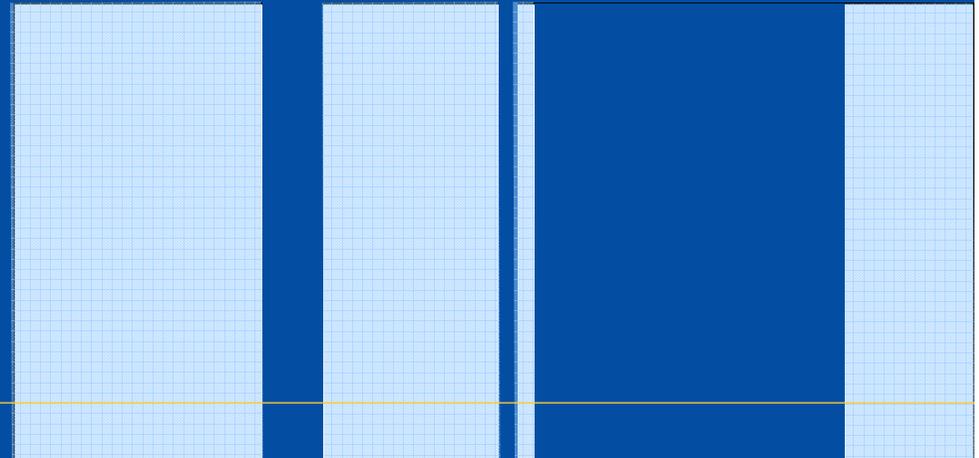


# Das moderne Trolleybus-System

## Zahlen, Fakten, Argumente



# Inhaltsverzeichnis

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

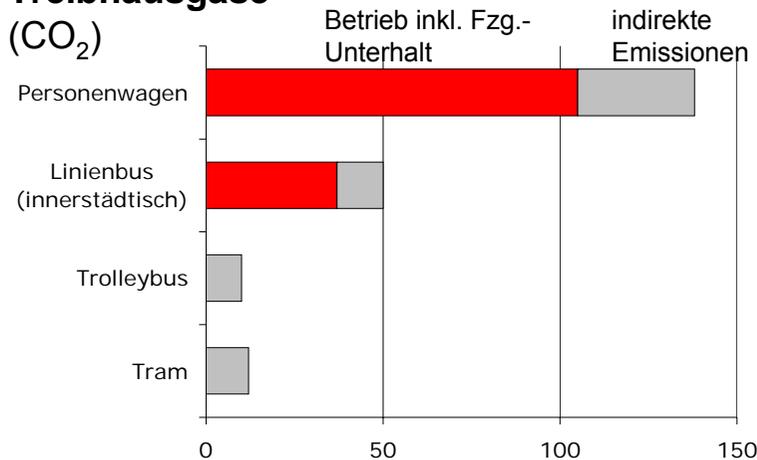
# Allgemeine Vorteile des Trolleybusses

- 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

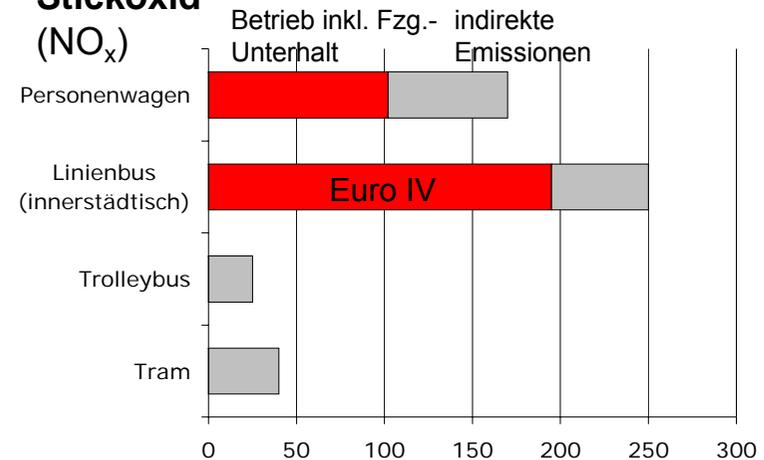


# Im Vergleich der Emissionen schneidet der Trolleybus am besten ab

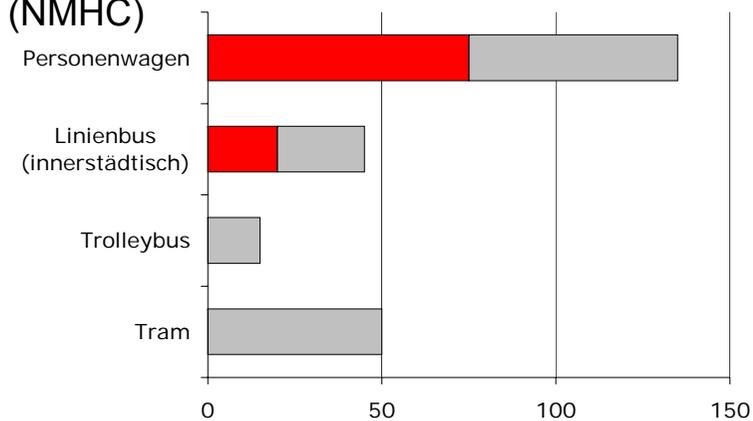
