

Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren

SVI Fachtagung Forschung 2012, Olten

Dr. Florian Harder, Rapp Trans AG

Rapp Trans



Lenzerheide - Chur



Busbeschleunigung Lenzerheide-Chur

- Untersuchung im Auftrag von PostAuto Schweiz AG und des Kantons Graubünden „**in wieweit eine leistungsfähige und zuverlässige OeV-Erschliessung mittels Verkehrsmanagement-Massnahmen erreicht werden kann.**“
- Insgesamt nur geringe Verbesserungen durch Busbeschleunigungsmassnahmen
- Ausnahme Variante „**elektronische Busspur auf der Gegenfahrbahn**“
- u.a. Empfehlung der Untersuchung: „Auf der Strecke Parpan – Churwalden sollte die Benutzung der Gegenfahrbahn durch den Bus als Versuchsbetrieb eingeführt und getestet werden“

Definition elektronische Busspur

- im engeren Sinne:
„Eine elektronische Busspur erlaubt Bussen im öffentlichen Linienverkehr zeitlich befristet und technisch gesichert die Benutzung der Gegenfahrbahn.“
- im weiteren Sinne:
„Unter elektronischen Busspuren sind sämtliche Massnahmen zu verstehen, die einem öffentlichen Linienbus technisch gesichert erlauben, auf einem 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.“

Vortragsinhalte

- Zielsetzung des Forschungsprojektes
- Vorgehensweise
- Teil A: Übersicht Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungen
- Teil B: Simulation typischer Situationen
- Teil C: Synthese der Erkenntnisse

Zielsetzung

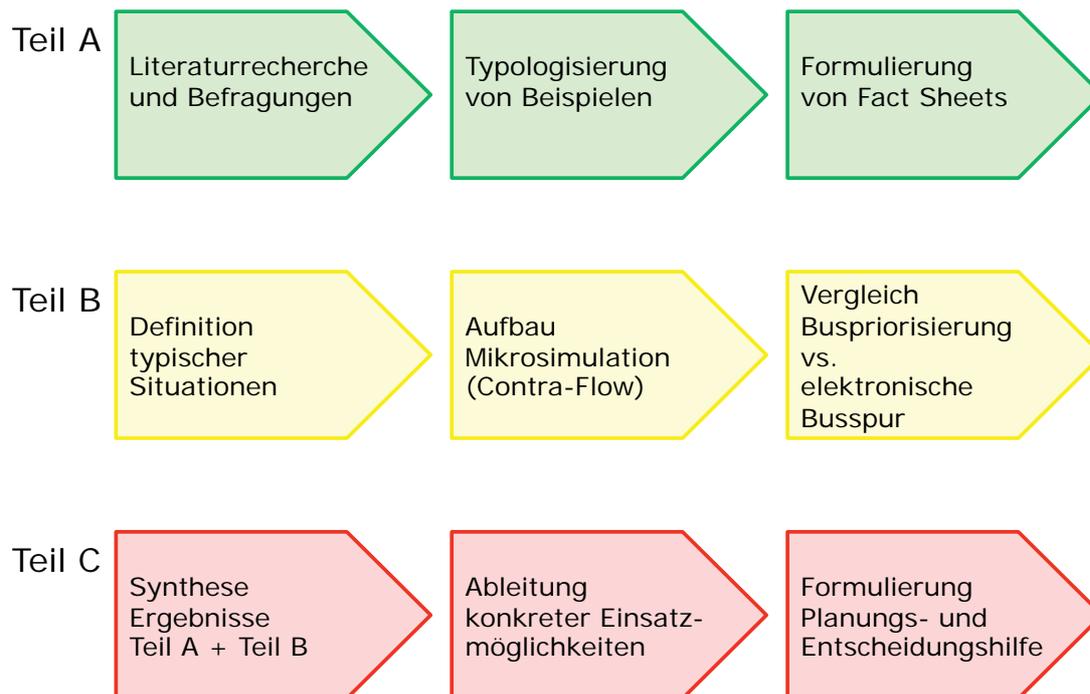
- Ziel des Forschungsprojektes ist die **Ableitung konkreter Empfehlungen**, unter welchen Bedingungen elektronische Busspuren in diesen Räumen eine adäquate Massnahme zur Vermeidung oder Verringerung von staubedingten Fahrzeitverlusten im OeV darstellen.
- Zielgruppe ist u.a. sowohl der erfahrene Verkehrsplaner als auch der interessierte Laie gleichermassen.
- Nutzniesser der Ergebnisse sind somit einerseits Planer, Entscheidungsträger, Transportunternehmen und Bestellerorganisationen und andererseits auch die Benutzer und Interessenvertreter öffentlicher Verkehrsmittel.

Zielsetzung II

Ziel des Forschungsprojektes ist die Ableitung konkreter Empfehlungen

- Wie lässt sich das Spektrum von elektronischen Busspuren typisieren?
- Wo liegen die hauptsächlichen Einsatzmöglichkeiten und –grenzen von elektronischen Busspuren?
- Bis zu welcher OeV-Dichte und welchem MIV-Aufkommen sind elektronische Busspuren sinnvoll?
- Mit welchen Zeitgewinnen und -verlusten ist für den OeV und den MIV zu rechnen?
- Wie wirkt sich die Einführung einer elektronischen Busspur auf die Verkehrssicherheit aus?
- Wie ist die (öffentliche) Akzeptanz?

Vorgehensweise



Teil A: Literaturrecherche und Befragung

- bisher kaum wissenschaftlich untersucht und dokumentiert; daher nur wenige verwertbare Berichte über elektronische Busspuren im In- und Ausland
- insgesamt **nur sehr wenige Erfahrungen** in der Anwendung elektronischer Busspuren
- es scheint aber eine steigende Anzahl an Projekten zu geben, welche „im Gespräch sind / diskutiert werden“
- ein **Interesse** an den Möglichkeiten elektronischer Busspuren ist zudem erkennbar

Teil A: Literaturrecherche und Befragung II

Die qualitativen Ergebnisse zeigen, dass ...

- die Kosten-Nutzen-Relation neutral bis positiv bewertet wird.
- potentielle Reisezeitgewinne im OeV vermutet werden.
- positive Effekte auf die Fahrplanstabilität erkannt werden.
- eine Attraktivitätssteigerung des OeV gesehen wird.
- aber nicht als isolierte Massnahme (sondern Gesamtkonzept resp. flankierender Massnahmen)
- die öffentliche Akzeptanz nicht allgemeingültig eingeschätzt werden kann.

>> Es bedarf z.T. einer **allgemeinen Hilfestellung** resp. Information

Teil A: Chamerstrasse, Zug

- seit 1991 Nutzung einer Busspur im Richtungswechselbetrieb



- auf dem ca. drei Kilometer langen Strassenabschnitt wird vormittags der stadteinwärtige OeV-Verkehr (Richtung Zug) und nachmittags die Busse stadtauswärts (Richtung Cham) vorbeigeführt
- in der Spitzenstunde 12 bis 14 Busse je Richtung
- Gesamtkosten der Inbetriebnahme 850'000 CHF

Teil A: Chamerstrasse, Zug II



12

SVI 2007/022 / 13.09.2012 / FH / Fachtagung Forschung 2012, Olten

Rapp Trans

Teil A: Langstrasse, Zürich

- ca. 260m im Innenstadtbereich als Richtungswechselbetrieb
- Busse der Linie 32 befahren diesen Abschnitt im 5min-Takt



- De facto wird die Busspur als Veloroute genutzt und durch Fussgänger als Fussgängerzone missverstanden. Hoher Konzentrationsanspruch an Buschauffere.

