busspur ersetzt (d.h. sämtliche Busse nutzen die Contraflow-Lane), stellt sich bei einem Teil der Fälle ein verschlechtertes Level-of-Service ein (z.B. bei 1'000 insgesamt einfahrenden Fahrzeugen und 400 Fahrzeugen aus Richtung Osten steigt das Level-of-Service auf D an, d.h. auf eine Wartezeit von bis zu 70 Sekunden).

Dies gilt zwar auf den ersten Blick als ein sehr deutliches Ausschlusskriterium, jedoch sollte im Einzelfall genau geprüft werden, ob dieser Effekt nicht im Rahmen einer tolerierbaren Verlagerung läge oder gar erwünscht wäre (z.B. Einfahrtodosierung durch Pfortneranlage). Nur eindeutig als nicht gewünscht resp. als nicht tolerierbar identifizierbare Effekte führen zu einem Ausschluss.

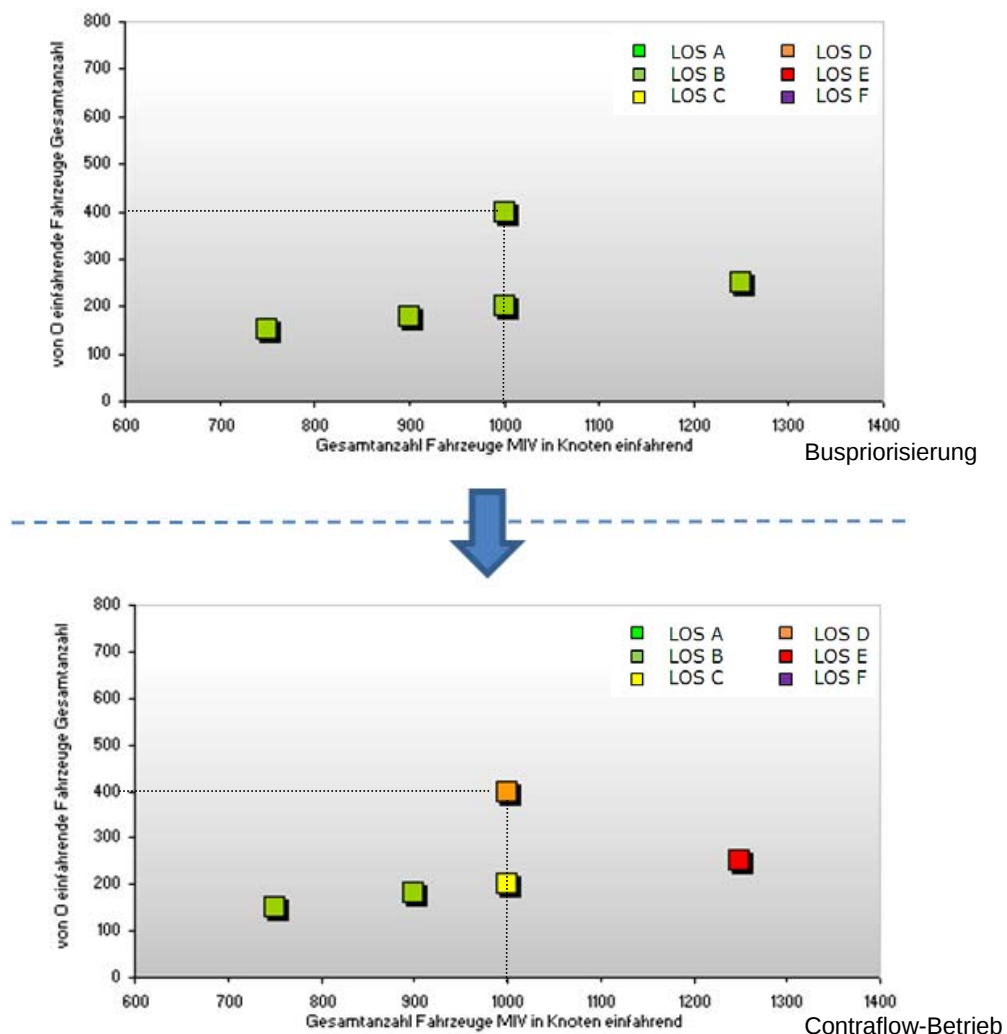


Abb. 4.36 Beispiel der Veränderung des Level-of-Service

Ist ein gravierender Anstieg der Rückstaulängen nicht erkennbar resp. ist dieses zu tolerieren?

Durch die Grünzeitverluste (bewirkt durch Dosierungs-, Räum-, Aktivierungsphasen) können Knotenzufahrten ebenfalls ein Ansteigen der entstehenden Rückstaulängen erleiden, welche auf dem vorhandenen Strassennetz nicht unterzubringen sind resp. den Kreuzungsbereich von wichtigen Vorgänger- resp. Nachfolgeknoten blockieren. Aufgrund der komplizierten Kausalstruktur lässt sich dieser Sachverhalt nicht in einer alleinigen Graphik veranschaulichen. Daher muss zur Beantwortung dieser Frage auf verschiedene Diagramme zurückgegriffen werden, welche jeweils durch Knotenzufahrt und Anzahl OeV-Kurse definiert werden. Erst der Vergleich von zwei zusammengehörigen Diagrammen (oben als Preemption sowie unten als Contraflow) zeigt, ob sich gravierende Veränderungen einstellen.

Im Folgenden wird dieses Vorgehen an einem Diagrammpaar exemplarisch aufgezeigt:

Abgebildet ist das Ergebnisdiagramm für die östliche Zufahrt (Gegenstrom) und den Fall, dass acht Busse pro Stunde die Preemption resp. die elektronische Busspur nutzen (Abbildung 4.36). Im oberen Darstellungsteil wird der Grossteil aller Fälle durch eine Rückstaulänge von weniger als 25m charakterisiert. Wird nun die Preemption durch eine elektronische Busspur ersetzt (d.h. sämtliche Busse nutzen die Contraflow-Lane), stellt sich bei dem Teil der Fälle ein verschlechtertes Level-of-Service ein, welche mehr als 1'000 in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge aufweisen (nun bis zu 50m Rückstau).

Ähnlich wie bei der Betrachtung des Level-of-Service gilt auch hier, dass zwar deutliche Ausschlusskriterien erreicht werden können, es jedoch im Einzelfall genau abzuwägen gilt, ob dieser Effekt nicht im Rahmen einer tolerierbaren Verlagerung läge oder gar erwünscht wäre. Nur eindeutig als nicht gewünscht resp. als nicht tolerierbar identifizierbare Effekte führen zu einem Ausschluss.

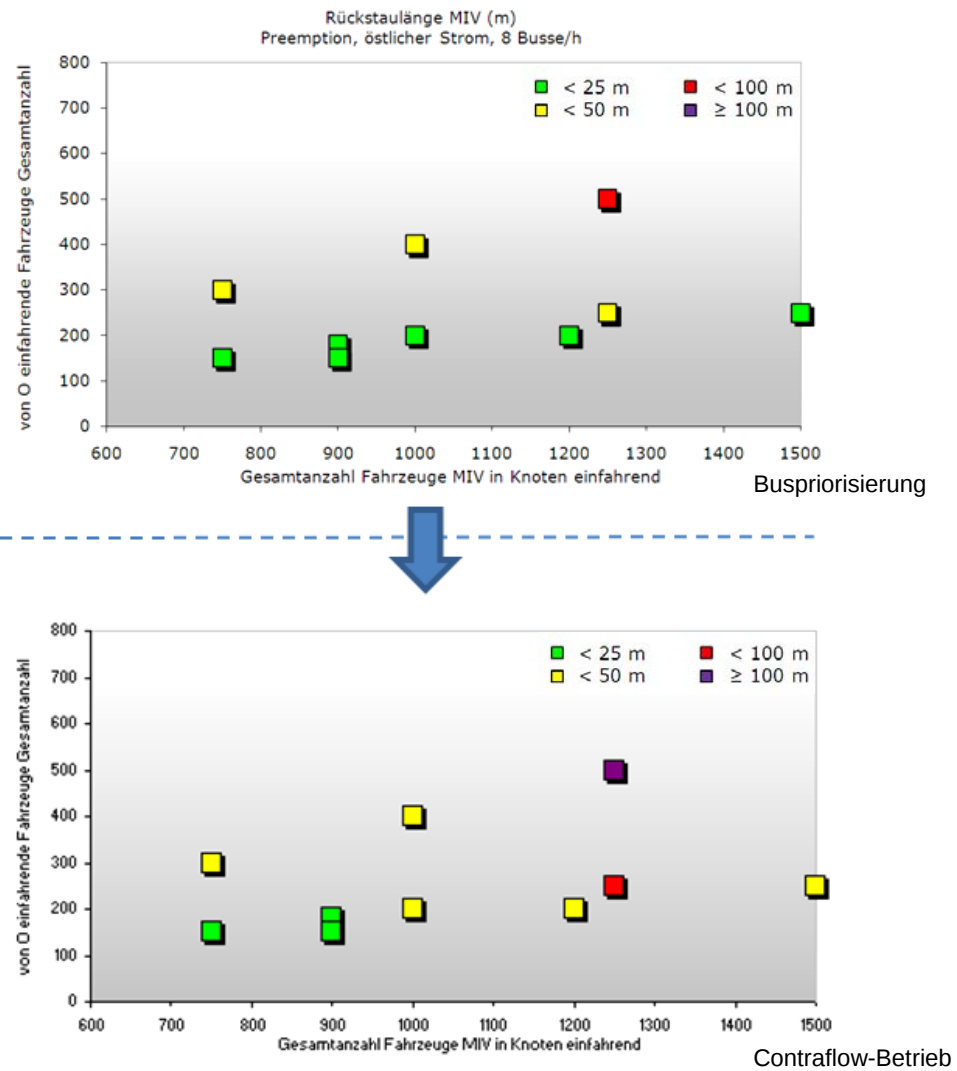


Abb. 4.37 Beispiel der Veränderung der Rückstaulänge

5 Schlussfolgerungen

Es zeigt sich, dass elektronische Busspuren zwar noch selten umgesetzt, aber keineswegs unbeachtet sind. Vielmehr erscheint diese Form der OeV-Bevorzugung ein reges Interesse zu wecken.

Zu beachten gilt, dass elektronische Busspur in diesem Kontext nicht gleich elektronische Busspur ist, sondern dass eine Vielzahl von Varianten und Ausprägungen besteht. Als Ergebnis der Recherchearbeiten lässt sich mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse eine Typologisierung von elektronischen Busspuren in Richtungswechsel-, Withflow- und Contraflowbetrieb durchführen.

Ein Richtungswechselbetrieb liegt demnach dann vor, wenn der Strassenraum für eine Busspur in Seitenlage je Fahrtrichtung nicht zur Verfügung steht, jedoch für einen Bussonderfahrstreifen ausreicht. Dabei teilen sich Busse beider Fahrtrichtungen die gemeinsame Spur. So nutzen bspw. morgens stadteinwärts fahrende Busse die Sonderspur und abends stadtauswärts fahrende Busse. Busse in die entgegengesetzte Richtung nutzen währenddessen die für den normalen Verkehr vorhandenen Fahrstreifen.

Ein Withflow-Betrieb zeichnet sich hingegen durch die Freigabe eines Fahrstreifens für Busse auf Strassen mit zwei Fahrstreifen je Richtung aus. Andere Verkehrsteilnehmer werden über in der Fahrbahn installierte LED-Signale rechtzeitig informiert, dass sie den Fahrstreifen zur Busdurchfahrt räumen müssen resp. nicht befahren dürfen. Nach Passieren des Busses kann der Individualverkehr den Fahrstreifen erneut nutzen.

Bei einem Contraflow-Betrieb wird der Gegenverkehr mittels Signalisierung gestoppt, damit ein Bus eine gestaute Reihe von Fahrzeugen überholen kann. Der sich aufstauende Verkehr wird in Busrichtung per Dosierungsanlage angehalten, so dass der Bus nach Passieren auf der Gegenspur vor dem Stau wieder auf die ursprüngliche Spur einfädeln kann.

Die Nutzung des elektronischen Busspuren-Konzeptes erreicht Grenzen in jenen Bereichen, wo die Komplexität des Knoten- resp. Streckenbereichs eine sinnvolle (d.h. konfliktfreie) Umsetzung nicht mehr zulässt. Die für einen Contraflow-Betrieb durchgeführte Mikrosimulation zeigt Randbedingungen, in denen die MIV- und/oder OeV-Menge eine ausgewogene Verlustzeitallokation bei benachteiligten Strömen zulassen. Es gilt dabei jedoch festzustellen, dass die Fragen nach allgemeinen Grenzen nur schwerlich zu beantworten ist. Vielmehr sind die einzelnen Faktoren einer allgemeinen Abwägung zu unterziehen. Hierbei können die Simulationsergebnisse eine Beratungsfunktion übernehmen. Zu beachten ist zudem, dass sich die aufgeführten Fragen und Aspekte je nach Projektlage und örtlicher Situation ergänzen lassen, so dass es keine reine Schwarz-Weiss-Unterscheidung gibt.

Für eine Anwendung von elektronischen Busspuren (insb. Contraflow-Betrieb) wurden, so weit dies projektunabhängig möglich ist, Empfehlungen über die Eignungsvoraussetzungen gegeben. Mit Hilfe der formulierten Planungs- und Entscheidungshilfe liegt nun ein Grundgerüst für einen Prozess vor, an dem sich Planer, Entscheidungsträger und Interessenvertreter orientieren können.

Die Ziele des Forschungsprojektes, unter welchen Bedingungen elektronische Busspuren eine adäquate Massnahme zur Vermeidung oder Verringerung von staubedingten Fahrzeitverlusten im OeV darstellen, sind durch diese Ableitung von konkreten Empfehlungen

erreicht. Jedoch formulieren Antworten stets auch neue Fragen, welchen in einem weiteren Forschungsbedarf nachgegangen werden sollte:

- Welche erweiternden Möglichkeiten ergeben sich durch eine Anwendung von verschiedenen Kombinationen von Busbevorzugungsmassnahmen in einem grössten räumlichen Kontext (z.B. Abfolge von OeV-Priorisierungsmassnahmen mit elektronischen Busspuren)?
- Wie lässt sich die (öffentliche) Akzeptanz von elektronischen Busspuren erweitern, so dass der „Umsetzungswiderstand“ bei den verschiedenen Akteuren reduziert werden kann?
- Welche direkten Ableitungen können aus einer Übertragbarkeit der Modellergebnisse in einen Feldversuch formuliert werden, und können so die modelltechnisch definierten Grenzen weiter konkretisiert werden?
- Welche Potentiale bestehen in zeitlich begrenzten Anwendungen (z.B. bei Baustellen-situationen)?

