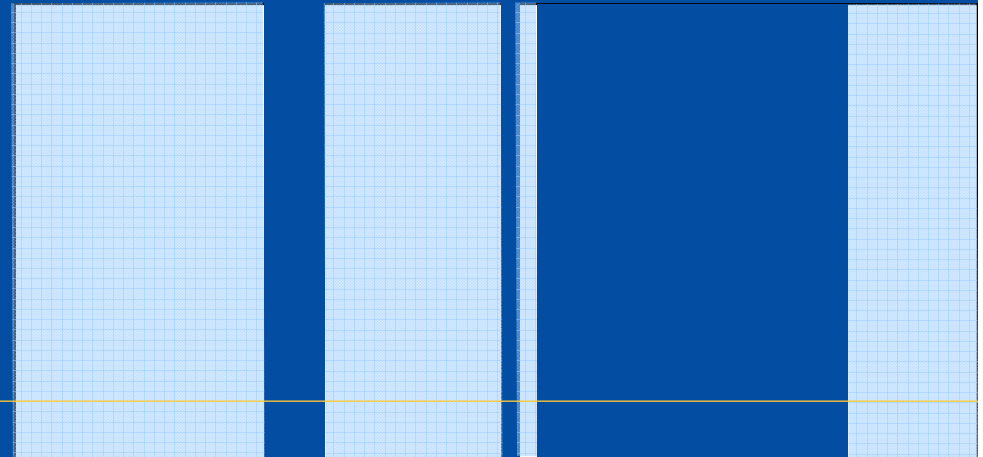


Das moderne Trolleybus-System

Zahlen, Fakten, Argumente



Inhaltsverzeichnis

	Folie
■ Allgemeine Vorteile des Trolleybusses	3
■ Technische Vorteile des elektrischen Antriebs/Trolleybus	4
■ Systemvergleich Emissionen	5
■ Entwicklung Anschaffungskosten	8
■ Entwicklung Energiekosten	9
■ Systemvergleich allgemein	10
■ Nutzungsdauern	11
■ Systemvergleich Wirtschaftlichkeit / Diesel TB	12
■ Effizienter Einsatz	18
■ Referenzen Trolleybus	19

Allgemeine Vorteile des Trolleybusses

- Beliebter beim Publikum
- Höherer Fahrkomfort als Diesel
- Macht öV sichtbar dank der Fahrleitung: Die Fahrleitung als Marketing-Element
- Auslastungsgrad um 10-20% höher als bei Diesel
- Alternative zum Tram als „Light-Tram/Lighttram“
- Keine lokalen Emissionen (Abgase=0!)
- Geräuscharm. In Fahrt und an Haltestellen (=0!)
- Rückspeisung von Bremsenergie → Energieeffizienz
- Reale Kostenvorteile bei Energie: Strom ↔ Diesel
- Bedeutend billiger als Tram / Strassenbahn und schneller zu realisieren

Technische Vorteile des elektrischen Antriebs/Trolleybus

- Anforderungen an den Antriebsstrang eines Linienbusses:
 - A) Fahrleistungen B) Betriebskosten C) Umweltfreundlichkeit

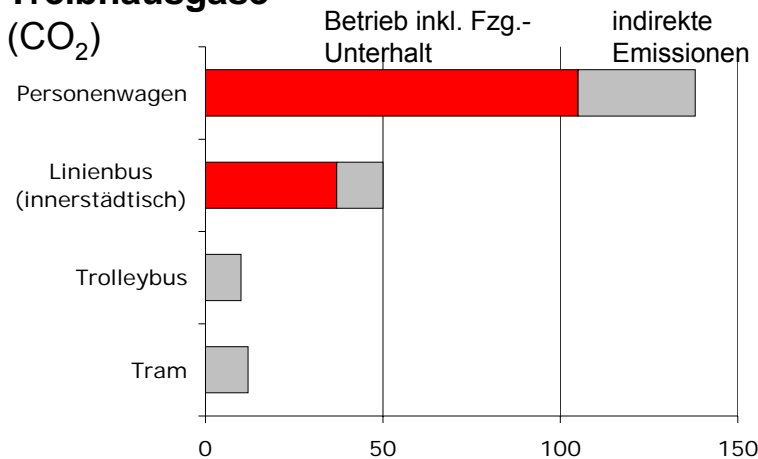
- A) Fahrleistungen: Zentral: A1 Anfahren aus dem Stillstand in unterschiedlichen Topographien
A2 Spreizung in Fahrt, d.h. Geschwindigkeitsbereich mit konstanter Leistung

Verbrennungsmotor benötigt für A1 und A2 → Getriebe
Elektromotor → kein Getriebe

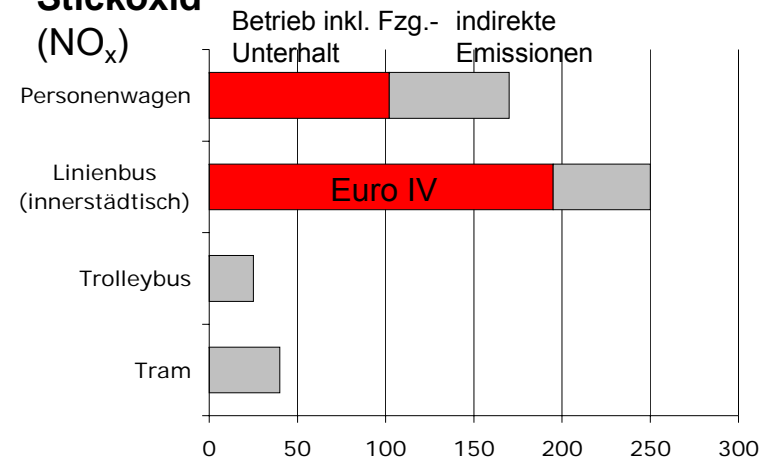
- ➔ Geringe Freiheitsgrade der Steuerung beim Verbrennungsmotor:
 - Wahl der Schaltpunkte
 - Reduktion Drehmoment zwecks Verbrauchssenkung
- ➔ Elektromotor: Drehmoment und Drehzahl frei „einstellbar“. (Hybrid!)

Im Vergleich der Emissionen schneidet der Trolleybus am besten ab

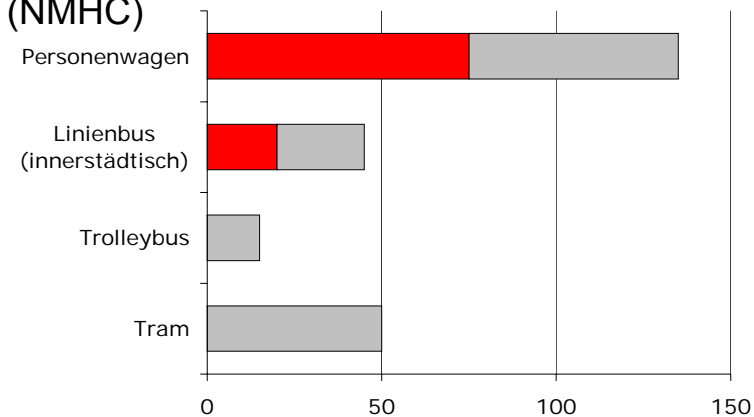
Treibhausgase¹ (CO₂)