## Treibhausgase<sup>1</sup> (CO<sub>2</sub>)



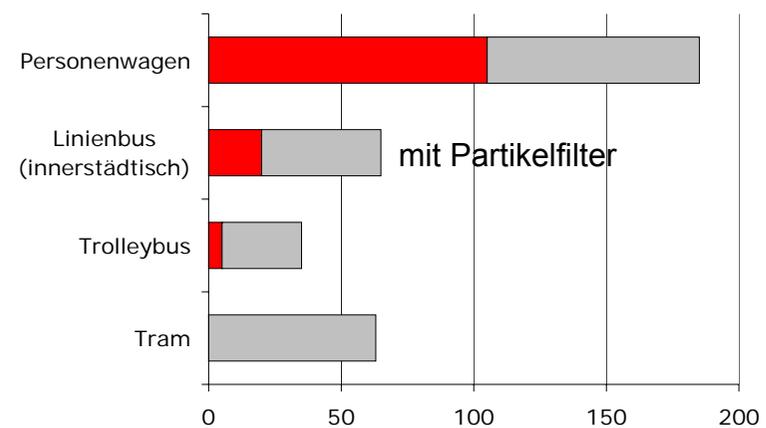
## Stickoxid (NO<sub>x</sub>)



## Kohlenwasserstoff (NMHC)



## Feinpartikel (< 2,5 µm)

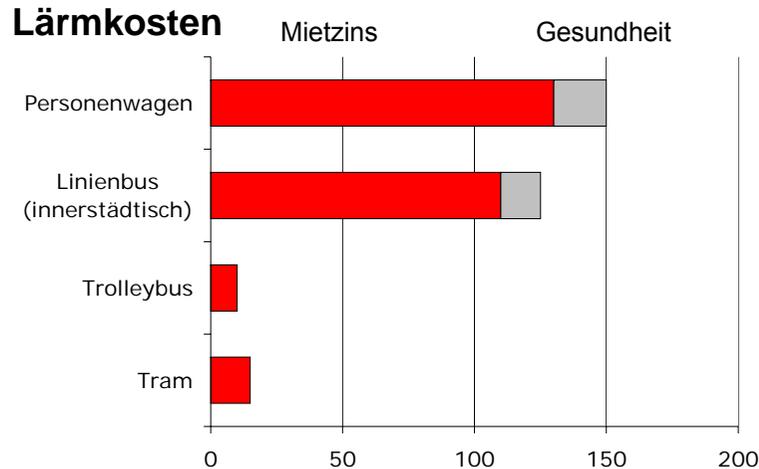


Quelle: Dr. Peter Marti, Metron Verkehrsplanung AG, Brugg

1. April 2008/5

<sup>1</sup> insb. CO<sub>2</sub>, weitere klimarelevante Emissionen sind Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O), die in CO<sub>2</sub>-äquivalente umgerechnet wurden