Es bleibt also festzuhalten, dass sehr wohl ein potentieller Anwendungsbereich für elektronische Busspuren besteht. Zwar wird dieser durch die beschränkenden Anforderungen deutlich eingegrenzt, doch zeigen die dargestellten Anwendungsfälle die prinzipielle Umsetzungsfähigkeit des Konzeptes. Die Entscheidung über das Ob und Wie einer Realisierung von elektronischen Busspuren bedarf dabei einer kritischen Prüfung. Der erste Teil dieser Prüfung kann anhand der dargestellten Planungs- und Entscheidungshilfe analysiert werden. Im Fall einer positiven Bewertung ist es aber unerlässlich eine detaillierte Betrachtung des Umsetzungsvorhabens zu starten (u.a. Simulation mit örtlichen Begebenheiten).

Anhänge

I	Fact Sheets	57
II	Auswertungsergebnisse der Simulationen	65
III	Planungs- und Entscheidungshilfe (Ablaufschema)	79

I Fact Sheets

Richtungswechselbetrieb

Allg. Beschreibung:

Wenn der Strassenraum für eine Busspur in Seitenlage je Fahrtrichtung nicht zur Verfügung steht, jedoch für einen Bussonderfahrstreifen ausreicht, bietet sich ein Richtungswechselbetrieb an. Dabei teilen sich Busse beider Fahrtrichtungen die gemeinsame Spur. So nutzen bspw. morgens stadteinwärts fahrende Busse die Sonderspur und abends stadtauswärts fahrende Busse. Busse in die entgegengesetzte Richtung nutzen währenddessen die für die normalen Kfz-Verkehr vorhandenen Fahrstreifen.



Beispielanwendungen

Zürich – Langstrasse, ZH

Die Langstrasse wird im Abschnitt Hohl- bis Militärstrasse in einem Einbahnregime Richtung Militärstrasse geführt. Neben den Fahrstreifen für den Individualverkehr ist eine Busspur auf einer Länge von ca. 260m im Richtungswechselbetrieb angelegt.

Diese wird in beide Richtungen von Gelenktrolley-Bussen der Linie 32 (Holzerhurd – Strassenverkehrsamt) im 5min-Takt (HVZ) befahren. An beiden Ende werden die ca. 6'000 PW durch Punktsignalen vom Befahren der Busspur ausgeschlossen.

Die Nutzung der Busspur stellt eine Übergangslösung dar, welche durch eine Neuorganisation des Verkehrsnetzes im Quartier abgelöst werden soll (genauer Zeitpunkt noch nicht bekannt).

weitere Beispiele

- Zug – Chamerstrasse, ZG
- Mainz, Deutschland – Weisenauer Strasse
- Madrid – Autopista M-30
- La Chaux-de-Fonds – Bld des Eplatures, NE (geplant)
- Hesperingen-Howald, Luxemburg (geplant)
- Innsbruck - Innrain, Österreich (geplant)

Vor-/Nachteile der Anwendung

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + Fahrplanstabilität + Reisezeitgewinne in ÖV + Steigerung der Attraktivität des ÖV + seitliches Ein- resp. Ausfahren ist bei + Aktivierung zulässig kaum bis keinen Einfluss auf IV | <ul style="list-style-type: none"> - es existieren bessere Steuerungsmöglichkeiten - bei vielen Einmündungen: Einschränkungen in der Richtungswahl - ungewohnt für Fussgänger |
|---|--|

(infrastrukturelle) Minimalanforderungen

- Notwendigkeit eines dritten Fahrstreifens
- Möglichkeit des Wiedereinfädelns muss gegeben sein

Richtungswechselbetrieb

Notwendige technische Ausrüstung

- zeitgeregelte Signalisation je nach örtlicher Situation
- onboard-Device zur Anmeldung (um Missbrauch und Verwechslungen zu unterbinden)
- Zufahrtsregelung der Busse
- Zufahrtsregelung der Busse (Signalisation, Warteflächen)

Hinweise zur Verkehrssicherheit und zur Akzeptanz

- grösstenteils positive Akzeptanz
- ungewohnt für Fussgänger (Verkehr aus zwei Richtungen auf einem Fahrstreifen)
- Notwendigkeit der Vermeidung von Fehlverhalten z.B. durch widrige Nutzung des Busstreifens durch Langsamverkehr
- Lage der Haltestellen
- Notwendigkeit der Regelung des Wiedereinfädelns der Busse nach der elektronischen Busspur

Einsatzgrenzen

- Möglichkeit eines dritten Fahrstreifens muss gegeben sein (=Busspur)
- Bei Haltestellen oder Linksabbiegern muss die Richtungswechselspur unterbrochen werden
- OeV-Kurse könnten die Busspur in beide Richtungen nutzen, sofern die Kursdichte dies zulässt (eine entsprechende Signalisierung und Sicherung vorausgesetzt)

Bemerkungen

Durch den geringen bis fehlenden Einfluss auf den IV entfaltet sich keine Modal Shift-Wirkung.

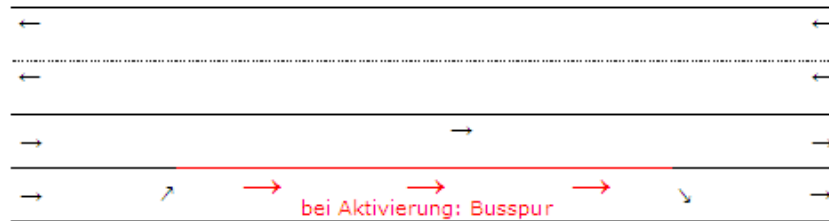
Aufgrund der möglichen Schaffung einer eigenen Grünphase für die elektr. Busspur kommt es nur zu geringen Eingriffen am Knoten.

Zu unterscheiden sind Busspuren im Richtungswechselbetrieb auf zwei- und auf dreispurigen Strassen. Liegt die Busspur bei einer dreispurigen Strasse in einer Mittellage, entstehen aufgrund der räumlichen Trennung kaum Konfliktsituationen mit Fussgängern und Velofahrern. Wird wie im Beispiel der Langstrasse ein Richtungswechselbetrieb auf einer zweispurigen Strasse eingerichtet, fällt die Trennung zwischen den Verkehrsträgern weg.

Withflow-Betrieb

Allg. Beschreibung:

Freigabe eines Fahrstreifens für Busse auf Strassen mit zwei Fahrstreifen je Richtung, wenn ein Befahren ohne Bevorrechtigung zu Zeitverlust führen würde. Andere Verkehrsteilnehmer werden über in der Fahrbahn installierte LED-Signale rechtzeitig informiert, dass sie den Fahrstreifen zur Busdurchfahrt räumen müssen. Nach Passieren des Busses kann der Individualverkehr den Fahrstreifen erneut nutzen.



Beispielanwendungen

Lissabon, Portugal – Alameda da Universidade

Entlang eines ca. 800m langen Streckenabschnitts wird ein Fahrstreifen der Alameda da Universidade für den PW-Verkehr gesperrt, sobald sich ein Bus im Streckenbereich befindet.

Die Information über die Fahrstreifensperrung für den IV erfolgt über vertikale Signale und in die Fahrbahn eingelassene LED-Signale. Dies erfolgt mit einem gewissen zeitlichen Vorlauf, so dass der IV den Fahrstreifen bei Ankunft des Busses geräumt hat resp. abgeflissen ist.

Der Busverkehr kann daher eine deutlich höhere Reisegeschwindigkeit erzielen (ca. 45 bis 63 Prozent zur Hauptverkehrszeit abends).

weitere Beispiele

- Montreal, Kanada – Champlain Bridge
- Santa Monica, USA – Lincoln Blvd. (geplant)

Vor-/Nachteile der Anwendung

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + Fahrplanstabilität + Reisezeitgewinne in ÖV + seitliches Ein- resp. Ausfahren ist bei Aktivierung zulässig + geringe Eingriffe in den Ablauf an Knoten (im Grunde entsprechend einer OeV-Privilegierung) | <ul style="list-style-type: none"> - traditionelle Busprivilegierung kann ähnliche Ergebnisse erzielen - ein zweiter Fahrstreifen ist zwingend notwendig - Einschränkungen von resp. durch Parkvorgänge |
|---|--|

(infrastrukturelle) Minimalanforderungen

- überschaubarer Strassenverlauf mit Stauraummöglichkeiten
- Möglichkeit des Abfließens muss gegeben sein
- Möglichkeit, das Nichtbefahren resp. die Räumung durch den IV rechtzeitig durchführen zu können

Withflow-Betrieb

Notwendige technische Ausrüstung

- LSA-Steuerung, Detektoren
- Signalisierung (z.B. LED-Fahrstreifenanzeige entlang der aktivierten Busspur)
- onboard-Device zur Anmeldung (um Missbrauch und Verwechslungen zu unterbinden)
- Zufahrtsregelung der Busse
- bei Bedarf: technische Verkehrsüberwachung (z.B. Videoanlagen)

Hinweise zur Verkehrssicherheit und zur Akzeptanz

- Akzeptanz muss ein Einfädeln(lassen) des IV zur Räumung des Fahrstreifens ermöglichen
- ansonsten geringe Sicherheitsrisiken, da der Gegenverkehr unbeeinflusst bleibt
- Einschränkungen können durch Parkiervorgänge am rechten Fahrbahnrand erfolgen (evtl. sogar Busspur dadurch unmöglich)
- Steigerung der Akzeptanz bei Argumentation: "Busspur, die temporär auch vom IV genutzt werden darf"

Hinweise zur rechtlichen Situation

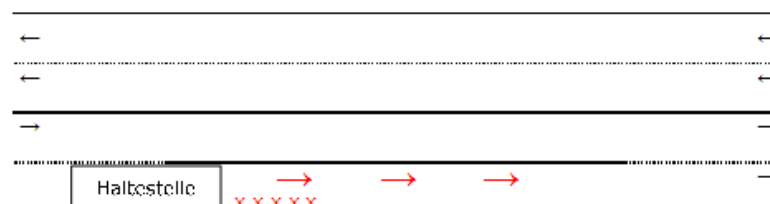
- es ist mit keinem Gegenverkehr zu rechnen
- bei Bedarf Verkehrsüberwachung zur Durchsetzung der Nichtbenutzung des Fahrstreifens durch den IV

Einsatzgrenzen

- nur bei geringem Busverkehr, wenn eine permanente Busspur nicht notwendig ist
- es muss ein zweiter Fahrstreifen zur Verfügung stehen
- der MIV-Verkehr muss grundsätzlich die (zeitliche) Sperrung eines Fahrstreifens zulassen (u.a. Rückstaufläche, Verkehrsvolumen, Reissverschlussverfahren etc.)
- Lage von Haltestellen lässt eine solche Fahrbahngestaltung zu
- parkierende Fahrzeuge entlang der Strecke schränken bei Aktivierung den IV-Abfluss zusätzlich ein.
- bei hoher Kursanzahl werden die Nutzungsintervalle des IV so gering, dass es sich faktisch um eine separate Busspur handelt

Bemerkungen

Das Beispiel Ittigen - Worblaufenstrasse, BE zeigt, dass nicht zwingend elektronische Massnahmen notwendig sind. Ein Verbot des Fahrstreifenwechsels nach einer Fahrbahnhaltestelle kann ein ähnliches Ergebnis bringen. Fährt ein Bus in die Haltestelle ein, kann ihn kein anderer Verkehrsteilnehmer überholen. Setzt der Bus seinen Weg fort, behält er seinen Platz in der Reihe und wird durch keinen Pkw vor ihm aufgehalten. Der Zeitgewinn für den Bus steht in direkter Abhängigkeit von der Anzahl PW, die ihn ohne Anlage überholt und sich vor ihm wieder eingereiht hätten, der Länge der Anlage sowie der Haltezeit.



Contraflow-Betrieb

Allg. Beschreibung:

Damit ein Bus eine gestaute Reihe von Fahrzeugen überholen kann, wird der Gegenverkehr mittels Signalisierung angehalten. Der sich aufstauende Verkehr wird in Busrichtung per Dosieranlage angehalten, so dass der Bus nach Passieren auf der Gegenseite vor dem Stau wieder auf die ursprüngliche Spur einfädeln kann.



Beispielanwendungen

Rapperswil-Jona - St. Dionys, SG

Um Zeit zu gewinnen, fahren seit 1999 die Busse in der Spitzenstunde auf der Fahrs pur der Gegenrichtung an den wartenden Fahrzeugen vorbei, welche an der LSA St-Gallerstrasse/Uznacherstrasse in Richtung Jona dosiert werden.

Die Busse melden sich dabei auf einer Induktionsschleife an und fahren langsam auf das Stauende zu. Sobald der Knoten St. Dionys gesperrt und die Strasse von Verkehr geräumt ist, wird den Buschauffeuren mittels weissem Signal gezeigt, dass sie die elektronische Busspur nutzen können. Um sämtliche Gefahrenquellen auszuschliessen und Missverständnisse oder Unfälle zu vermeiden, erfolgt die Überholung auf der ca. 200 Meter langen Strecke stets nur auf Sicht.