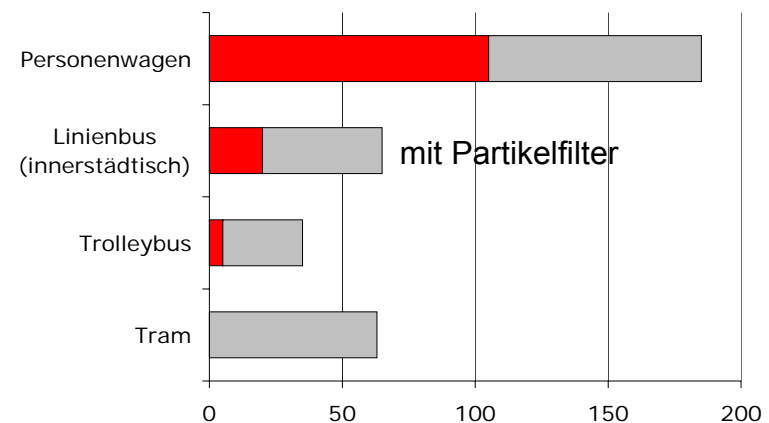
Stickoxid (NO_x)



Kohlenwasserstoff (NMHC)



Feinpartikel (< 2,5 µm)



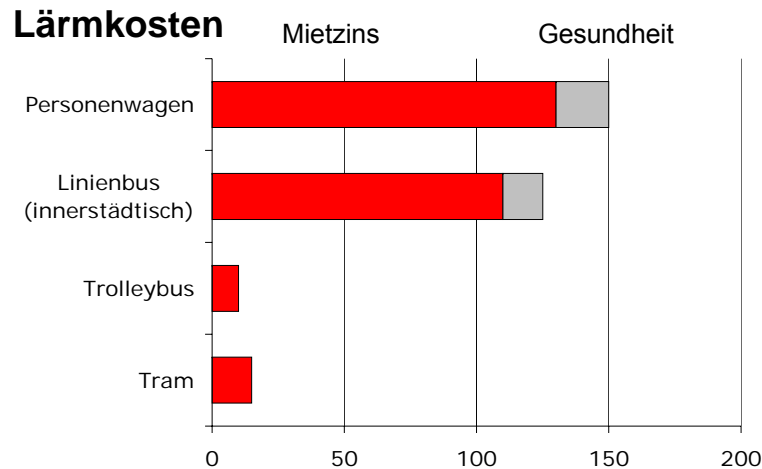
Quelle: Dr. Peter Marti, Metron Verkehrsplanung AG, Brugg

1. April 2008/5

¹ insb. CO₂, weitere klimarelevante Emissionen sind Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), die in CO₂-äquivalente umgerechnet wurden

Kummler+Matter

Im Vergleich der Emissionen schneidet der Trolleybus am besten ab



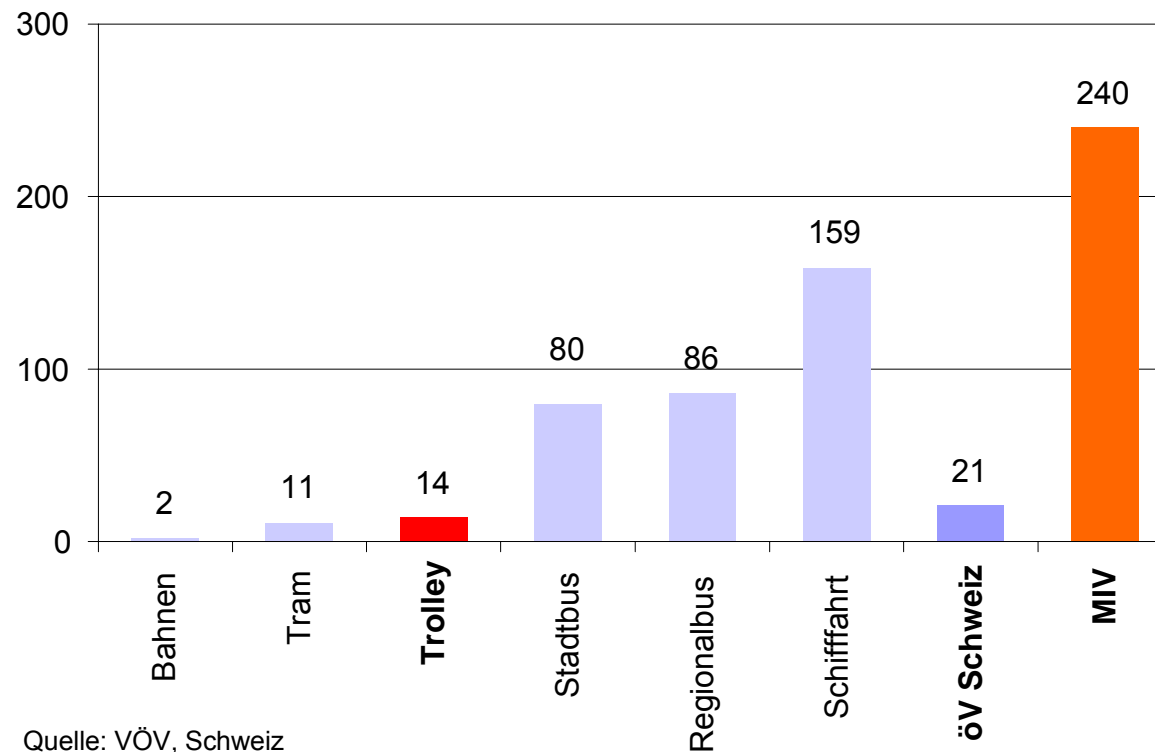
Trolleybus um ca. ... % besser

Kriterium	Dieselbus	Tram
Energieverbrauch	40	-30
Treibhausgase	75	0
Stickoxide	80	40
Kohlenwasserstoffe	55	75
Feinpartikel	20	40
Grobpartikel	25	60
Lärm	90	25
Landverbrauch	-25	0

- Der Trolleybus ist lokal nahezu emissionsfrei, insbesondere im Gegensatz zum Dieselbus (und auch Gasbus)
- Für die städtische Lebensqualität ist dies wesentlich
- Hinsichtlich des Energieverbrauchs ist der Trolleybus in etwa gleich effizient wie die Tram bezogen auf eine Personenfahrt
- Der Strom-Mix der SBB für Regionalzüge/S-Bahn dürfte dem für den Trolleybus ähnlich sein (91% Wasser, 7% Uran, 2% Import)
- Insgesamt ist der Trolleybus das umweltverträglichste Nahverkehrsmittel, das ausgereift zur Verfügung steht

Der Trolleybus produziert weniger als 20% CO₂ pro Fahrgast im Vergleich zum Dieselbus

