BUS RAPID TRANSIT

(SCHNELLBUSSYSTEME)

BROWN BAG LUNCH

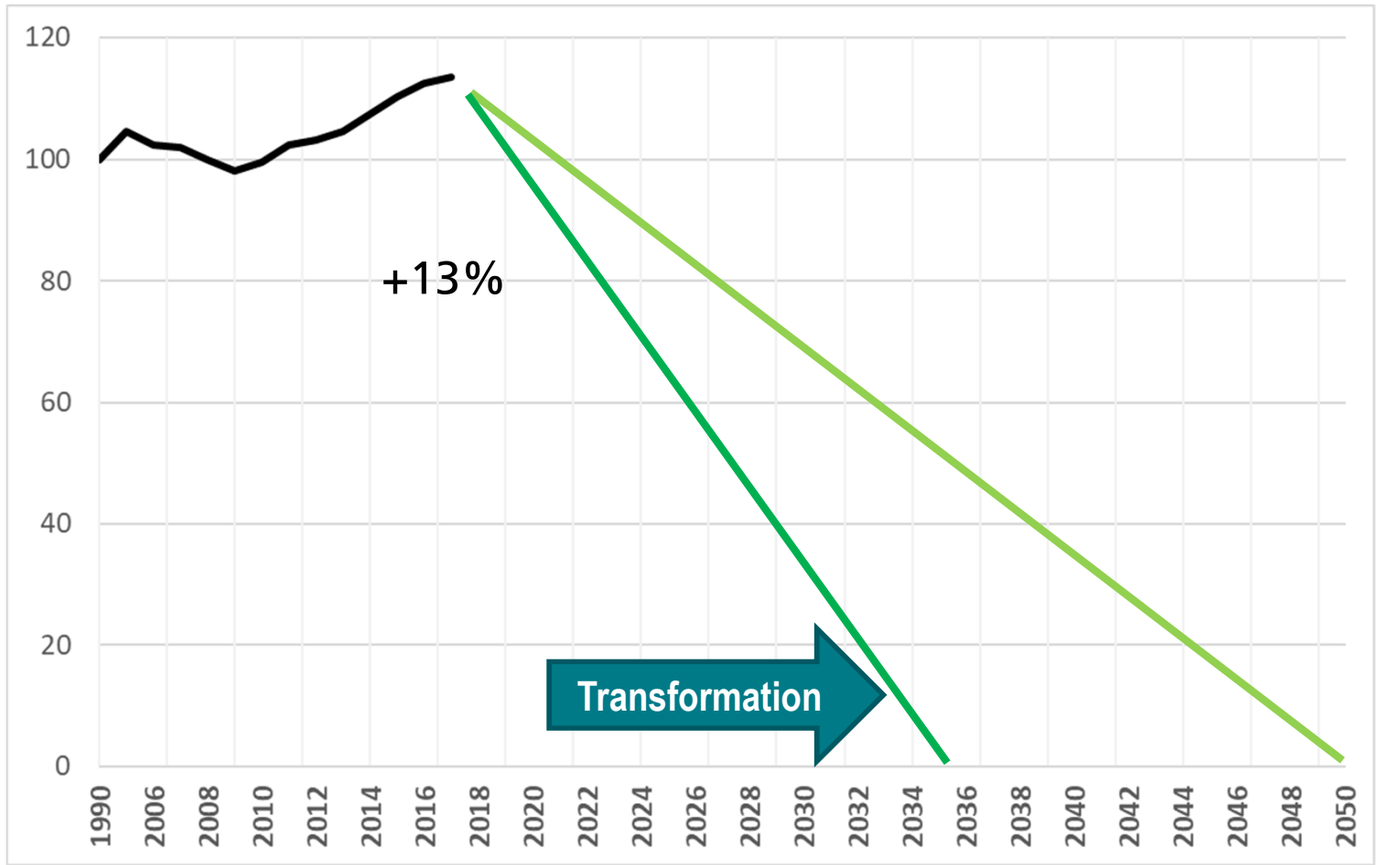
NIKLAS SIEBER

21.4.2021

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

CO_2 Emissionen des Verkehrs in BW



Historische Entwicklung

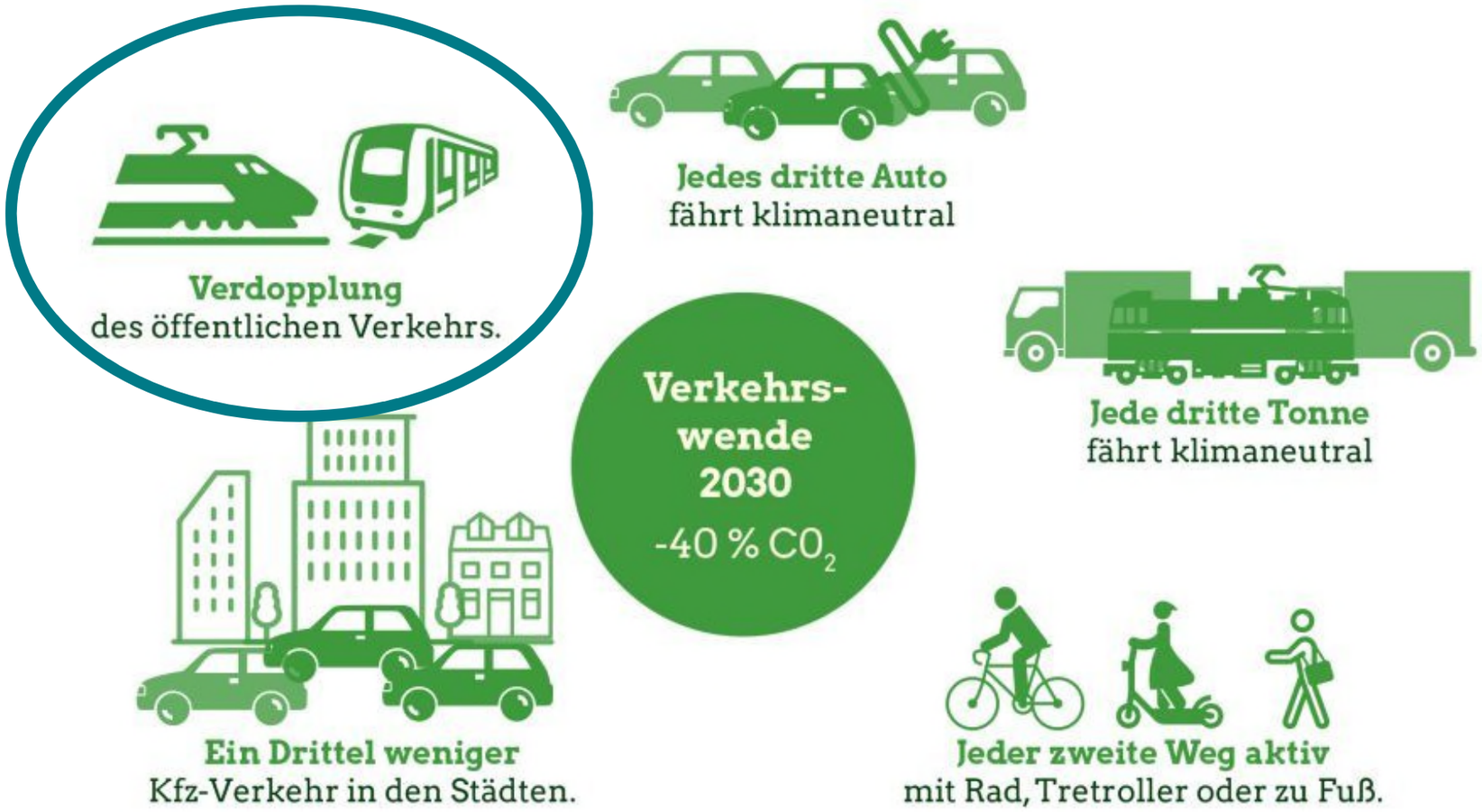
BW Klimaschutz Szenario 2030

CO_2-neutral bis 2035
(1,5° Grad Ziel, Budgetansatz)

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Klimastrategie des Verkehrsministeriums in BW



© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

BRT IN CURITIBA, BRASILIEN

Pionier des BRT

Fraunhofer ISI

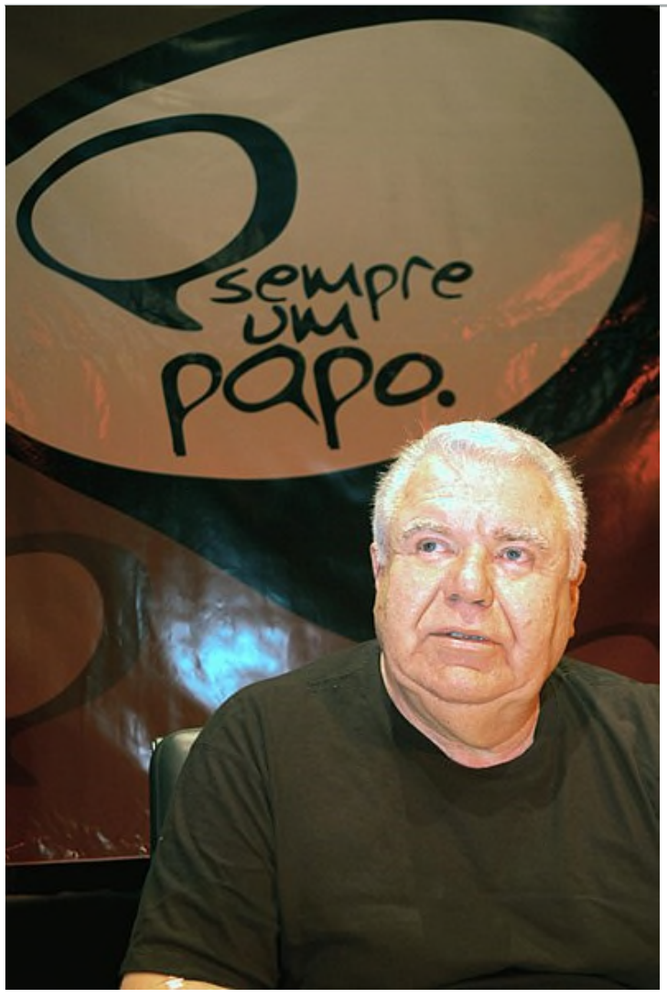
Curitiba

- 1,9 Mio Einwohner in der Stadt
- 3,7 Mio Einwohner in der Region
- BIP/ Kopf: 8.650 USD

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Pionier des BRT: Jaime Learner



Architekt und Stadtplaner

Bürgermeister in Curitiba (3 mal 1971-1992)

Start des Projektes 1974

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Prinzip: Busse auf eigenen Fahrspuren

- Fahrspuren für Busse und Notdienste reserviert.
- Bauliche Abgrenzung verhindert die Nutzung durch andere Verkehrsteilnehmer
- Priorität an allen Kreuzungen

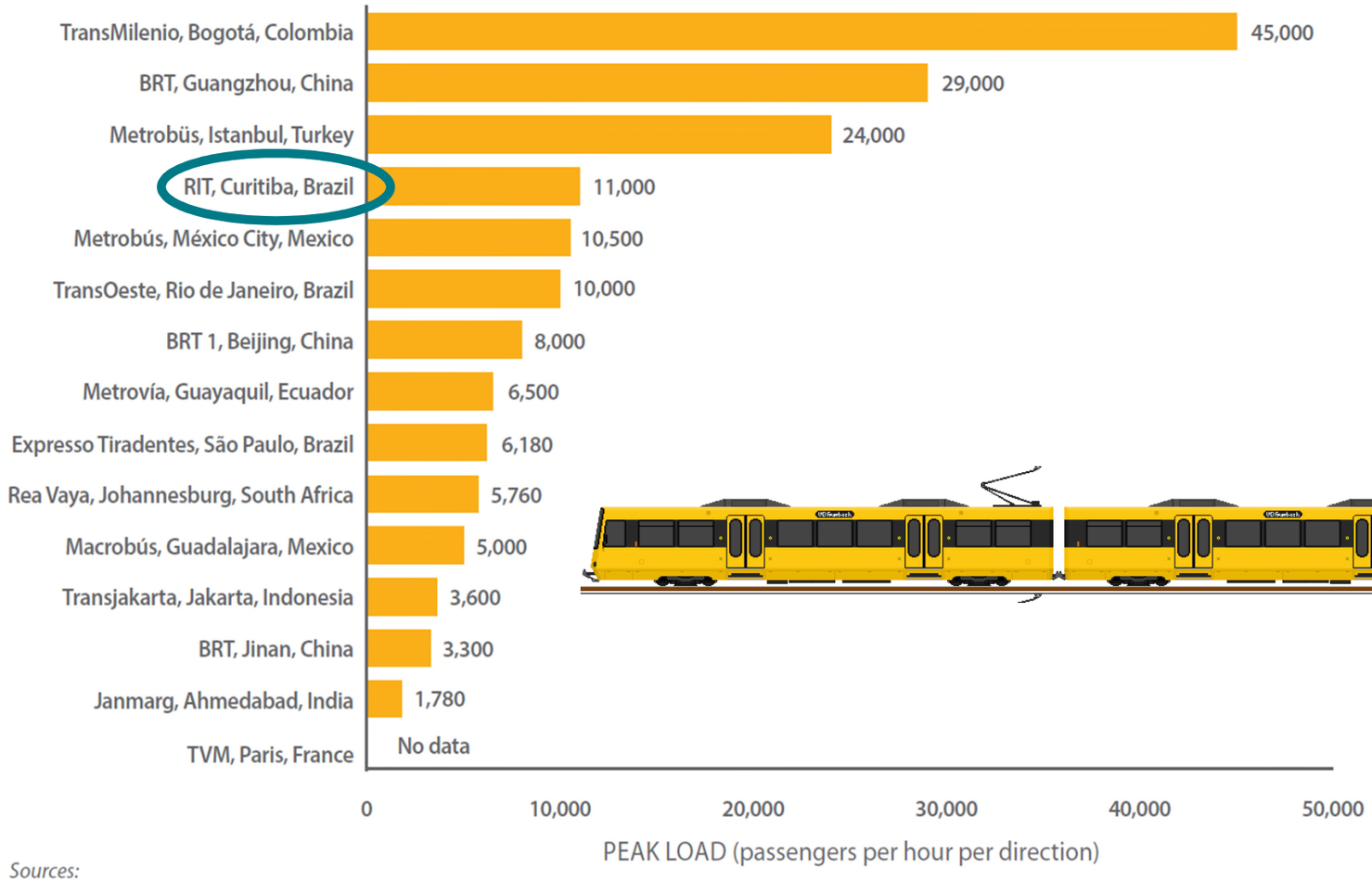
© Fraunhofer ISI

Hohe Kapazitäten

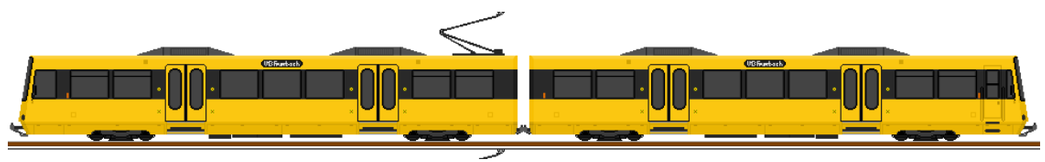
- Spitzenzeiten: 50 Sekunden Takt
- => 60 Busse pro Stunde
- 250 Passagiere pro Bus
- => 15,000 Passagiere pro Stunde und Richtung

Fraunhofer ISI

Kapazität zu Spitzenzeiten



Sources:
BRTdata.org 2013; data published by transit agencies; McCaul 2012; Wilson and Attanucci 2010



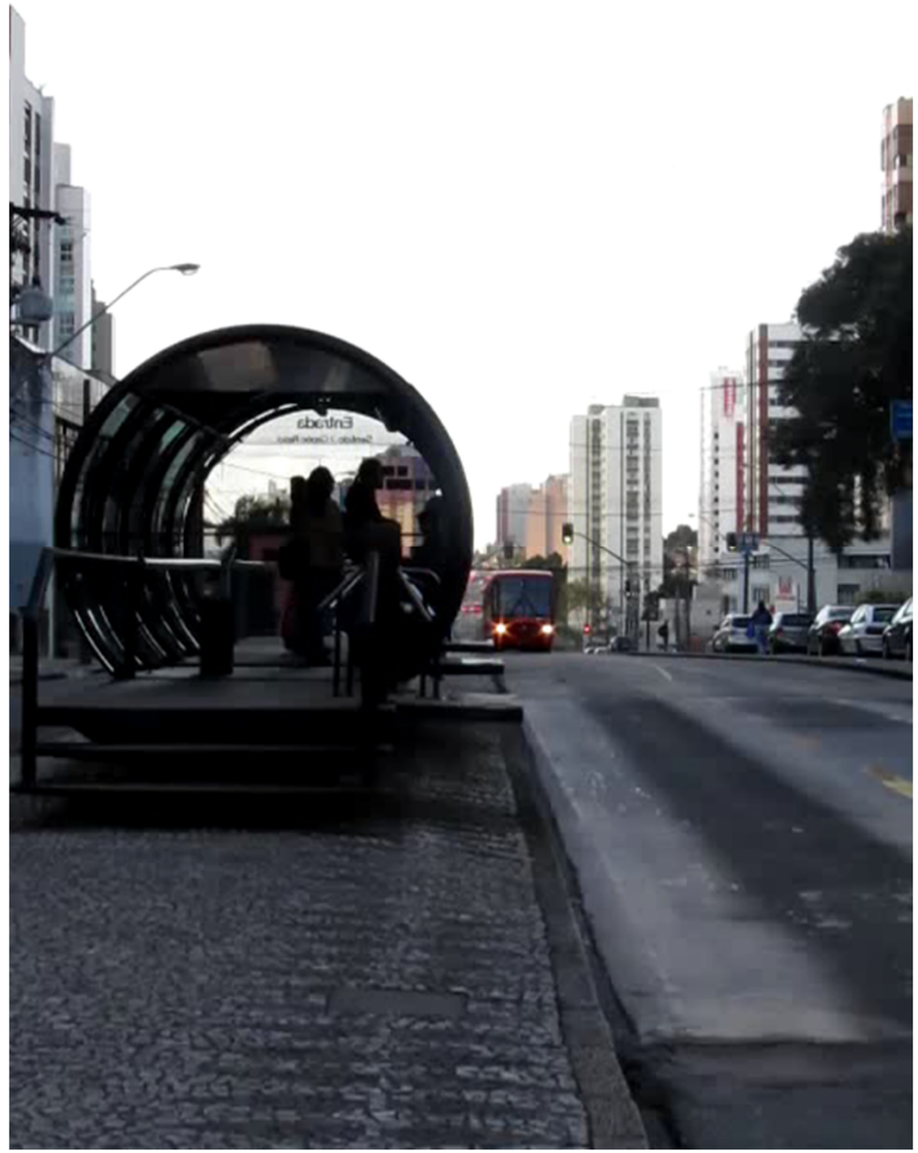
Vergleich:

Stadtbahn Kurzzug (DT8, 39m):
254 Passagiere alle 3 Minuten
= 5,080 Pax /h/ Richtung

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Niveaugleicher Einstieg auch für Menschen mit Behinderungen



© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Attraktives Design der Haltestellen

Design der Haltestellen durch Jaime Learner

Prepaid tickets (für viele Länder keine Selbstverständlichkeit)

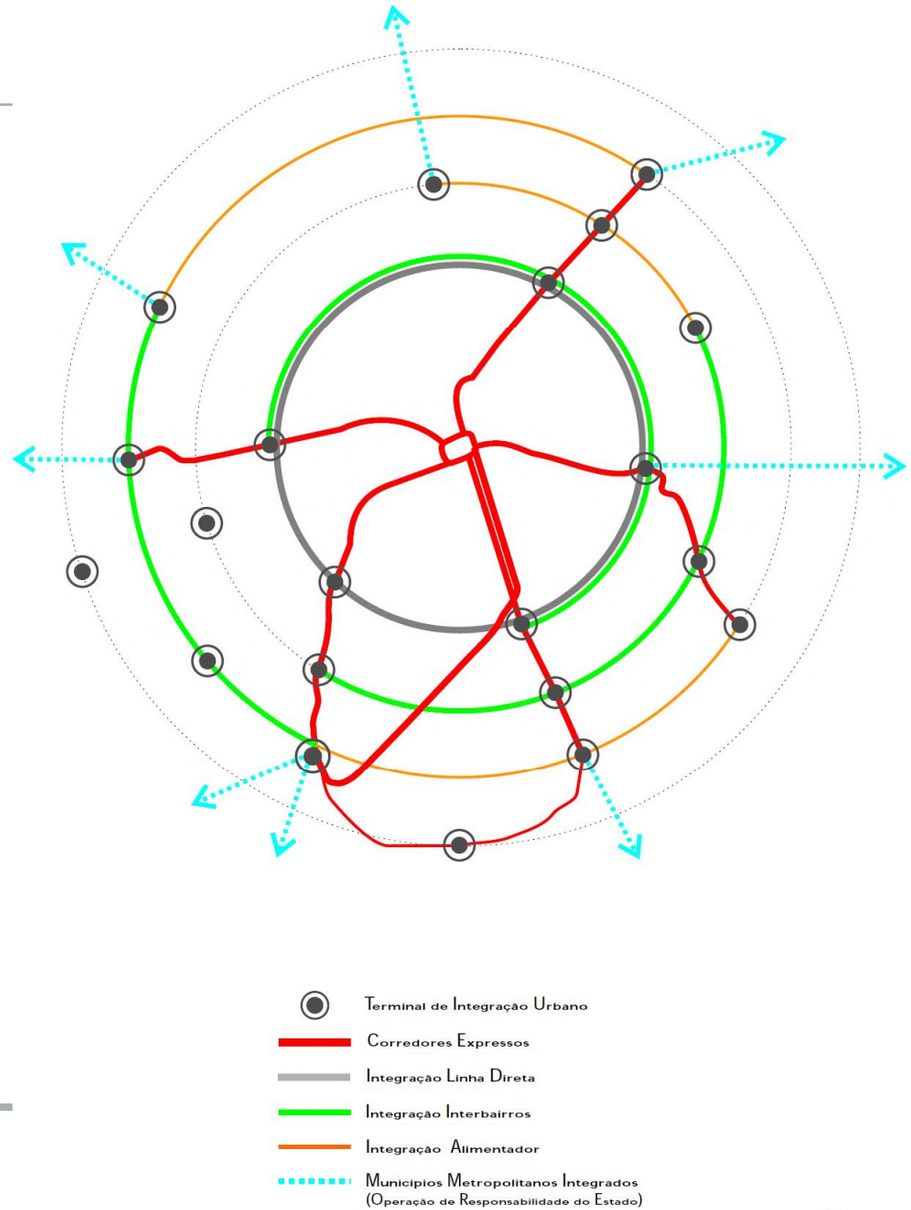
Eine Fahrkarte für das gesamte Netz

Preis 1,30 US$

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Kombination von Express-, Zirkel- und tangentialen Linien



Integration mit dem Fuß- und Radverkehr

Fraunhofer ISI

Rahmendaten Curitiba Rede Integrada de Transporte

Fahrgäst Netz:	2,3 Mio Passagiere / Tag
davon BRT:	721,500 Passagiere / Tag 216.450.000 pro Jahr
Spitzenlast:	20.500 Passagiere pro Stunde und Richtung
Max Frequenz:	67 Busse / Stunde und Richtung
Fahrpreis:	1,3 USD (2017)

https://brtdata.org/location/latin_america/brazil/curitiba

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

INTEGRATION VON BRT IN DIE STADTPLANUNG

Fraunhofer ISI

Transit Oriented Development

Transmilenio in Bogotá, Kolumbien

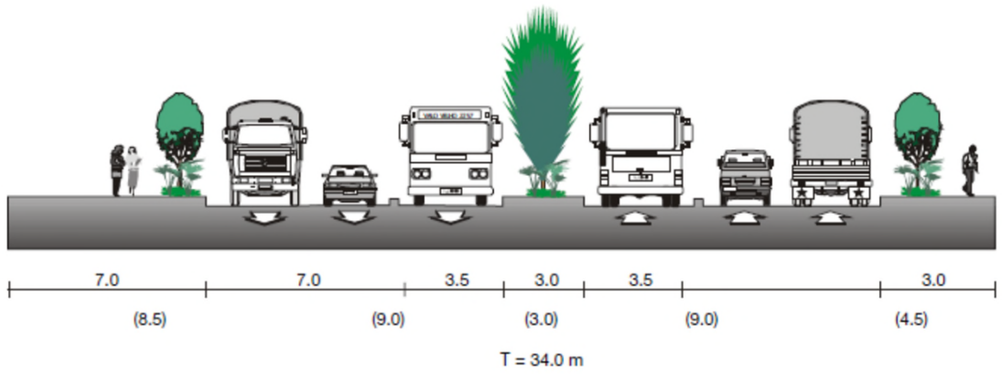
Weiterentwicklung des Systems von Curitiba mit wesentlich höheren Kapazitäten.