13

SVI 2007/022 / 13.09.2012 / FH / Fachtagung Forschung 2012, Olten

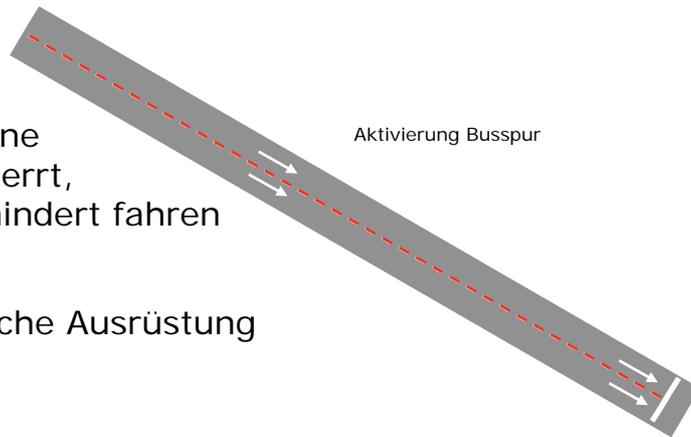
Rapp Trans

Teil A: Alameda da Universidade, Lissabon

- ca. 800m lange Strecke im With-Flow-Betrieb

- bei Aktivierung wird eine Spur für den MIV gesperrt, so dass der Bus ungehindert fahren kann.

- relativ geringe technische Ausrüstung



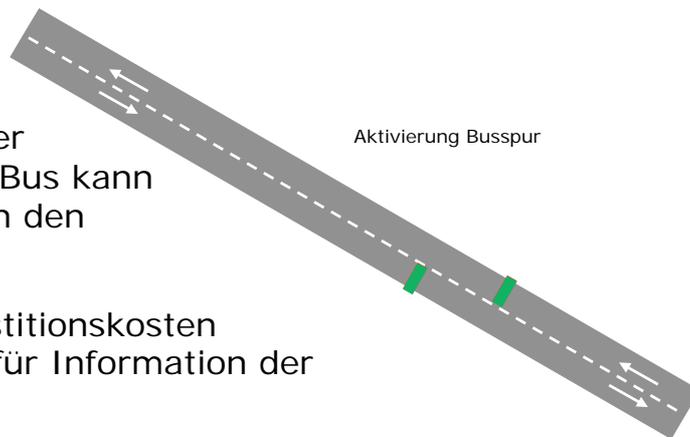
Teil A: Alameda da Universidade, Lissabon II



Teil A: Rapperswil - Jona

- ca. 200m lange Strecke im Contra-Flow-Betrieb

- bei Aktivierung wird der MIV gestoppt und der Bus kann auf der Gegenfahrbahn den MIV-Pulk überholen
- ca. 300'000 CHF Investitionskosten plus ca. 100'000 CHF für Information der Öffentlichkeit



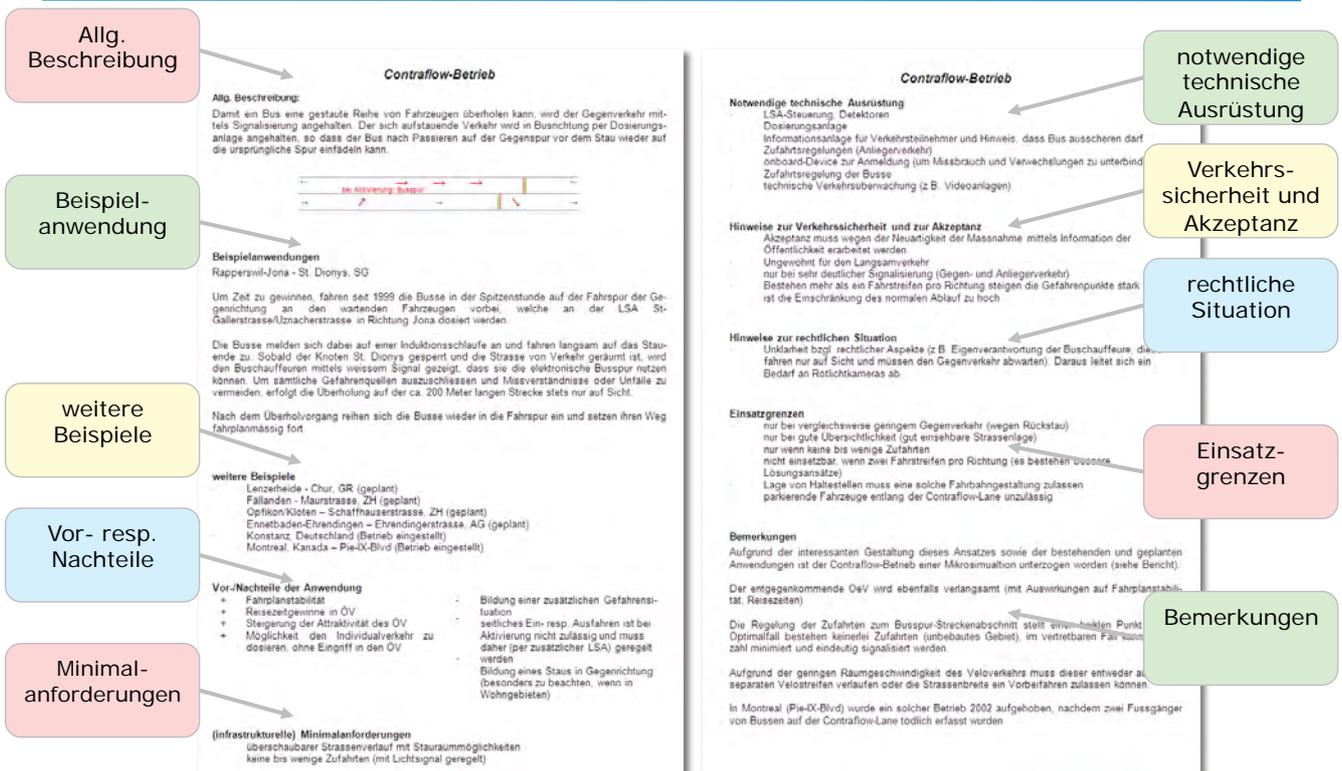
Teil A: Rapperswil – Jona II



Teil A: Typologisierung

- 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.
- Withflow-Betrieb:** Freigabe eines Fahrstreifens für Busse auf Strassen mit zwei Fahrstreifen je Richtung. Andere Verkehrsteilnehmer werden über in der Fahrbahn installierte LED-Signale rechtzeitig informiert, dass sie den Fahrstreifen zur Busdurchfahrt räumen müssen resp. nicht befahren dürfen.
- 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 zu gewinnen per Dosierungsanlage angehalten, so dass der Bus nach Passieren auf der Gegenspur vor dem Stau wieder auf die ursprüngliche Spur einfädeln kann.