CO₂-Produktion öffentlicher Verkehr
der Schweiz 2004, je Pkm/tkm in g

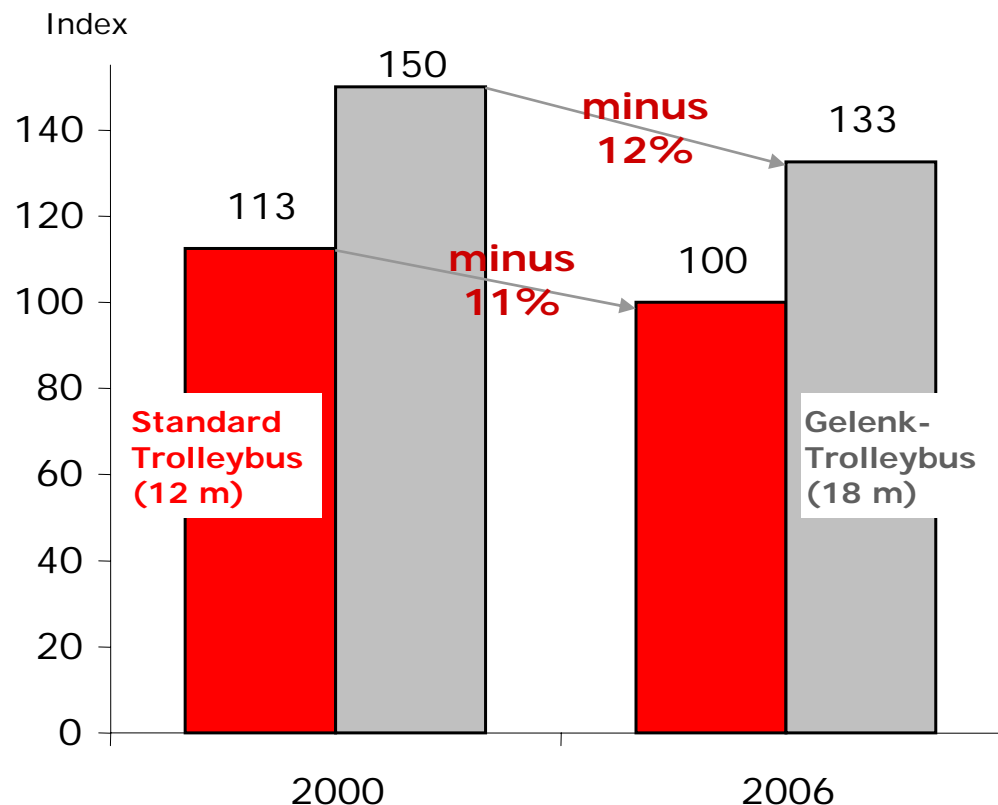


Anmerkungen

- Bahnbetrieb enthält Personen- und Güterverkehr
- Umrechnung der kWh im Bahnbetrieb mit Verbrauch von 90% bahninternem Wasserkraftstrom und von 10% Strommix Schweiz inkl. Importe, dadurch gesamt 12 g CO₂/kWh
- Für Tram und Trolleybus Annahme des Strommix Schweiz mit 120 g CO₂/kWh
- Umrechnungsfaktor für Diesellokomotiven: 2.611 t CO₂ pro Liter
- Treibstoffverbrauch Schifffahrt und Diesellokomotiven teilweise geschätzt

Die Anschaffungspreise für Trolleybusse sanken in den vergangenen Jahren

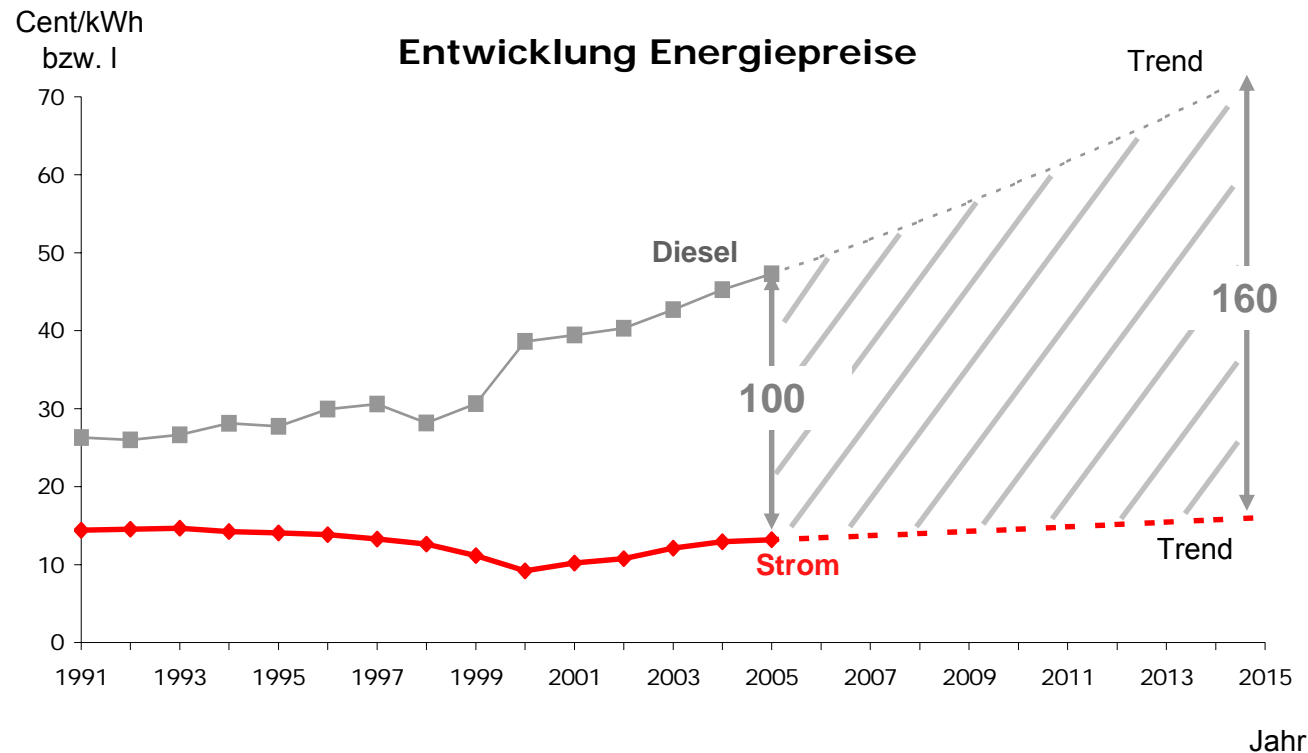
Entwicklung der Trolleybus-Preise von 2000 bis 2006



Quelle: S2R Consulting

- Effizienzsteigerungen der Hersteller, Ausschreibungen und grössere Konkurrenz haben zu besseren Preisen geführt
- Durch diese Entwicklung verkleinert sich der grösste Nachteil der Trolleybusse, die hohen Investitionen
- Die Preise für Trolleybusse variieren erheblich zwischen den Betreibern (Bandbreite für Gelenktrolleybus: 400 bis 750 k€)
- Ausstattungsstandards sollten hinterfragt und die Standardisierung vorangetrieben werden, auch um grössere Fertigungslose für die Hersteller zu erzeugen

Der Vorteil bei den Energiekosten ist gross und wird künftig noch wesentlich bedeutsamer



- In den vergangenen Jahren ist der Dieselpreis um ein Vielfaches stärker gestiegen als die Strompreise
- Diese Entwicklung dürfte anhalten
- Aus einem Kostenvorteil von heute 0,30 €/km werden dann knapp 0,50 €/km
- Unter Gesichtspunkten wie Nachhaltigkeit kommt man daher an einem Trolleybus nicht vorbei

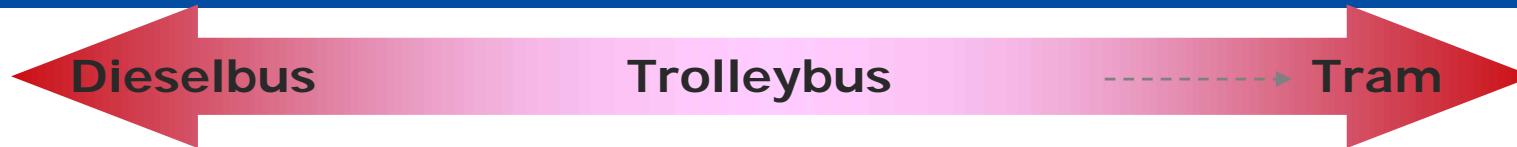
- ➔ Die Entwicklung der Energiekosten ist bei Systemscheiden von enormer Bedeutung
- ➔ In zehn Jahren dürfte die ohnehin schon existierende Differenz um noch einmal 60% gewachsen sein

