


Autonome Busse: Chance oder Risiko für die Bahn?

Presentation

Author(s):

Sinner, Marc 

Publication date:

2016-03-17

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000121393>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted



Autonome Busse: Chance oder Risiko für die Bahn?

IVT Verkehrsingenieurtag

17. März 2016

Marc Sinner

Inhalt des Vortrags

- Automatisierung des Strassenverkehrs
- Automatisierung im strassengebundenen ÖV
- Risiken für den ÖV insgesamt
- Risiken für die Bahn
- Chancen für die Bahn
- Etappen zum autonomen strassengebundenen ÖV
- Ausblick auf eigene Forschung



Automatisierung des Strassenverkehrs

Autonome Autos – Hohe Medienpräsenz

Selbstfahrende öffentliche US-Strassen Toyota enthüllt selbstfahrende

Publiziert: 26.06.2015



Die selbstfahrenden Google-Autos sind auf den öffentlichen Strassen im kalifornischen Mountain View unterwegs. (KEYSTONE/FR155217 APTONY AVELAR)

San Francisco hat seine Strassen für selbstfahrende Autos freigegeben.

Teilen

Mit dem... bedeutet, Google... Es solle... wahrnimmt... zu betrie...

Nach Go... worden, i... zuverlässig... sicherheit... sein, der... verfügen

Toyota will bis 2020 halbautonome Fahrzeuge anbieten. Doch der japanische Autobauer hat seine autonomen Fahrzeuge hinter...



1/6 Der Lexus GS genannt «Highway» selbstfahrendes Auto präsentiert

Roboterfahrzeuge

Google-Autos meistern Stadtverkehr

Der Suchmaschinen-Gigant zeigt, wie seine selbstfahrenden Autos Baustellen erkennen. Offen bleibt der Marktstart.

29.4.2014, 10:59 Uhr



Google-Auto unterwegs in Mountain View (Bild: PD)

Google-Auto

Zwischen Produkt und Service

Google entwickelt sein selbstfahrendes Auto zum Massenprodukt, wie zuletzt die Rekrutierung des Auto-Experten John Krafcik als Chef des Google-Autoprojekts signalisiert. Der nächste Schritt steht bevor.

von Herbie Schmidt | 1.10.2015, 13:32 Uhr | 2 Kommentare



Testfahrten auch in der Schweiz



Bisherige Funktionalitäten

- Tempomat mit Abstandhaltung ✓
- Spurassistenten ✓
- Kollisionswarnsysteme, teilweise mit aktivem Eingriff ✓
- Parkassistenten ✓
- Automatische Überwachung des toten Winkels ✓

➔ **Teilfunktionalitäten auf dem Weg zum autonomen Auto**



Automatisierung im strassengebunden öffentlichen Verkehr

Stand der Technik

- Autonome PRT Systeme in Betrieb:
 - Rotterdam Rivium (NL)
 - Heathrow Airport (UK)
 - weitere Systeme ausserhalb Europas
- In Rotterdam eigenes Trassee, aber mehrere Kreuzungen mit Strassen und Fusswegen
- In Heathrow vollständig abgetrenntes Trassee



CityMobil2

- Projekt der EU-Kommission zur Erprobung von autonomen Fahrzeugen auf nicht abgetrennten Fahrwegen
- Testbetriebe in mehreren Städten:
 - La Rochelle (F)
 - Oristano (I)
 - Vantaa (FI)
 - **Lausanne (CH)**
 - Trikala (GR)



City Mobil2 in Lausanne

- Betrieb auf dem Campus der EPFL
- Anbindung des Campus an die Metrostation im Norden
- Begleiteter Verkehr
- 6 Fahrzeuge vom Typ EZ10
- Betrieb von April bis August 2015

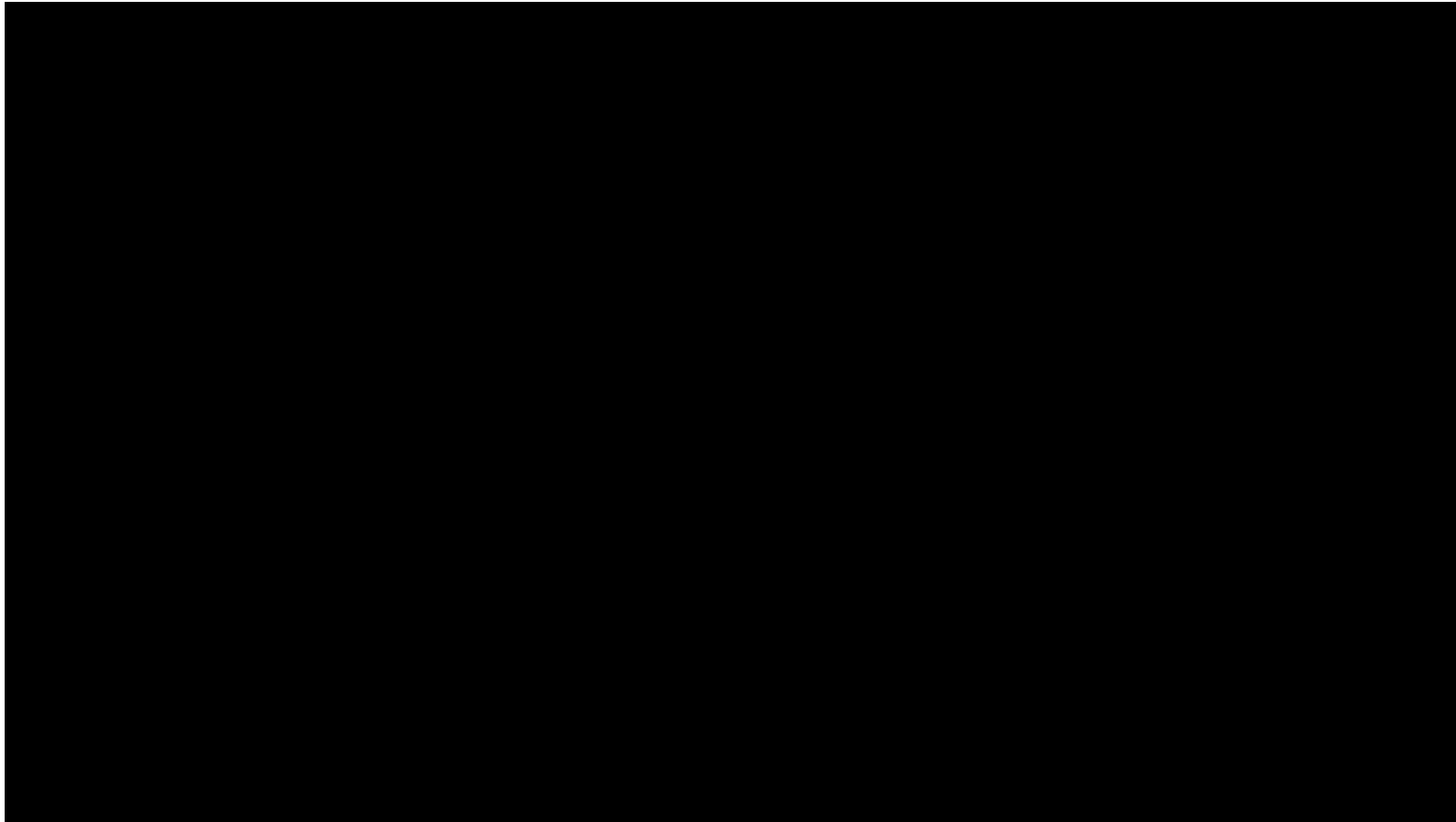


Ausblick

- Pilotbetrieb der Postauto in der Innenstadt von Sion
- Betrieb mit ähnlichen Fahrzeugen in den Niederlanden, zwischen Ede-Wageningen Bahnhof und Uni Campus
 - Betrieb im normalen Strassenverkehr
 - Kein Betrieb bei Regen und in Hauptverkehrszeiten geplant