# Im Vergleich der Emissionen schneidet der Trolleybus am besten ab



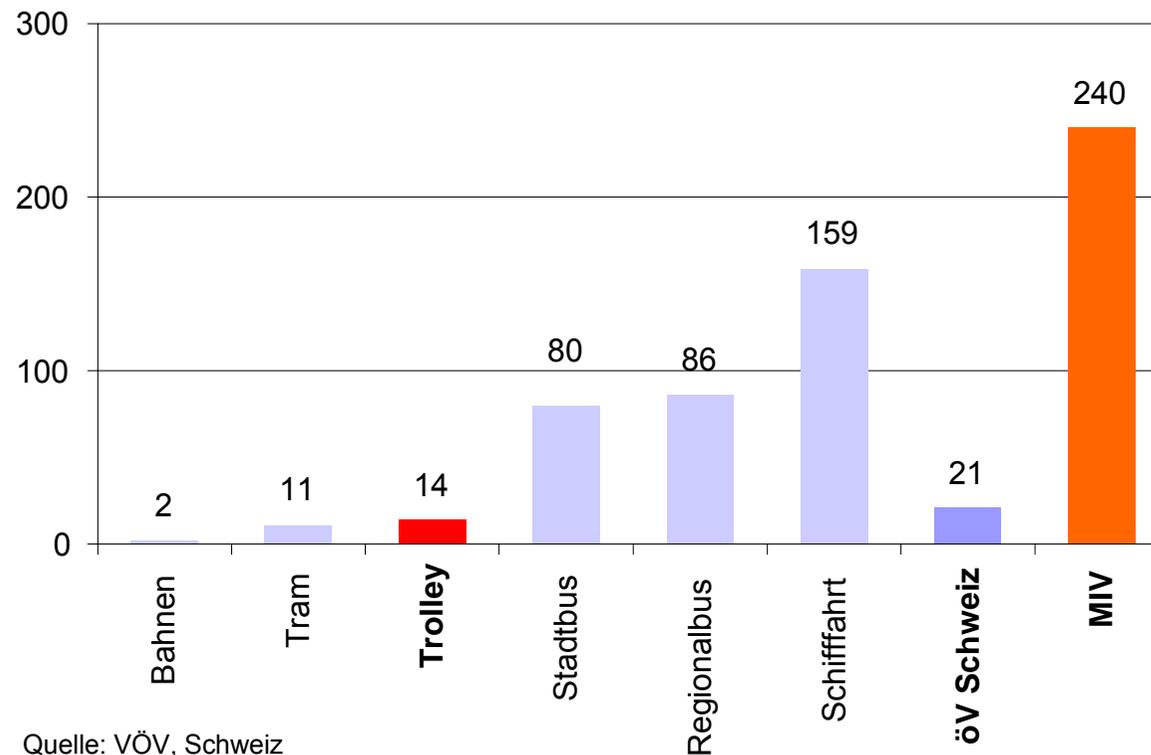
## Trolleybus um ca. ... % besser

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% CO<sub>2</sub> pro Fahrgast im Vergleich zum Dieselbus

