

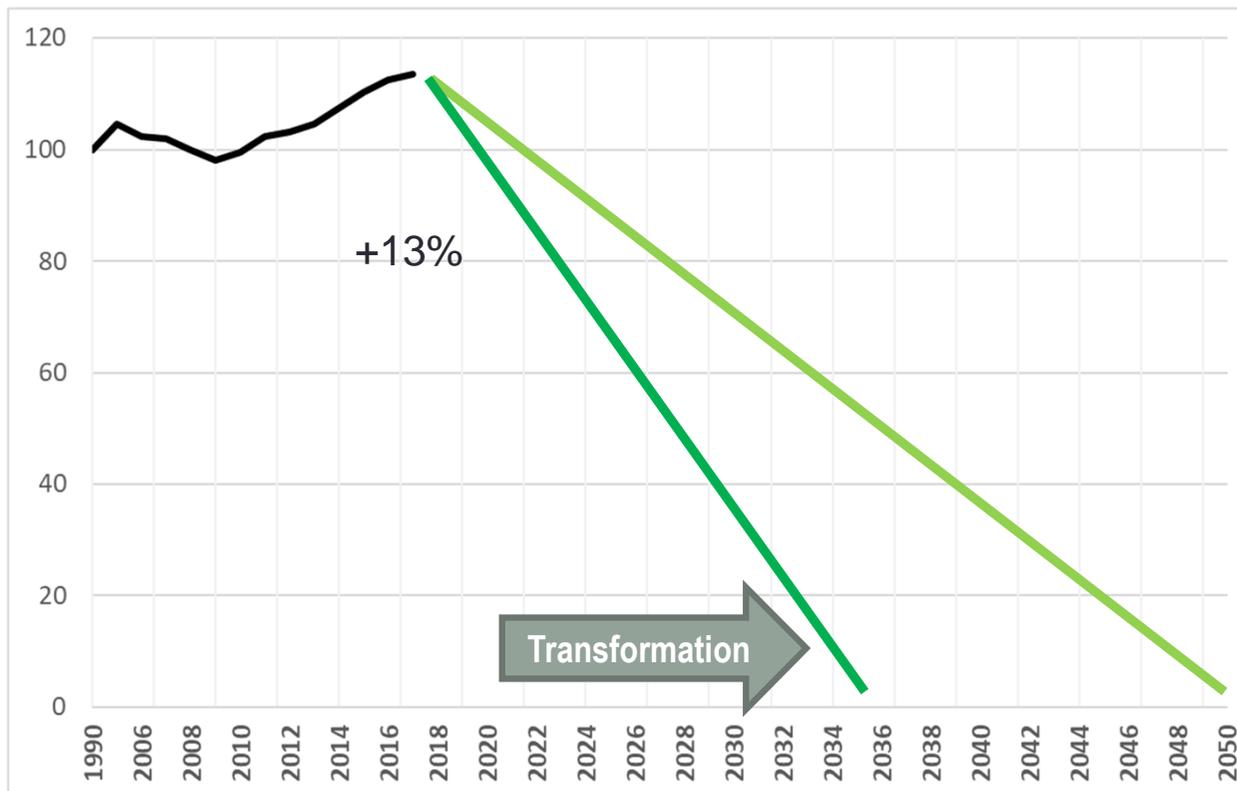
BUS RAPID TRANSIT

(SCHNELLBUSSYSTEME)

NIKLAS SIEBER
04.10.2021



CO₂ Emissionen des Verkehrs in BW



- Historische Entwicklung
- BW Klimaschutz Szenario 2030
- CO₂-neutral bis 2035
(1,5° Grad Ziel, Budgetansatz)

BRT gut geeignet für die Transformation, weil **schnell zu implementieren**

Klimastrategie des Verkehrsministeriums in BW



BRT IN CURITIBA, BRASIL

Pionier des BRT

Curitiba

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



Pionier des BRT: Jaime Learner



Architekt und Stadtplaner
Bürgermeister in Curitiba (3 mal 1971-1992)
Start des Projektes 1974