Max:
40.000 Pax/h/Richtung

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Platzbedarf für Busspuren



Source: Wright (2004)

Two Lane BRT:

Capacity: <15,000 pphd

Width: 34 m

Four Lane BRT with Expresservices

Capacity: 35,000 pphd

Width: 40 - 50m

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Innenstadt von Quito, Ecuador

- Lösung des Platzproblems durch Einbahnstraßen in der Innenstadt
- Kapazität: 10,000 pax/h/d
- Keine Möglichkeit zum Ausbau des Systems

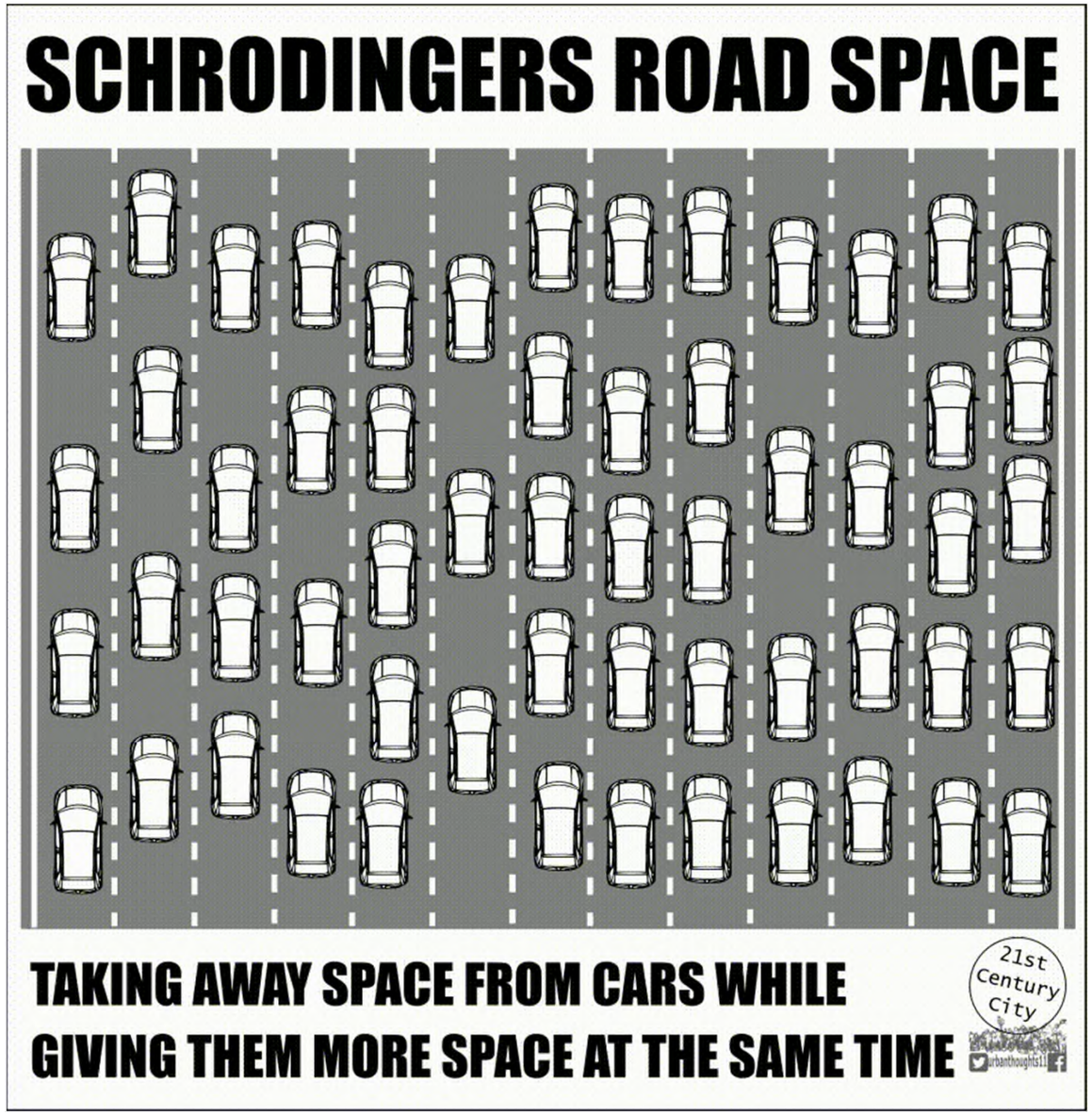
=> Quito plant eine U-Bahn

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

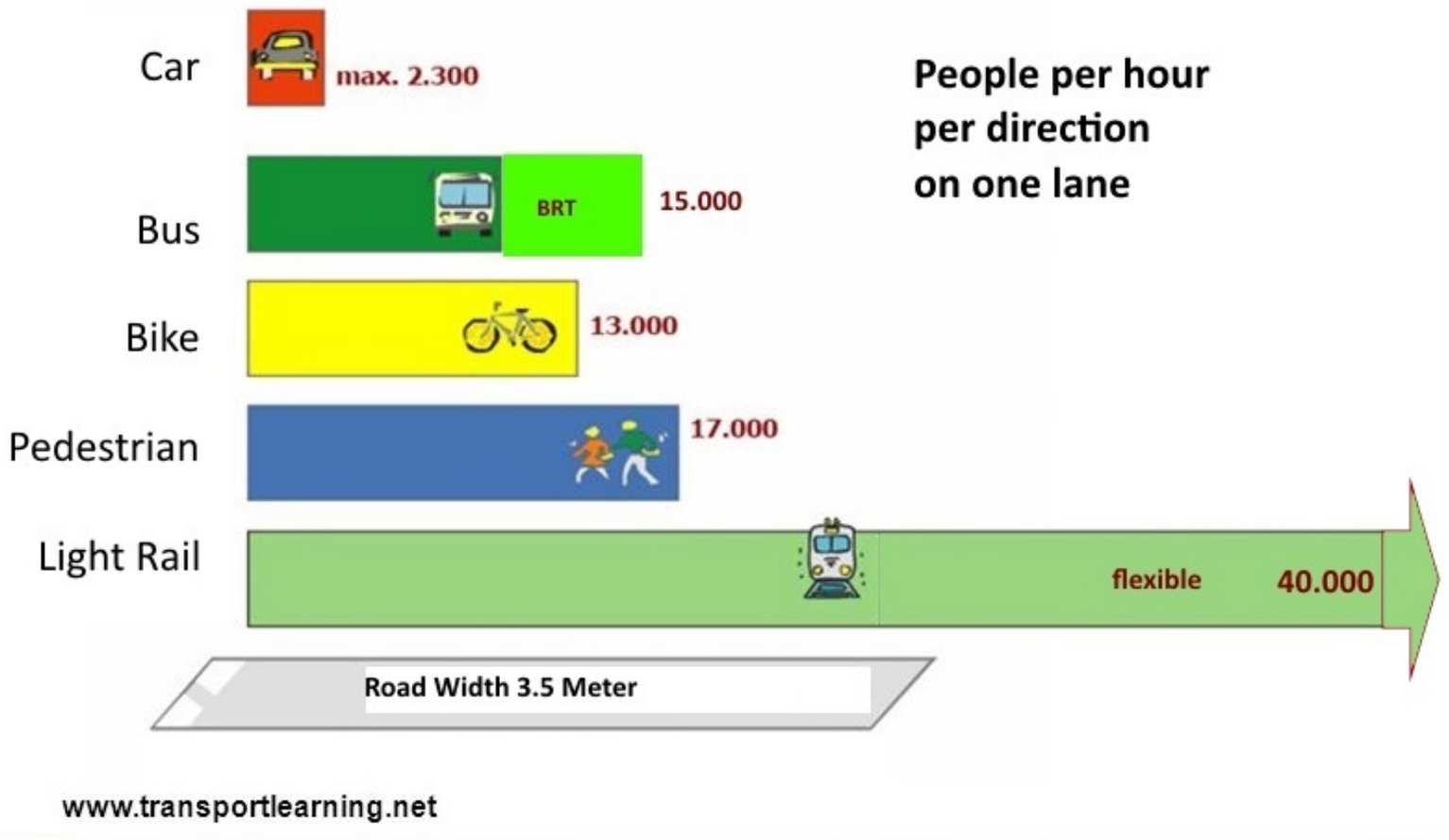
Push und Pull Effekt für Pkw durch Wegnahme einer Fahrspur