Teil A: Formulierung Fact Sheets

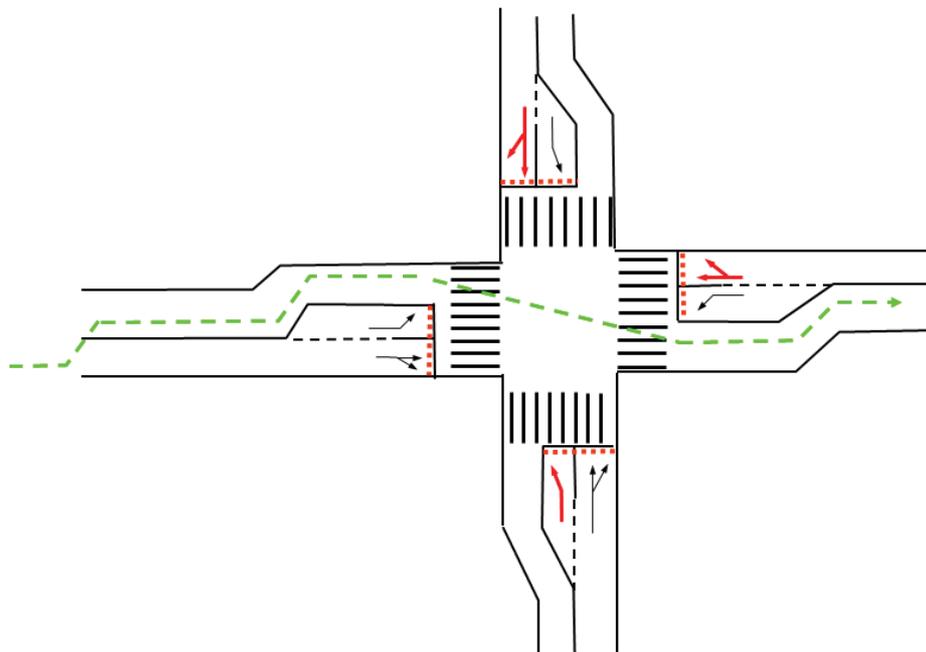


Teil B: Simulation typischer Situationen

- Anwendungssituationen unterscheiden sich nach...
- Anzahl der Fahrstreifen
- OeV-Aufkommen
- MIV-Verkehrsmengen
- Rückstaulängen
- Stauursachen
- Räumliche Lage
- Art und Umfang von Velo- und Fussgängerverkehr

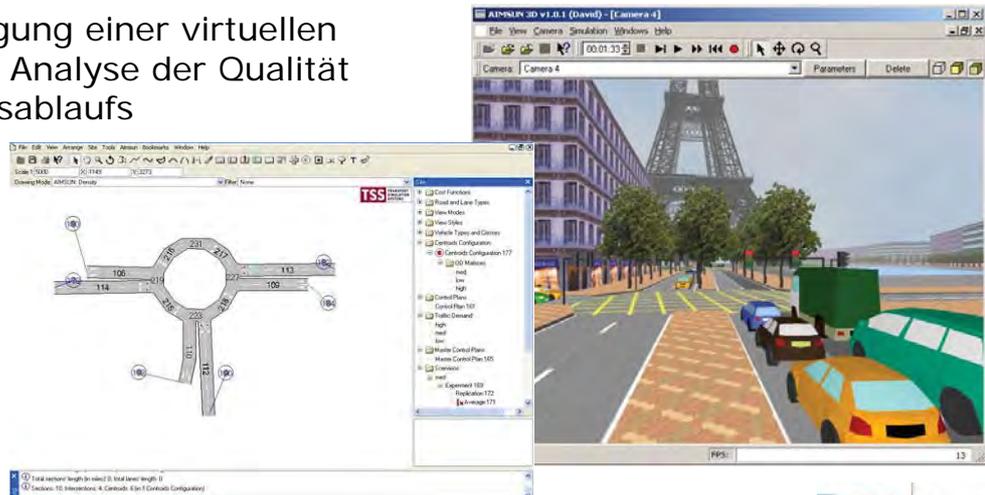
Teil B: Idealtypischer Fall

- Typischer grosser LSA-Knoten mit Vorsortierung (fiktiv)



Teil B: Das Programm AIMSUN

- Mikroskopisches Verkehrssimulationsmodell der spanischen Firma TTS (Barcelona)
- Es bildet Verkehrsabläufe durch das Verhalten einzelner Fahrzeuge und deren Interaktionen mit anderen Fahrzeugen sowie der Infrastruktur ab (jedoch keine Multiagentensimulation).
- Ziel: Erzeugung einer virtuellen Realität und Analyse der Qualität des Verkehrsablaufs

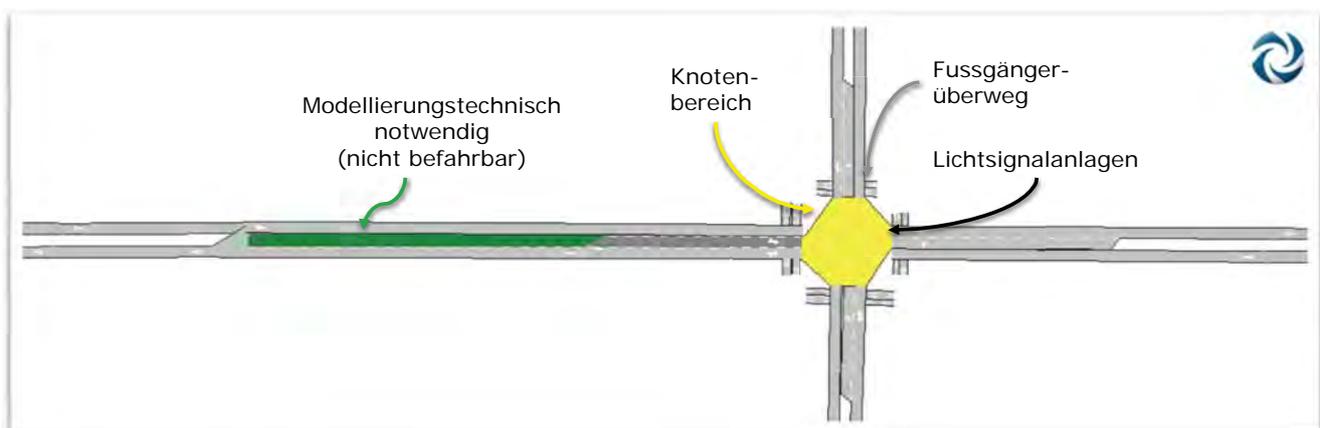


22

SVI 2007/022 / 13.09.2012 / FH / Fachtagung Forschung 2012, Olten

Rapp Trans

Teil B: Der Knoten umgesetzt in AIMSUN



23

SVI 2007/022 / 13.09.2012 / FH / Fachtagung Forschung 2012, Olten

Rapp Trans

Teil B: Phasenablauf

| # | Ströme | Grünzeiten |
|---|--------|------------|
| 1 | | 24 sek. |
| 2 | | 11 sek. |
| 3 | | 11 sek. |
| 4 | | 9 sek. |

- Umlaufzeit $Z = 75$ sek.
- $t_Z = 5$ sek.
- t_{Gr} -Verteilung abgeleitet aus Lf-Berechnungen
- wenn FG-Strom, dann entspr. SN abgepasst (d.h. Mindestdauer)
- fixierte t_{Gr} -Verteilung (aufgrund Vergleichbarkeitseffekte)