Prinzip: Busse auf eigenen Fahrspuren



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



Hohe Kapazitäten

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



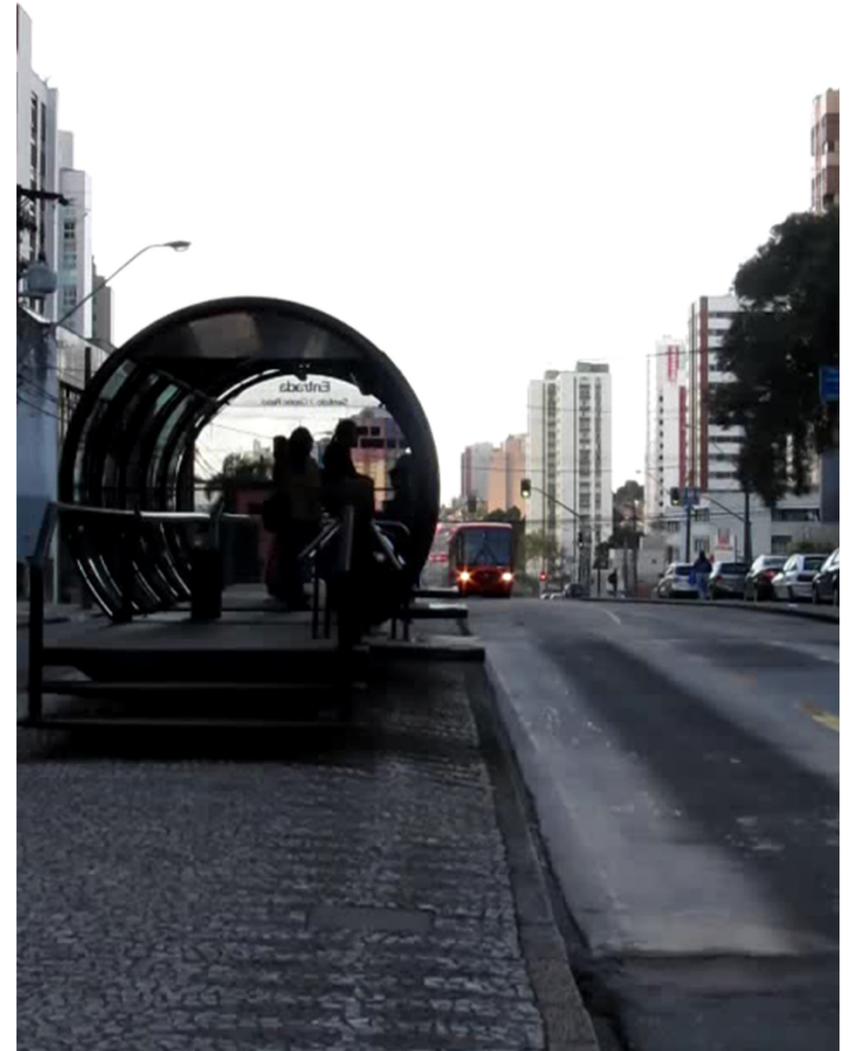
Kapazität zu Spitzenzeiten



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

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

Niveaugleicher Einstieg auch für Menschen mit Behinderungen



Attraktives Design der Haltestellen



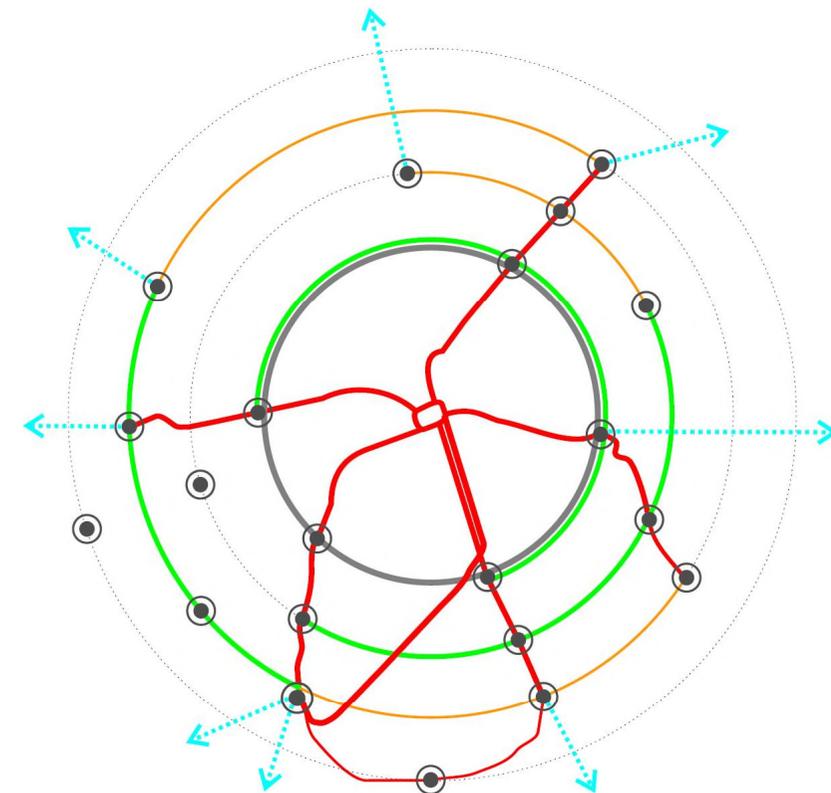
Design der Haltestellen durch
Jaime Learner