Nach dem Überholvorgang reihen sich die Busse wieder in die Fahrs pur ein und setzen ihren Weg fahrplanmässig fort.

weitere Beispiele

- Lenzerheide - Chur, GR (geplant)
- Fällanden - Maurstrasse, ZH (geplant)
- Opfikon/Kloten – Schaffhauserstrasse, ZH (geplant)
- Ennetbaden-Ehrendingen – Ehrendingerstrasse, AG (geplant)
- Konstanz, Deutschland (Betrieb eingestellt)
- Montreal, Kanada – Pie-IX-Blvd (Betrieb eingestellt)

Vor-/Nachteile der Anwendung

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + Fahrplanstabilität + Reisezeitgewinne in ÖV + Steigerung der Attraktivität des ÖV + Möglichkeit den Individualverkehr zu dosieren, ohne Eingriff in den ÖV | <ul style="list-style-type: none"> - Bildung einer zusätzlichen Gefahrensituation - seitliches Ein- resp. Ausfahren ist bei Aktivierung nicht zulässig und muss daher (per zusätzlicher LSA) geregelt werden - Bildung eines Staus in Gegenrichtung (besonders zu beachten, wenn in Wohngebieten) |
|---|--|

(infrastrukturelle) Minimalanforderungen

- überschaubarer Strassenverlauf mit Staumöglichkeiten
- keine bis wenige Zufahrten (mit Lichtsignal geregelt)

Contraflow-Betrieb

Notwendige technische Ausrüstung

- LSA-Steuerung, Detektoren
- Dosierungsanlage
- Informationsanlage für Verkehrsteilnehmer und Hinweis, dass Bus ausscheren darf
- Zufahrtsregelungen (Anliegerverkehr)
- onboard-Device zur Anmeldung (um Missbrauch und Verwechslungen zu unterbinden)
- Zufahrtsregelung der Busse
- technische Verkehrsüberwachung (z.B. Videoanlagen)

Hinweise zur Verkehrssicherheit und zur Akzeptanz

- Akzeptanz muss wegen der Neuartigkeit der Massnahme mittels Information der Öffentlichkeit erarbeitet werden.
- Ungewohnt für den Langsamverkehr
- nur bei sehr deutlicher Signalisierung (Gegen- und Anliegerverkehr)
- Bestehen mehr als ein Fahrstreifen pro Richtung steigen die Gefahrenpunkte stark an resp. ist die Einschränkung des normalen Ablauf zu hoch

Hinweise zur rechtlichen Situation

- Unklarheit bzgl. rechtlicher Aspekte (z.B. Eigenverantwortung der Buschauffeure; diese fahren nur auf Sicht und müssen den Gegenverkehr abwarten). Daraus leitet sich ein Bedarf an Rotlichtkameras ab.

Einsatzgrenzen

- nur bei vergleichsweise geringem Gegenverkehr (wegen Rückstau)
- nur bei guter Übersichtlichkeit (gut einsehbare Strassenlage)
- nur wenn keine bis wenige Zufahrten
- nicht einsetzbar, wenn zwei Fahrstreifen pro Richtung (es bestehen bessere Lösungsansätze)
- Lage von Haltestellen muss eine solche Fahrbahngestaltung zulassen
- parkierende Fahrzeuge entlang der Contraflow-Lane unzulässig

Bemerkungen

Aufgrund der interessanten Gestaltung dieses Ansatzes sowie der bestehenden und geplanten Anwendungen ist der Contraflow-Betrieb einer Mikrosimulation unterzogen worden (siehe Bericht).

Der entgegenkommende OeV wird ebenfalls verlangsamt (mit Auswirkungen auf Fahrplanstabilität, Reisezeiten)

Die Regelung der Zufahrten zum Busspur-Streckenabschnitt stellt einen heiklen Punkt dar. Im Optimalfall bestehen keinerlei Zufahrten (unbebautes Gebiet), im vertretbaren Fall kann die Anzahl minimiert und eindeutig signalisiert werden.

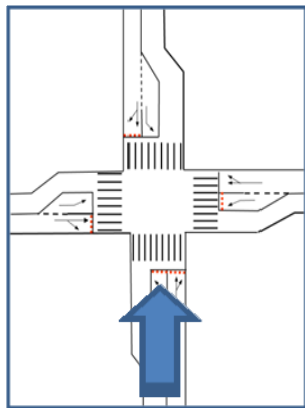
Aufgrund der geringen Räumgeschwindigkeit des Veloverkehrs muss dieser entweder auf einem separaten Velostreifen verlaufen oder die Strassenbreite ein Vorbeifahren zulassen können.

In Montreal (Pie-IX-Blvd) wurde ein solcher Betrieb 2002 aufgehoben, nachdem zwei Fussgänger von Bussen auf der Contraflow-Lane tödlich erfasst wurden.

II Auswertungsergebnisse der Simulationen

Vergleich Level-of-Service und Rückstaulängen zwischen Buspriorisierung und elektronischer Busspur (Contraflow)

Anhang II.1



betrachtete Knotenzufahrt
- West

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 4

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

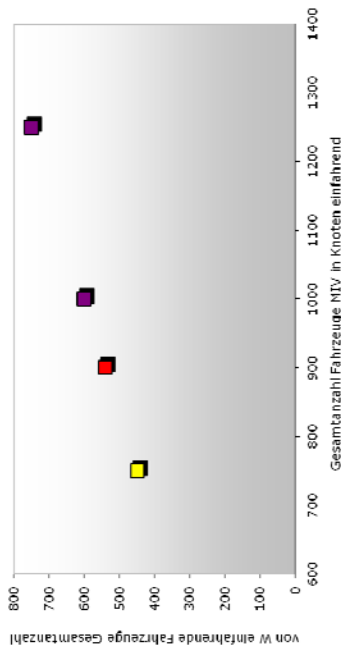
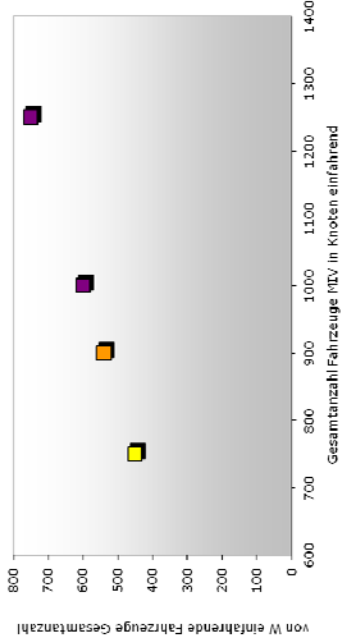
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service



Rückstaulänge

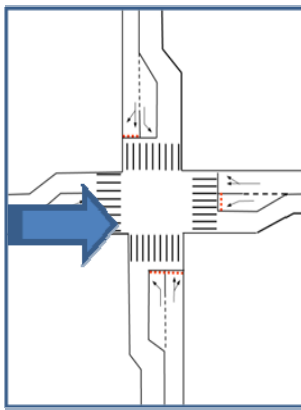


Buspriorisierung

Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Anhang II.2



betrachtete Knotenzufahrt
- Nord

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 4

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

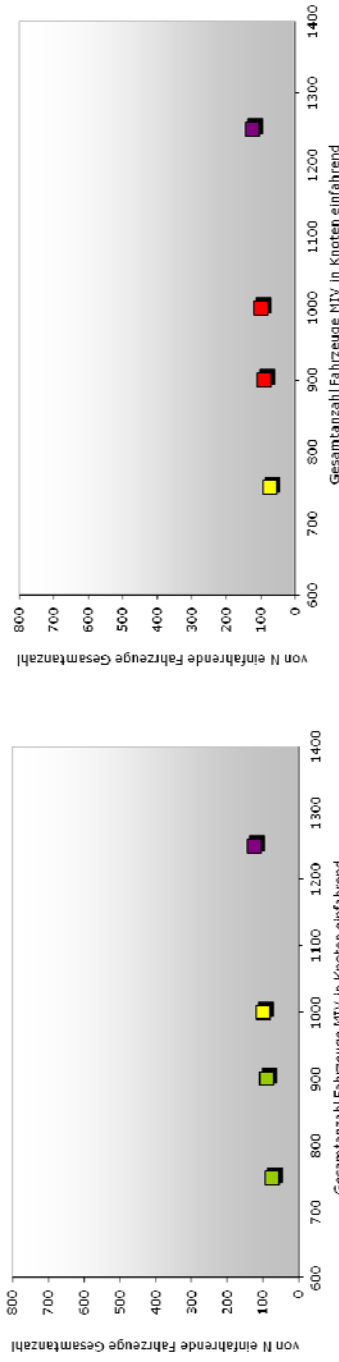
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

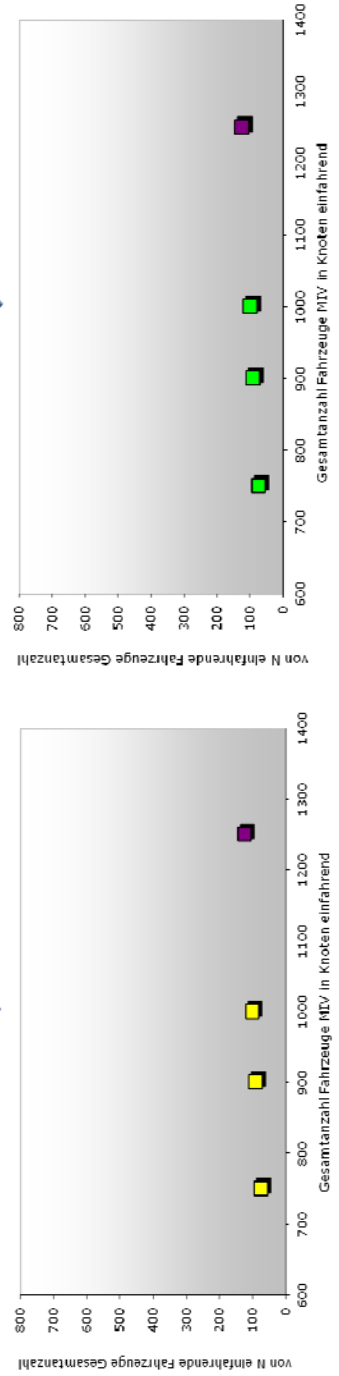


Rückstaulänge

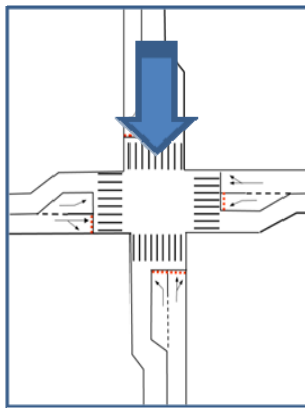


Buspriorisierung

Elektronische Busspur



Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!



betrachtete Knotenzufahrt
- Ost

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 4

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

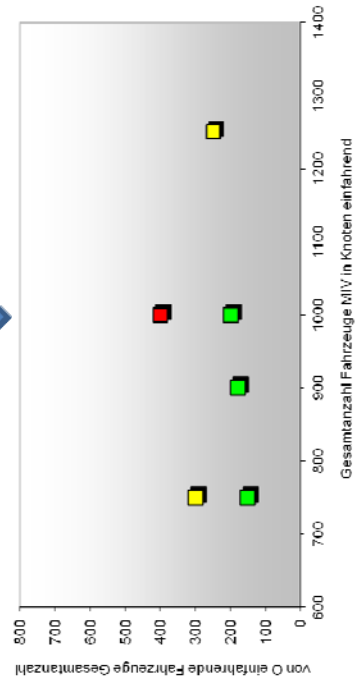
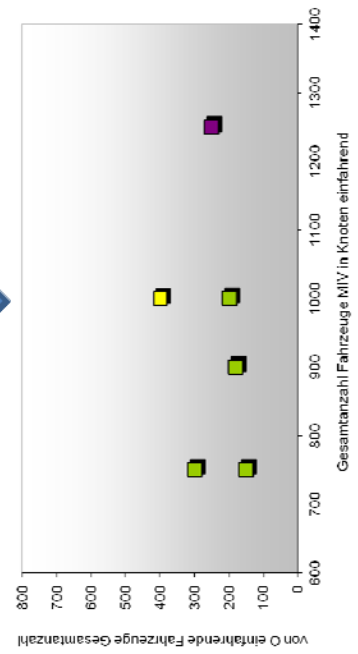
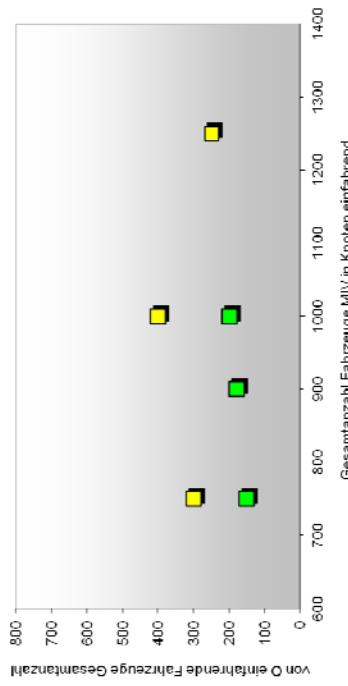
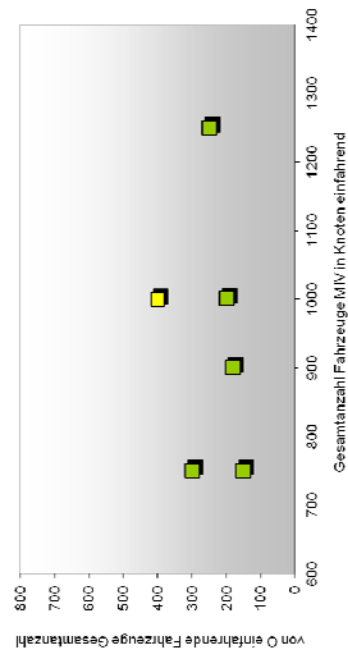
Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

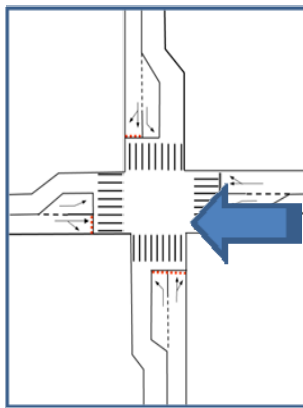
LOS A	LOS D
LOS B	LOS E
LOS C	LOS F

Rückstaulänge

< 25 m	< 100 m
< 50 m	≥ 100 m



Anhang II.4



betrachtete Knotenzufahrt
- Süd

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 4

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

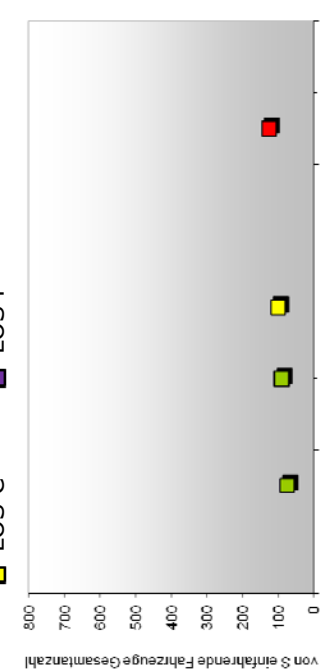
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