CO<sub>2</sub>-Produktion öffentlicher Verkehr der Schweiz 2004, je Pkm/tkm in g



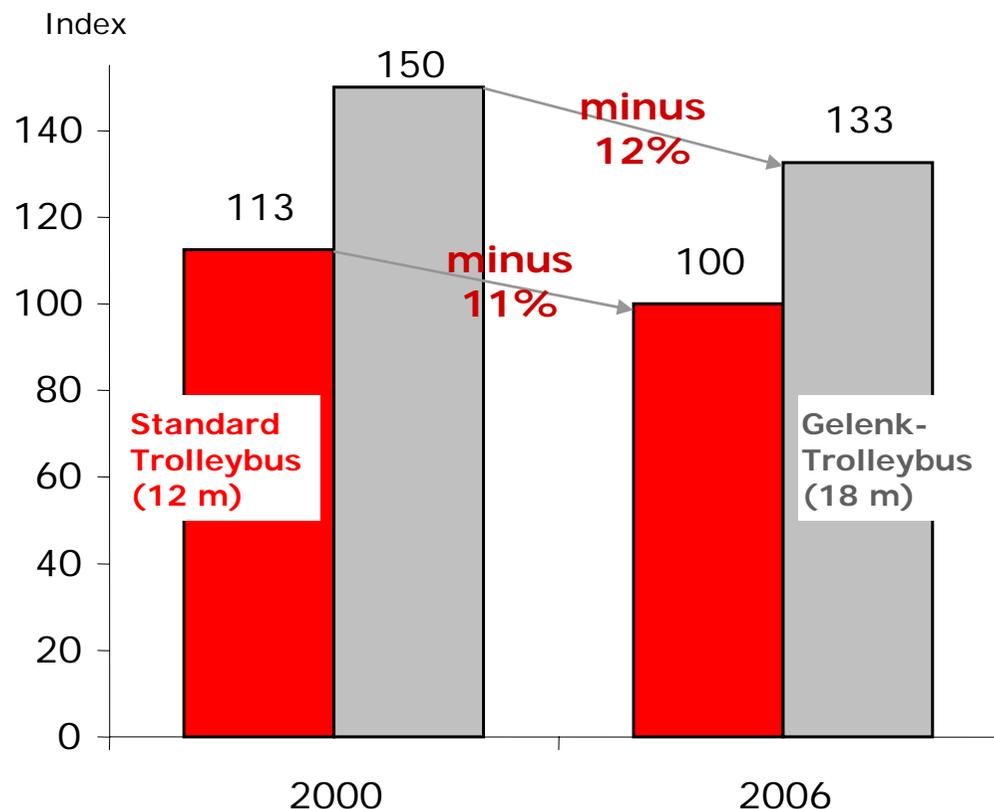
Quelle: VÖV, Schweiz

## 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 CO<sub>2</sub>/kWh
- Für Tram und Trolleybus Annahme des Strommix Schweiz mit 120 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Umrechnungsfaktor für Dieselkraftstoff: 2.611 t CO<sub>2</sub> pro Liter
- Treibstoffverbrauch Schifffahrt und Diesellokomotiven teilweise geschätzt