© Fraunhofer ISI



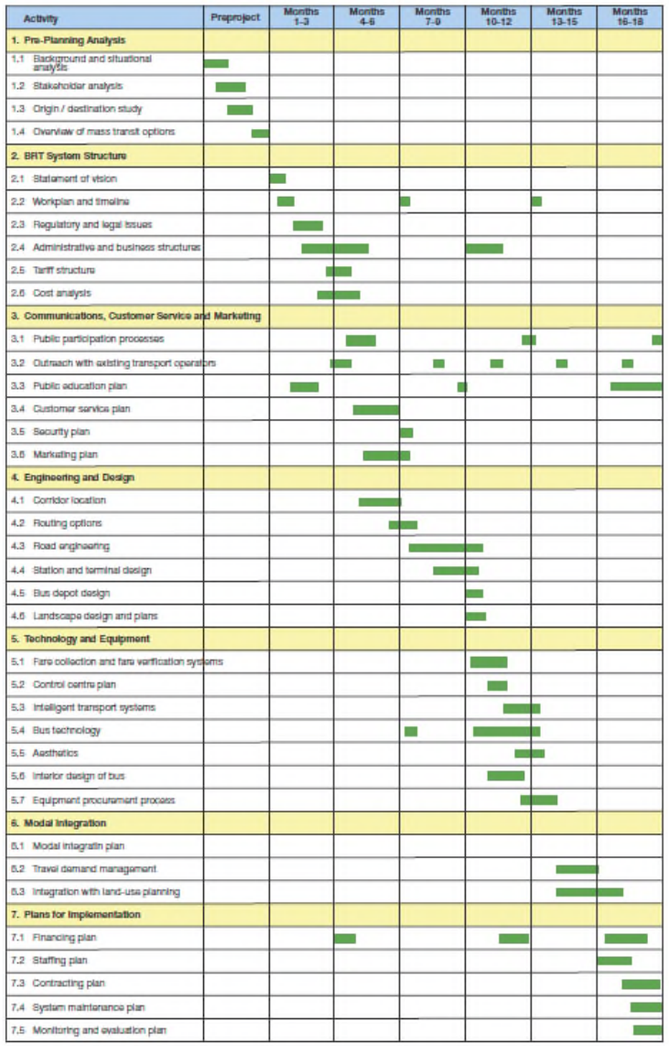
Fraunhofer ISI

Kapazitäten einer Straße mit 3,5m Breite



Fraunhofer ISI

Kurze Planungs- und Bauzeiten



Activity	Preproject	Months 1-3	Months 4-6	Months 7-9	Months 10-12	Months 13-15	Months 16-18
1. Pre-Planning Analysis							
1.1 Background and situational analysis							
1.2 Stakeholder analysis							
1.3 Origin / destination study							
1.4 Overview of mass transit options							
2. BRT System Structure							
2.1 Statement of vision							
2.2 Workplan and timeline							
2.3 Regulatory and legal issues							
2.4 Administrative and business structures							
2.5 Tariff structure							
2.6 Cost analysis							
3. Communications, Customer Service and Marketing							
3.1 Public participation processes							
3.2 Outreach with existing transport operators							
3.3 Public education plan							
3.4 Customer service plan							
3.5 Security plan							
3.6 Marketing plan							
4. Engineering and Design							
4.1 Corridor location							
4.2 Routing options							
4.3 Road engineering							
4.4 Station and terminal design							
4.5 Bus depot design							
4.6 Landscape design and plans							
5. Technology and Equipment							
5.1 Fare collection and fare verification systems							
5.2 Control centre plan							
5.3 Intelligent transport systems							
5.4 Bus technology							
5.5 Aesthetics							
5.6 Interior design of bus							
5.7 Equipment procurement process							
6. Modal Integration							
6.1 Modal integratin plan							
6.2 Travel demand management							
6.3 Integration with land-use planning							
7. Plans for Implementation							
7.1 Financing plan							
7.2 Staffing plan							
7.3 Contracting plan							
7.4 System maintenance plan							
7.5 Monitoring and evaluation plan							

- Klimaziele machen eine schnelle Implementierung von Maßnahmen notwendig (1,5 Grad Ziel: 2035)
- BRT: Wenig Neubau
  Vorhandene Infrastrukturen werden lediglich umgebaut
- GIZ Sourcebook (s. Bild links):
  < 12-18 Monate Planungszeit
- Deutschland:
  Radwegeplanung 4 Jahre
  Eisenbahnprojekten: 16 Jahre

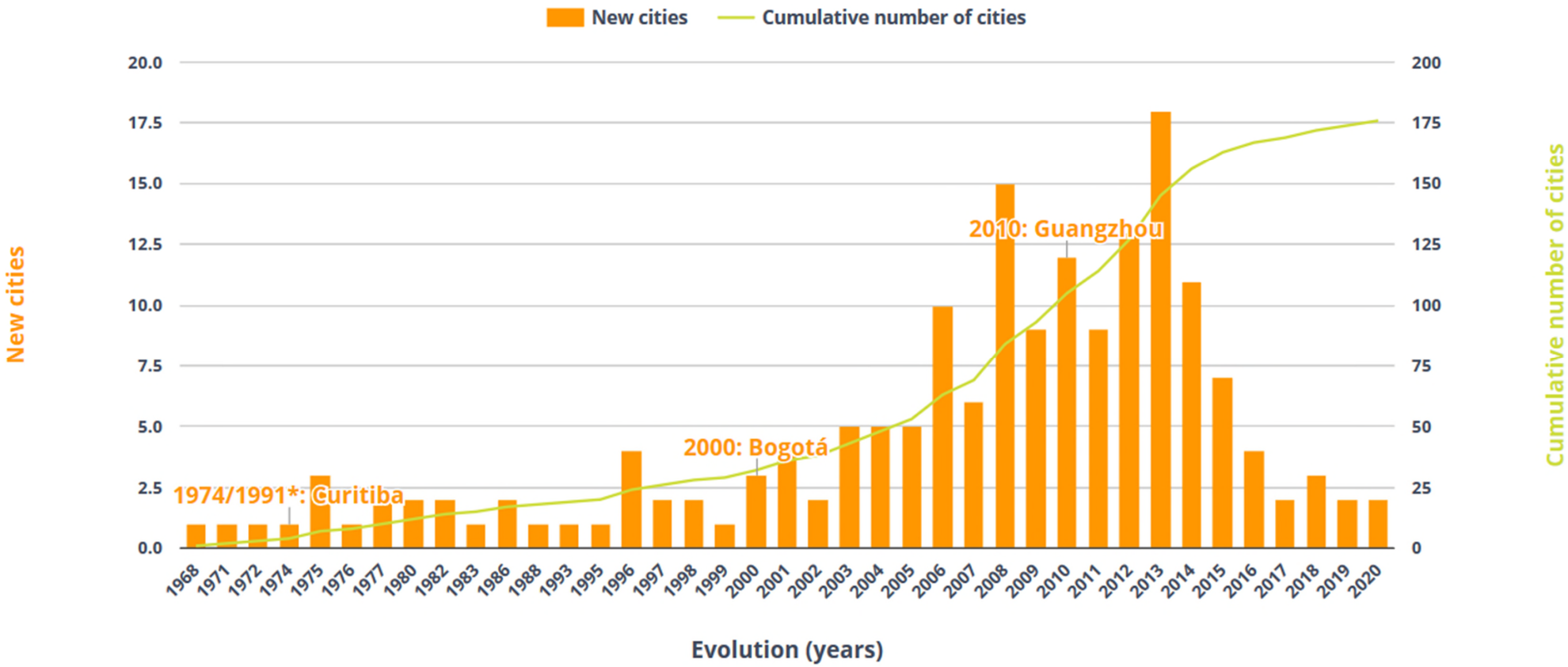
© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