Selbstfahrender Bus in China





Risiken für den öffentlichen Verkehr insgesamt

Mögliche Szenarien der Benützung autonomer Autos

Szenario 1: Fahrzeuge in Privatbesitz

- Private erwerben autonome Autos.
- Benützung ähnlich wie heute.
- Aber: Führerschein nicht mehr nötig.
- Auch Kinder, Jugendliche und ältere Menschen ohne Führerausweis können den MIV nutzen.
- Parkplatzproblem weiterhin ungelöst

Szenario 2: Free-Floating-Carsharing (FFC)

- Autos werden von Carsharing-Anbietern erworben und zur Benützung zur Verfügung gestellt.
- Auto wird via App bestellt und holt den Kunden am gewünschten Ort ab.
- Nach der Fahrt parkiert sich das Fahrzeug oder nimmt den nächsten Kunden in Empfang.
- Anzahl Parkplätze kann stark reduziert werden.
- Erweiterung zu Ridesharing möglich

Szenario 1: Fahrzeuge in Privatbesitz

- Die wichtige ÖV-Kundengruppe der Captive Riders wird markant kleiner.
- Auf Verbindungen, wo der ÖV heute nicht über komparative Vorteile verfügt, wird die Auslastung weiter zurückgehen.
- Kostenstruktur des MIV weitgehend unverändert:
 - ➔ **hohe Anschaffungskosten, niedrige Grenzkosten**

Szenario 1: Fahrzeuge in Privatbesitz

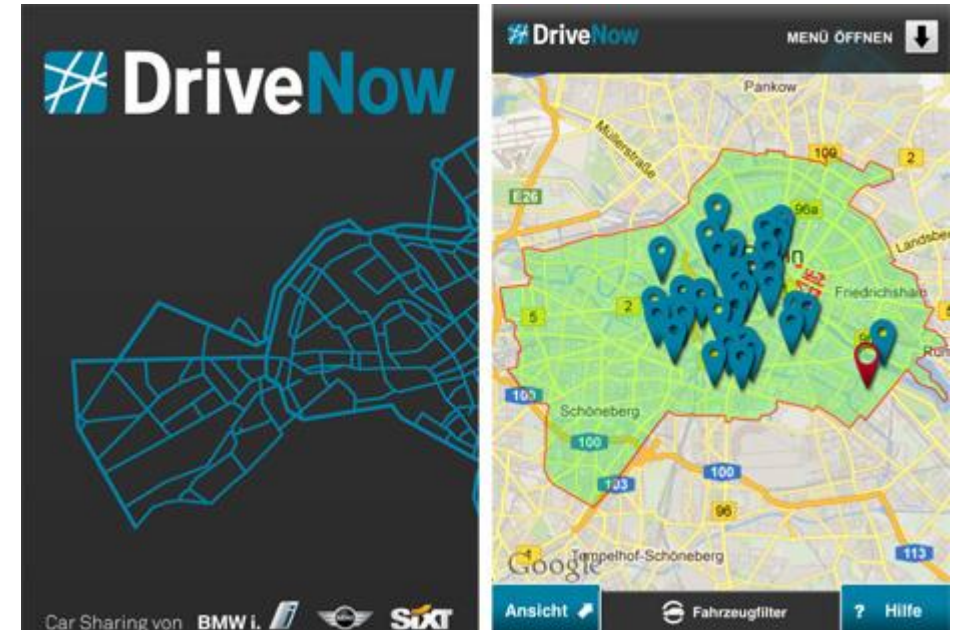
- Auch im Marktsegment der Choice Riders wird der ÖV unter Druck geraten
- Studie in den USA hat ergeben, dass diese Kundengruppe die Möglichkeit zur Benützung des Smartphones im ÖV besonders schätzt.
- Autonome Fahrzeuge ermöglichen diesen Komfort auch im MIV.
- Die komparativen Vorteile des ÖV werden unter Druck kommen.

Szenario 2: Free-Floating-Carsharing (FFC)

- aus ÖV-Sicht gleiche negative Entwicklungen wie für Szenario 1
- Zusätzlich weitere Risiken:
 - MIV wird erheblich günstiger
 - MIV wird noch flexibler
- Veränderte Kostenstruktur gegenüber heutigem klassischem MIV:
→ niedrige Einstiegskosten, höhere Grenzkosten

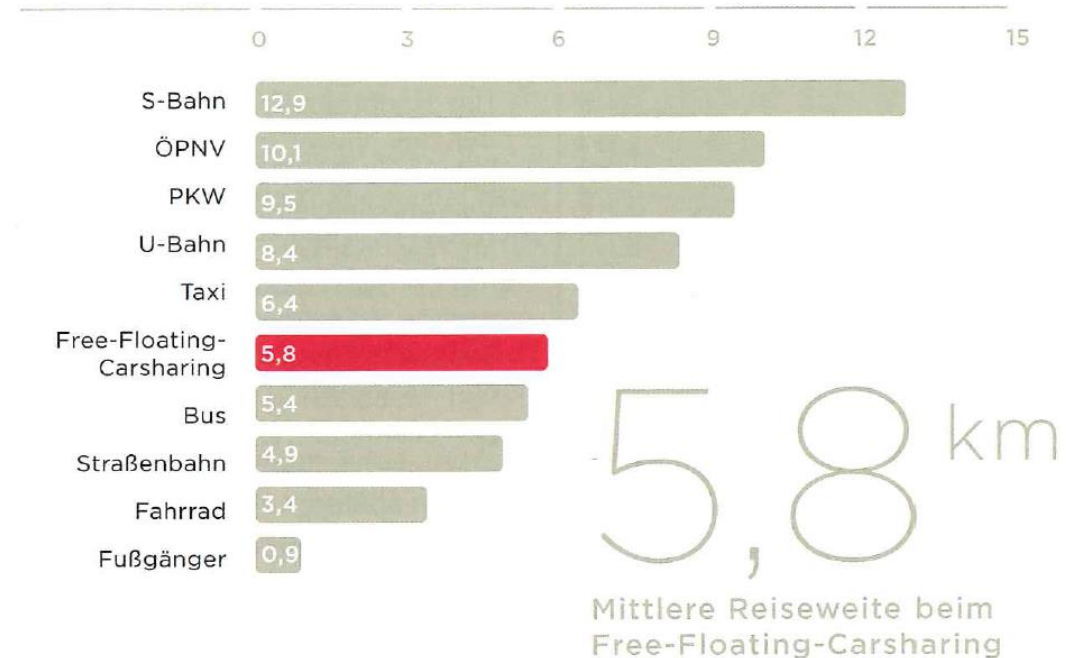
FFC – Bisherige Erfahrungen

- FFC bereits mit klassischen Fahrzeugen im Angebot
 - Catch a Car Pilotbetrieb in Basel
 - Drive Now in vielen deutschen Städten
- Unterschiede zum Mobility Carsharing in CH:
 - Fahrzeug muss nicht am gleichen Ort zurückgegeben werden.
 - Fahrzeug kann überall im Strassenraum abgestellt werden (keine Rückgabestationen).
 - Mit App wird das Fahrzeug lokalisiert und gebucht.