# Die Anschaffungspreise für Trolleybusse sanken in den vergangenen Jahren

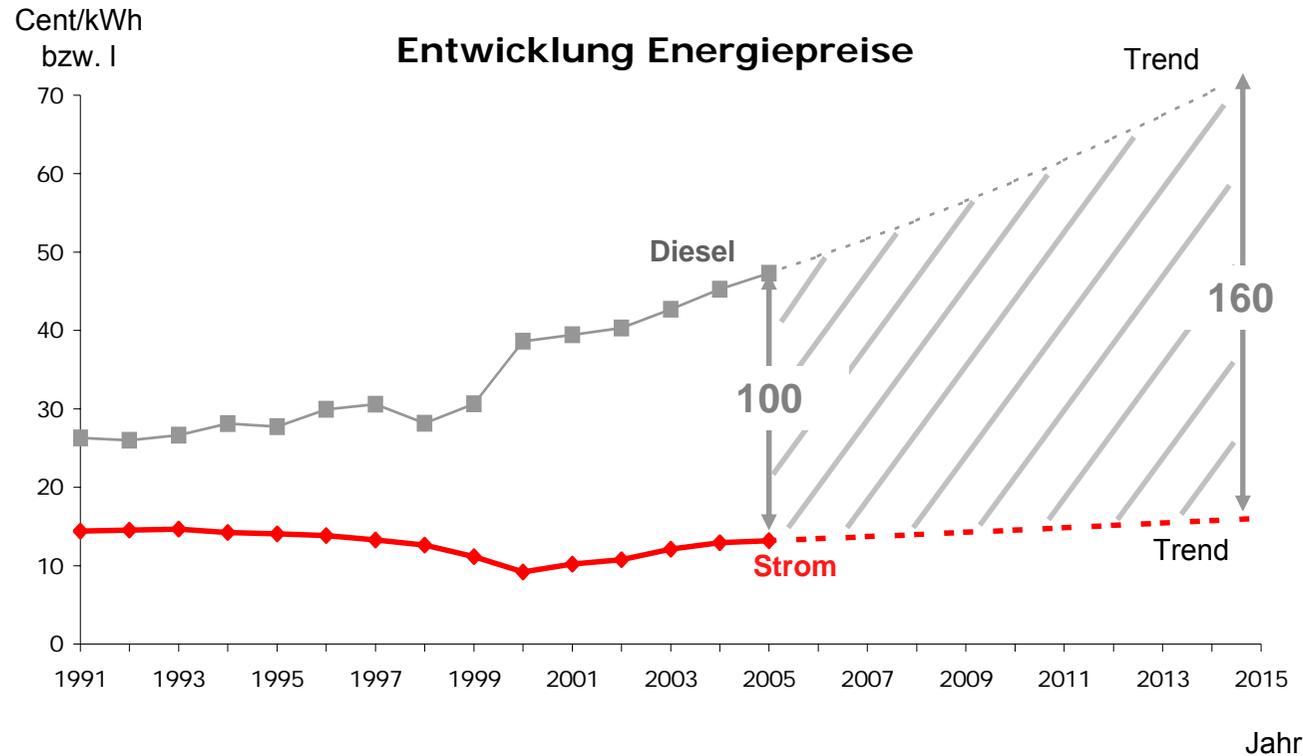
Entwicklung der Trolleybus-Preise von 2000 bis 2006



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

# Trolleybus-Systeme sind schnell und günstig zu realisierende Strassenbahnen



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

➔ **Trolleybus = "Lightram"**

<b>Dauer</b>	<b>Strassenbahn</b>	<b>Trolleybus</b>	<b>Investitionen</b>	<b>Strassenbahn</b>	<b>Trolleybus</b>
Planung	5-10 J.	1-2 J.	Infrastruktur	1.000	100
Bau <sup>1</sup>	5-10 J.	1-2 J.	Fuhrpark	300	100
<b>Gesamt</b>	<b>10-20 J.</b>	<b>2-4 J.</b>	<b>Gesamt</b>	<b>1.300</b>	<b>200</b>

↑
↑  
**Fünf mal so lang**
↑
↑  
**Sechs mal so hoch**

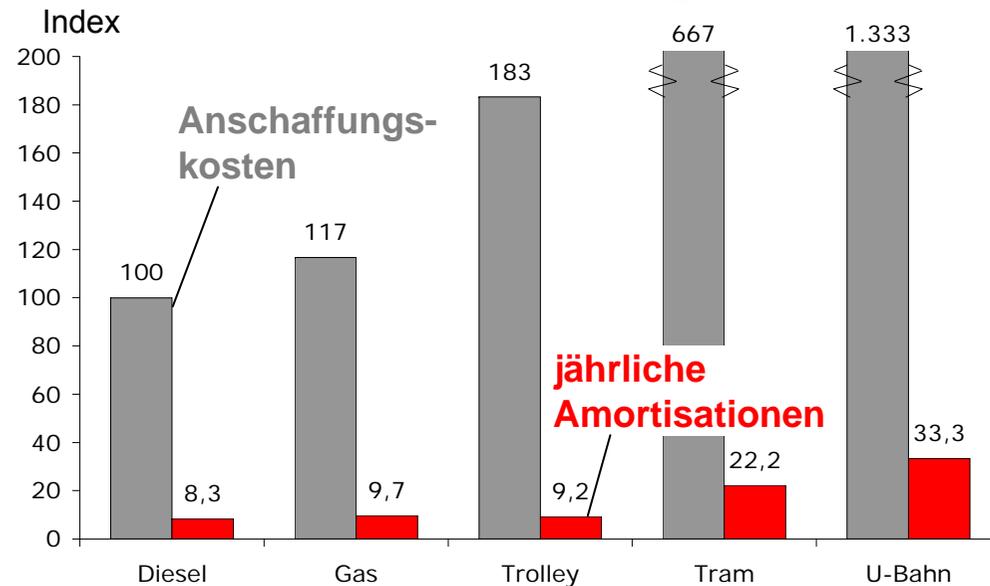
Darüber hinaus betragen die Betriebskosten weniger als 50%