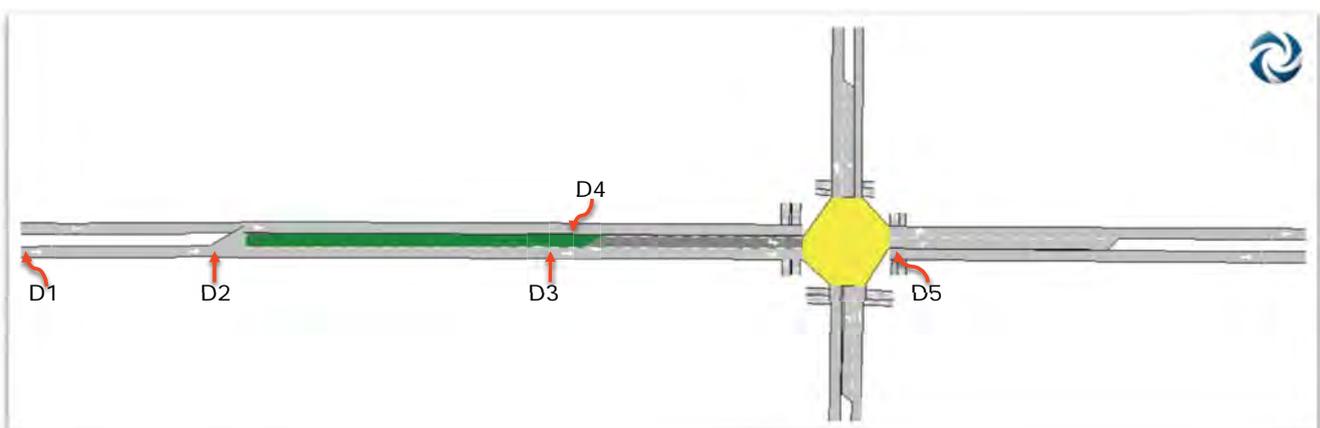
Teil B: Contraflow

- „Eine elektronische Busspur (Contra-Flow) erlaubt Bussen im öffentlichen Linienverkehr zeitlich befristet und technisch gesichert die Benutzung der Gegenfahrbahn.“
- (Haupt-) Ziel: Verkürzung der Beförderungszeiten insb. aber eine Verminderung der Streuung der Fahrzeugreisezeiten
- aber: funktioniert auch bei längeren Rückstaulängen, bei denen der Detektor für die OeV-Privilegierung nicht mehr aktiviert werden kann.
- Länge der Contra-Flow-Lane = 250m

Teil B: Funktionsweise Contra-Flow

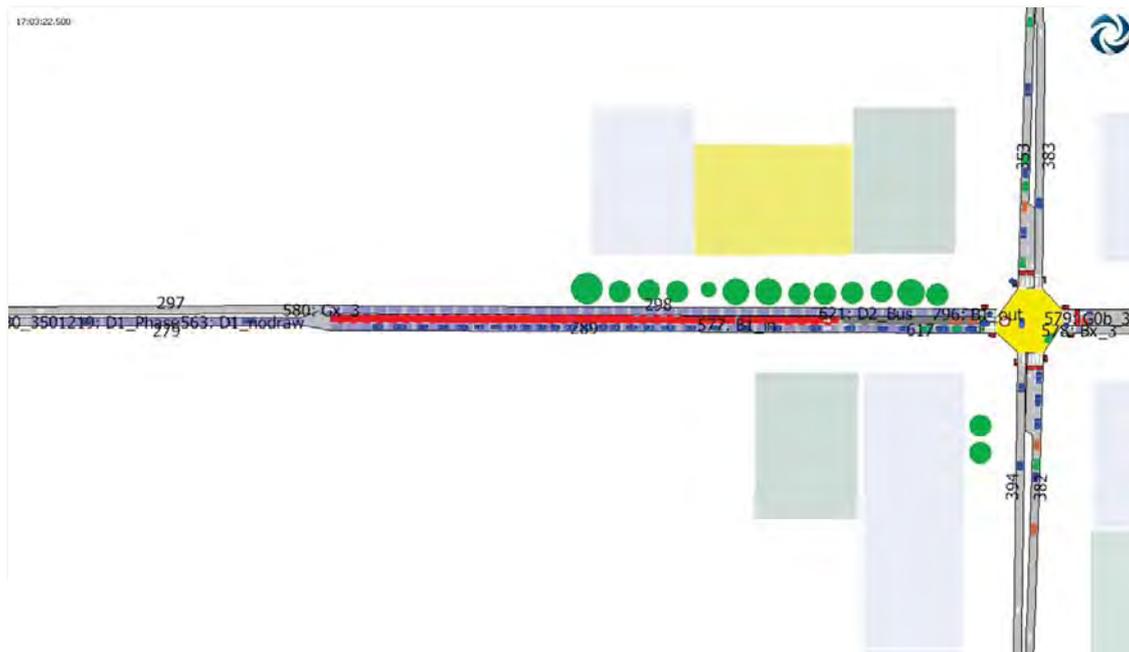
1. Busanmeldung
2. aufgrund Anmeldung Sperrung der Gegenfahrbahn, wenn kein Stau auf Gegenfahrbahn
3. nach vollständiger Räumung der elektronischen Busspur Freigabe für den Bus
4. Ausfädeln aus der Normalspur und Fahrt auf der Gegenfahrbahn bis zum Ende der elektronischen Busspur; Verkehr in gleicher Richtung wird so dosiert, dass genügend Raum für das Wiedereinfädeln des Busses auf die Normalspur besteht
5. Anhalten aller auf den Knoten zuführenden Ströme (unabhängig von Richtung)
6. Einfädeln des Busses auf die Normalspur und Freigabe MIV

Teil B: Lage und Funktion der Detektoren



- D1 Detektor Contraflow
- D2 Freigabedetektor Contraflow-Lane
- D3 Detektor zur OeV-Privilegierung
- D4 Detektor zur Sperrung der Kreuzung (Einfahrt des Busses aus elektronischer Busspur)
- D5 Abmeldedetektor

Teil B: Simulation



Teil B: Variation der Annahmen

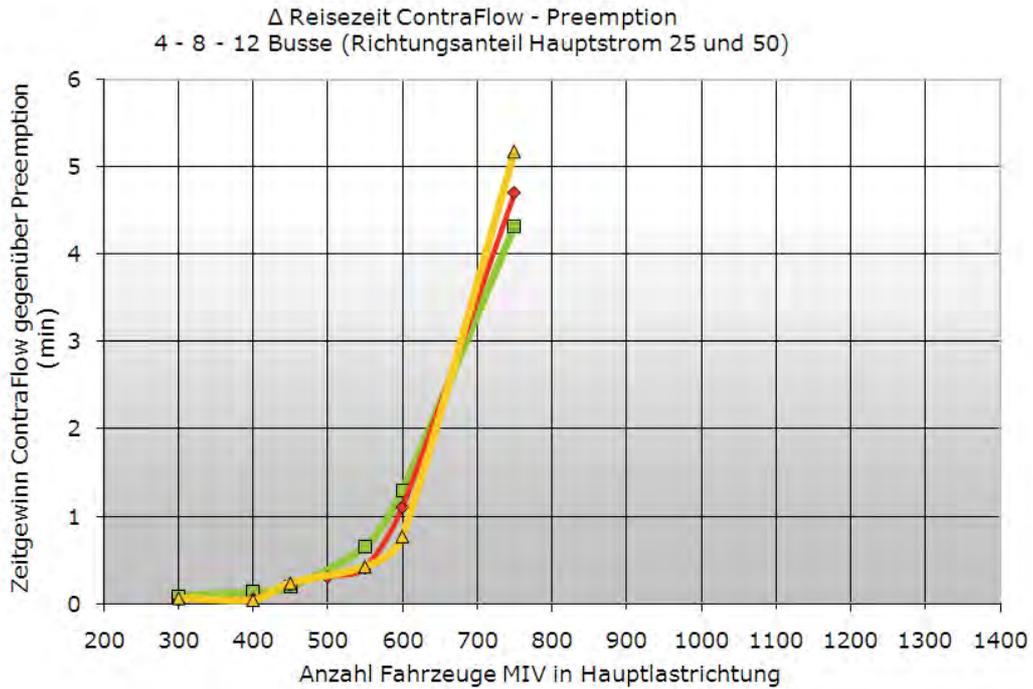
Welche Annahmen sind variiert worden?

- MIV-Nachfrage auf Hauptstrom (300 bis 750 PWE/h)
- MIV-Nachfrage gesamt (750 bis 1500 PWE/h)
- Anzahl OeV-Kurse pro Richtung und Stunde (4, 8, 12)

Der Phasenablaufs resp. die Grünzeitverteilungen sowie die Knotenströme sind stets beibehalten worden.