FFC – Erfahrungen aus Berlin

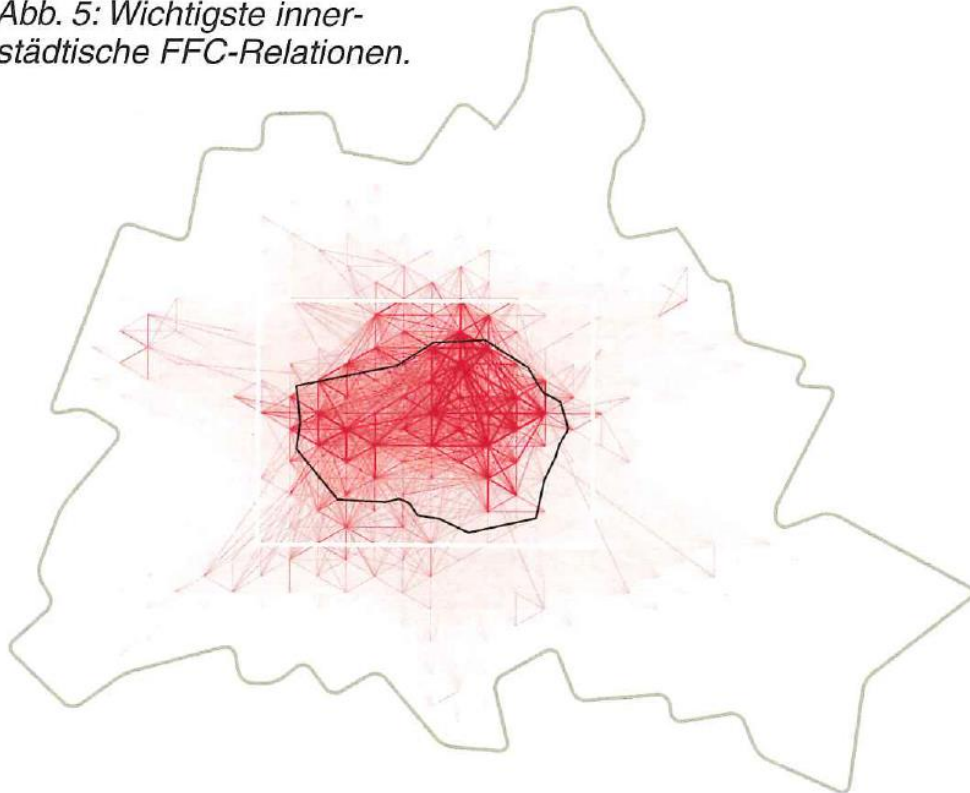
- Mehrheit der Kunden ist vorher ÖV gefahren.
- Bisher kaum Marktverschiebung von klassischem MIV zu FFC.
- Kurze Wegdistanz im Konkurrenzbereich zum Bus
- FFC bisher Nischenprodukt: sehr grosse Anzahl Fahrzeuge nötig für Marktdurchdringung



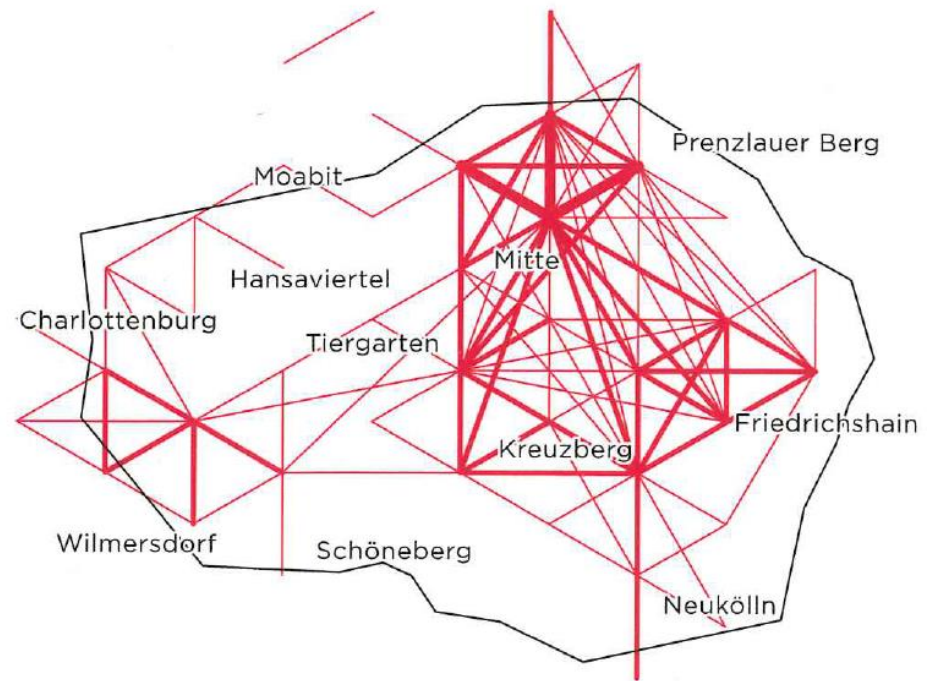
[Brockmeyer et al.: Free-Loading-Carsharing; Der Nahverkehr 10/2014 S. 13 - 18]

FFC – Erfahrungen aus Berlin

Abb. 5: Wichtigste innerstädtische FFC-Relationen.



Quelle: civity Analyse 2013/14, car2go



Strecken nach Häufigkeit
█ sehr hoch █ hoch █ mittel █ S-Bahn Ring

[Brockmeyer et al.: Free-Loating-Carsharing; Der Nahverkehr 10/2014 S. 13 - 18]

FFC – Erfahrungen aus Berlin

- Der allergrösste Teil der Wege findet innerhalb des S-Bahn Rings statt
- → in einem Gebiet mit sehr hoher ÖV Dichte
- Mehrheitlich zentrumsgerichtete Ströme
- Kaum tangentiale Ströme
- → in Marktsegment, wo ÖV Angebot gut bis sehr gut