Prepaid tickets (für viele Länder
keine Selbstverständlichkeit)

Eine Fahrkarte für das gesamte
Netz

Preis 1,30 US\$

Kombination von Express-, und tangentialen Linien



- Terminal de Integração Urbano
- Corredores Expressos
- Integração Linha Direta
- Integração Interbairros
- Integração Alimentador
- Municípios Metropolitanos Integrados



Integration mit
dem
Fuß- und
Radverkehr

Rahmendaten Curitiba Rede Integrada de Transporte



Fahrgäst Netz:
davon BRT:

2,3 Mio Passagiere / Tag
721,500 Passagiere / Tag
216.450.000 pro Jahr

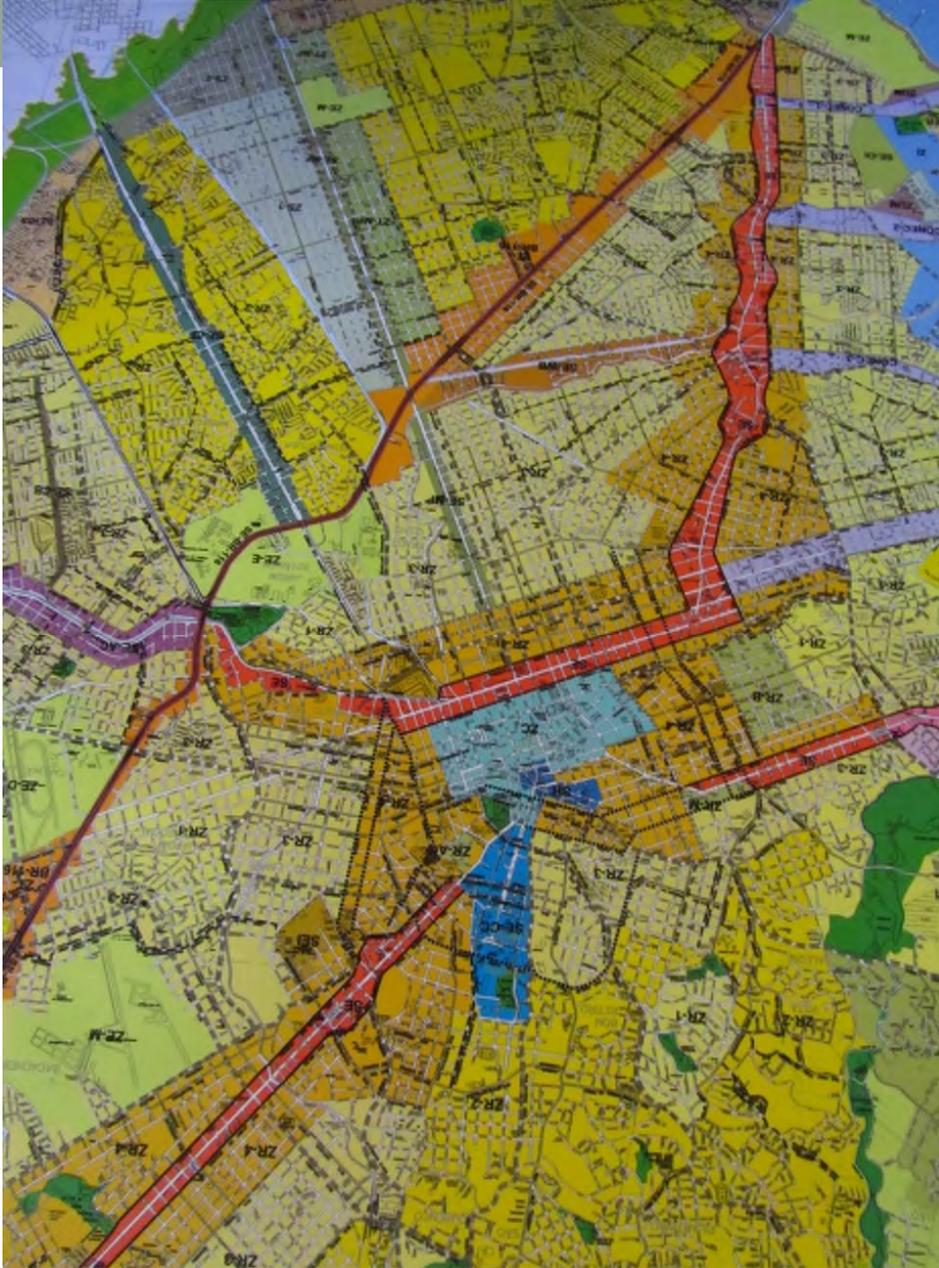
Spitzenlast:
Max Frequenz:
Fahrpreis:

20.500 Passagiere pro Stunde und Richtung
67 Busse / Stunde und Richtung
1,3 USD (2017)

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

INTEGRATION VON BRT IN DIE STADTPLANUNG

Transit Oriented Development



Transmilenio in Bogotá, Kolumbien

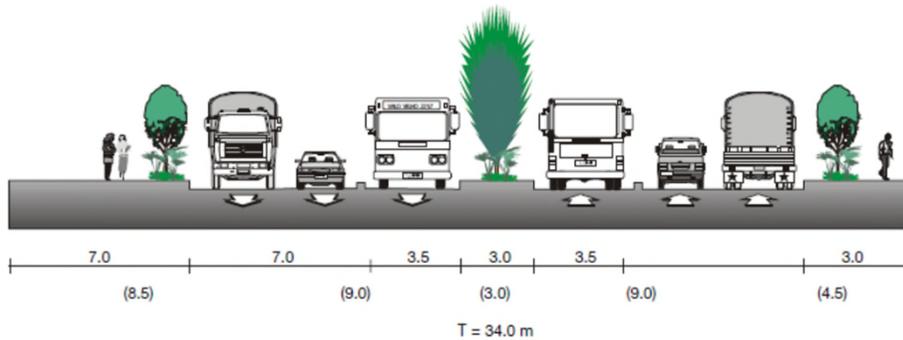


Weiterentwicklung des Systems von Curitiba mit wesentlich höheren Kapazitäten.

Max:
40.000 Pax/h/Richtung



Platzbedarf für Busspuren



Source: Wright (2004)



Two Lane BRT:

Capacity: <15,000 pphd

Width: 34 m

Four Lane BRT with Expressservices

Capacity: 35,000 pphd

Width: 40 - 50m

Innenstadt von Quito, Ecuador

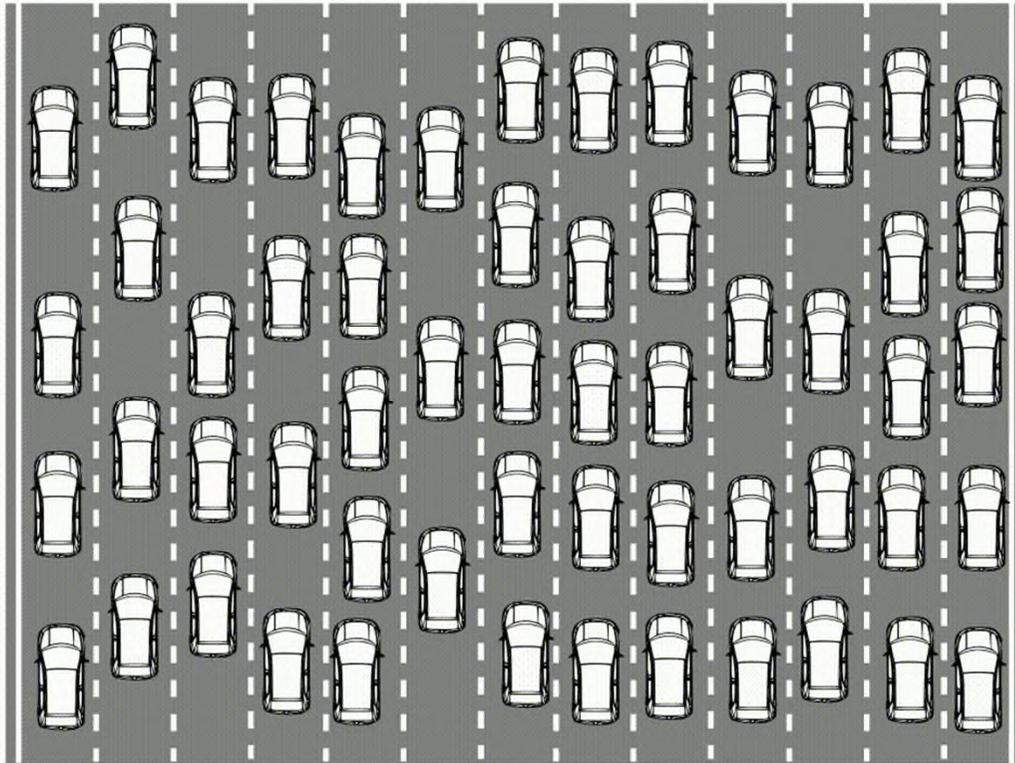


- Lösung des Platzproblems durch Einbahnstraßen in der Innenstadt
 - Kapazität: 10,000 pax/h/d
 - Keine Möglichkeit zum Ausbau des Systems
- => Quito plant eine U-Bahn