WEITERE BRT-SYSTEME

Fraunhofer ISI

Entwicklung seit Curitiba



*Busway / BRT year commencement

https://brtdata.org

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

BRT in Guatemala City

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Rio de Janeiro

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Bangkok

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Lagos, Nigeria

© Fraunhofer ISI

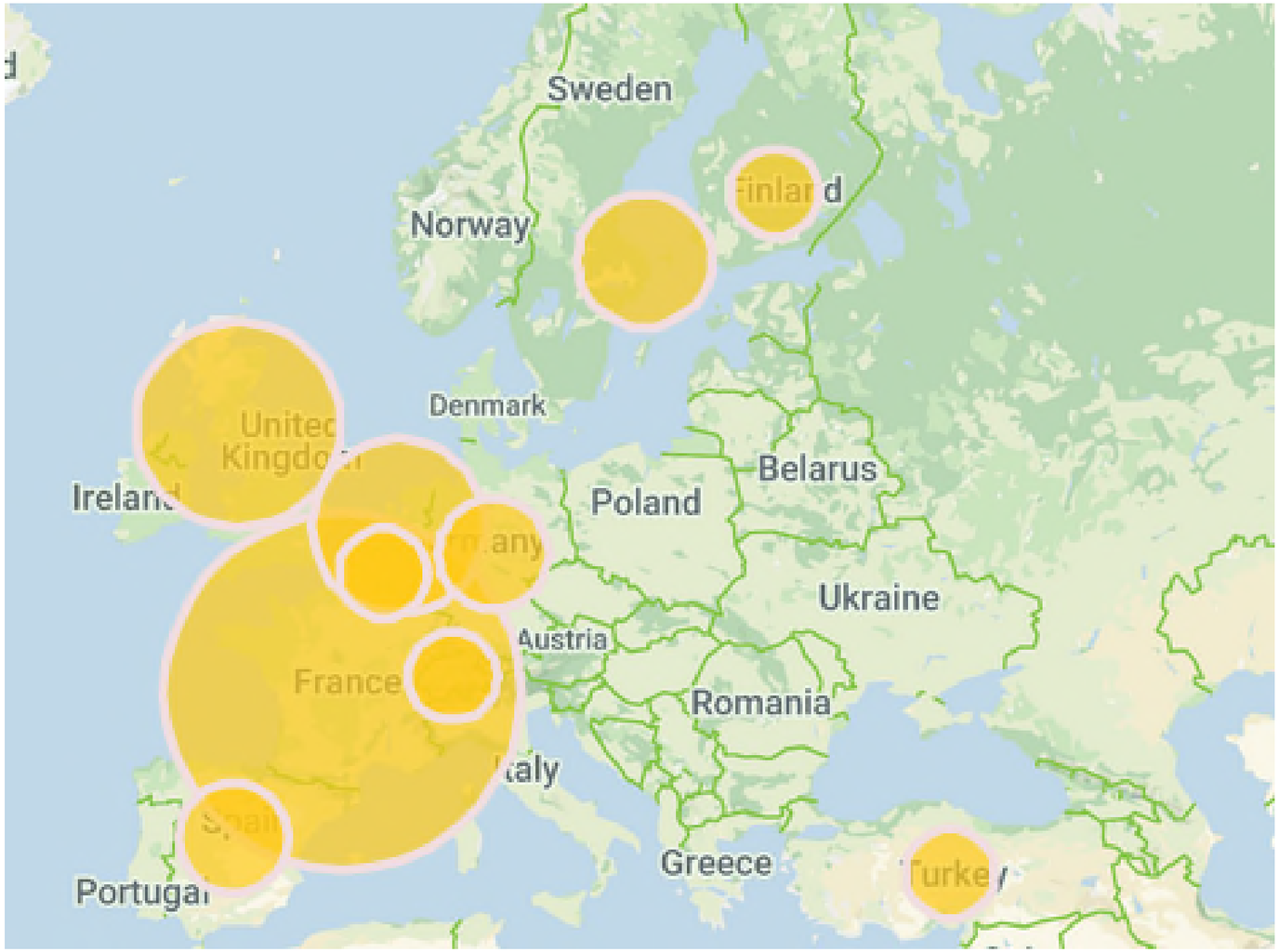
Fraunhofer ISI

Port of Spain, Trinidad

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

BRT Systeme in Europa



Land	Städte
France	21
United Kingdom	7
Netherlands	5
Sweden	3
Germany	2
Spain	2
Belgium	1
Finland	1
Switzerland	1
Turkey	1

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Strassbourg Ligne G:
Gare Centrale - Espace Européen de l'Entreprise

Corridor Name	Daily demand, corridor (passengers per day)	Corridor length (km)	Stations, corridor	Pre-board fare collection, corridor	Overtaking lanes, corridor	Station boarding level, corridor	Operating speed, corridor
Ligne G	9,000	5,2	12	All	None	Low-level platform & On-street, no level boarding	18

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Oberhausen ÖPNV Trasse

- Stillgelegte Eisenbahnstrecke
- Nutzung durch Busse und Straßenbahnen
- Länge: 6,8 km
- Geschwindigkeit
  Durchschnitt: 34km/h
  max = 80km/h

© Fraunhofer ISI

BRT in Örebro, Schweden

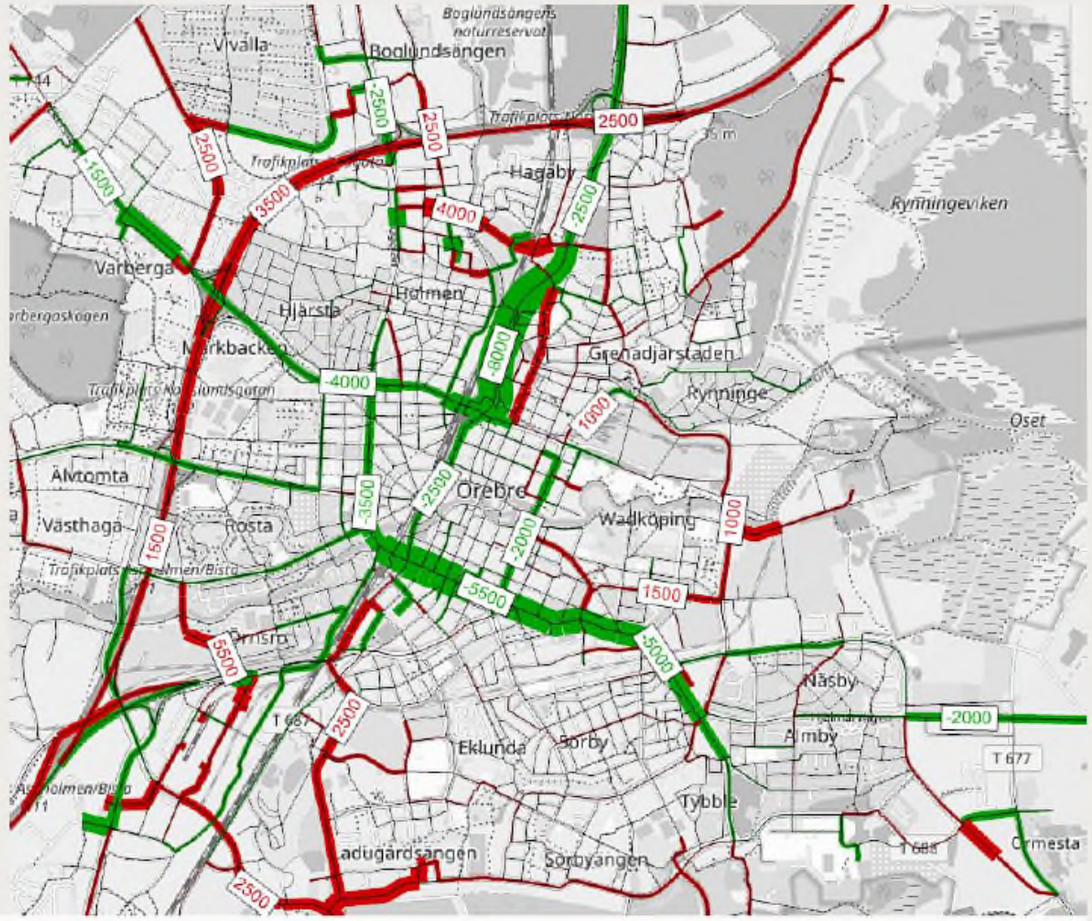
155.000 Einwohner

Eine Mittelstadt führt ein BRT ein mit Investitionskosten von 2,6 bis 3,5 Millionen pro Km und die Zeit bis zu Erstellung dauert nur 4 Jahre. Die erwarteten Wirkungen sind ein modal shift von 3 Prozentpunkte.

© Fraunhofer ISI

Modelling of car traffic in the city year 2040 (VISUM)

No change in modal split.
Red = increase compared to 2016.



Modal split target achieved.
Green = decrease compared to 2016.

ÖREBRO

Stuttgart X1

Bad Cannstatt Wilhelmsplatz

Stuttgart Rothebühlplatz

Strecke: 9 km

Geschwindigkeit: 19 Km/h

Takt: 5 Minuten

Bild

STARTSEITE NEWS POLITIK REGIO UNTERHALTUNG SPORT FUSSBALL LIFESTYLE RATGEBER AUTO DIGITAL SPIELE DEALS

BREAKING NEWS

STUTTGART LACHT ÜBER SCHNELLBUS-LINIE X1

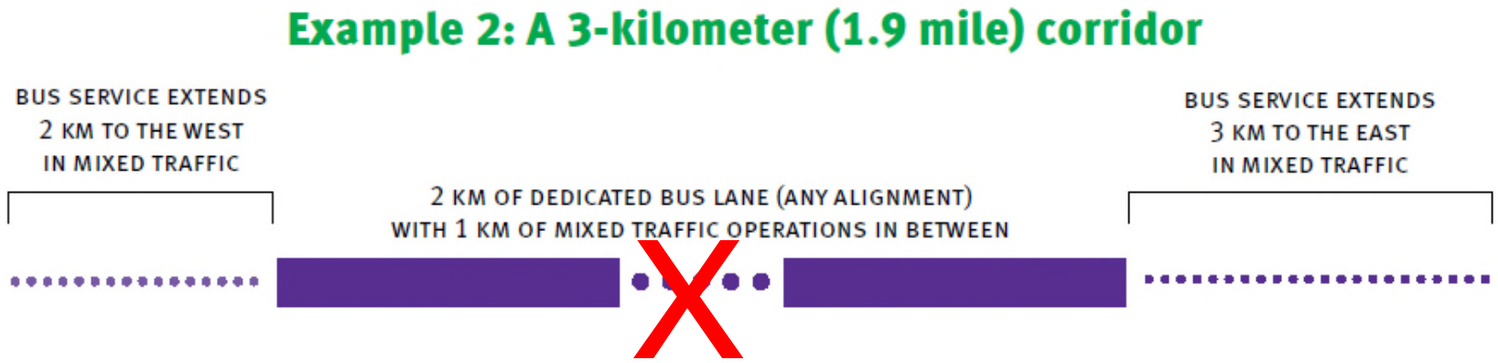
Neuer Witz: Fahren sieben im Schlappbus...