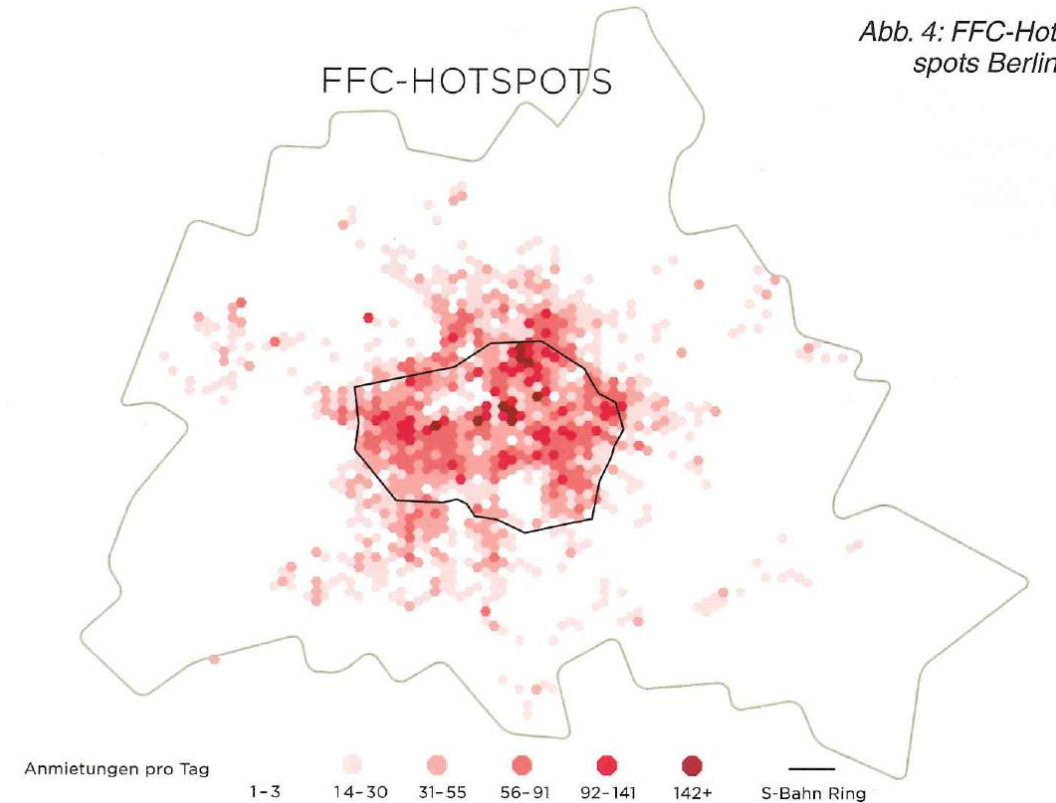


Abb. 4: FFC-Hotspots Berlin.

FFC - Auslastung vs Dichte des ÖV Angebotes

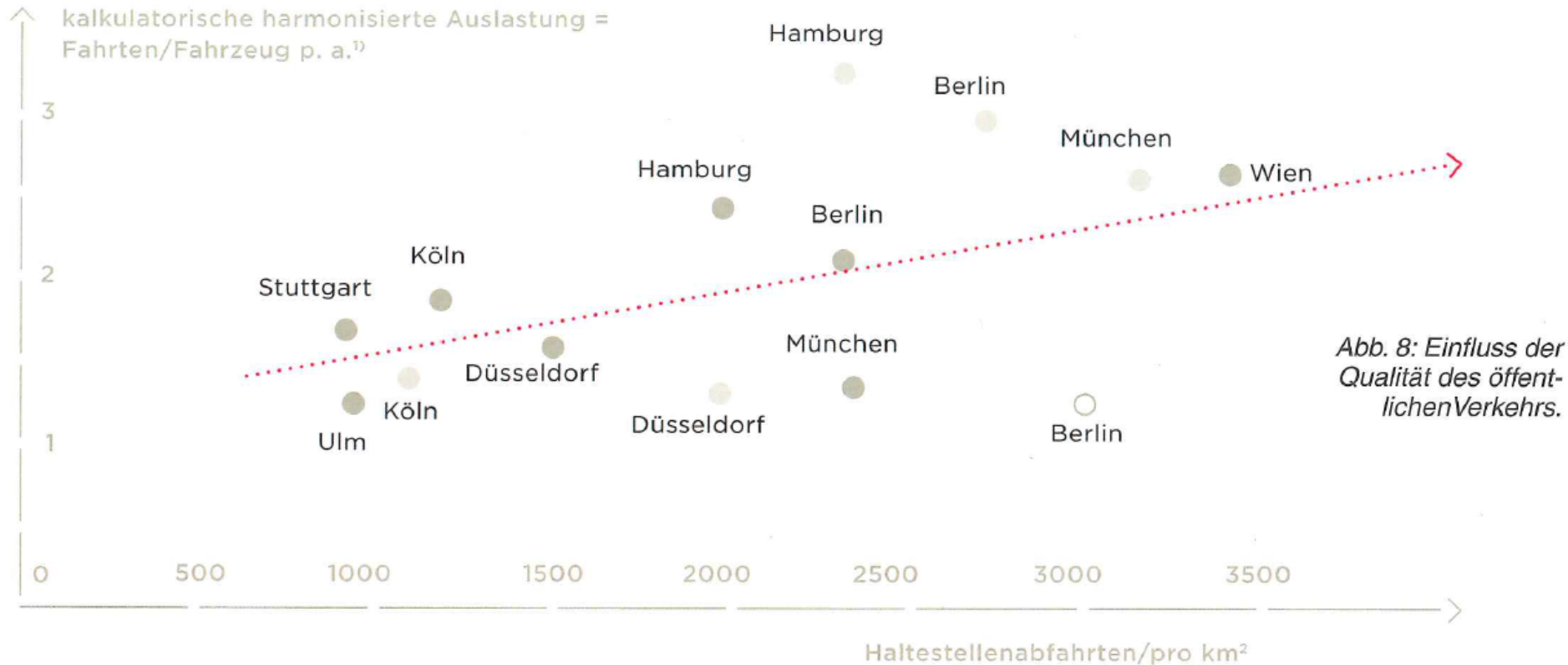


Abb. 8: Einfluss der Qualität des öffentlichen Verkehrs.

- Car2go
- DriveNow
- Multicity

1) Harmonisiert auf 24 Monate Betriebsdauer; Basis April 2013 bis März 2014
 Quelle: Erhebung der Autoren

[Brockmeyer et al.: Free-Loading-Carsharing; Der Nahverkehr 10/2014 S. 13 - 18]

FFC - Fazit

- FFC Systeme in der Anfangsphase nur dort marktfähig, wo ÖV Abdeckung heute bereits gut!
- Angriff auf die Kernmärkte des ÖVs!
- Reale Gefahr für Einnahmeneinbussen der Verkehrsbetriebe



Risiken für die Bahn

Mögliche Komparative Vorteile der Bahn

- Wirtschaftliche Nutzung der **Skaleneffekte**
- **Zuverlässigkeit** in Bezug auf die Reisezeit
- **Kürzere Reisezeiten**

Wirtschaftliche Nutzung der Skaleneffekte

- Vorteil auf Strecken mit hoher Nachfrage
- Folge der hohen Grenzkosten im Busverkehr
- Gehalt des Fahrers macht ca. 50% der Gesamtkosten aus
- Bei grösserem Fahrgastaufkommen wird der Busverkehr unwirtschaftlich
- **Vorteil der Bahn ist eine Folge der Spurführung**




Zuverlässigkeit in Bezug auf die Reisezeit

- Eine Folge der Eigentrassierung
- Bahnen im Mischverkehr (mit Ausnahme von Trams) kaum mehr existent
- Einrichtung von Busspuren erlaubt dem Bus die gleichen Vorteile
- **Kein alleiniger Vorteil der Bahn**

Kürzere Reisezeiten




- Hauptsächlich auf mittleren und längeren Distanzen
- Folge der höheren Geschwindigkeiten
- Beispiel Zürich – Bern:
 - Mit Bahn: 56 min
 - Via Autobahn mit Car: > 90 min, abhängig von den Verkehrsverhältnissen
- **Generischer Vorteil der Bahn, wenn Infrastruktur vorhanden**

Mögliche Komparative Vorteile der Bahn heute ...