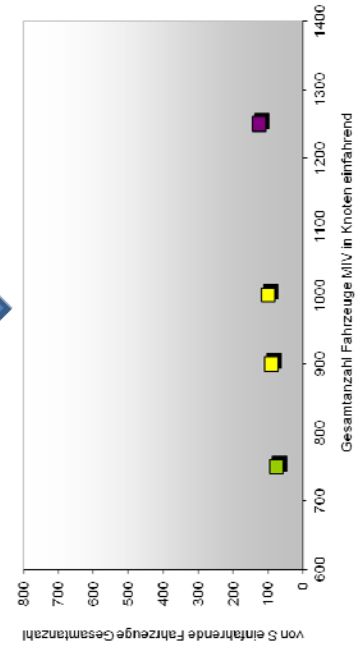
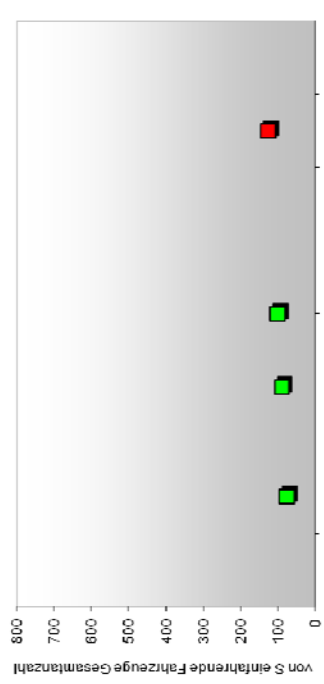


Rückstaulänge



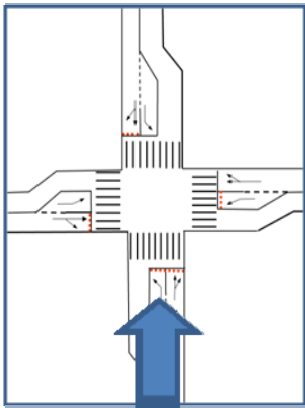
Buspriorisierung

Elektronische Busspur



Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Anhang 11.5



betrachtete Knotenzufahrt
- West

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 8

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

- LOS A
- LOS B
- LOS C
- LOS D
- LOS E
- LOS F

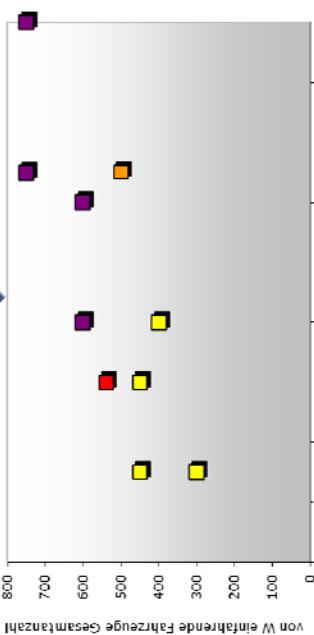
Rückstaulänge

- < 25 m
- < 50 m
- < 100 m
- ≥ 100 m



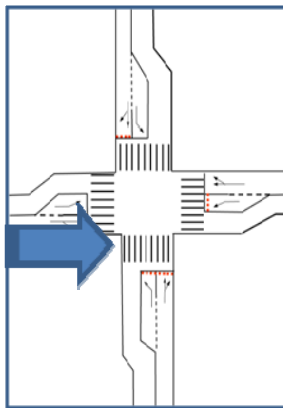
Buspriorisierung

Elektronische Busspur



Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Anhang II.6



betrachtete Knotenzufahrt
- Nord

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 8

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

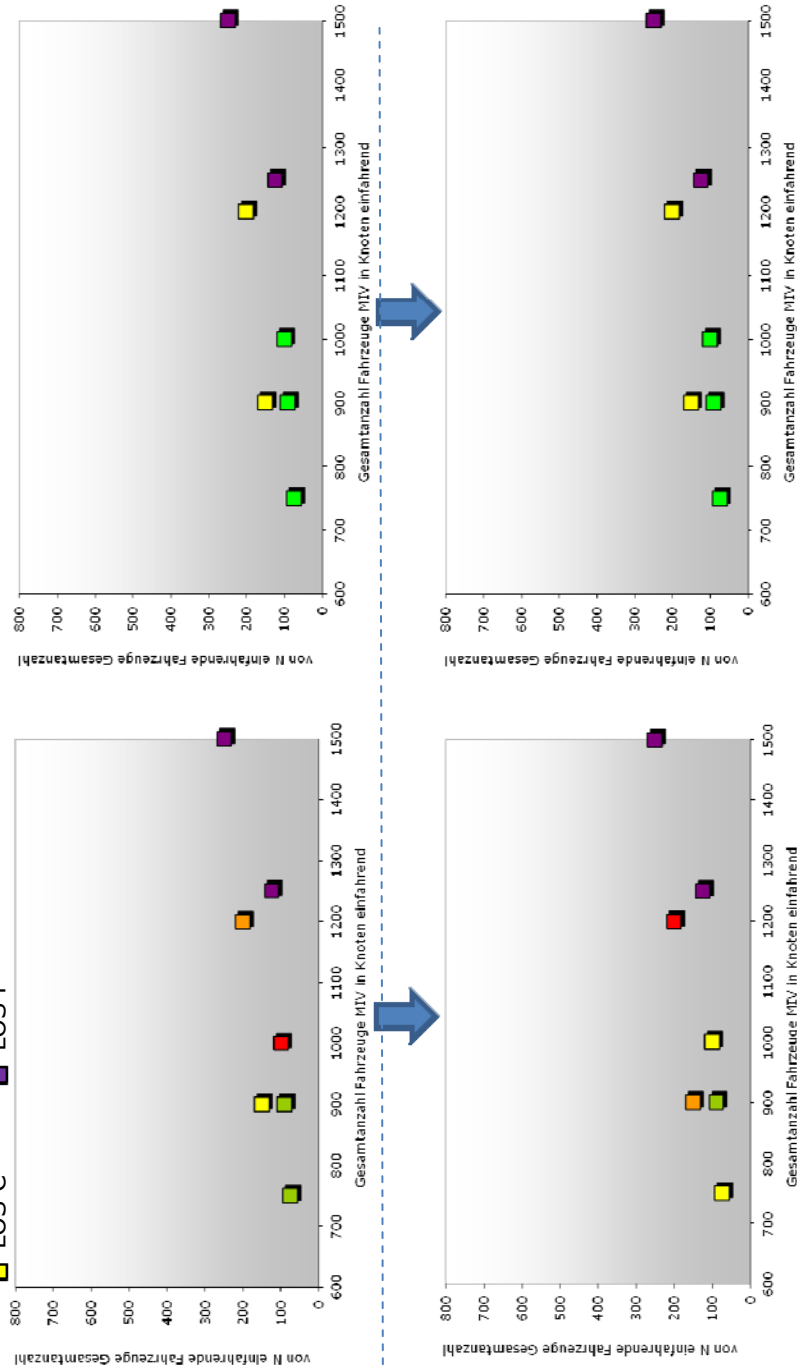
Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

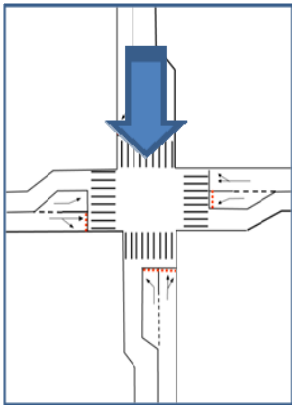
- LOS A
- LOS B
- LOS C
- LOS D
- LOS E
- LOS F

Rückstaulänge

- < 25 m
- < 50 m
- < 100 m
- ≥ 100 m



Anhang II.7



betrachtete Knotenzufahrt
- Ost

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 8

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Serve resp. die Rückstaulänge.

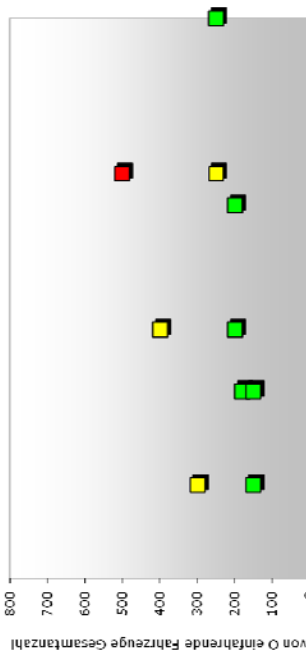
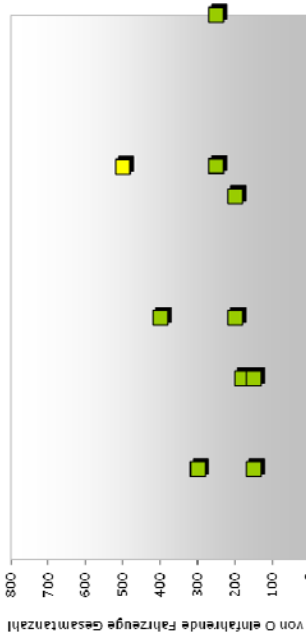
Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

- LOS A
- LOS B
- LOS C
- LOS D
- LOS E
- LOS F

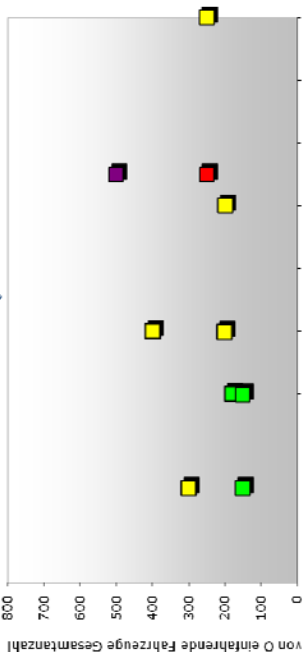
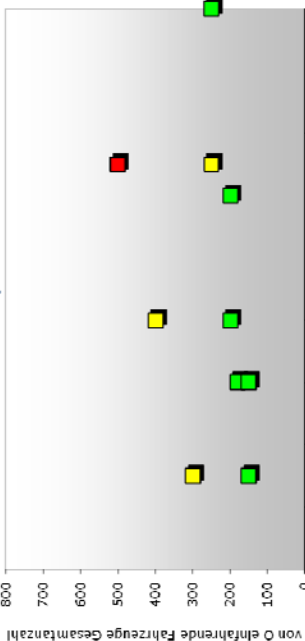
Rückstaulänge

- < 25 m
- < 50 m
- < 100 m
- ≥ 100 m



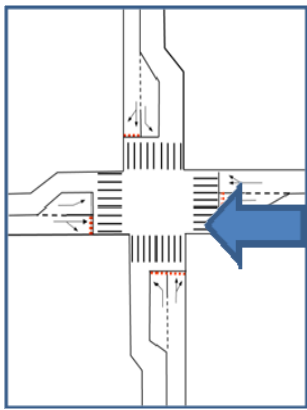
Buspriorisierung

Elektronische Busspur



Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Anhang I I.8



betrachtete Knotenzufahrt
- Süd

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 8

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

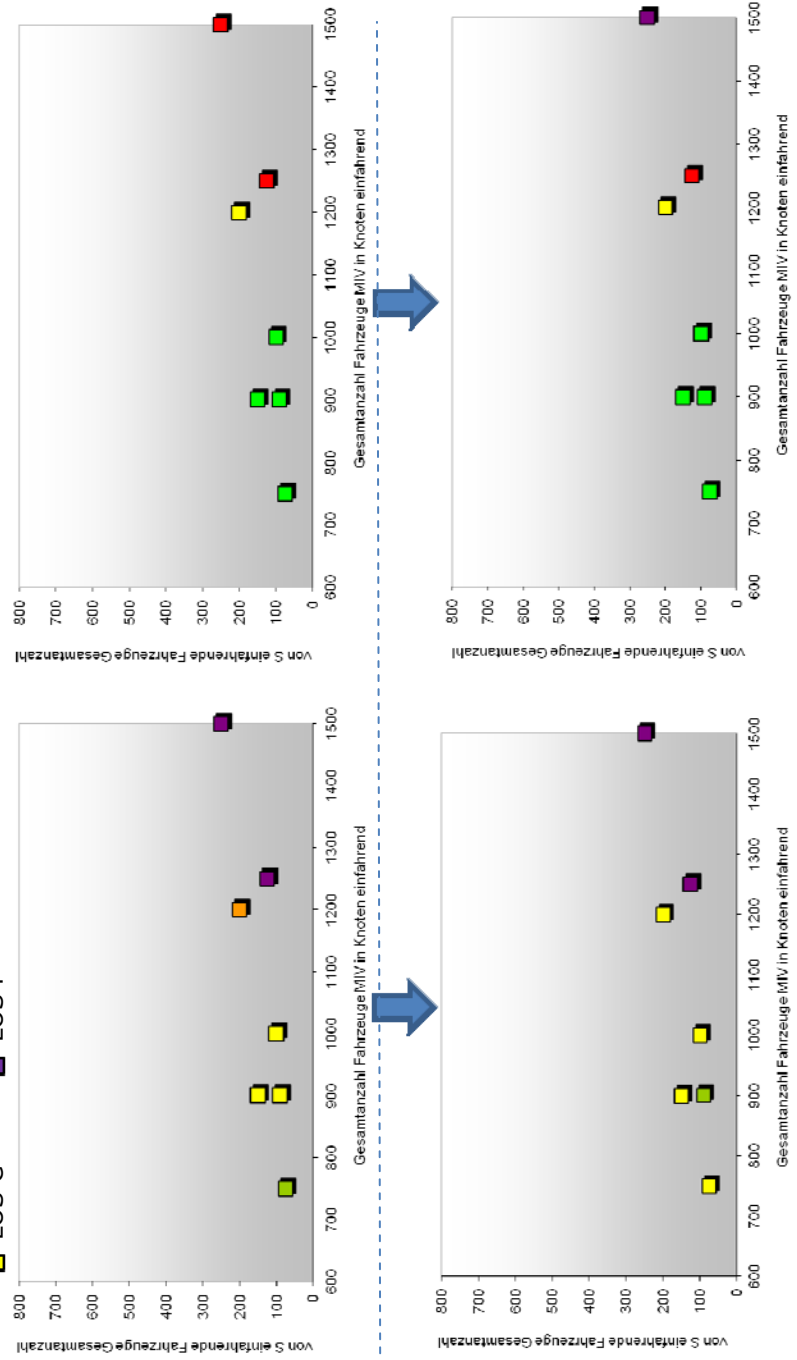
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