Quelle: OECD am Beispiel Deutschland, Kalkulationen von S2R Consulting

1. April 2008/9

Kummler+Matter

Trolleybus-Systeme sind schnell und günstig zu realisierende Strassenbahnen



- Antrieb, Elektronik, Infrastruktur sind von Strassenbahnen abgeleitet
- Die Nutzungsdauer der Anlagen ist ähnlich

➡ **Trolleybus = "Lightram"**

Dauer	Strassen- bahn	Trolley- bus	Investitionen	Strassen- bahn	Trolley- bus
Planung	5-10 J.	1-2 J.	Infrastruktur	1.000	100
Bau ¹	5-10 J.	1-2 J.	Fuhrpark	300	100
Gesamt	10-20 J.	2-4 J.	Gesamt	1.300	200

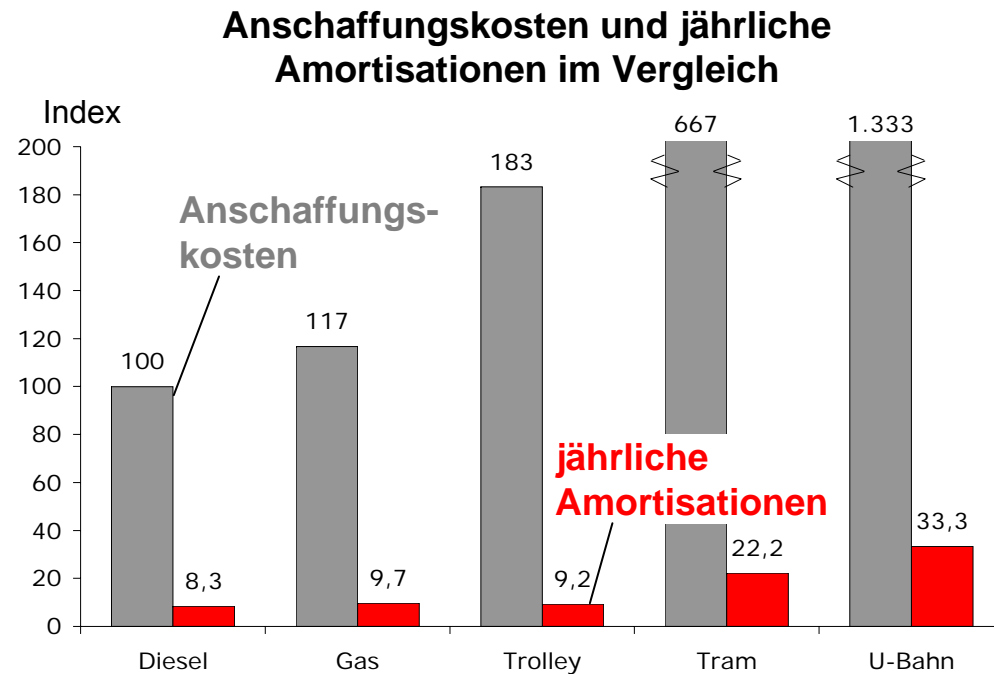
↑
Fünf mal so lang
↑
Sechs mal so hoch

Darüber hinaus betragen die Betriebskosten weniger als 50%

➡ **Trolleybusse sind häufig die sinnvollere Alternative im Vergleich zum Tram (Umsetzungsdauer, Investitionsmittel und Betriebskosten)**

Übliche Nutzungsdauern von ÖPNV-Fahrzeugen

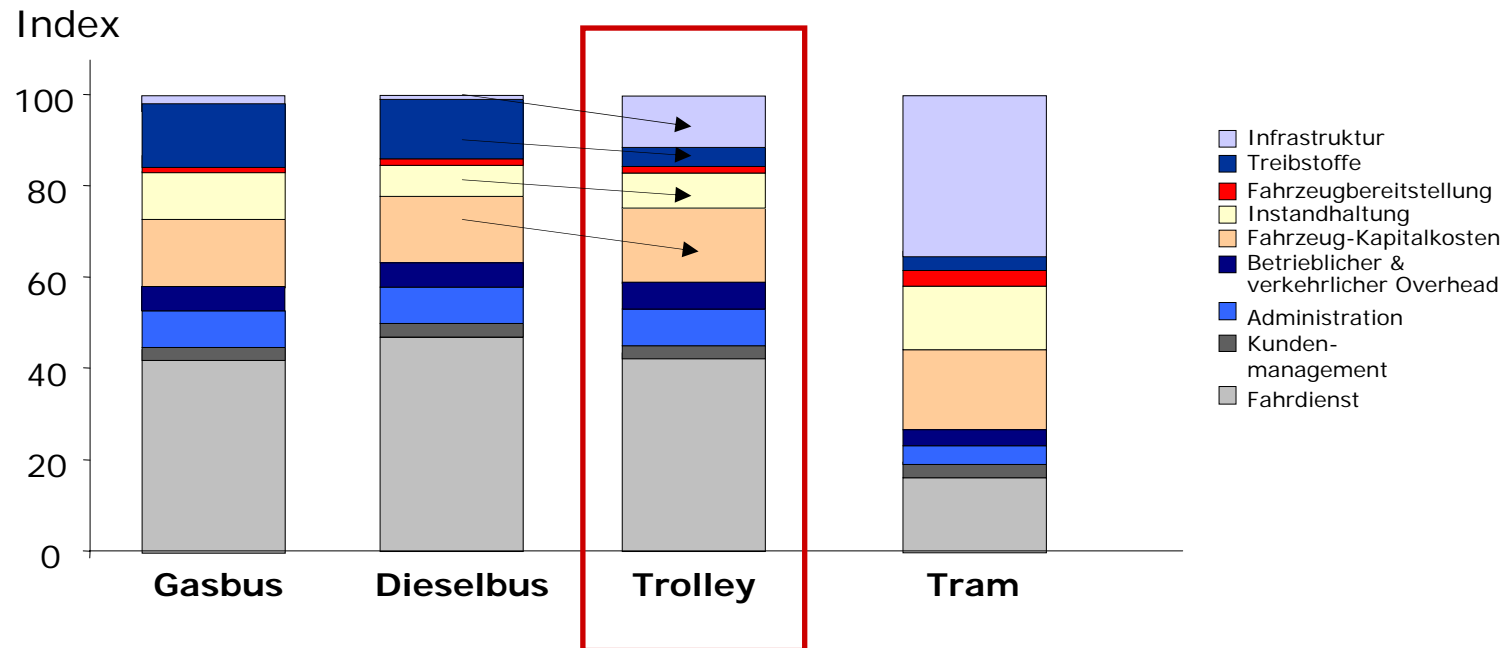
- Dieselbus: 12 bis 15 Jahre
- Gasbus: 12 bis 15 Jahre
- Trolleybus: 20 bis 30 Jahre
- Tram: 25 bis 40 Jahre
- U-Bahn: 30 bis 40 Jahre
- S-Bahn: 30 bis 40 Jahre



- ➔ Beim Trolleybus und den Schienensystemen wird üblicherweise zumindest eine umfassende Modernisierung des Innenraums durchgeführt
- ➔ Diesel- und Gasbusse verschleissen auf Grund der Vibrationen durch den Verbrennungsmotor deutlich früher
- ➔ Gegenüber der Tram ist das Verhältnis von Investitionen und Nutzungsdauern beim Trolleybus hervorragend