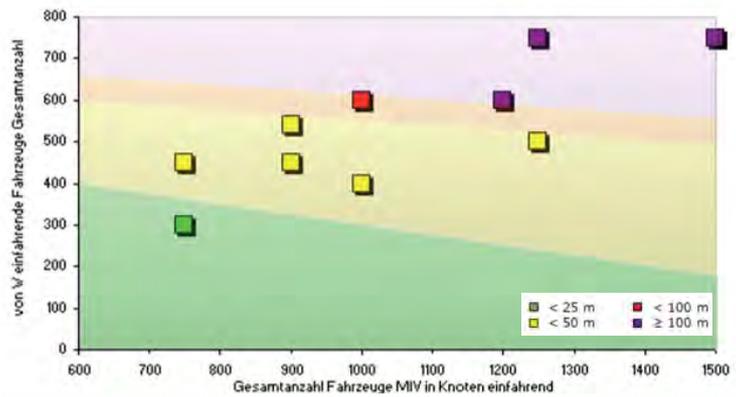
Dadurch ohne „Vernebeln“ durch Wirkungen anderer Faktoren (= keine Effektüberlagerung).

Teil B: Ergebnisse - Reisezeit

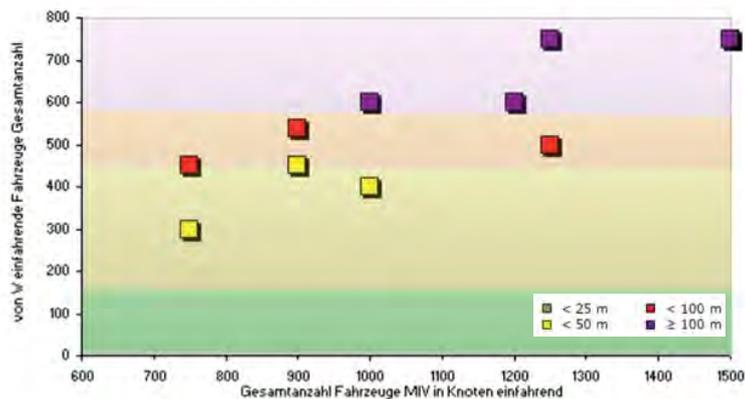


Teil B: Ergebnisse – Rückstaulängen MIV

Buspriorisierung



Contra-Flow-Betrieb



Teil B: Nutzung Contra-Flow-Betrieb

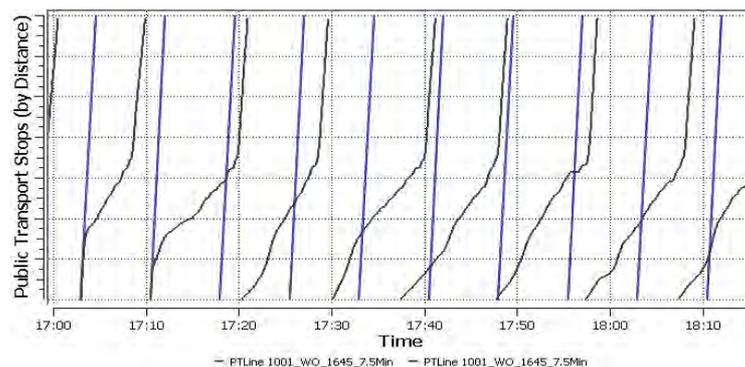
- Je mehr OeV-Kurse, desto weniger Contra-Flow-Lane-Nutzungen (weil OeV-Privilegierung)
- Je mehr Fz-Volumen in Busrichtung, desto mehr Contra-Flow-Lane-Nutzungen

➡ Je weniger OeV-Kurse und je mehr Fz-Volumen in Busrichtung, desto häufiger wird die Contra-Flow-Lane genutzt

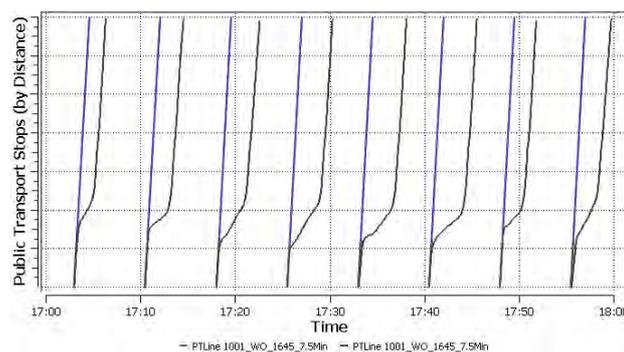
➡ Je mehr OeV-Kurse und je weniger Fz-Volumen in Busrichtung, desto seltener wird die Contra-Flow-Lane genutzt