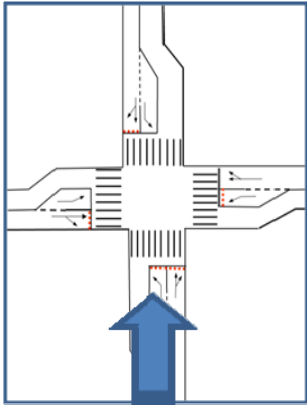
Level of Service



Rückstaulänge



Anhang 11.9



betrachtete Knotenzufahrt
- West

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 12

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

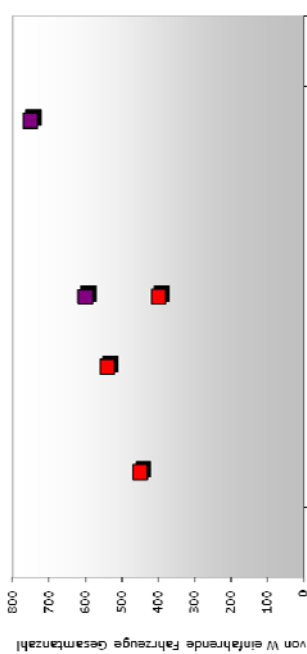
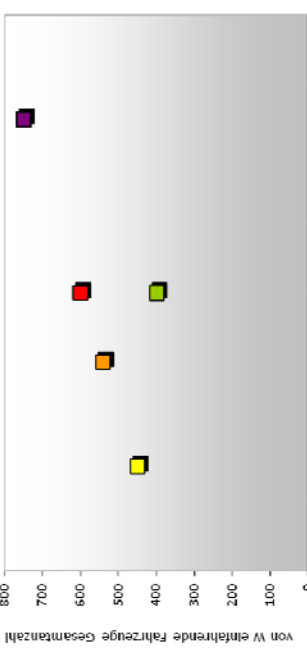
Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service

- LOS A
- LOS B
- LOS C
- LOS D
- LOS E
- LOS F

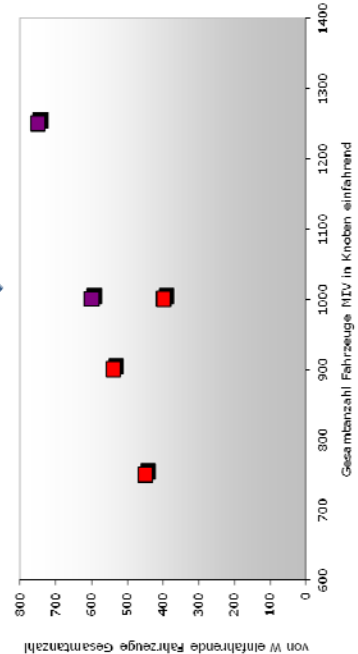
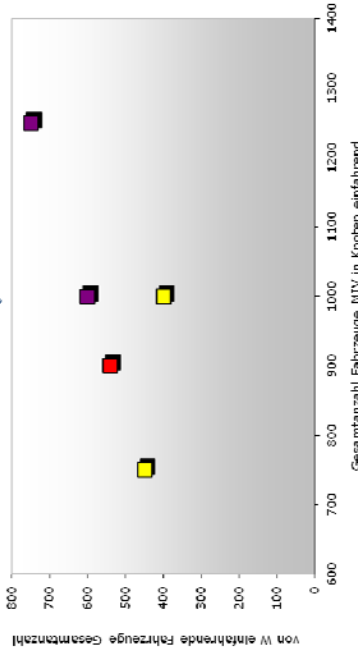
Rückstaulänge

- < 25 m
- < 50 m
- < 100 m
- ≥ 100 m



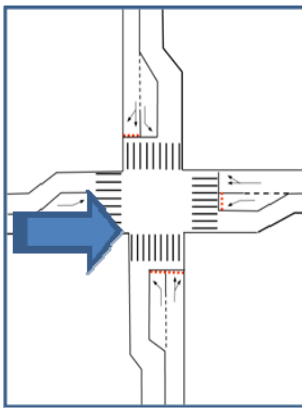
Buspriorisierung

Elektronische Busspur



Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Anhang II.10



betrachtete Knotenzufahrt
- Nord

Anzahl Busse/h in Hauptrichtung
- 12

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

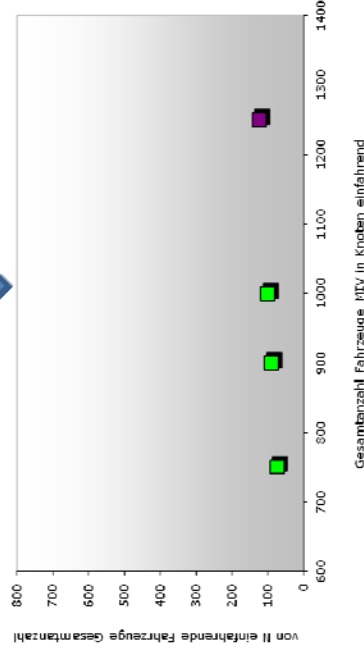
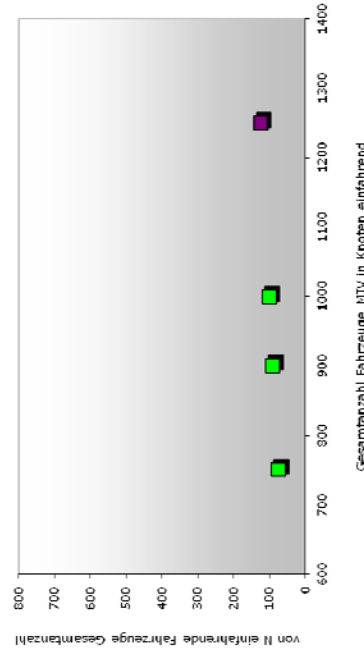
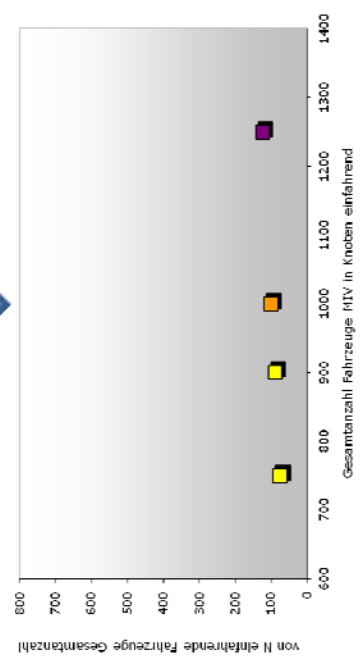
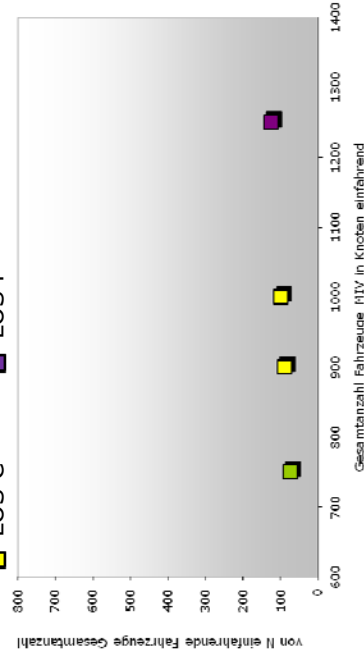
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

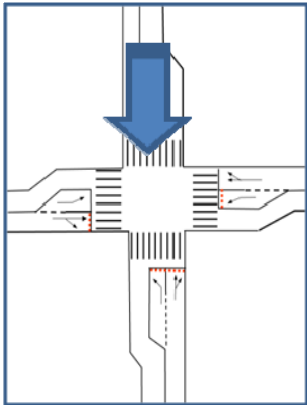
Level of Service



Rückstaulänge



Anhang II.11



betrachtete Knotenzufahrt
- Ost

Anzahl Busse/h in Haupttrichtung
- 12

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

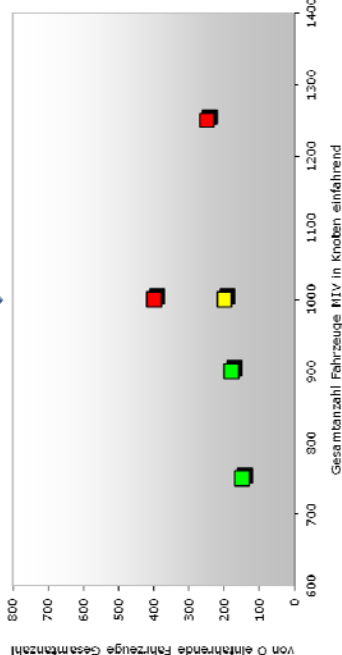
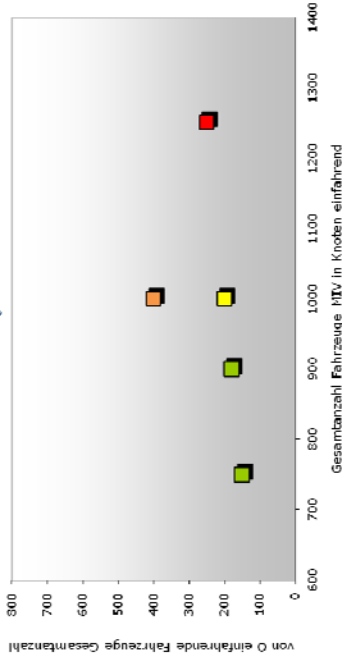
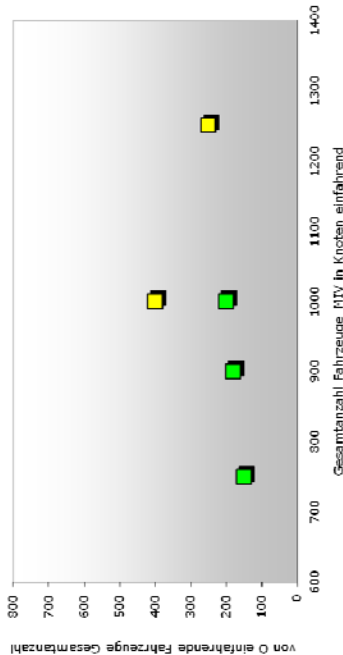
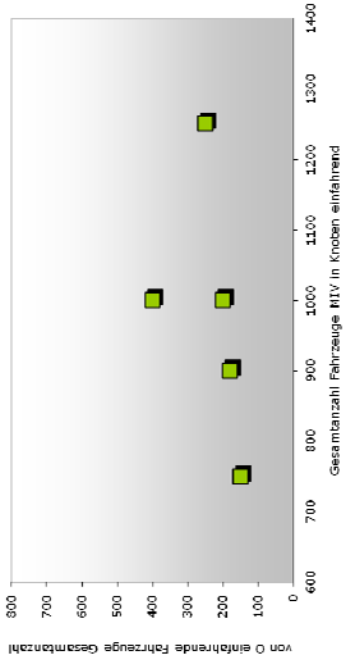
Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

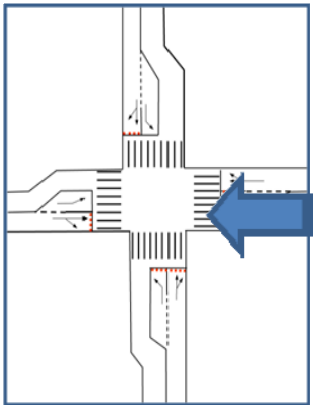
Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service
LOS A
LOS B
LOS C
LOS D
LOS E
LOS F

Rückstaulänge
< 25 m
< 50 m
< 100 m
≥ 100 m



Anhang II.12



betrachtete Knotenzufahrt
- Süd

Anzahl Busse/h in Haupttrichterung
- 12

Buspriorisierung
Elektronische Busspur

Die Ergebnisse sind für das oben links dargestellte Knotendesign berechnet (Simulation) und können bei anderen Knotenformen abweichen!

Erklärung Graphiken: Auf der x-Achse ist die Gesamtzahl aller in den Knotenbereich einfahrenden Fahrzeuge, auf der y-Achse sind die Fahrzeuge der betrachteten Knotenzufahrt dargestellt.

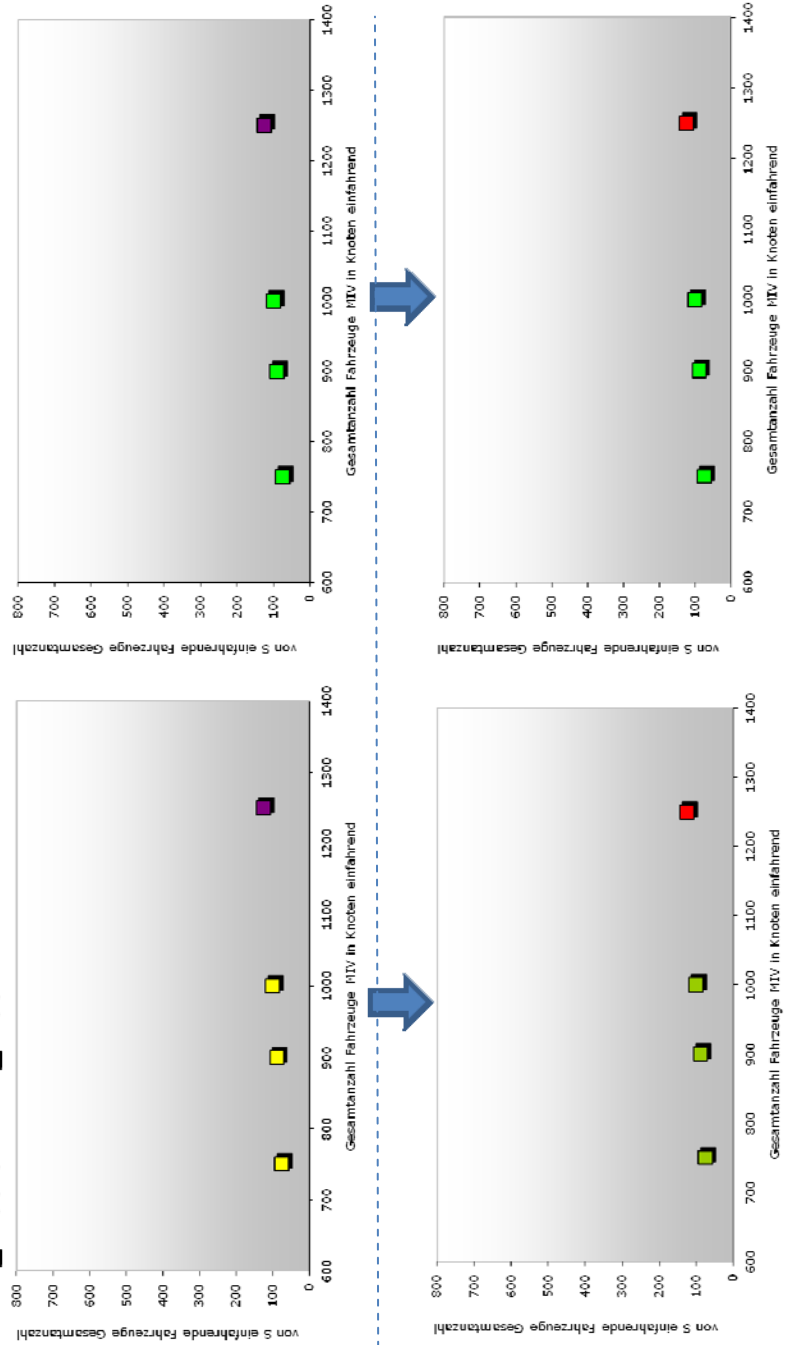
Die farbigen Markierungen symbolisieren je einen Simulationsdurchgang bei stets identischer Anzahl in den Knoten einfahrender Busse. Die Farben stehen dabei für das erzielte Level-of-Service resp. die Rückstaulänge.