- Wirtschaftliche Nutzung der **Skaleneffekte** 
- **Zuverlässigkeit** in Bezug auf die Reisezeit 
- **Kürzere Reisezeiten**
(auf mittleren & längeren Distanzen, wenn Infrastruktur vorhanden) 

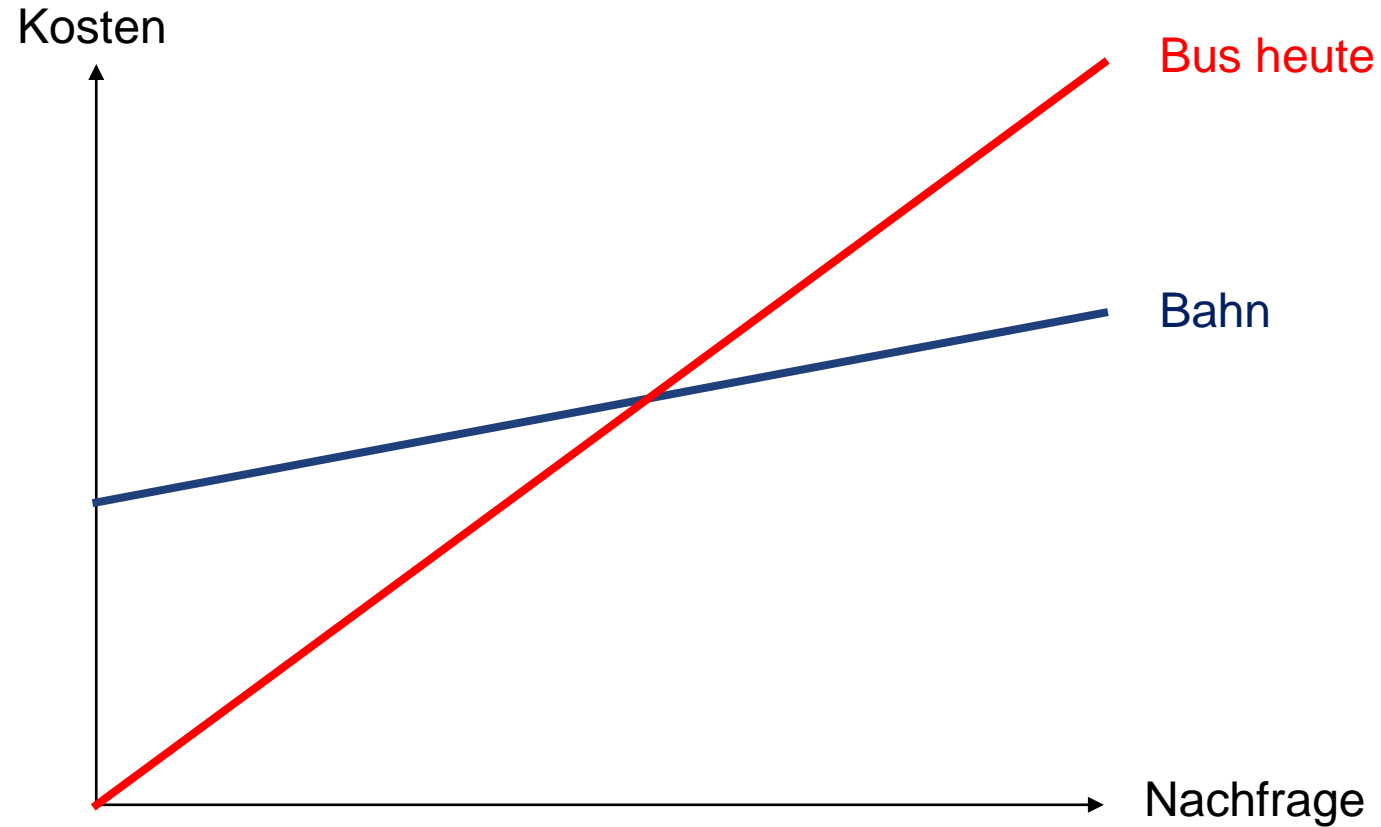
➔ **Bahn kann ihre Vorteile am ehesten im Fernverkehr und im Agglomerationsverkehr nutzen**

... und bei Automatisierung des Strassenverkehrs

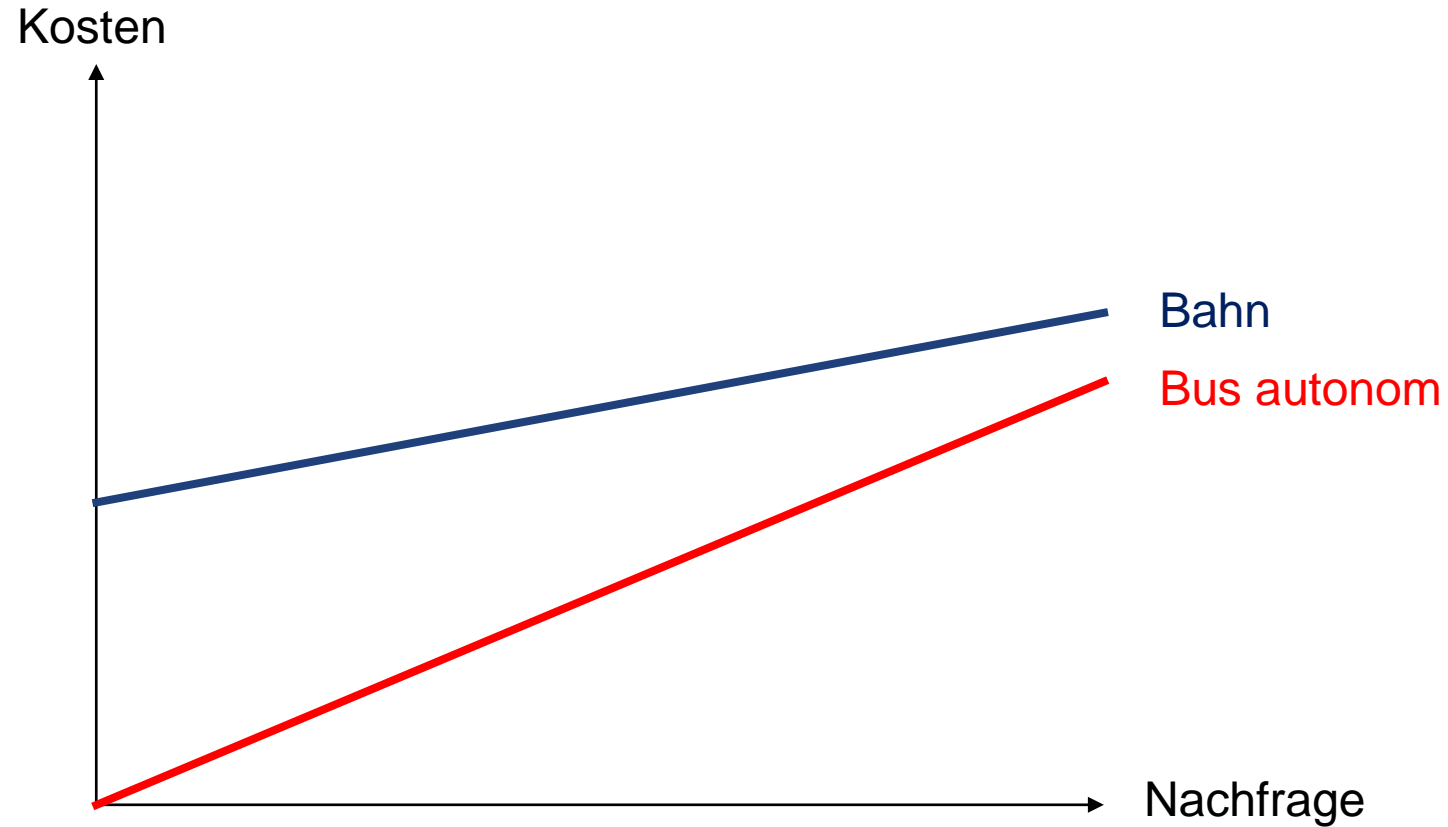
- **Wirtschaftliche Nutzung der Skaleneffekte** 
- **Zuverlässigkeit** in Bezug auf die Reisezeit 
- **Kürzere Reisezeiten**
(auf mittleren & längeren Distanzen, wenn Infrastruktur vorhanden) 

➔ **Mit der Automatisierung im Strassenverkehr fällt der generische Vorteil der Skaleneffekte zumindest teilweise weg**

Veränderung der Kostenstruktur: Zustand heute



Veränderung der Kostenstruktur: Zustand in Zukunft



Regionalverkehr ist besonders gefährdet ...