➔ **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

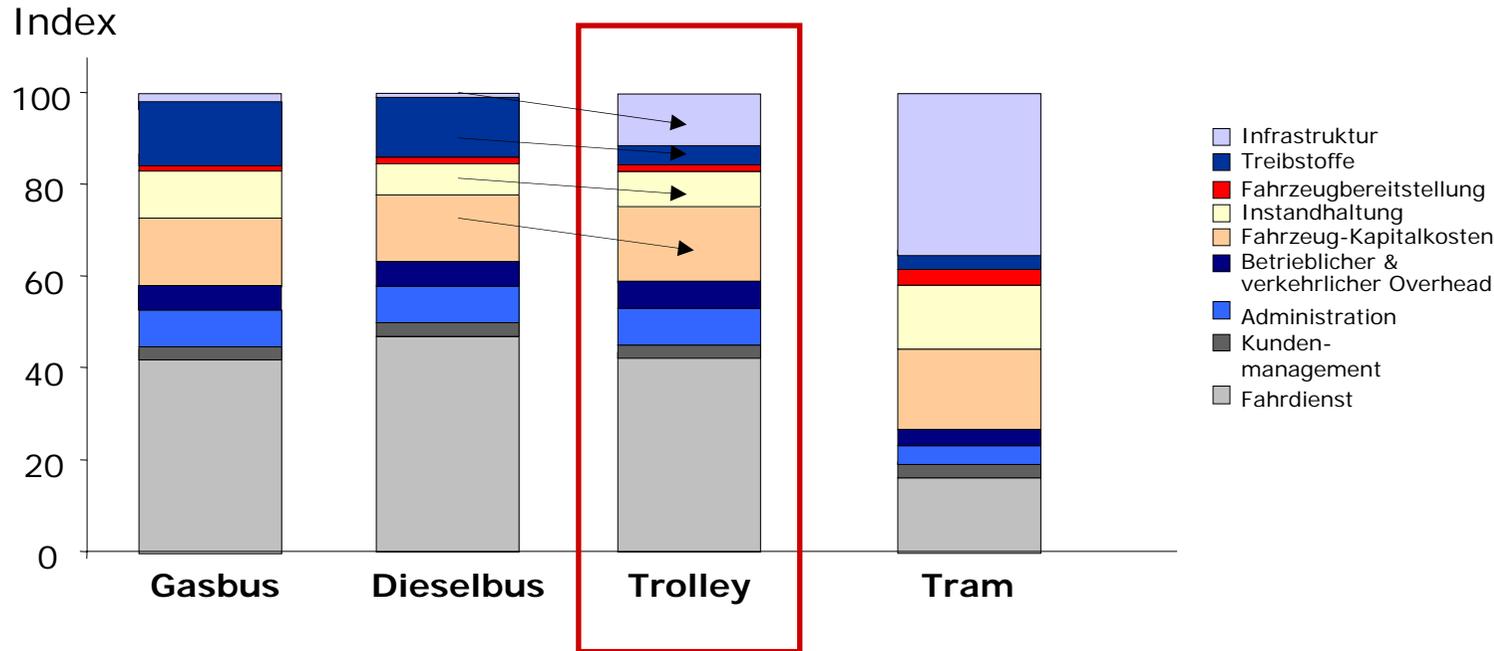
Anschaffungskosten und jährliche Amortisationen im Vergleich