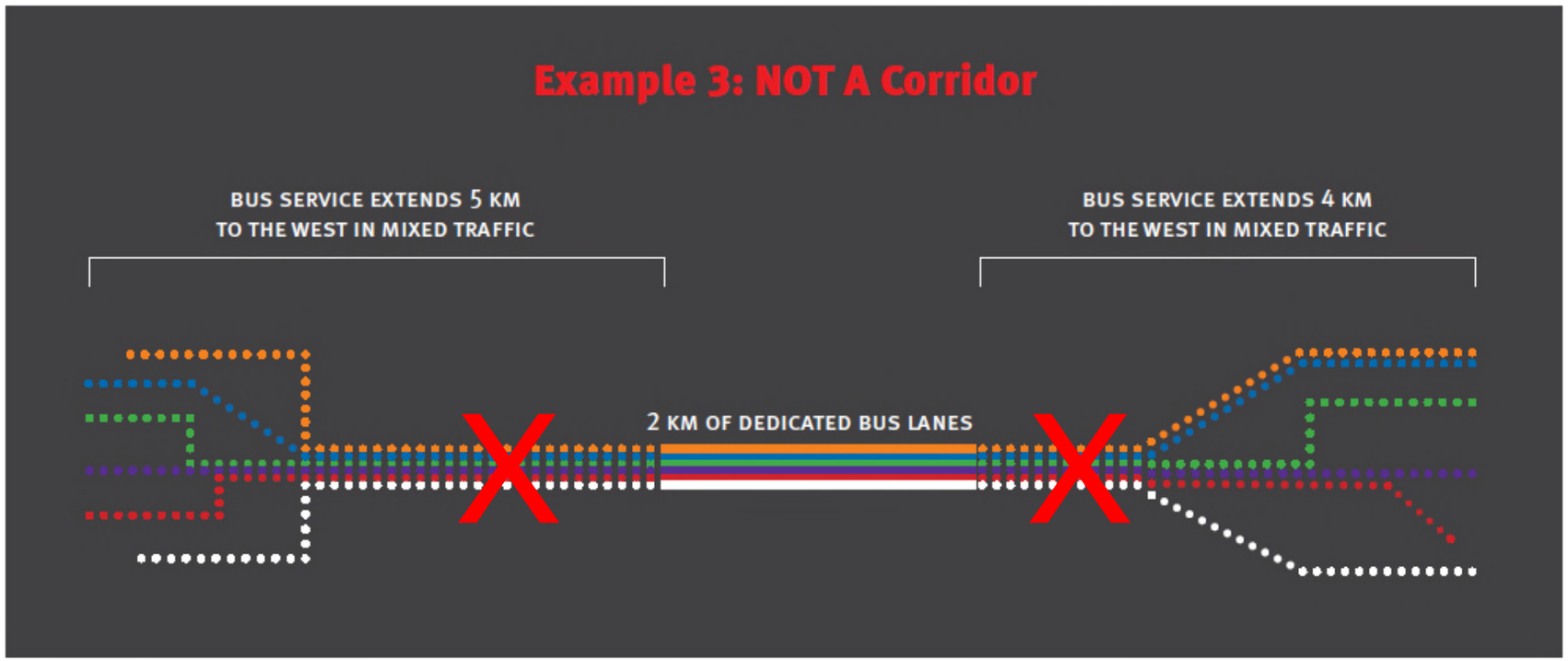
© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Häufigster Fehler bei BRT Planung:

Keine durchgängig reservierten Fahrspuren



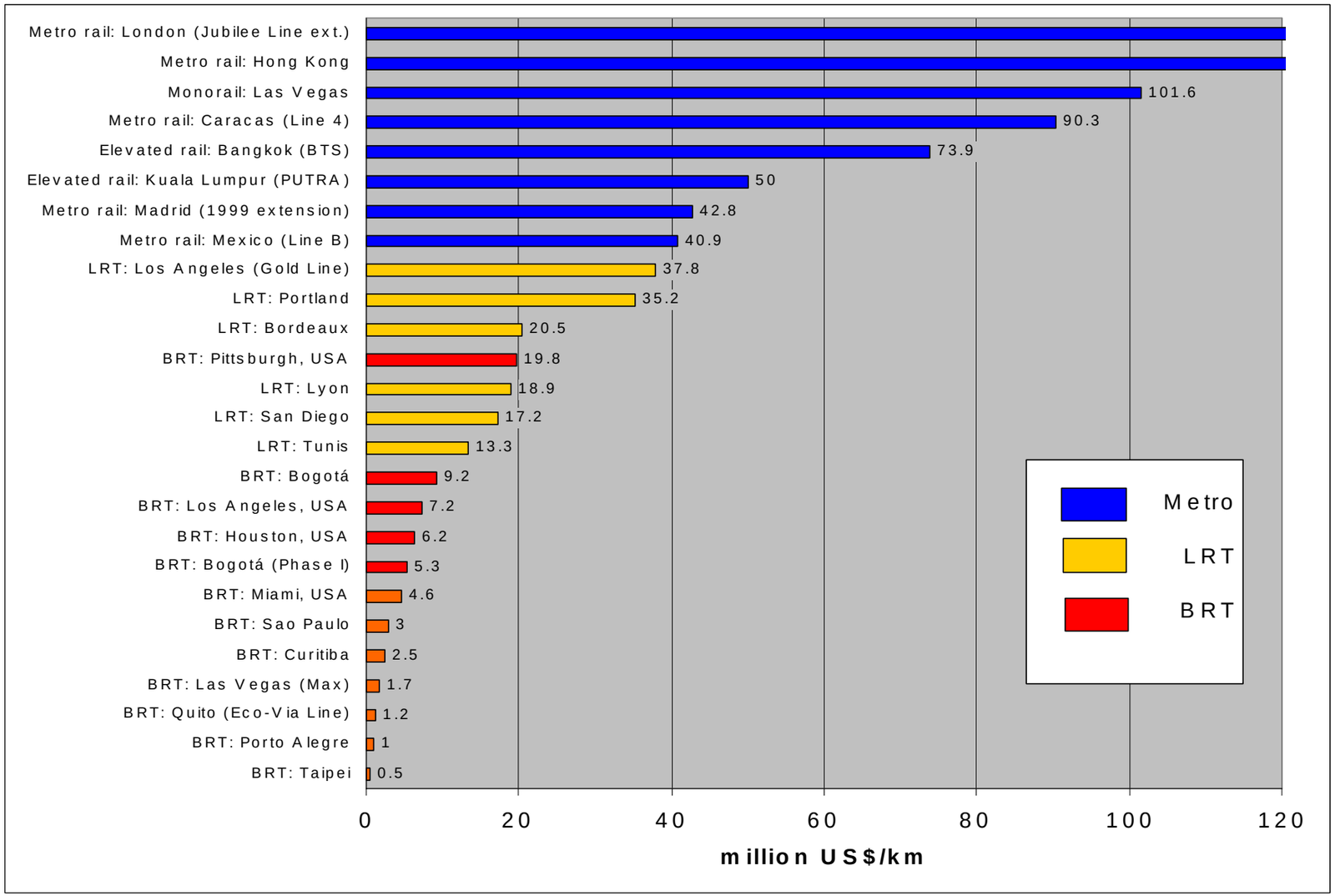


© Fraunhofer ISI

KOSTEN FÜR BRT SYSTEME

Fraunhofer ISI

Vergleich der Investitionskosten



- Achtung: Zahlen sind veraltet und es ist unklar, ob die Daten konsistent erhoben wurden!
- Ming Zhang (2009): Durchschnittskosten 10,2 Mio US$/km

= ½ der Kosten für Light Rail Transit (LRT)

- Life Cycle Costs?