Push und Pull Effekt für Pkw durch Wegnahme einer Fahrspur



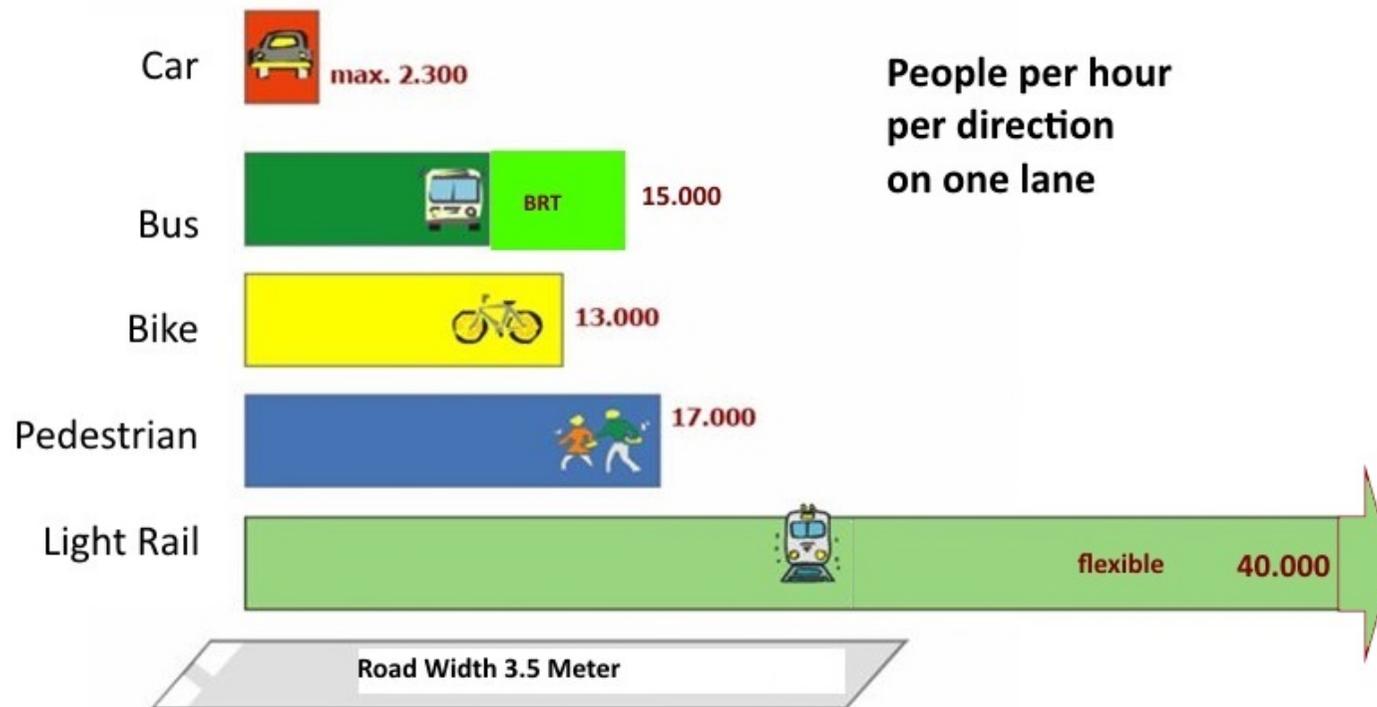
SCHRODINGERS ROAD SPACE



**TAKING AWAY SPACE FROM CARS WHILE
GIVING THEM MORE SPACE AT THE SAME TIME**



Kapazitäten einer Straße mit 3,5m Breite



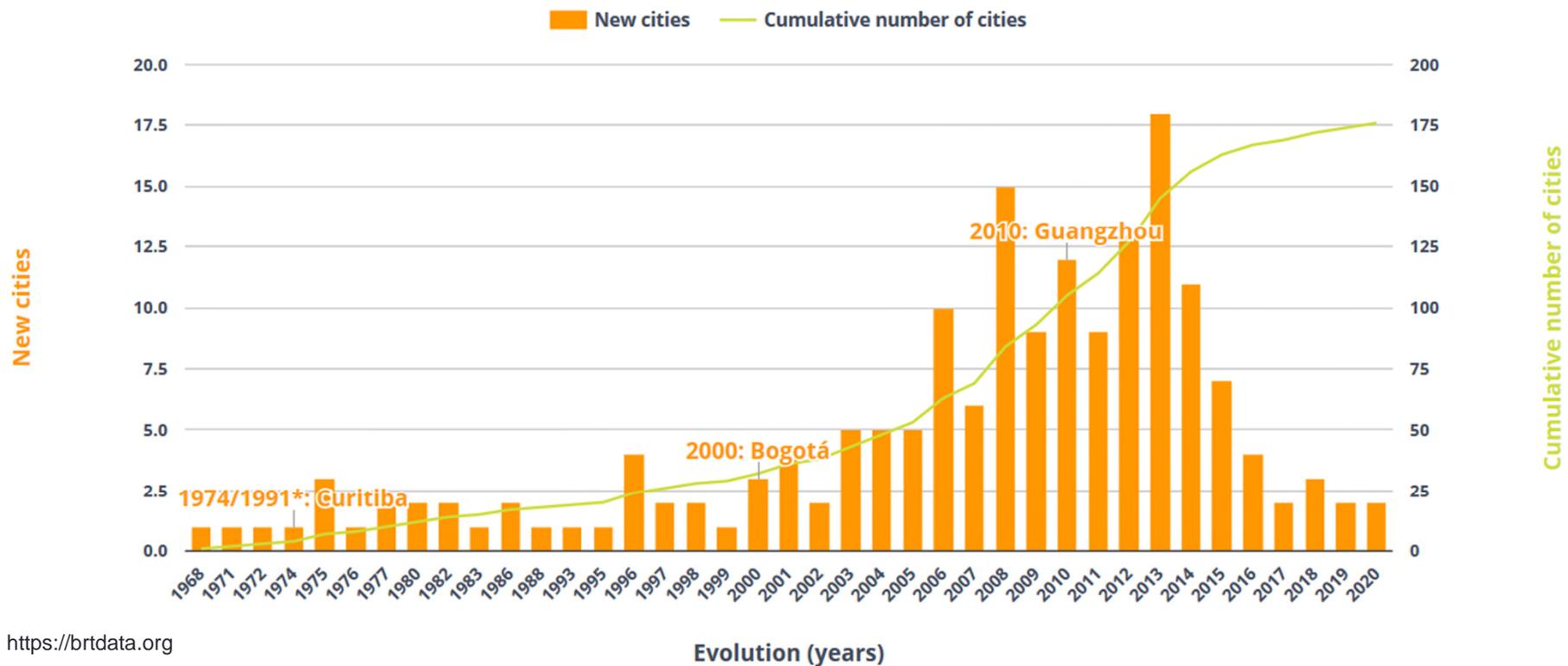
Kurze Planungs- und Bauzeiten

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 services 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. Model Integration							
6.1 Model 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
Eisenbahnprojekte: 11 Jahre

WEITERE BRT-SYSTEME

Entwicklung seit Curitiba



<https://brtdata.org>

*Busway / BRT year commencement