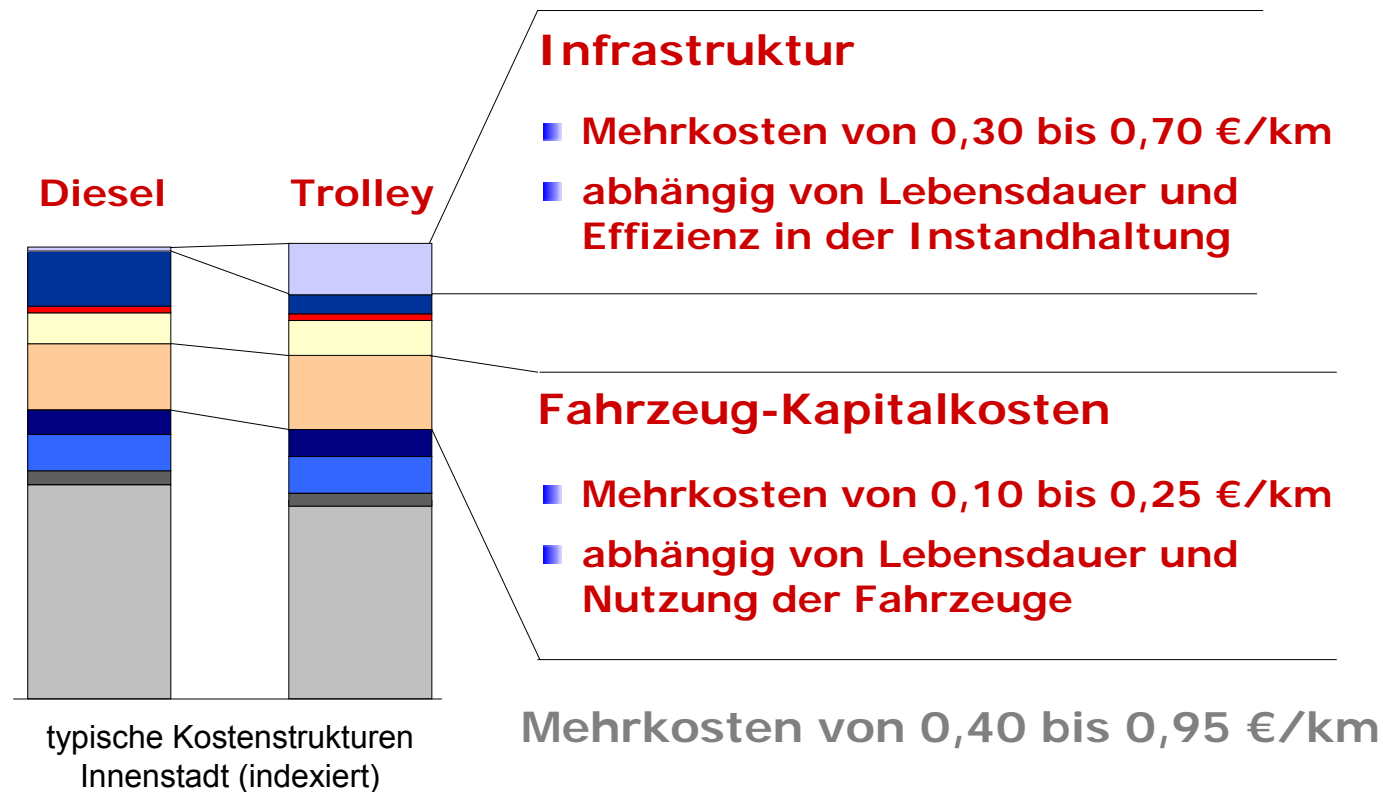
Ausgangspunkt für Wirtschaftlichkeit und effizienten Einsatz ist die Kostenstruktur

Vollkostenbetrachtung je Angebots-km

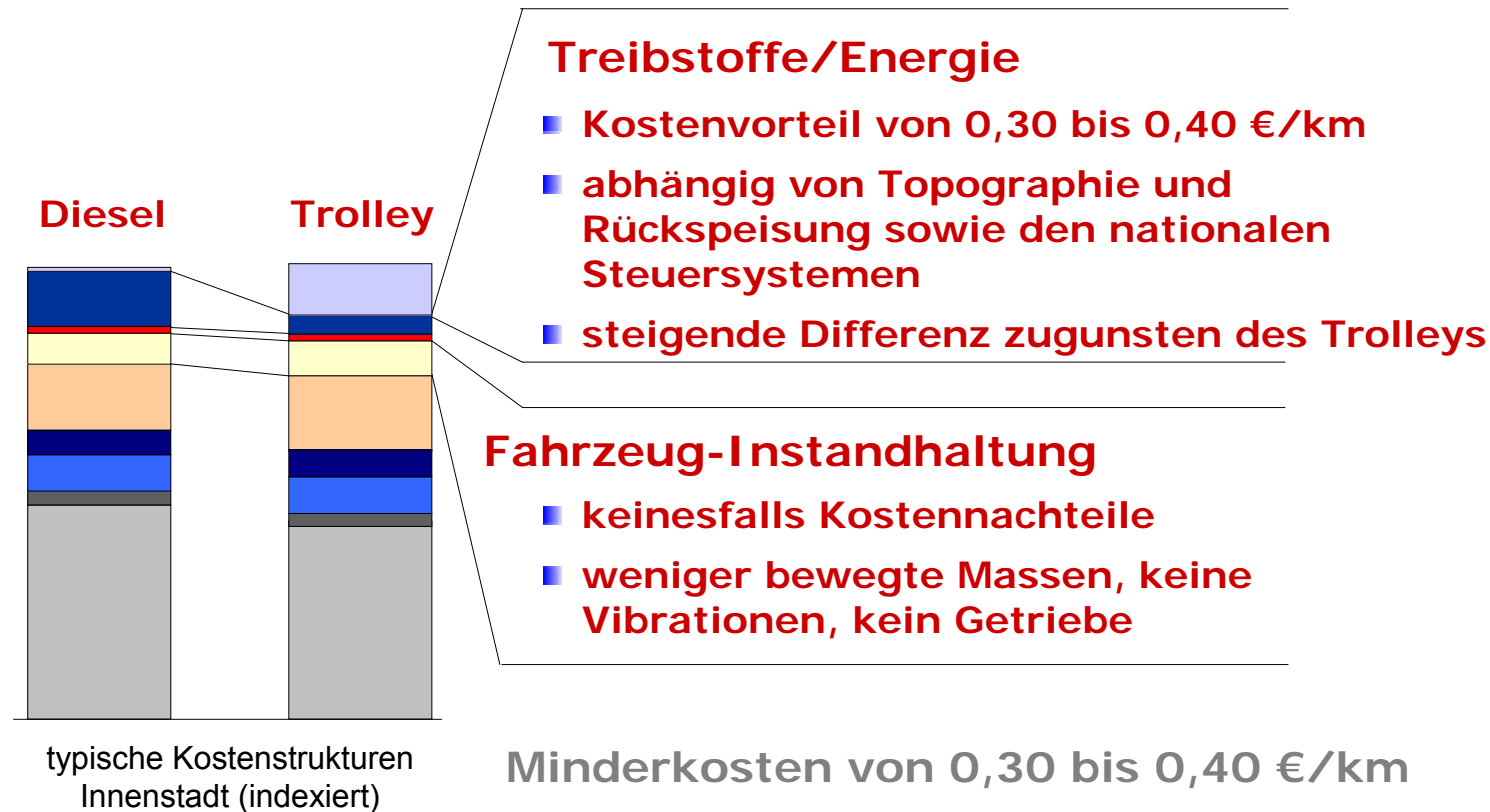


- Der Fahrdienst ist bei den Bussystemen jeweils der größte Kostenblock
- Die Tram ist mit Infrastruktur und Kapitalkosten für die Fahrzeuge stark fixkostenlastig
- Der Trolleybus muss ebenfalls seine Infrastruktur und teureren Fahrzeuge "verdienen"

Im ungünstigsten Fall verursacht der Trolleybus als System Mehrkosten von maximal 1 €/km