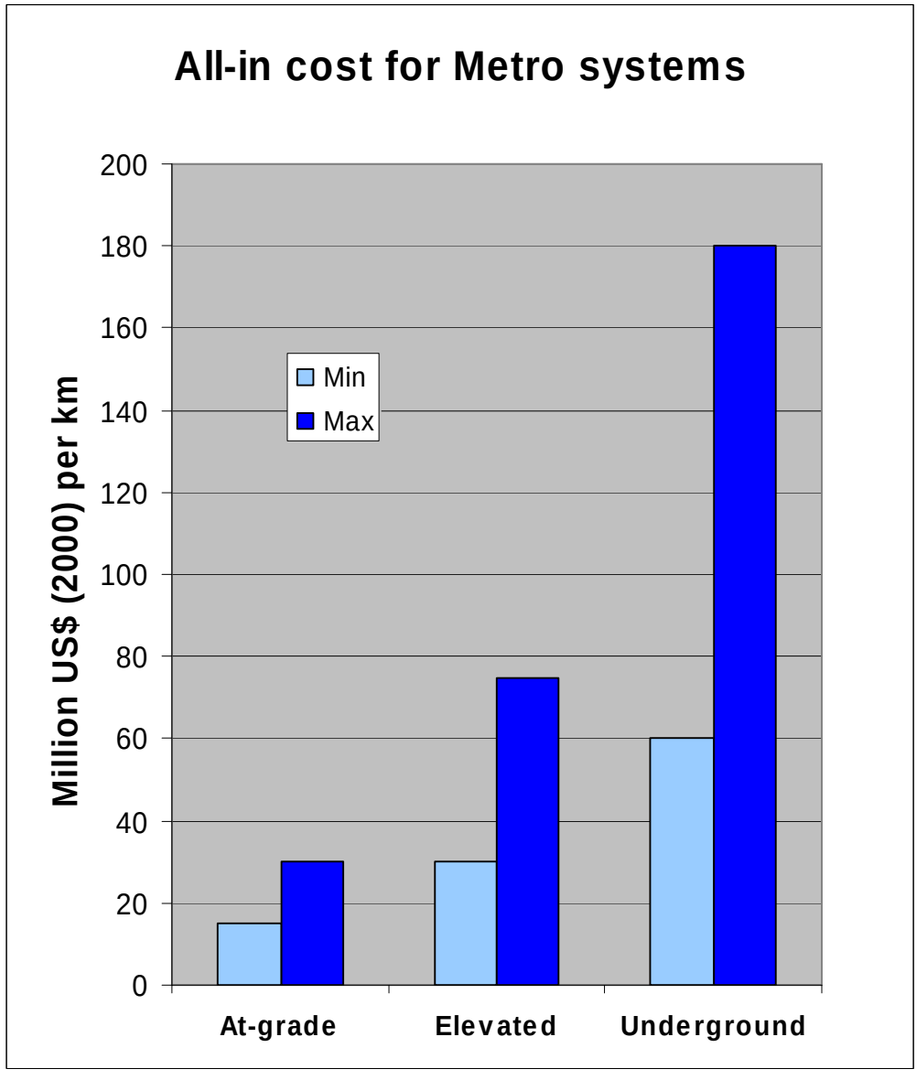
Forschungsbedarf

Quelle: gtz Sourcebook

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Cost for vertical alignment



Compared to at-grade systems

- elevated systems are 2-2.5 times more expensive,
- underground systems are 4-6 times more expensive.

Source: Halcrow Fox 2000

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Tunnel sind teuer und klimaschädlich

Tunnel

- Der Bau von einem durchschnittlichen Kilometer U-Bahn-Tunnel (Tunnelstrecke und -bahnhöfe) bewirkt eine Emission von 99.000 Tonnen CO2.
- Bis die beim Bau der U-Bahn-Trassen freigesetzten CO2-Mengen durch die CO2 -Einsparungen im Betrieb amortisiert werden könnten, würden zwischen 109 und 230 Jahre vergehen.

Straßenbahntrasse

- Emission je km Bau von Straßenbahn-Trassen: zwischen 7.145 Tonnen (Schotter- oder Rasenbett) und 12.210 Tonnen CO2 je km (in Betonbett)
- Würde die Trasse stattdessen komplett als eigener Gleiskörper in Schotter-Oberbau oder Rasenbett realisiert, würde sie nach 8,1 Jahren amortisiert.
- Anmerkung: Die Kosten für einen Kilometer Straßenbahn-Trassenneubau belaufen sich in Berlin auf ebenfalls rund den zehnten Teil der Kosten für einen Kilometer U-Bahn-Bau.

Matthias Dittmer, Frank Geraets, Axel Schwipps (2020):
Die Klimabilanz Berliner U-Bahn und Straßenbahnplanungen

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

INNOVATIONEN FÜR BRT SYSTEME

Fraunhofer ISI

Oberleitungsbusse

- Esslingen
- Solingen
- Eberswalde
- Linz
- Salzburg

Vorteil:

Regenerativer Antrieb ohne Batterie

Nachteil:

Visuelle Obstruktion, besonders in historischen Stadtkernen

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

San Francisco: Oberleitungsbusse nutzen Strom der Straßenbahn

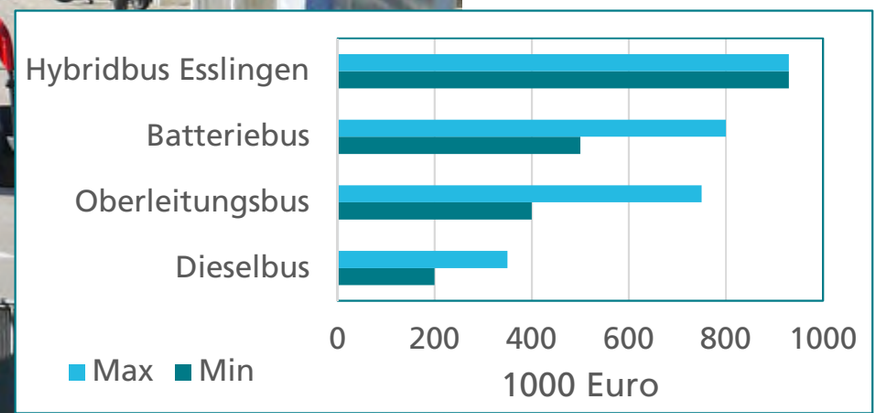
https://en.wikipedia.org/wiki/Trolleybuses_in_San_Francisco

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Elektro-Hybrid-Bus in Esslingen

- Ab 2016: kombinierter Fahrleitungsbetrieb bergauf und Batteriebetrieb bergab
- Ab 2017 auch bergauf mit Batterie



© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Autonom fahrendes BRT System?

- Autonomes Fahren auf reservierten Busspuren ist heute schon möglich.
- Kostenvorteile durch eingesparte Fahrer?
- Akzeptanz durch Fahrgäste?

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

Forschungsprojekte zu autonomen Bussen

- Bad Birnbach (Kurort in Bayern) ab 2017 im Linienverkehr,
  Betreiber Regionalbus Ostbayern GmbH
- Mannheim / Friedrichshafen „RA-Bus“:
  Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren (FKFS) Universität Stuttgart und KIT
  https://www.projekt-rabus.de/
- Waiblingen Ameise:
  https://ameise.wandelgesellschaft.de/front/
- Karlsruhe EVA Shuttle: Mini-Busse für die letzte Meile von der Haltestelle bis zur Haustür
  http://www.eva-shuttle.de/
- Hamburg „Heat“ in der HafenCity: Forschungsprojekt DLR
  https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/heat
- „Nachfragegesteuerter, autonom fahrender Bus“ (NAF) in Schleswig Holstein
  https://www.naf-bus.de/

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung BRT Systeme

Schnellbussysteme auf existierenden Straßen mit

- reservierten Busspuren
- Priorität an allen Kreuzungen
- dichte Taktung

Vorteile von BRT Systemen:

- Investitionen sind kostengünstiger
- Viel schneller zu implementieren
- Vergleichbare Kapazitäten wie Stadtbahnen
- Push Effekt durch Wegnahme einer Pkw-Fahrspur
- Mögliche Innovationen: Oberleitungsbusse und autonomes Fahren

© Fraunhofer ISI

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

Dr. Niklas Sieber
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe
Telefon +49 721 6809-5952
niklas.sieber@isi.fraunhofer.de

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI

LITERATUR

- Ingvardson, J. B., & Nielsen, O. A. (2018). Effects of new bus and rail rapid transit systems – an international review. Transport Reviews, 38(1), 96-116. https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1301594 https://orbit.dtu.dk/en/publications/effects-of-new-bus-and-rail-rapid-transit-systems-an-internationa
- United States Department of Transportation (2009): Characteristics of BUS RAPID TRANSIT for Decision-Making, Federal Transit Administration, Office of Research, Demonstration and Innovation, Project No. FTA-FL-26-7109.2009.1, February 2009
- ITDP (2016): The BRT Standard, 2016 Edition, https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/
- International Association of Public Transport (2019): Transforming Cities With Bus Rapid Ransit (BRT) Systems, How To Integrate BRT?, VREF, UITP AND BRT+ COE REPORT.
- Ming Zhang (2009): Bus versus Rail: Meta-Analysis of Cost Characteristics, Carrying Capacities, and Land Use Impacts, https://doi.org/10.3141/2110-11, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board Issue Number: 2110, Publisher: Transportation Research Board, ISSN: 0361-1981
- gtz (2004): Bus Rapid Transit, gtz Sourcebook on Sustainable Transport, A sourcebook for policy makers in developing countries, www.sutp.org
- gtz (2004): Bus Regulation and Planning, gtz Sourcebook on Sustainable Transport, A sourcebook for policy makers in developing countries, www.sutp.org

© Fraunhofer ISI

Fraunhofer ISI