BRT in Guatemala City



Rio de Janeiro



Bangkok



Lagos, Nigeria



Port of Spain, Trinidad



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

Strasbourg 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

Oberhausen ÖPNV Trasse



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

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.



Stuttgart X1



Bad Cannstatt Wilhelmsplatz
Stuttgart Rothebühlplatz

Strecke: 9 km

Geschwindigkeit: 19 Km/h

Takt: 5 Minuten

Planungsfehler in Stuttgart



STUTTGART LACHT ÜBER SCHNELLBUS-LINIE X1 Neuer Witz: Fahren sieben im Schlappbus...



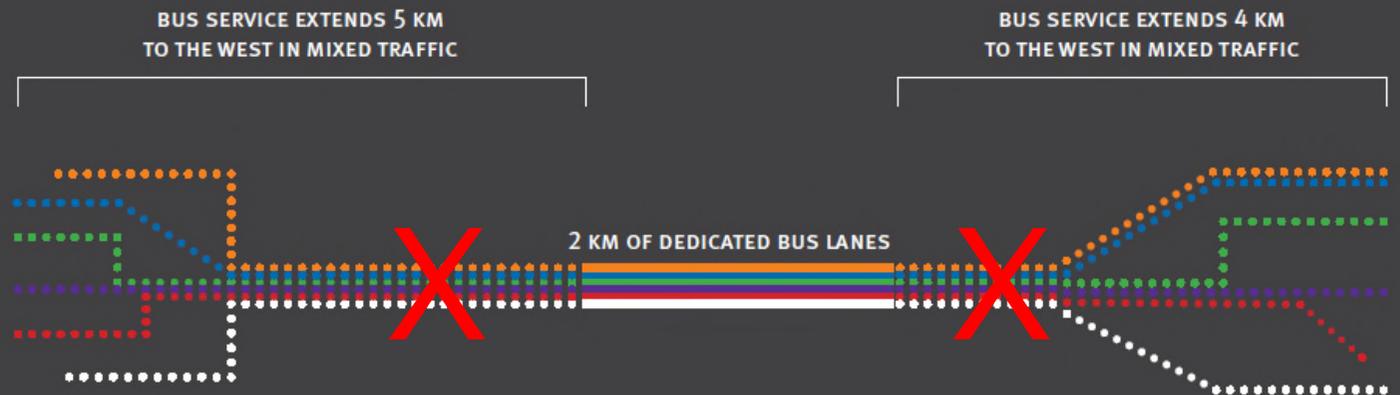
Example 2: A 3-kilometer (1.9 mile) corridor