Teil B: Fahrplanstabilität

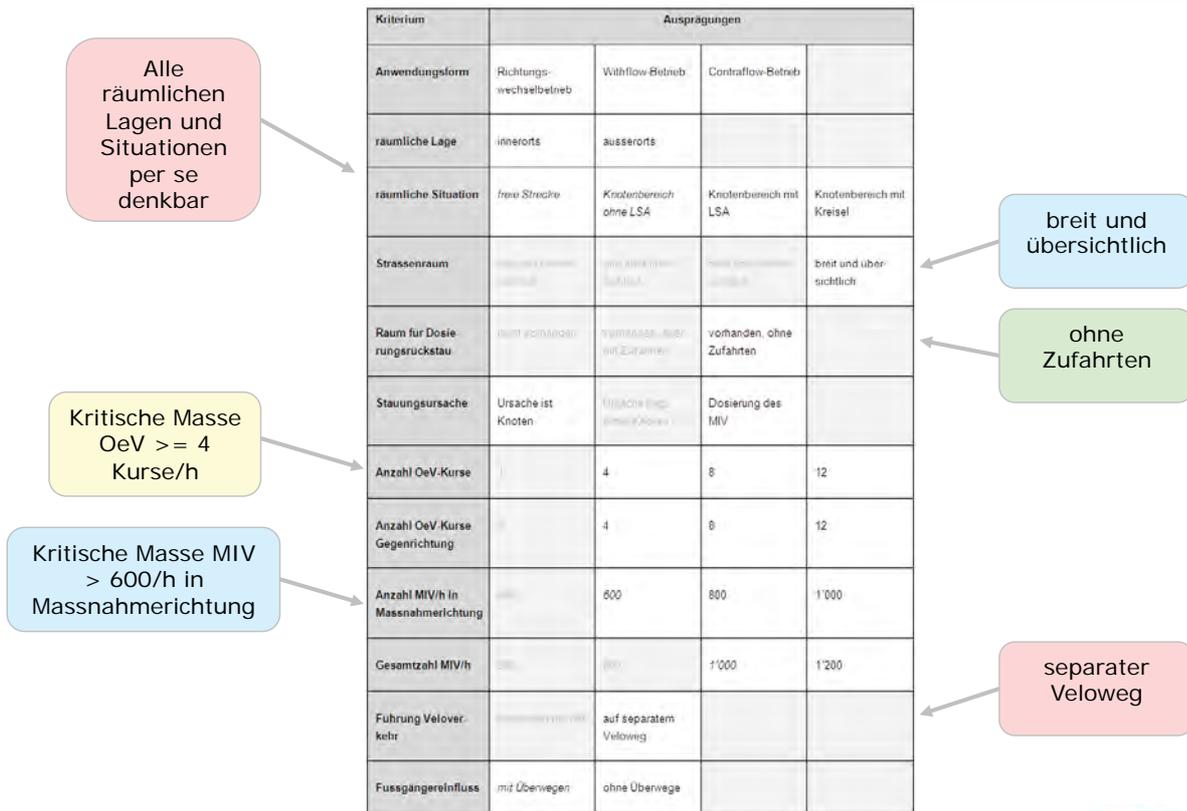
Buspriorisierung



Contra-Flow-Betrieb



Teil C: morphologischer Kasten



Teil C: Planungs- und Entscheidungshilfe

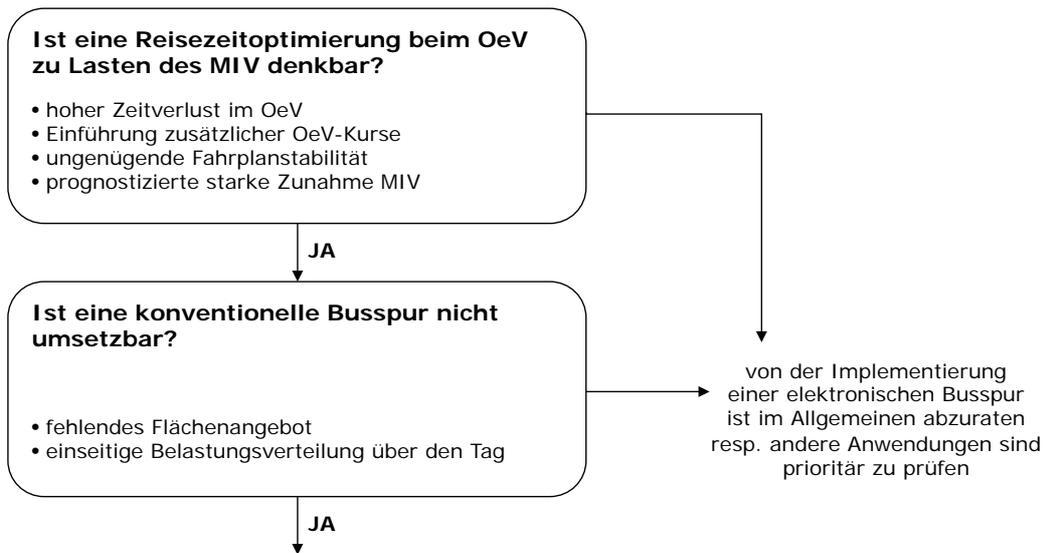
Die Planungs- und Entscheidungshilfe soll ein *einfaches Ablaufschema (Quick Check)* bieten, mit Hilfe dessen schnell und ohne hohen Zeitaufwand eine *erstmalige Prüfung* eines neuen Projektes auf seine Verträglichkeit einer ContraFlow-Implementierung möglich ist.

Es gilt dabei, die Fragen auf einer relativ hohen Flughöhe zu beantworten und ggf. die Ergebnisse einer direkten Abwägung zu unterziehen.

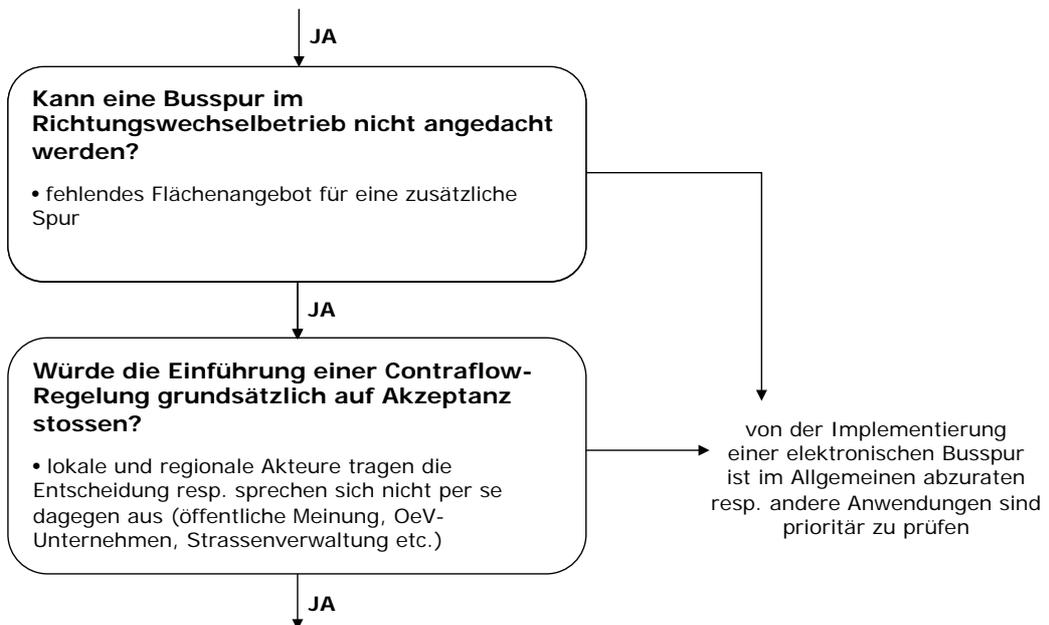
Zu beachten ist zudem, dass sich die aufgeführten Fragen und Aspekte je nach Projektlage und örtlicher Situation ergänzen lassen, so dass es **keine völlige Schwarz-Weiss-Malerei** gibt.

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.