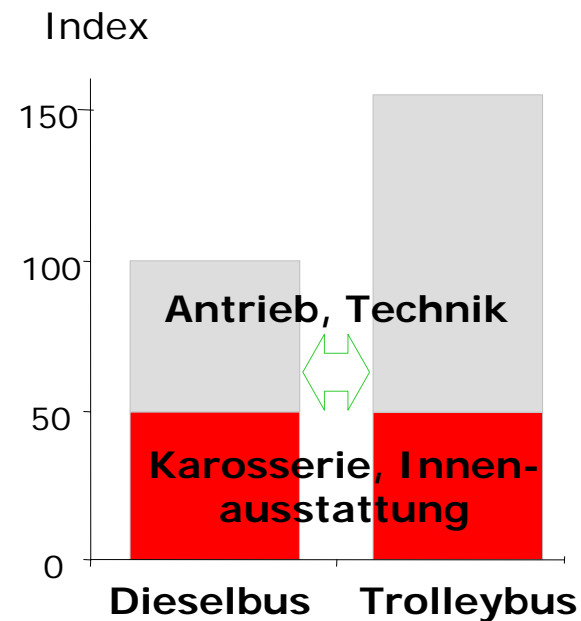
Dem stehen aber Einsparungen an anderer Stelle gegenüber



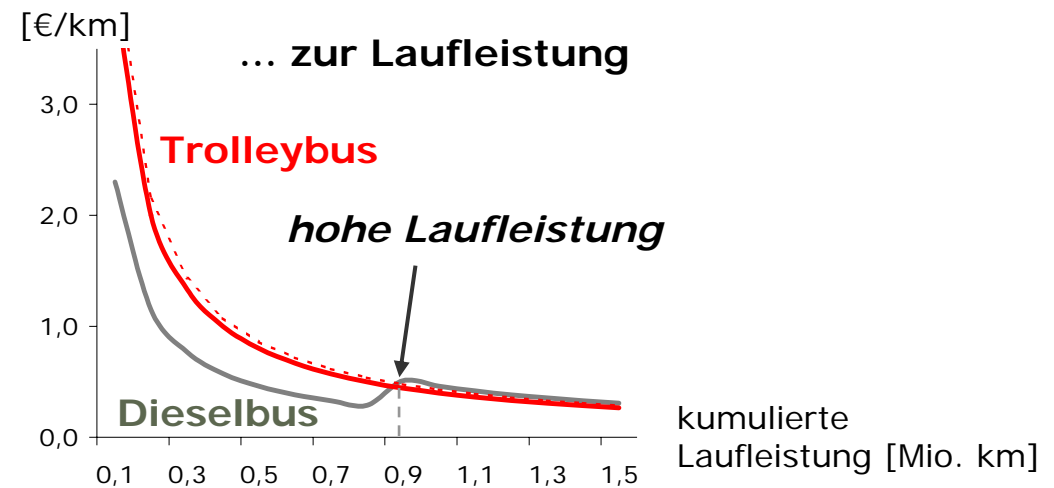
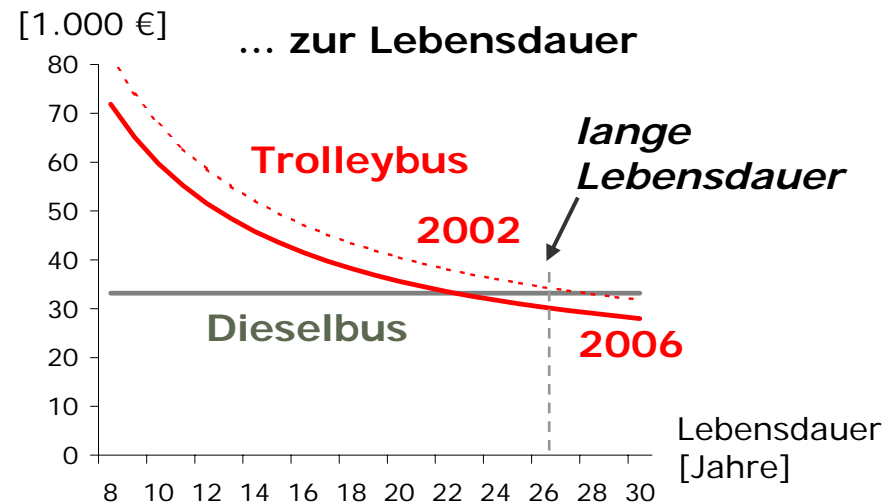
- ➔ Insgesamt Mehrkosten zwischen 0 und 0,65 €/km
- ➔ Trolleybus kann genauso günstig wie der Dieselbus produzieren
- ➔ Maximal 15% teurer bezogen auf die Gesamtkosten

Die hohen Investitionen von Trolleybussen erfordern lange Lebensdauern und intensive Nutzung

Aufteilung der Investitionen von Fahrzeugen



Kapitalkosten p.a. im Verhältnis ...



Die Stromrückspeisung ist ein weiterer Vorteil des Trolleybus-Systems

Jährl. Kosten [€/km]	Trolley	Trolley mit Stromrückspeisung	Diesel
Energie / Öl	0,28	0,18	0,54
Instandhaltung	0,37	0,37	0,48
Fzg ¹ .-kapitalkosten	0,62	0,62	0,51
Infrastruktur	0,27	0,27	0,02
Weitere Funktionen	-----	identisch -----	
Gesamt	1,54	1,44	1,55

Abhängig von unterschiedlichen Energiekosten (MwSt., etc). Der Trolleybus ist insgesamt preiswerter

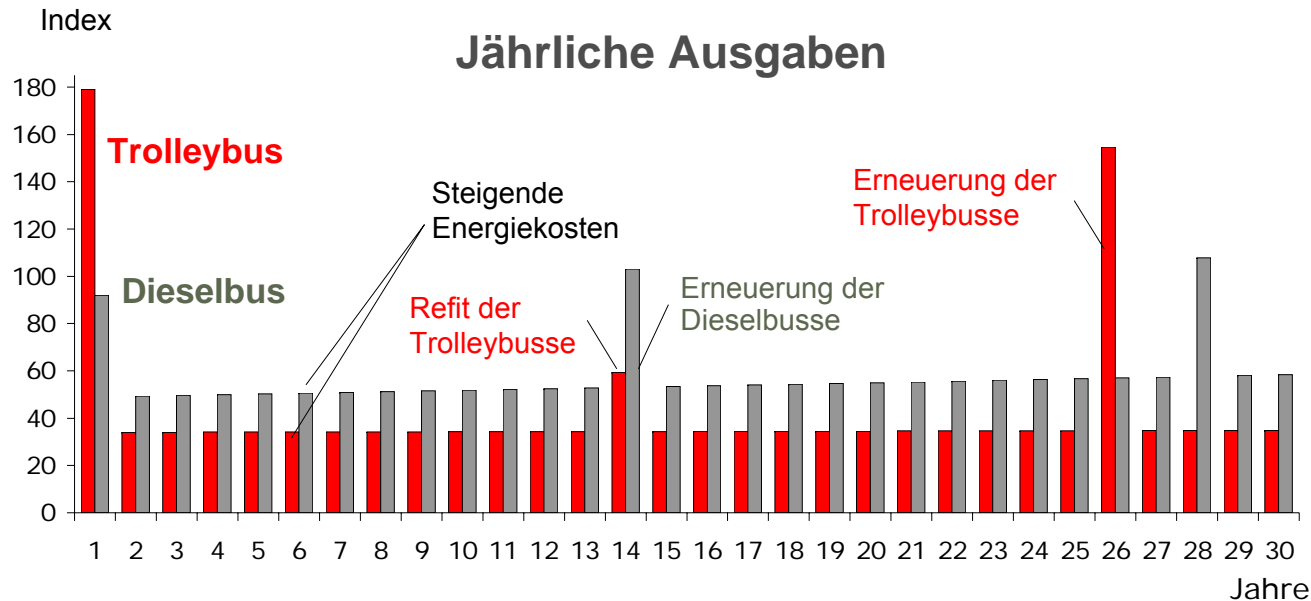
- **Erstmalig konnte der Trolleybus in Solingen genauso günstig wie der Dieselbus produzieren**
- **Durch die Stromrückspeisung konnten sogar Kostenvorteile erzielt werden**
- **Technische Weiterentwicklungen und die hohe Nutzung führen zu besseren Kosten in Solingen**
- **Nicht nur aus Umweltgründen setzt die Stadt auf den Trolleybus**