Ziel ist eine visuelle Analyse, ob es zu signifikanten Veränderungen der Wartezeiten resp. Rückstaulängen im MIV zwischen einer klassischen Buspriorisierung und einer elektronischen Busspur kommt.

Level of Service



Rückstaulänge

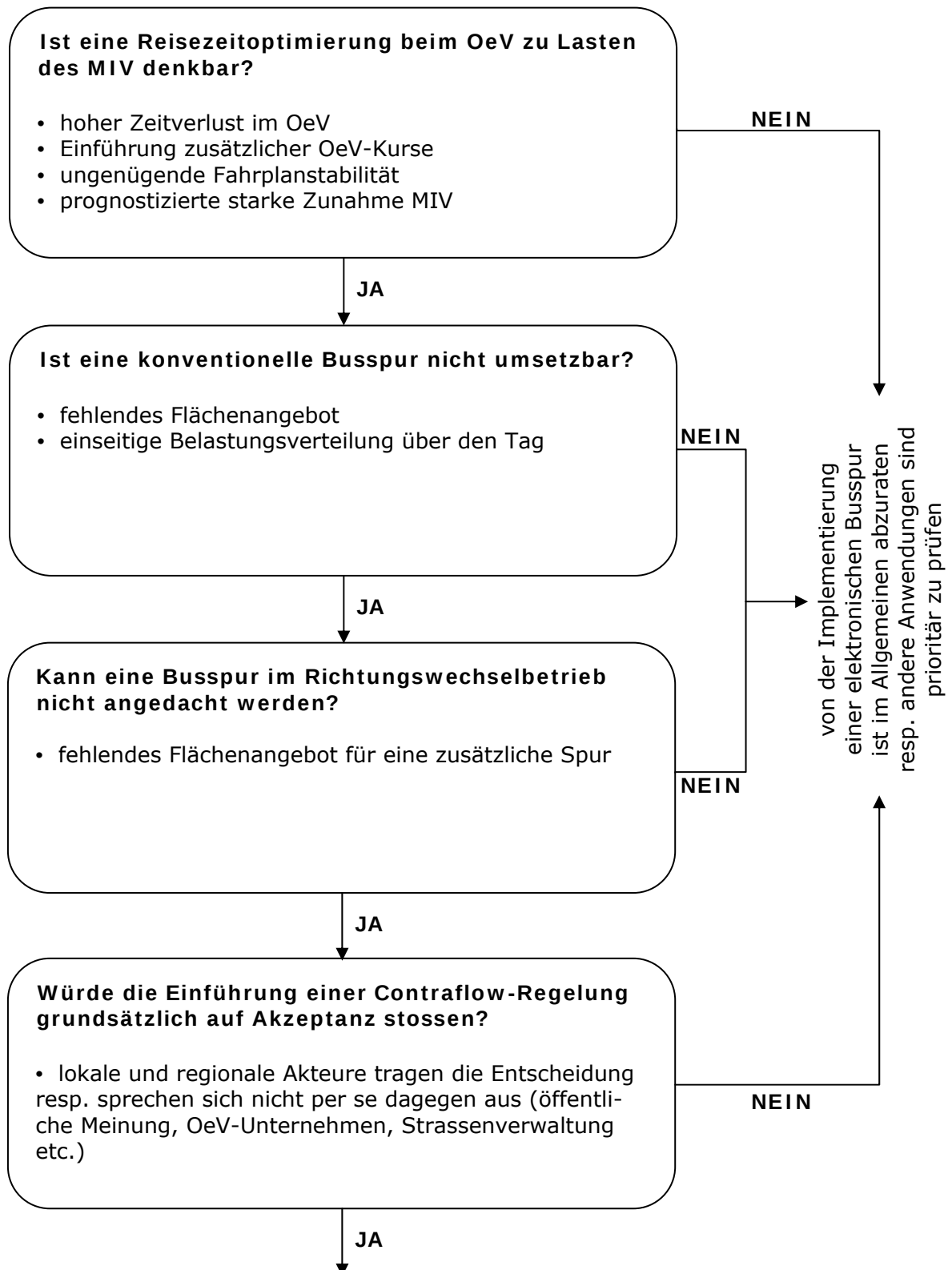


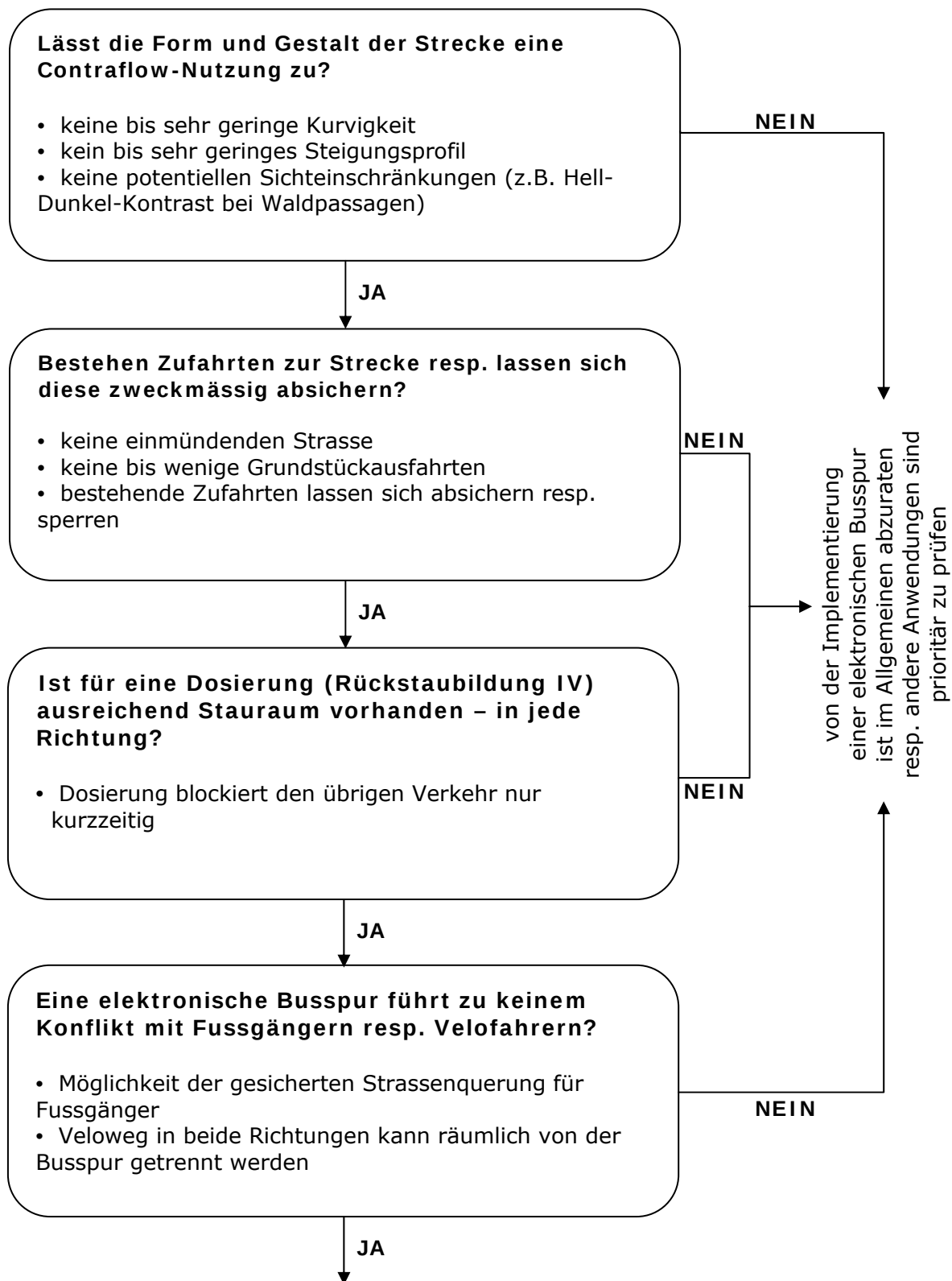
III Planungs- und Entscheidungshilfe (Ablaufschema)

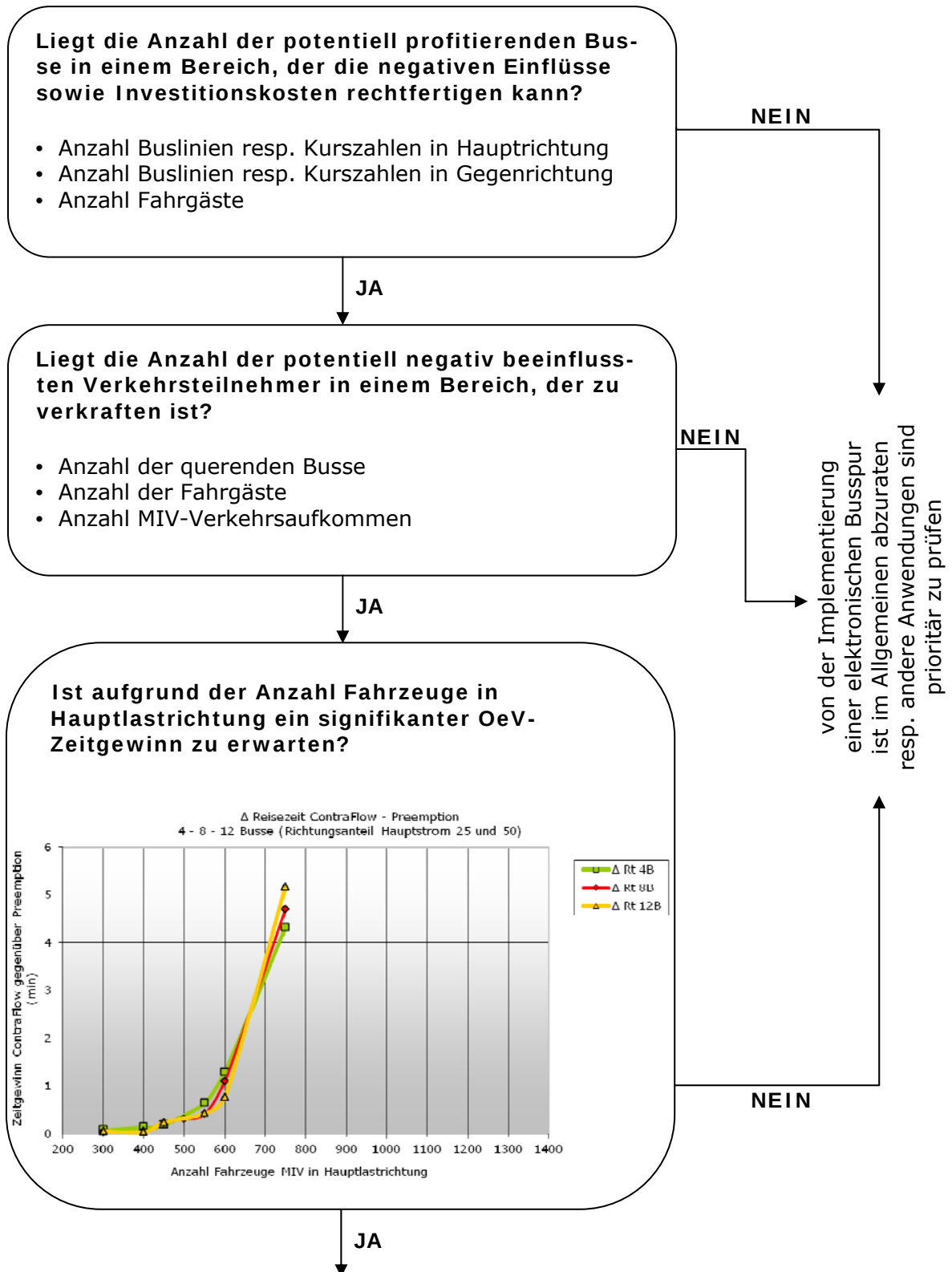
Im folgenden Anhang ist das Ablaufschema der in Kapitel 4.2 erläuterten Planungs- und Entscheidungshilfe als Flussdiagramm dargestellt. Mit Hilfe dieser Argumentationskette soll es ermöglicht werden, schnell und ohne hohen Zeitaufwand eine erstmalige Prüfung eines neuen Projektes auf seine Verträglichkeit einer ContraFlow-Implementierung durchzuführen.

Es gilt dabei, die Fragen auf einer relativ hohen Flughöhe zu beantworten und ggf. die Ergebnisse einer direkten Abwägung zu unterziehen. Zu beachten ist zudem, dass sich die aufgeführten Fragen und Aspekte je nach Projektlage und örtlicher Situation ergänzen lassen, so dass keine völlige Schwarz-Weiss-Malerei besteht.