Häufigster Fehler bei BRT Planung:

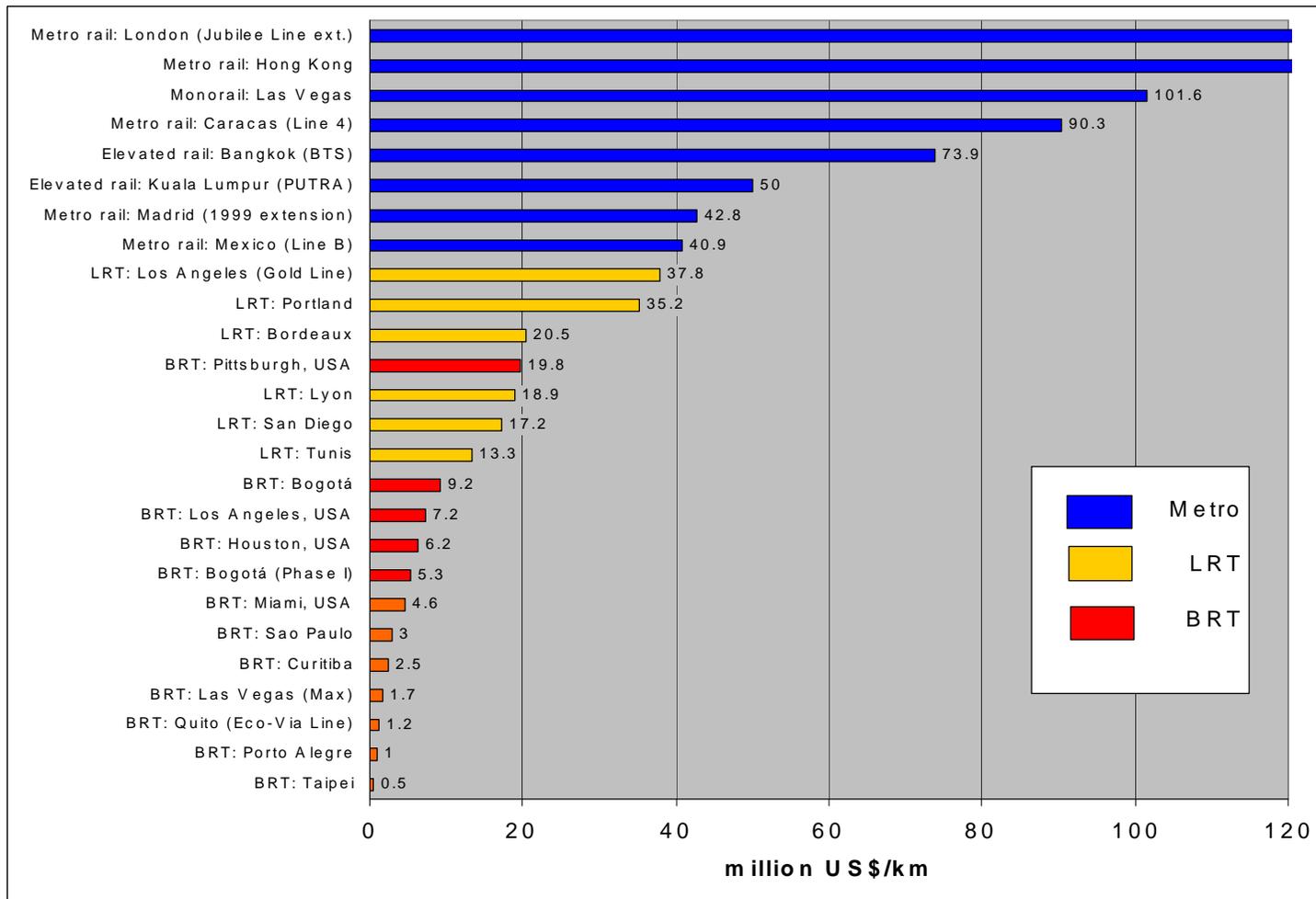
Keine durchgängig reservierten Fahrspuren