Quelle: SW Solingen, UTP, Switzerland, 31.8.2006, Kalkulationen von S2R Consulting

1. April 2008/16

¹ Fzg = Fahrzeug

Für die sachgerechte Systementscheidung sind die Lebenszykluskosten zu betrachten



- Unter Fortschreibung des Trends bei den Energiekosten sind die Kosten über einen Zeitraum von 30 Jahren für den Trolleybus erheblich geringer als für den Dieselbus
- Zu Nominalwerten beträgt der **Vorteil 25%**
- Werden **abgezinste** Zahlungsreihen verglichen reduziert sich der Vorteil auf Grund der hohen Anfangsinvestitionen, beträgt aber immer noch **20%**

Der Trolleybus bringt in gewissen Rahmenbedingungen klare wirtschaftliche Vorteile

1. Eng bebaute Quartiere

Geringere Geräusche und keine lokalen Emissionen führen zu hoher Lebensqualität

2. Hügelige Topographie

Durch Stromrückspeisung werden weitere Kostenvorteile erzielt

3. Kompaktes Netz mit engen Fahrtenintervallen

Optimale Ausnutzung der Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeuge

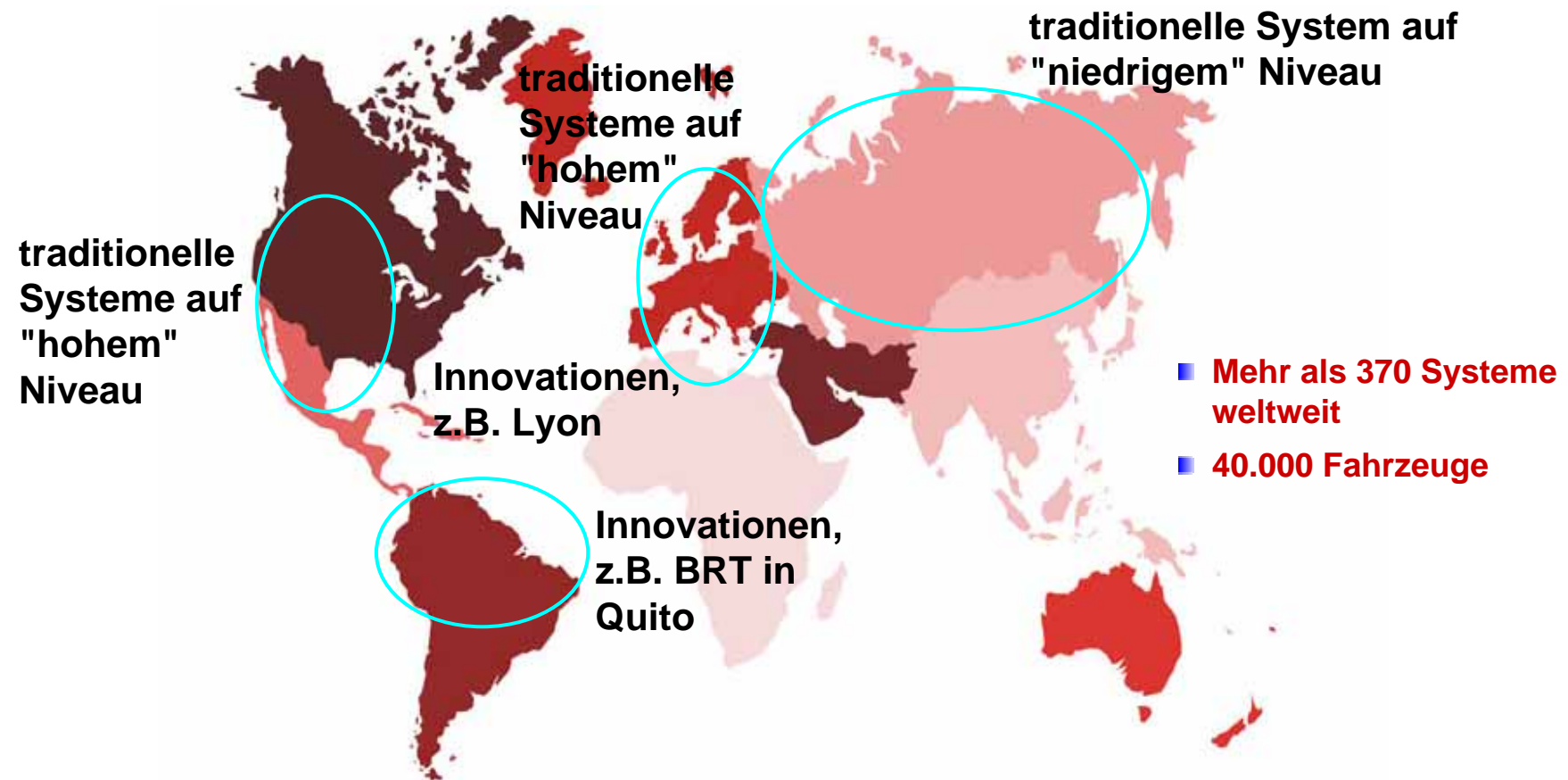
4. Hohe Nachfrage

Kapazitäten können inzwischen auch Tram-Systeme ersetzen, weiterhin sind höhere Einnahmen zu erzielen ("Schienenbonus")