- Keine grossen Fahrgastzahlen
- Wenig verstopfte Strassen, somit keine Zuverlässigkeitsprobleme im Busverkehr
- Bahnlinien oft kaum schneller als parallele Strassen
- Teilweise ungünstig gelegene Bahnhöfe abseits der Nachfrageschwerpunkte

Handlungsoptionen für die Bahn

- Reduktion der Infrastrukturkosten durch:
 - Bessere Auslastung dank Reduktion der Pufferzeiten → TMS
 - U-Bahn ähnliches Liniennetz mit vereinfachter Infrastruktur
 - Reduktion der Betriebskosten durch Automatisierung
 - ATO / UTO
- Bahn muss ebenfalls den Weg in die Automatisierung suchen**

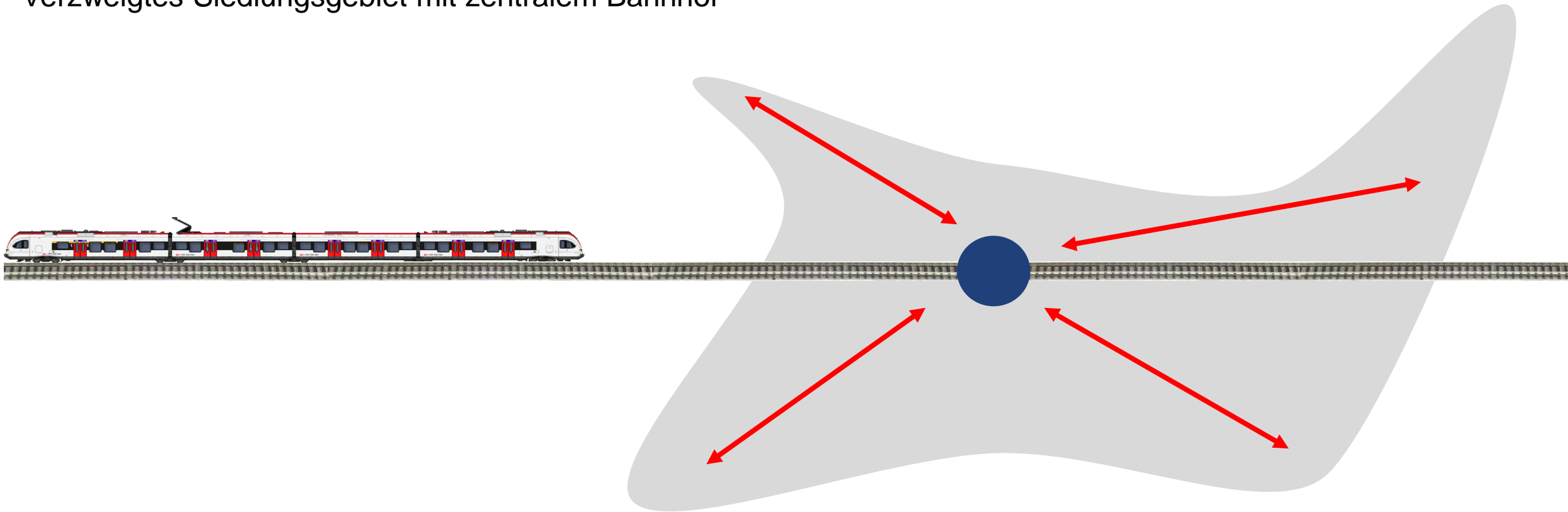




Chancen für die Bahn

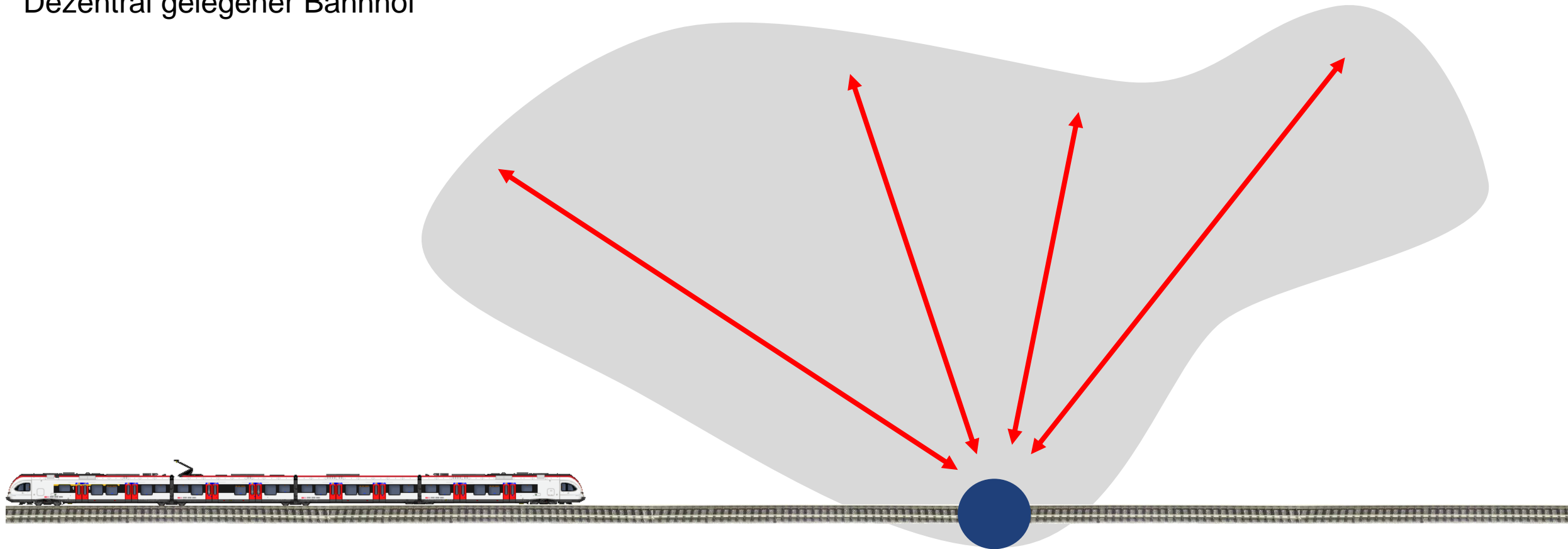
Anwendungsbeispiel 1:

Verzweigtes Siedlungsgebiet mit zentralem Bahnhof



Anwendungsbeispiel 2:

Dezentral gelegener Bahnhof



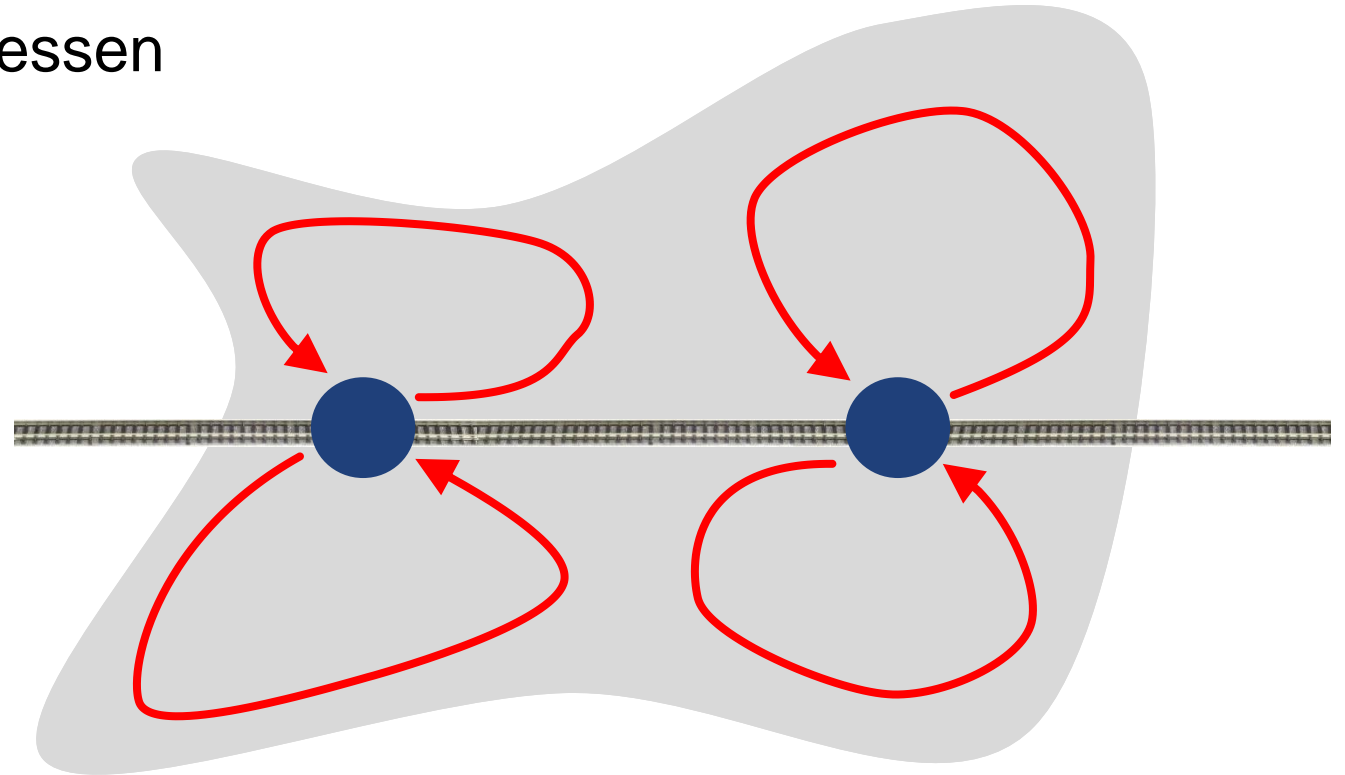
Neue Möglichkeiten zur Bedienung der letzten Meile

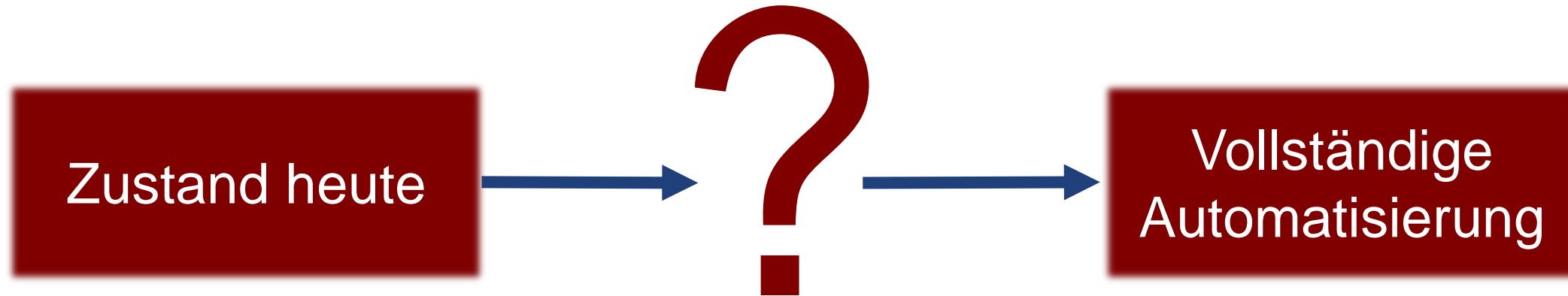
- Fahrerlose Kleinbusse
- Bündelungsnotwendigkeit entfällt!
 - Zubringerdienste zu Bahnlinien oder schnellen Buslinien können sehr fein gestaltet werden.
 - Der ÖV kommt näher zu den Menschen
 - Kleinere Gefässgrößen wirtschaftlich möglich
- → kürzere und schnellere Linienführung
- → Insgesamt kurze Reisezeiten



Auswirkungen

- Mehr Fahrgäste dank leichterem Zugang zur Bahn
- Trennen von Sammeln und Erschliessen
- Reduzierung der Haltepunkte
 - Kürzere Reisezeiten
 - Kapazitätsgewinne für Fern- und Güterverkehr
 - Sparen von teuren Infrastruktur
-ausbauten





Etappen auf dem Weg zum autonomen strassengebundenen ÖV

Wahrscheinlicher Endzustand

- Autonome Busse freizügig einsetzbar
- keine Einschränkungen bezüglich
 - Fahrzeuggrösse
 - Strassentyp (ausserorts / innerorts)
 - Witterungsbedingungen
- Zeitlicher Horizont zur technischen Realisierung heute noch schwer abschätzbar

3 verschiedene Entwicklungspfade

- Entwicklungspfad letzte Meile
- Entwicklungspfad Spurassistent
- Entwicklungspfad Bus-Pulks
- Im Endzustand Verschmelzen der 3 Pfade

Entwicklungspfad Bus-Pulks

Rückmeldung über
Fahrzeugzustand,
Haltewunsch etc.



Nachläufer, unbemannt, folgt
dem führenden Bus im Abstand
von 1-2m



Führender Bus, von
Fahrer gelenkt oder
vollkommen autonom



Übermittlung von
Steuerbefehlen

Bus-Pulks: keine neue Erfindung ...