Example 3: NOT A Corridor



KOSTEN FÜR BRT SYSTEME

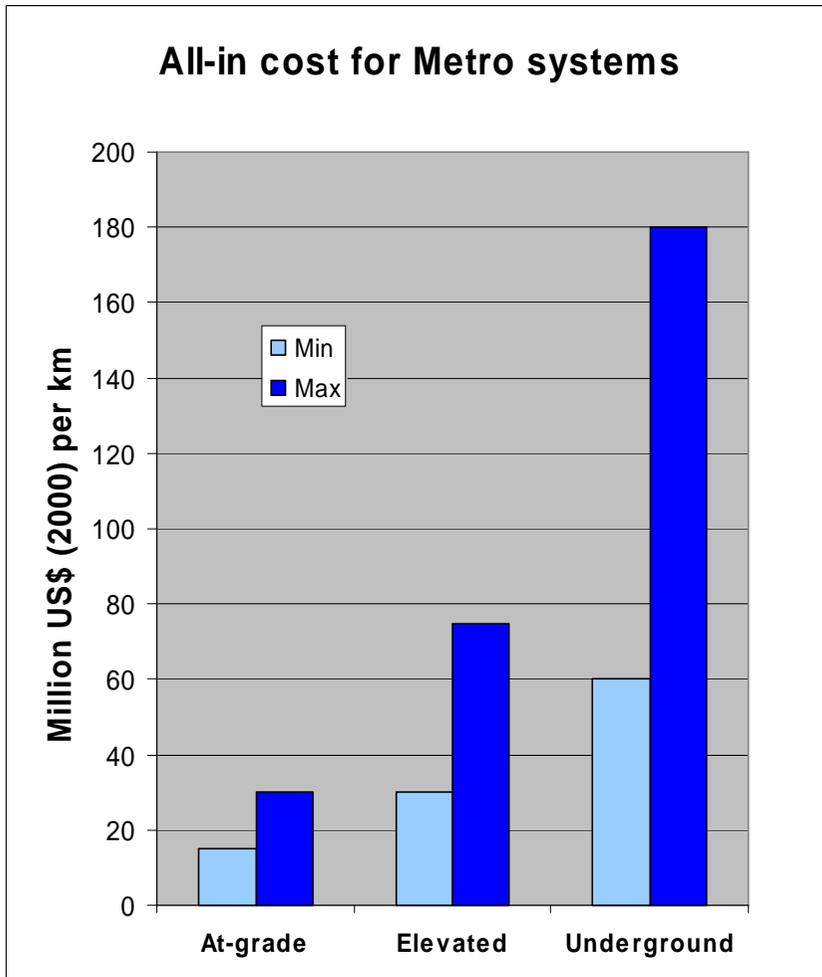
Vergleich der Investitionskosten



- **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?

Quelle: gtz Sourcebook

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.

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.

INNOVATIONEN FÜR BRT SYSTEME

Oberleitungsbusse



- Esslingen
- Solingen
- Eberswalde
- Linz
- Salzburg

Vorteil:

Regenerativer Antrieb ohne Batterie

Nachteil:

Visuelle Obstruktion, besonders in historischen Stadtkernen

San Francisco: Oberleitungsbusse nutzen Strom der Straßenbahn



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

Elektro-Hybrid-Bus in Esslingen



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

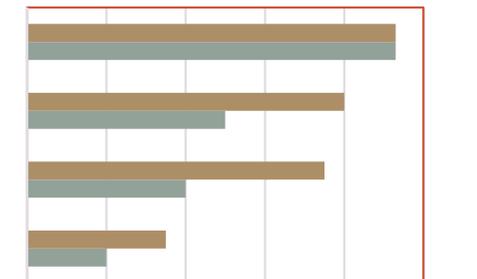
Hybridbus Esslingen

Batteriebus

Oberleitungsbus

Dieselbus

■ Max ■ Min



0 200 400 600 800 1000

Tausend Euro

Autonom fahrendes BRT System?



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

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/>



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

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

Dr. Niklas Sieber
Heidestraße 47
70469 Stuttgart

Office + 49 711 / 806 3269
Mobile + 49 178 / 723 3548
niklas.sieber@gmx.de

www.niklas-sieber.de



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-international-review>
- 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 Transit (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