5. Nachhaltige Stadtentwicklung

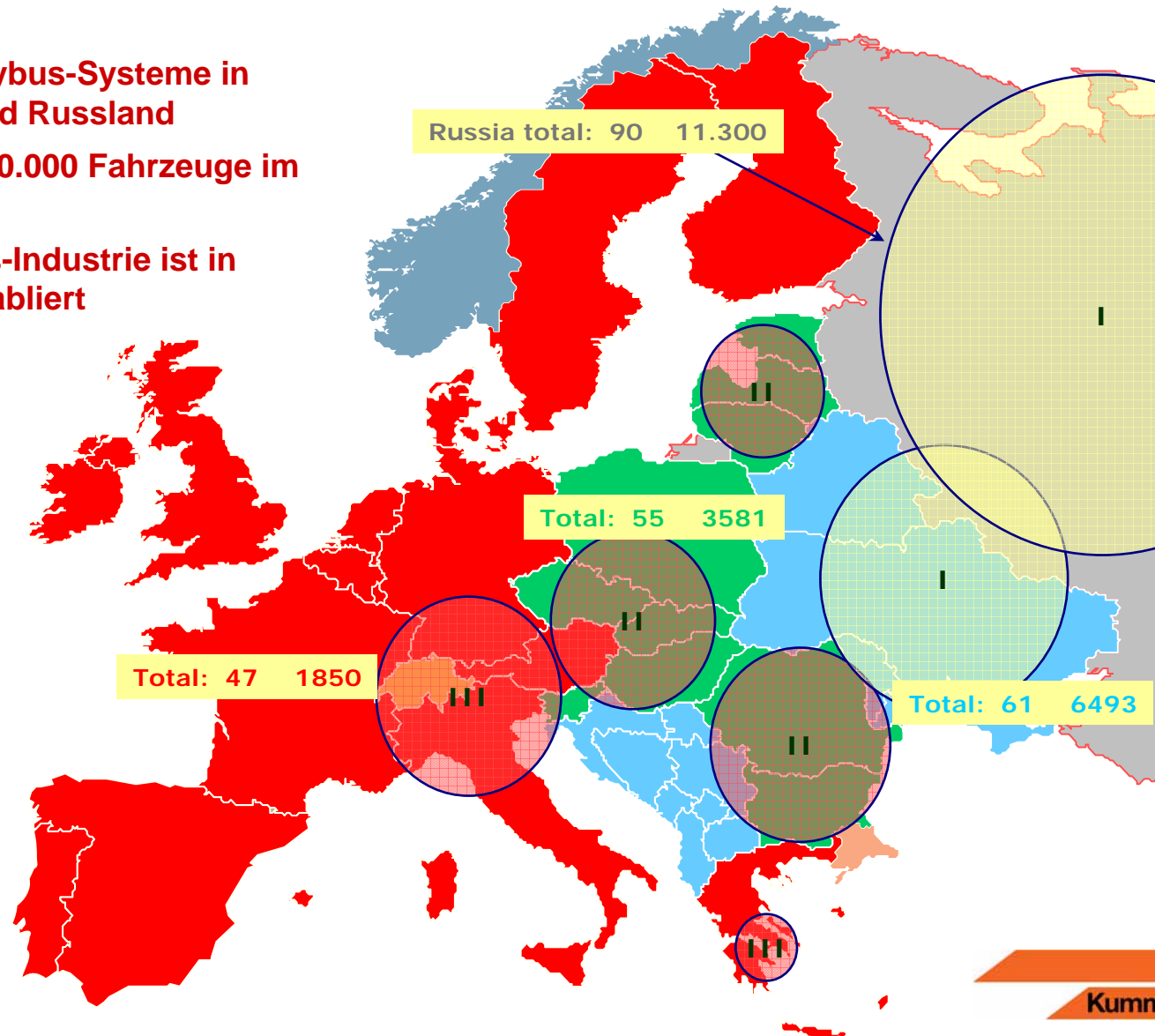
Die Infrastruktur sorgt für stabile Entwicklungsbedingungen, private und gewerbliche Investoren schätzen dies, Arbeitsplätze werden geschaffen und das Steueraufkommen erhöht

Der weltweite Trolleybus-Markt kann in Segmente geteilt werden



Aktuelle Segmente im Trolleybusmarkt in Europa

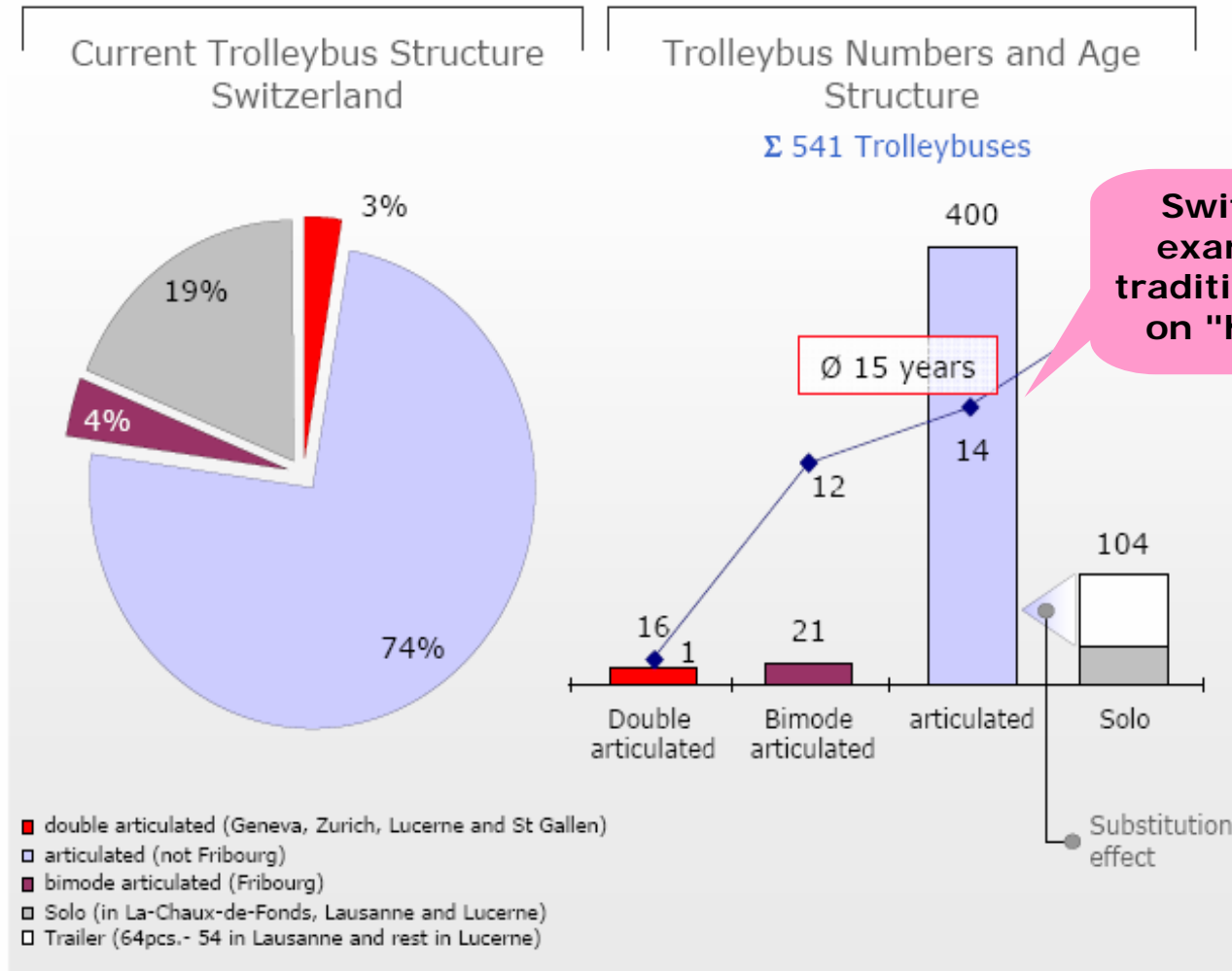
- 250 Trolleybus-Systeme in Europa und Russland
- Mehr als 20.000 Fahrzeuge im Einsatz
- Trolleybus-Industrie ist in Europa etabliert



1. April 2008/20

Kummler+Matter

Trolleybusmarkt in der Schweiz - Gelenkbusse dominieren



Source: Interviews with PT-Companies; S2R Database 2007

Referenzen Trolleybus

- Lausanne: Einführung Métro 02 → Ausbau Trolley Réseau 08
- Zürich: 24 m Doppelgelenk
- Athen: 400 TB → Grösster Betreiber Westeuropas
- Rom: Neue TB-Stadt → baut aus
- Pescara: TB wird eingeführt
- Avellino: TB wird eingeführt
- Rimini: TB wird eingeführt
- Nancy: TB wird eingeführt
- Quito (Ven): TBRT **TrolleyBus Rapid Transport System**
- Merida (Ven): TBRT
- Barquisimeto (Ven): TBRT
- Castellon: TB neu

Trolleybus: Economy, Ecology, Capacity, Priority



1. April 2008/23

Kummler+Matter