Entwicklungspfad Bus-Pulks

- Funktionsprinzip ähnlich eines Anhängerzuges
 - Flexible Anpassung der Gefässgrösse in Nebenverkehrszeiten
 - Kapazitätserweiterung ohne zusätzliches Personal
 - Aber: ohne mechanische Kuppelung
- 2 oder mehr Fahrzeuge pro Pulk → Bildung von «Road Trains»
- Kurzfristig: führendes Fahrzeug besetzt
- Langfristig: Vollautomatisierung des führenden Fahrzeugs
- Ungelöstes Problem: Ausgleich von unterschiedlichen Bremsleistungen

Entwicklungspfad Spurassistent

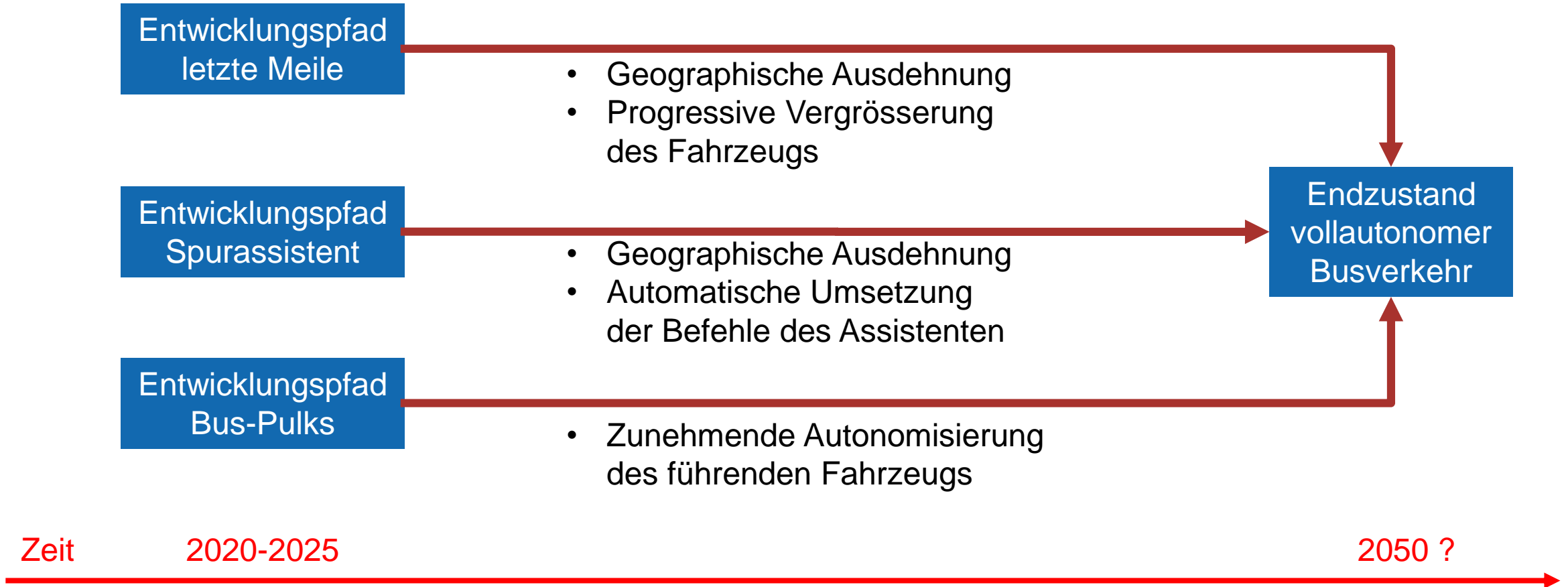
- Beispiel Minneapolis (USA):
 - Bus verkehrt beim zähflüssigem Verkehr auf der Standspur der Autobahn
 - Spurassistent mit GPS und Sensoren zur Erkennung der Fahrbahnumrisse
 - Bus kann sicher und schnell verkehren
- Platzsparende Busspuren möglich:
 - Gewinn ca. 0.5 – 1 m
 - Interessant in engen Innenstädten!



Entwicklungspfad letzte Meile

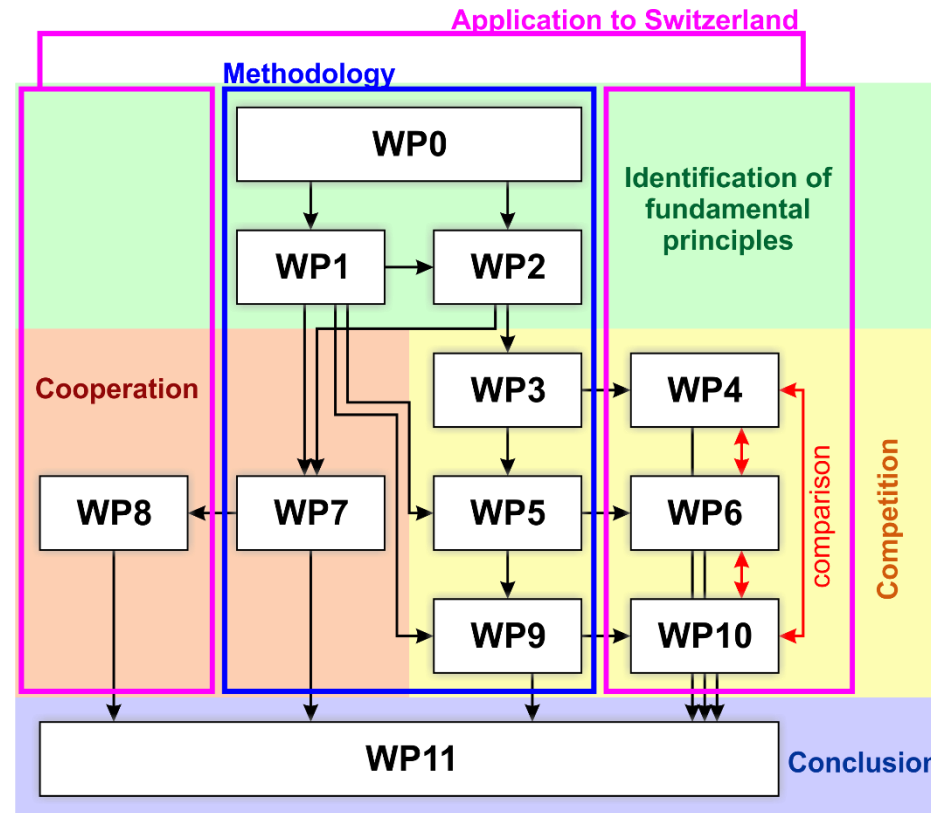
- Weitere Pilotbetriebe in den nächsten Jahren
 - Anfangs nur innerorts mit niedrigen Geschwindigkeiten
 - Später auch zwischen Ortschaften mit höheren Geschwindigkeiten
- Bedingung: ausreichend Fahrzeuge in kleinem Umkreis zur Sicherstellung einer wirtschaftlichen und zeitnahen Intervention im Störfall
- Sukzessive Vergrößerung der Fahrzeuge

Verschmelzen der 3 Entwicklungspfade



Mögliches zukünftiges ÖV-Angebot

- Linienbetrieb nach hochfrequentem Fahrplan auf den aufkommensstarken Linien, mit Bahn oder grossen autonomen Bussen
- Daneben ein System von autonomen Kleinfahrzeugen, welche nach Bedarf verkehren
- → Verschmelzen von Taxi und ÖV



Ausblick auf eigene Forschung

Forschungsfrage

To what extent does automation of both rail and bus lead to a shift of their respective comparative advantages in regional public transportation?

Kontext

- FABI: milliardenschwere Investitionen ins Bahnnetz
- Nicht nur auf den Hauptachsen, sondern auch in Randgebieten
- Lange Abschreibperioden für Infrastrukturinvestitionen!
- Kann der Pay-back Zeitpunkt erreicht werden?

Hauptforschungsfragen

- Wie verändert sich das Gleichgewicht des Wettbewerbs Bus vs Bahn durch die Automatisierung der beiden Systeme?
- Wie beeinflussen die technischen und betrieblichen Eigenschaften der beiden Systeme dieses Gleichgewicht?
- In welchen Situationen können Bus und Bahn sich ergänzen?
- Welche Konsequenzen ergeben sich für das Schweizer Bahnnetz?

Diskussion



Impressum

ETH Zürich

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT
Stefano-Francini-Platz 5
8093 Zürich

www.ivt.ethz.ch

Herausgeber: Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT
Gestaltung: Marc Sinner

© ETH Zürich, 17.03.2016