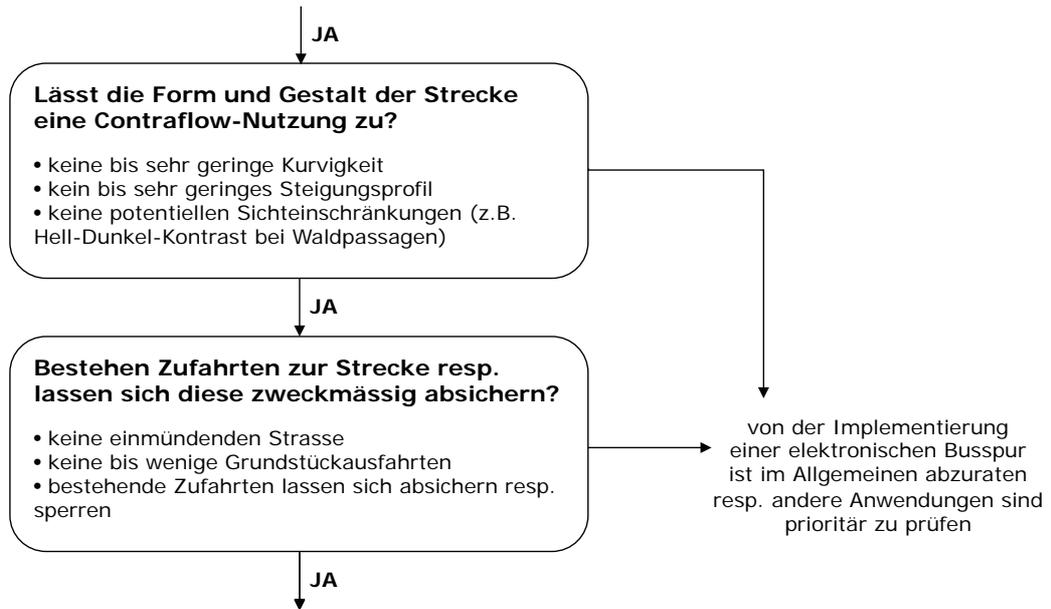
Teil C: Quick Check



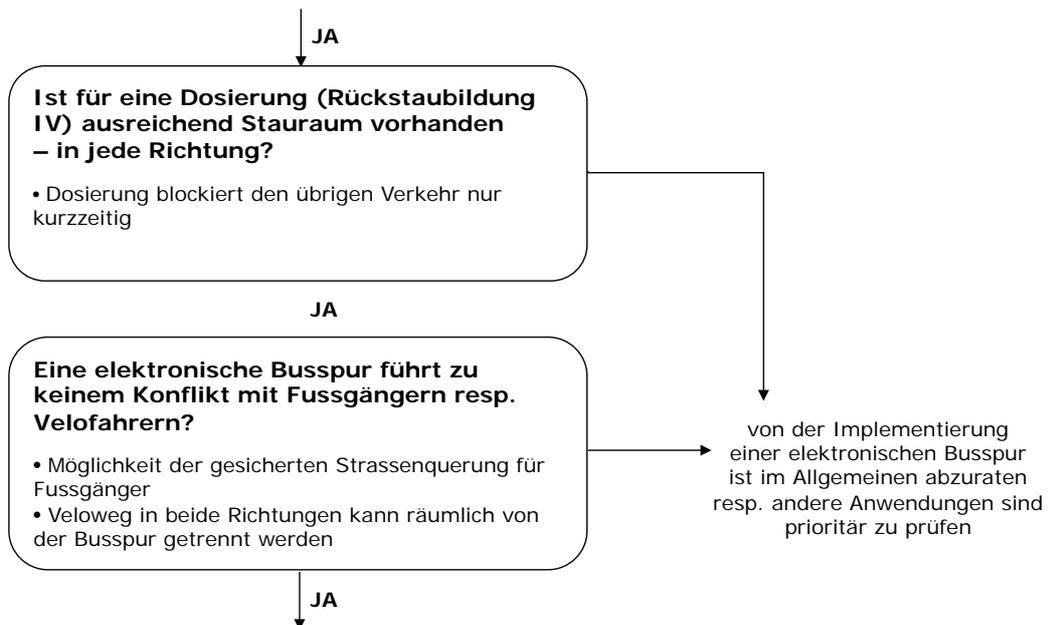
Teil C: Quick Check



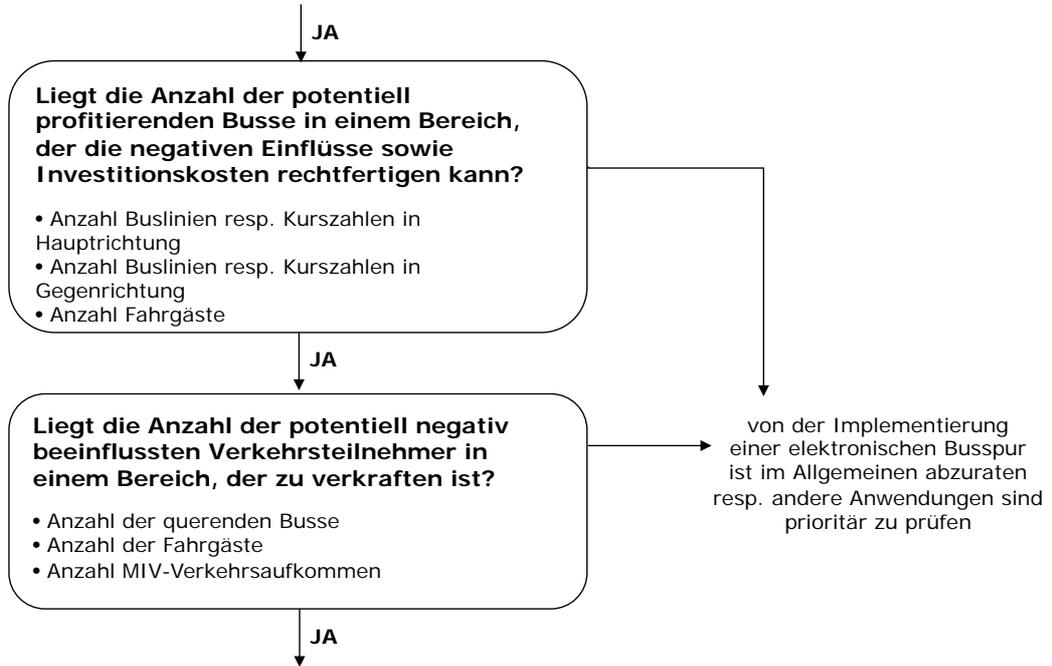
Teil C: Quick Check



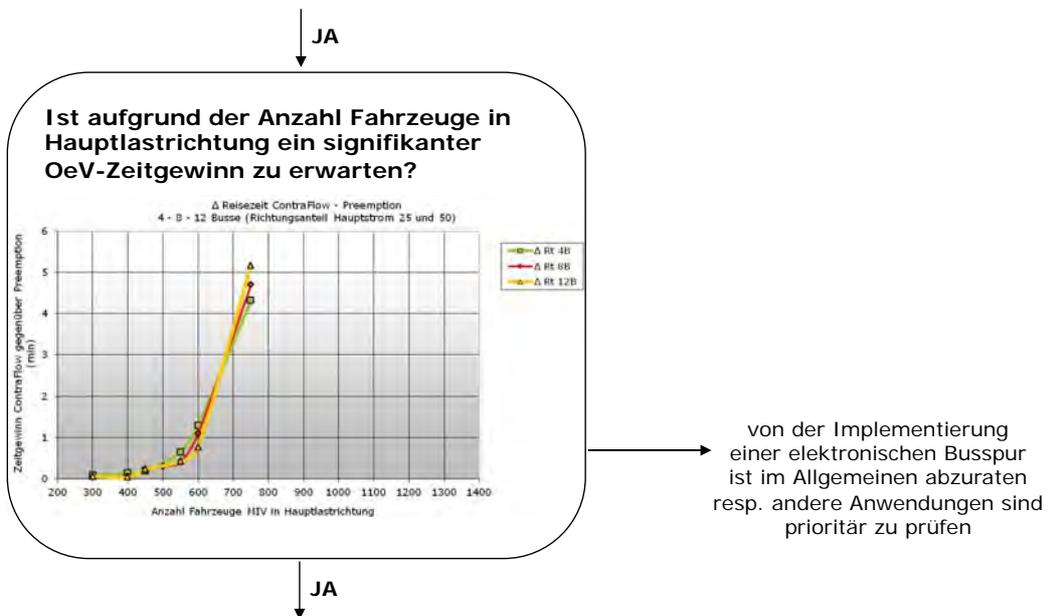
Teil C: Quick Check



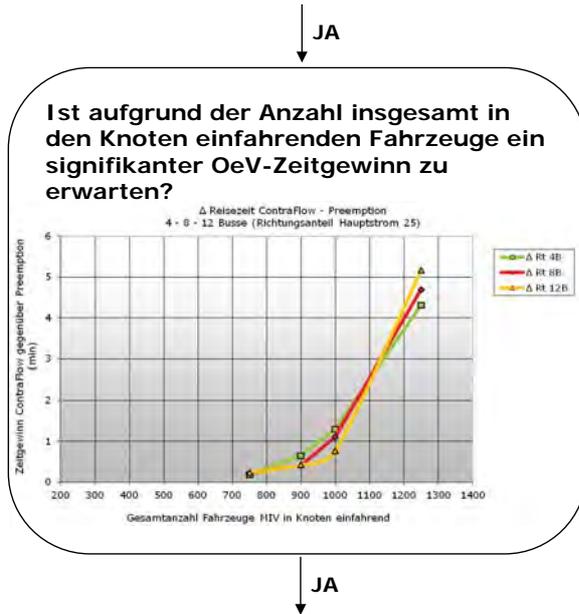
Teil C: Quick Check



Teil C: Quick Check

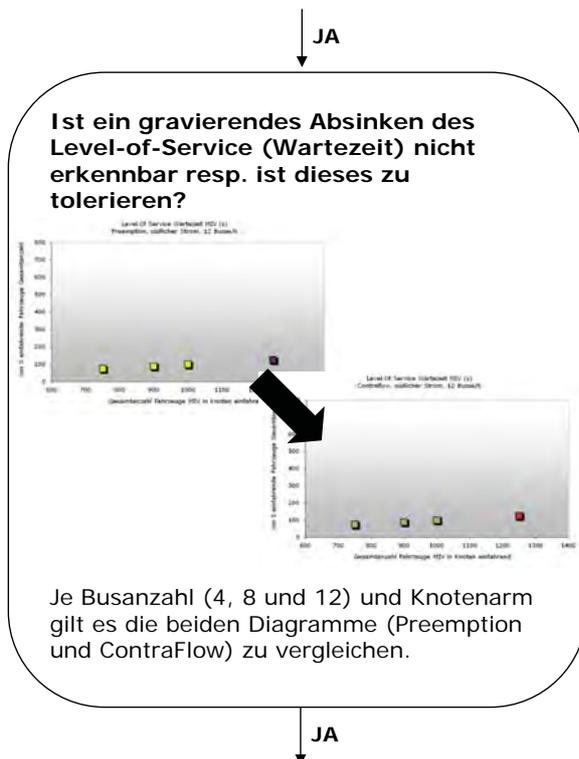


Teil C: Quick Check



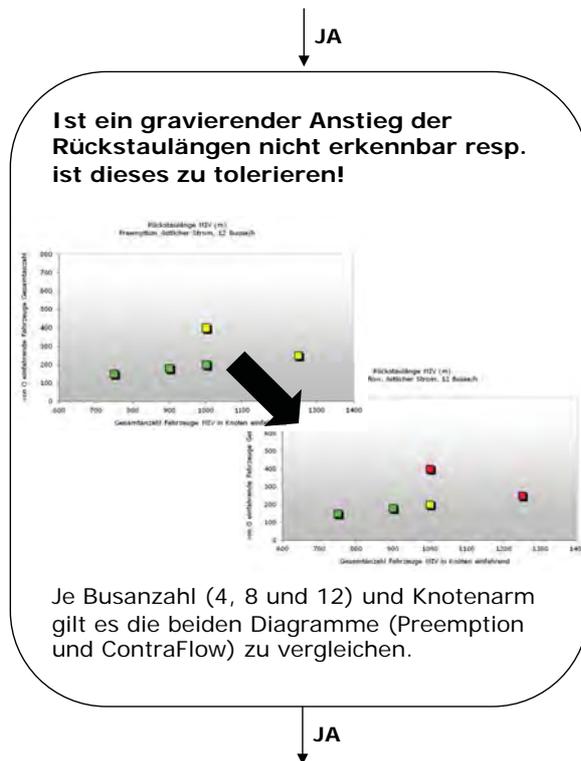
von der Implementierung einer elektronischen Busspur ist im Allgemeinen abzuraten resp. andere Anwendungen sind prioritär zu prüfen

Teil C: Quick Check



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

Teil C: Quick Check



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

Teil C: Quick Check

↓ JA

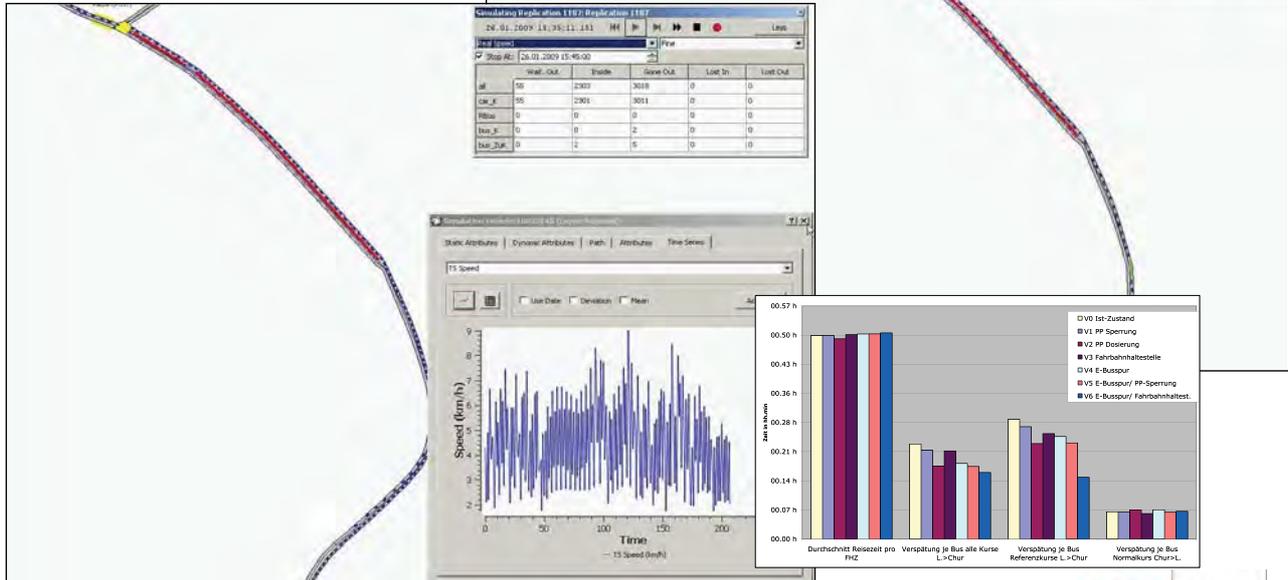
Eine Einführung einer Contraflow-Regelung kann prinzipiell erfolgen.

Aufgrund des Quick-Checks sind weitere Planungsschritten zu empfehlen.

Teil C: Mikrosimulation Lenzerheide

Simulation 1

| Von | bis | Dauer |
|---------------|-----------|--------|
| 14.39 Uhr | 14.40 Uhr | 0.01 h |
| 15.03 Uhr | 15.15 Uhr | 0.12 h |
| 15.23 Uhr | 15.41 Uhr | 0.18 h |
| 15.48 Uhr | 16.10 Uhr | 0.22 h |
| 16.20 Uhr | 16.40 Uhr | 0.20 h |
| 16.57 Uhr | 17.10 Uhr | 0.13 h |
| Gesamt: | 6 | 1.28 h |