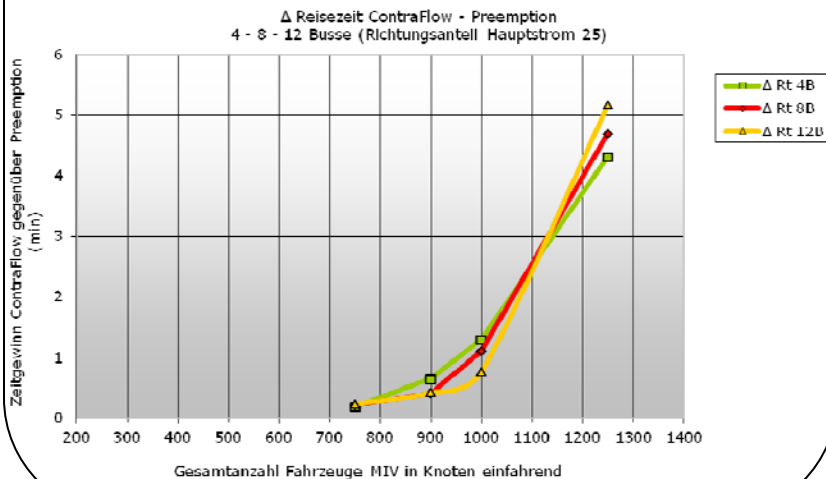
Die Reihenfolge der Fragen wurde so gewählt, dass zum einen eine thematische Konsistenz erhalten bleibt, aber zum anderen ein möglichst hoher Anteil der nicht umsetzungsfähigen Projekte an einer früheren Position mittels Ausschlusskriterium herausgefiltert werden kann.







Ist aufgrund der Anzahl insgesamt in den Knoten einfahrenden Fahrzeuge ein signifikanter OeV-Zeitgewinn zu erwarten?

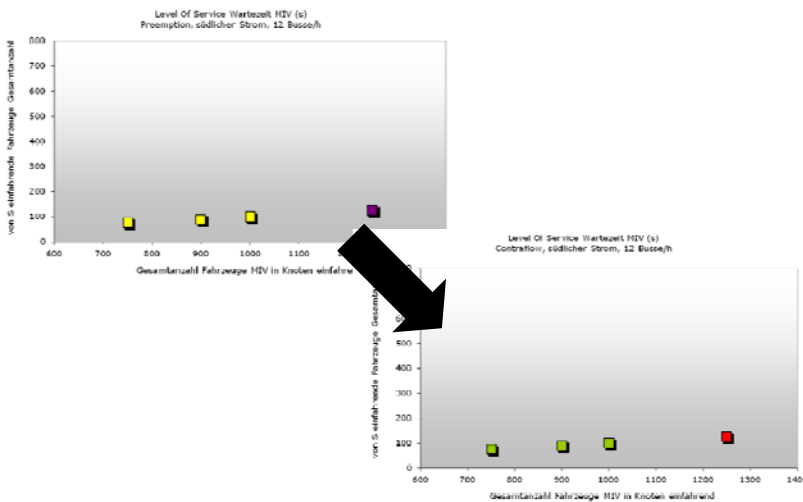


NEIN

von der Implementierung
einer elektronischen Busspur
ist im Allgemeinen abzuraten
resp. andere Anwendungen sind
prioritär zu prüfen

JA

Ist ein gravierendes Absinken des Level-of-Service (Wartezeit) nicht erkennbar resp. ist dieses zu tolerieren?



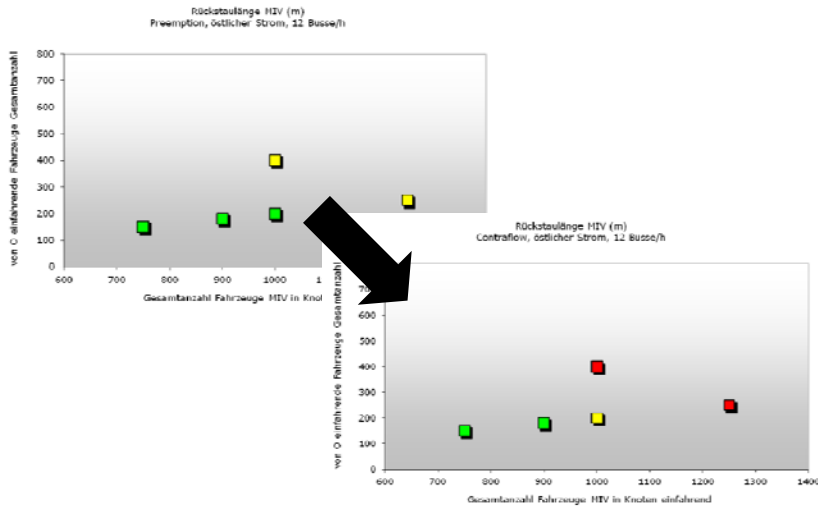
NEIN

Je Busanzahl (4, 8 und 12) und Knotenarm gilt es die beiden Diagramme (Preemption und ContraFlow) zu vergleichen.

In Anhang 2 sind die jeweiligen Diagrammpaare abgebildet.

JA

Ist ein gravierender Anstieg der Rückstaulängen nicht erkennbar resp. ist dieses zu tolerieren!



Je Busanzahl (4, 8 und 12) und Knotenarm gilt es die beiden Diagramme (Preemption und ContraFlow) zu vergleichen.

In Anhang 2 sind die jeweiligen Diagrammpaare abgebildet.

JA

Eine Einführung einer Contraflow-Regelung kann prinzipiell erfolgen. Aufgrund des Quick-Checks sind weitere Planungsschritten zu empfehlen.

NEIN

von der Implementierung
einer elektronischen Busspur
ist im Allgemeinen abzuraten
resp. andere Anwendungen sind
prioritär zu prüfen

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AIMSUN	Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks
API	application programming interface
ASTRA	Bundesamt für Strassen
CFS	contra-flow system
CHF	Schweizer Franken
DATEC	Département fédéral per ambient, traffic, energia e comunicaziun
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
Fz	Fahrzeug
H	Stunde
HVZ	Hauptverkehrszeit
IV	Individualverkehr
LED	Leuchtdiode
LOS	Level of Service
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Langsamverkehr (Fussgänger und Velofahrer)
Mfz/h	Motorfahrzeug/Stunde
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NL	Niederlande
OeV	Öffentlicher Verkehr
PW	Personenwagen
PWE	Personenwageneinheiten
Q	Quelle
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SSV	Signalisationsverordnung
SVI	Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
TP	transports publics
tz	Zwischenzeit
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

Abbildungsverzeichnis

2.1	Antwortspektrum der Expertenbefragung, 2. Stufe	17
2.2	Beschilderung in Cham.....	19
2.3	Mittelfahrbahnhalttestelle in Cham	19
2.4	Skizze Beginn resp. ende Richtungswechselbetrieb	19
2.5	Nördl. Ende der E-Busspur in Mainz	20
2.6	Richtungswechselbetrieb in Mainz	20
2.7	Räumliche Lage Langstrasse	21
2.8	Blick in die Langstrasse	21
2.9	Beginn E-Busspur in Lissabon.....	22
2.10	LED-Markierungen in Lissabon	22
2.11	Streckenprofil und Signalisation im deaktivierten Zustand	23
2.12	Wechselsignale auf der Strecke Rapperswil-Jona	23
2.13	Überholvorgang	23
2.14	Räumlicher Kontext der Strecke	23
2.15	Anfang E-Busspur Churwalden	24
2.16	Freigaben Gegenfahrbahn.....	24
2.17	morphologischer Kasten mit allen denkbaren Ausgestaltungen, wertungsfrei.....	27
3.18	Anwendungsbereiche von Busbeschleunigungsmassnahmen (Ideenskizze).....	29
3.19	Knotendesign A – typischer kleiner LSA-Knoten	31
3.20	Knotendesign B – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung	32
3.21	Knotendesign C – typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung	33
3.22	Bezeichnung der Fahrströme	35
3.23	Phasenbild	35
3.24	Netzgeometrie.....	36
3.25	Beispiel einer Nachfragematrix.....	37
3.26	Preemption ohne Busanmeldung	37
3.27	Preemption mit Busanmeldung bei feindlicher Phase	38
3.28	Preemption mit Busanmeldung bei freundlicher Phase	38
3.29	Reisezeitveränderungen in Bezug auf die Fahrzeuge in Hauptlastrichtung.....	41
3.30	Reisezeitveränderungen in Bezug auf die Gesamtanzahl Fahrzeuge	41
3.31	Rückstaulänge bei Buspriorisierung (West, acht Busse).....	42
3.32	Rückstaulänge bei Contra-Flow-Betrieb (West, acht Busse)	43
3.33	Level-of-Service bei Buspriorisierung (Ost, zwölf Busse).....	44
3.34	Level-of-Service bei Buspriorisierung (Ost, zwölf Busse).....	44
4.35	morphologischer Kasten mit auf Umsetzung zu prüfenden Varianten	46
4.36	Beispiel der Veränderung des Level-of-Service	50
4.37	Beispiel der Veränderung der Rückstaulängen	52

Literaturverzeichnis

-
- | | |
|-----|--|
| [1] | Baudepartement des Kantons St. Gallen (1999): Elektronische Busspuren als Novum in der Schweiz. Medienmitteilung |
|-----|--|
-
- | | |
|-----|---|
| [2] | Bosserhoff, D. (Hrsg.) (2007): Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik der Hessischen Strassen- und Verkehrsverwaltung. Wiesbaden |
|-----|---|
-
- | | |
|-----|--|
| [3] | Ingenieurbüro Köll (2008): Massnahmenkonzept zur Optimierung des ÖPNV und Regionalverkehrs im Hinblick auf den Verkehrsraum. Innsbruck |
|-----|--|
-
- | | |
|-----|--|
| [4] | Metron (2005): Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen. Forschungsauftrag SSVI 2001/513, Brugg |
|-----|--|
-
- | | |
|-----|--|
| [5] | Microsimulator and Mesosimulator Aimsun 6.1 User's Manual – Transport Simulations System (Juni 2010) |
|-----|--|
-
- | | |
|-----|--|
| [6] | Rapp Trans AG (2009): Studie Busbeschleunigung Lenzerheide-Chur – Schlussbericht |
|-----|--|
-
- | | |
|-----|---|
| [7] | SNZ Ingenieure und Planer AG (2008): Busbevorzugung Fällanden – Massnahmen, Möglichkeiten, Abhängigkeiten. Zürich |
|-----|---|
-
- | | |
|-----|--|
| [8] | Viegas, J.M. et.al. (2007): The Intermittent Bus Lane System: Demonstration in Lisbon. TRB 2007 Annual Meeting. Washington |
|-----|--|
-

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

Strassen, Brücken, Tunnel

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 12. Dezember 2011

Grunddaten

Projekt-Nr.: ASTRA SBT / SVI2007/022
 Projekttitel: Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren
 Enddatum: 31. Dezember 2011

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Der verfügbare Raum für Verkehrsflächen ist meist beschränkt. Infrastrukturausbauten für den MIV wie für den OeV scheitern immer öfter an den hohen Kosten und den nicht verfügbaren Flächen. Die optimale Abwicklung des Verkehrs auf der vorhandenen Infrastruktur mit Hilfe von Verkehrsmanagementkonzepten wird deshalb wichtiger. Elektronische Busspuren bieten hierzu eine Möglichkeit, indem die Auslastung der bestehenden Infrastruktur gesteigert werden kann.

Die vorliegenden Untersuchungen (Literaturrecherche und Mikrosimulation) und die daraus abgeleiteten Empfehlungen dienen dazu, den Einsatz elektronischer Busspuren auf sinnvolle Bereiche einzugrenzen und gleichzeitig abzuklären, unter welchen Voraussetzungen eine verbreitete Anwendung dieser relativ neuen Massnahme förderungswürdig ist.

Die Nutzung der elektronischen Busspur-Konzepte (Richtungswechselbetrieb, Withflow-Betrieb und Contraflow-Betrieb) erreicht Grenzen in jenen Bereichen, wo die Komplexität des Knoten- resp. Streckenbereichs eine sinnvolle (d.h. konfliktfreie) Umsetzung nicht mehr zulässt. Die für einen Contraflow-Betrieb durchgeführte Mikrosimulation zeigt Randbedingungen, bei denen eine Anwendung denkbar ist, ohne den MIV mit unverhältnismässigen Verlustzeiten zu belegen und dennoch den OeV signifikant zu beschleunigen.

Für eine Anwendung von elektronischen Busspuren (insb. Contraflow-Betrieb) werden, soweit dies projektunabhängig möglich ist, Empfehlungen über die Eignungsvoraussetzungen gegeben. Mit Hilfe der formulierten Planungs- und Entscheidungshilfe liegt nun ein Grundgerüst für einen Prozess vor, an dem sich Planer, Entscheidungsträger und Interessenvertreter orientieren können.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Ziele des Forschungsprojektes, unter welchen Bedingungen elektronische Busspuren eine adäquate Massnahme zur Vermeidung oder Verringerung von staubbedingten Fahrzeitverlusten im OeV darstellen, sind durch diese Ableitung von konkreten Empfehlungen erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die dargestellten Anwendungsfälle zeigen eine prinzipielle Umsetzungsfähigkeit des Konzeptes der elektronischen Busspuren. Die Entscheidung über das Ob und Wie einer Realisierung von elektronischen Busspuren bedarf dabei einer kritischen Prüfung. Der erste Teil dieser Prüfung kann anhand der dargestellten Planungs- und Entscheidungshilfe analysiert werden. Im Fall einer positiven Bewertung ist es aber unerlässlich eine detaillierte Betrachtung des Umsetzungsvorhabens zu starten (u.a. Simulation mit örtlichen Begebenheiten).

Publikationen:

Neben dem vorliegenden Forschungsbericht werden die Ergebnisse in einem separaten Merkblatt publiziert.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Mohr

Vorname: Mario

Amt, Firma, Institut: Rapp Trans AG

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

Strassen, Brücken, Tunnel

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Während der Bearbeitung ist deutlich geworden, dass die Einsatzbereiche sehr eng gefasst sind. Die geringe Anzahl an (international) tatsächlich operativen Fallbeispielen zeigen dies. Auch die Mikrosimulation lässt eine Verallgemeinerung nur bedingt zu, da die spezifischen Annahmen zur Modellbildung nicht unerheblich sind. Diese Einschränkungen können als eine wesentliche Erkenntnis betrachtet werden.

Die gestellte Frage der Forschung zum Einsatzbereich kann damit als beantwortet bezeichnet werden. Und die Ziele der Forschungsarbeit wurden also aus Sicht der BK erreicht.

Die Arbeit wurde umfassend und intensiv durchgeführt und die Ergebnisse sind plausibel. Die Anliegen der BK wurden von der Forschungsstelle konstruktiv aufgenommen und umgesetzt.