| Durchschnitt: | | 0.14 h |



46 SVI 2007/022 / 13.09.2012 / FH / Fachtagung Forschung 2012, Olten

Rapp Trans

Zusammenfassung

- elektronische Busspuren sind **zwar (noch) selten, aber keineswegs unbeachtet**
- es gilt zu beachten, dass „elektronische Busspur nicht gleich elektronische Busspur ist“, sondern dass eine **Vielzahl von Varianten** und Ausprägungen besteht.
- Typologisierung in **Richtungswechsel-, Withflow- und Contra-Flow-Betrieb**

Zusammenfassung II

- Das Konzept erreicht seine **Grenzen**, wenn die Komplexität des Knoten- resp. Streckenbereichs eine sinnvolle (d.h. konfliktfreie) Umsetzung nicht mehr zulässt.
- Es gilt trotz Simulation 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.
- Mit der formulierten **Planungs- und Entscheidungshilfe** (Quick Check) liegt ein Grundgerüst, an dem sich Planer, Entscheidungsträger und Interessenvertreter orientieren können.

Zusammenfassung III

- Wir sehen einen **Forschungsbedarf** ...
 - 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 Baustellensituationen)?

Danke für Ihr Interesse



Amt für Energie
und Verkehr
Graubünden



**Ich stehe Ihnen gerne
für Fragen zur Verfügung!**

Dr. Florian Harder, Rapp Trans AG
florian.harder@rapp.ch

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.