Umsetzung:

Die Ergebnisse also insbesondere die Faktenblätter zu den drei Ausprägungsarten von elektronischen Busspuren, der Überblick der ausprägungsspezifischen Einsatzbereiche sowie die Hinweise für die Prüfung des Einsatzes geben eine gute Hilfestellung für Planung, Entwurf und Projektierung.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die Studie hat gezeigt, dass eine weitere Vertiefung der Thematik bzw. einzelner Aspekte mit keiner Methodik - auch nicht mit der Mikrosimulation - sinnvoll durchgeführt werden kann. Die geringe Anzahl an bisherigen Anwendungen und deren spezifische Eigenschaften erfordern dies auch nicht, so dass zurzeit kein weiterer Forschungsbedarf besteht.

Einfluss auf Normenwerk:

entfällt

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: König

Vorname: Arnd

Amt, Firma, Institut: Amt für Verkehr, Kanton Zürich

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Forschungsberichte seit 2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an ? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen <i>Transports de l'avenir ?</i> <i>Moteurs et carburants pour la mobilité de demain</i> <i>What drives us on ?</i> <i>Drives and fuels for the mobility of tomorrow</i>	2011
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärm mindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im labormasstab <i>Désenrobage des enrobés peu bruyants des couches de roulement sous sollicitation de roulement en laboratoire</i> <i>Stripping of Low Noise Surface Courses during Laboratory Scaled Wheel Tracking</i>	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts- Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
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. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010

1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr <i>L'aggressivité au volant</i> <i>Aggressive Driving</i>	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" <i>Projet initial pour le paquet de recherche "Augmentation de l'utilité pour les usagers du système d'information de la route"</i> <i>Initial project for the research package "Increasing benefits for the users of the road and transport information system"</i>	2011
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen <i>Application areas of various means of transportation in agglomerations</i> <i>Domaine d'application de différent moyen de transport dans les agglomérations</i>	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren <i>Investigations of the ice-wall grow and frost heave in artificial ground freezing</i> <i>Recherches sur la formation corps gelés et du soulèvement au gel pendant la procédure de congélation</i>	2010

647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post- tensioning tendons in bridges <i>Qualitätsprüfung und Überwachung elektrisch isolierter Spannglieder in Brücken</i> <i>Contrôle de la qualité et surveillance des câbles de précontrainte isolés électriquement dans les ponts</i>	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammen- treffen von Strassen mit der Schiene <i>Sécurité en cas de tracés rail-route parallèles ou rapprochés</i> <i>Safety measures to manage risk of roads mee- ting or running close to railways</i>	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen <i>On-site runoff experiments on roads</i> <i>Essai d'écoulements pour l'évacuation des eaux des autoroutes</i>	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik <i>IT-Security pour la télématique des transports</i> <i>IT-Security for Transport and Telematics</i>	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen) <i>Passage pour piétons (les bases)</i> <i>Pedestrian crossing (basics)</i>	2011
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauch- absaugung <i>Quantification of the leakages into exhaust ducts in road tunnels with concentrated exhaust systems</i> <i>Quantification des fuites des canaux d'extraction dans des tunnels routiers à extraction con- centrée de fumée</i>	2010
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels <i>Entwicklung einer besten Praxis-Methode zur Risikomodellierung für Strassentunnelanlagen</i> <i>Développement d'une méthode de meilleures pratiques pour l'analyse des risques dans les tunnels routiers</i>	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Rele- vanz für die Praxis <i>Essai de résistance aux sulfates selon la norme SIA 262/1, Annexe D: Applicabilité et importan- ce pour la pratique</i> <i>Testing sulfate resistance of concrete according to SIA 262/1, appendix D: applicability and re- levance for use in practice</i>	2011

1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs Activity oriented analysis of induced travel demand Analyse orientée aux activités du trafic induit	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung Approches innovantes de la gestion du stationnement Innovative approaches to parking management	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars? L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?	2012

SVI Publikationsliste

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

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

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

- 2000 **Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr**
(Prognos AG)
- 2000 **Dephi-Umfrage Zukunft des Verkehrs in der Schweiz**
(P. Widmer / IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung)
- 2000 **Der Wert der Zeit im Güterverkehr**
(Jenni + Gottardi AG)
- 2000 **Floating Car Data in der Verkehrsplanung**
(Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG + Rosenthaler + Partner AG)
- 2000 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable: Experimente mit verschiedenen Befragungssätzen**
(IVT - ETHZ)
- 2001 **Aktivitätenorientierte Personenverkehrsmodelle, Vorstudie**
(P. Widmer und K.W. Axhausen)
- 2001 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**
(G. Abay und K.W. Axhausen)
- 2001 **Véhicules électriques et nouvelles formes de mobilité**
(Transitec Ingénieurs-Conseils SA)
- 2001 **Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse von Bestimmungsgrössen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung**
(RAPP AG Ingenieure + Planer)
- 2001 **Grobkonzept zum Aufbau einer multimodalen Verkehrsdatenbank**
(INFRAS)
- 2001 **Ermittlung der Gesamtleistungsfähigkeit (MIV + OEV) bei lichtsignalgeregelten Knoten**
(büro S-ce Simon-consulting-engineering)
- 2001 **Besteuerung von Autos mit einem Bonus/Malus-System im Kanton Tessin**
(U. Schwegler Büro für Verkehrsplanung)
- 2001 **GIS als Hilfsmittel in der Verkehrsplanung**
(büro widmer)
- 2001 **Umgestaltung von Strassen im Zuge von Erneuerungen**
(Infraconsult AG + Zeltner + Maurer AG)
- 2001 **Piloterhebung zum Dienstleistungsverkehr und zum Gütertransport mit Personenwagen**
(Prognos AG, Emch+Berger AG, IVU Traffic Technologies AG)
- 2002 **Parkplatzbewirtschaftung bei publikumsintensiven Einrichtungen - Auswirkungsanalyse**
(Metron AG, Neosys AG, Hochschule Rapperswil)
- 2002 **Probleme bei der Einführung und Durchsetzung der im Transportwesen geltenden Umweltschutzbestimmungen; unter besonderer Berücksichtigung des Vollzugs beim Strassenverkehrslärm**
(B+S Ingenieur AG)
- 2002 **Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung**
(Berz Hafner + Partner AG)
- 2002 **Warum steht P. Müller lieber im Stau als im Tram?**
(Planungsbüro Jürg Dietiker / MOVE RAUM P. Regli / Landert Farago Davatz & Partner / Dr. A. Zeyer)
- 2002 **Nachhaltigkeit im Verkehr**
(Jenni + Gottardi AG)
- 2002 **Massnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz längerer Fuss- und Velostrecken**
(Arbeitsgemeinschaft Büro für Mobilität / V. Häberli / A. Blumenstein / M. Wälti)
- 2002 **Carreiseverkehr: Grundlagen und Perspektiven**
(B+S Ingenieur AG / Gare Routière de Genève)
- 2002 **Potentielle Gefahrenstellen**
(Basler & Hofmann / Psychologisches Institut der Universität Zürich)
- 2003 **Evaluation kurzfristiger Benzinpreiserhöhungen**
(Infras / M. Peter / N. Schmidt / M. Maibach)
- 2002 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Vorstudie**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2002 **Mischverkehr MIV / ÖV auf stark befahrenen Strassen**
(Verkehrsingenieurbüro TEAMverkehr)
- 2003 **Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen**
(Abay & Meier, Zürich)
- 2003 **Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer**
(WAM Partner, Planer und Ingenieure, Solothurn)
- 2003 **Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben**
(Metron Landschaft AG, Brugg / Quadra GmbH, Zürich / Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)
- 2004 **Perspektiven für kurze Autos**
(Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon)
- 2004 **Lange Planungsprozesse im Verkehr**
(BINARIO TRE, Windisch)
- 2004 **Auswirkungen von Personal Travel Assistance (PTA) auf das Verkehrsverhalten**
(Ernst Basler und Partner AG, Zürich)

- 2004 **Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT / Rapp Trans AG, Zürich)
- 2004 **Determinanten des Freizeitverkehrs: Modellierung und empirische Befunde**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Verfahren von Technology Assessment im Verkehrswesen**
(Rapp Trans AG, Zürich / IKAÖ, Bern / Interface, Luzern)
- 2004 **Mobilitätsdatenmanagement für lokale Bedürfnisse**
(SNZ, Zürich / TEAMverkehr, Cham / Büro für Verkehrsplanung, Fischingen)
- 2004 **Auswirkungen neuer Arbeitsformen auf den Verkehr - Vorstudie**
(INFRAS, Bern)
- 2004 **Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr**
(synergo, Zürich / ILS NRW, Dortmund)
- 2005 **Verkehrsumlegungs-Modelle für stark belastete Strassennetze**
(büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**
(B+S Ingenieure AG, Bern / Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2005 **Spezialisierung und Vernetzung: Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitanräumen des Städtesystems Schweiz**
(synergo, Zürich)
- 2005 **Wirkungsketten Verkehr - Wirtschaft**
(ECOPLAN, Altdorf und Bern / büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Cleaner Drive - Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen**
(E'mobile, der Schweizerische Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge, Urs Schwegler)
- 2005 **Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen**
(Ingenieur- und Planungsbüro Dr. Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen**
(Jenni + Gottardi AG, Zürich / Universität Karlsruhe)
- 2005 **Trafic de support logistique de grandes manifestations (Betriebsverkehr von Grossanlässen)**
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL)
- 2005 **Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsgrundsätze**
(Ingenieurbüro Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr**
(Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2005 **Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr**
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2005 **Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge - Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich**
(Rapp Trans AG, Zürich / Interface, Luzern)
- 2006 **Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin**
(Università della Svizzera Italiana, Lugano / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2006 **Nachhaltigkeit im Verkehr - Indikatoren im Bereich Gesellschaft**
(Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2006 **Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot**
(Interface - Institut für Politikstudien, Luzern)
- 2006 **Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten**
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg / Transitec Ingenieurs-Conseils SA, Lausanne / Fussverkehr Schweiz, Zürich)
- 2006 **Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs**
(IRAP, Hochschule für Technik, Rapperswil / Fussverkehr Schweiz, Zürich / Pestalozzi & Stäheli, Basel / Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich)
- 2006 **Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts**
(S-ce Simon consulting experts, Zürich)
- 2006 **Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen**
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)
- 2006 **Error Propagation in Macro Transport Models**
(Systems Consult, Monaco / B+S Ingenieur AG, Bern)
- 2007 **Fussgängerstreifenlose Ortszentren**
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Winterthur / IAP, Zürich)
- 2007 **Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken**
(Frossard GmbH, Zürich)
- 2007 **Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen**
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Basel)
- 2007 **Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschaftswachstum**
(INFRAS, Zürich / Università della Svizzera Italiana, Lugano)

- 2007 **Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie**
(SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich)
- 2007 **Konfliktanalyse beim Mischverkehr**
(Sigmaplan AG, Bern)
- 2007 **Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen**
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2007 **Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr**
(Büro für Mobilität AG, Bern/Burgdorf / büro für utopien, Burgdorf/Berlin / LP Ingenieure AG, Bern / Masciardi communication & design AG, Bern)
- 2008 **Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH, Zürich / TRANSP-OR EPF Lausanne, Lausanne / IRE USI, Lugano)
- 2008 **Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten**
(Metron AG, Brugg / Universität Zürich Sozialforschungsstelle, Zürich)
- 2008 **Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen**
(IRAP HSR Hochschule für Technik, Rapperswil)
- 2008 **Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen**
(Hesse+Schwarze+Partner, Zürich / büro widmer, Frauenfeld)
- 2008 **Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung**
(Verkehrsconsulting Fröhlich, Zürich / TransOptima GmbH, Olten / Ernst Basler + Partner AG, Zürich)
- 2008 **Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing**
(Ernst Basler + Partner AG)
- 2008 **Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets"**
(Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich - ETH / Università della Svizzera Italiana / Universität St. Gallen)
- 2008 **Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**
(Hochschule Luzern - Wirtschaft, Luzern / ISOE, Frankfurt am Main / Interface Politikstudien, Luzern)
- 2008 **Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs**
(Sigmaplan AG / Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG)
- 2009 **Modal Split Funktionen im Güterverkehr**
(Rapp Trans AG, Zürich / IVT ETH, Zürich)
- 2009 **Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030?**
(büro widmer Frauenfeld / Institut für Psychologie, Universität Bern)
- 2008 **Mobilitätsmanagement in Berieben - Motive und Wirksamkeit**
(synergo, Zürich / Tensor Consulting AG, Bern)
- 2009 **Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen**
(Ecoplan, Altdorf und Bern / Ernst Basler + Partner, Zürich)
- 2009 **Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen**
(Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften zhaw, Winterthur / Jenni + Gottardi AG, Thalwil)
- 2009 **Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)**
(Berz Hafner + Partner AG, Bern / Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien, Bern / Künzler Bossert + Partner GmbH, Bern / Roduner BSB + Partner AG, Schliern)
- 2009 **Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung**
(synergo, Mobilität - Politik - Raum, Zürich / Institut für Politikwissenschaft/Uni Bern, Bern / Büro Vatter, Bern / Büro für Mobilität AG, Bern)
- 2009 **Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung**
(Rapp Trans AG, Zürich / ZHAW, Wädenswil, IAS Institut für Angewandte Simulation)
- 2009 **Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2010 **Optimierung der Stassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen**
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2010 **Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben**
(B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung AG, Basel / Basler & Hofmann AG, Zürich)
- 2011 **Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2011 **Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung**
(Pestalozzi & Stäheli, Basel / Schweiz. Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Zürich)
- 2011 **Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz**
(Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), Bern / Interface Politikstudien Forschung und Beratung, Luzern / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen**
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Chur / Pestalozzi & Stäheli, Basel / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum**
(Ecoplan, Bern / Metron, Brugg)

- 2011 **Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten**
(büro widmer ag, Frauenfeld / Rudolf Keller & Partner AG, MuttENZ)
- 2011 **Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 Indices pour les petites et moyennes communes**
(ROLAND RIBI & ASSOCIES SA, Genève)
- 2011 **Aggressionen im Verkehr**
(Basler & Hofmann AG, Zürich / Psychologischer Dienst der Psychiatrischen Universitätsklinik PUK, Basel)
- 2011 **Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen**
(IVT, ETH Zürich)
- 2012 **Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen**
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin / ETH Zürich - Institut für Umweltentscheidungen, Zürich)

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

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