- ➔ 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

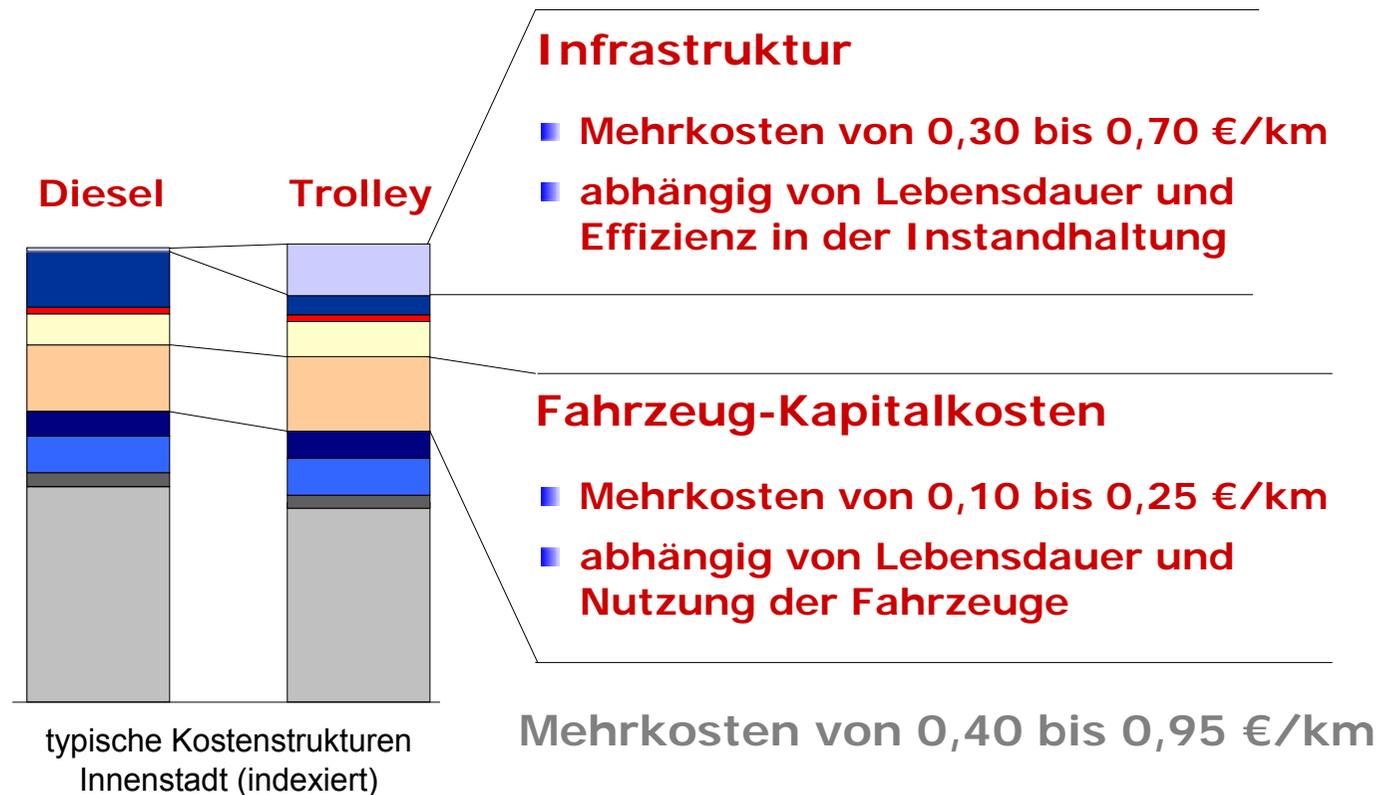
# Ausgangspunkt für Wirtschaftlichkeit und effizienten Einsatz ist die Kostenstruktur

## Vollkostenbetrachtung je Angebots-km

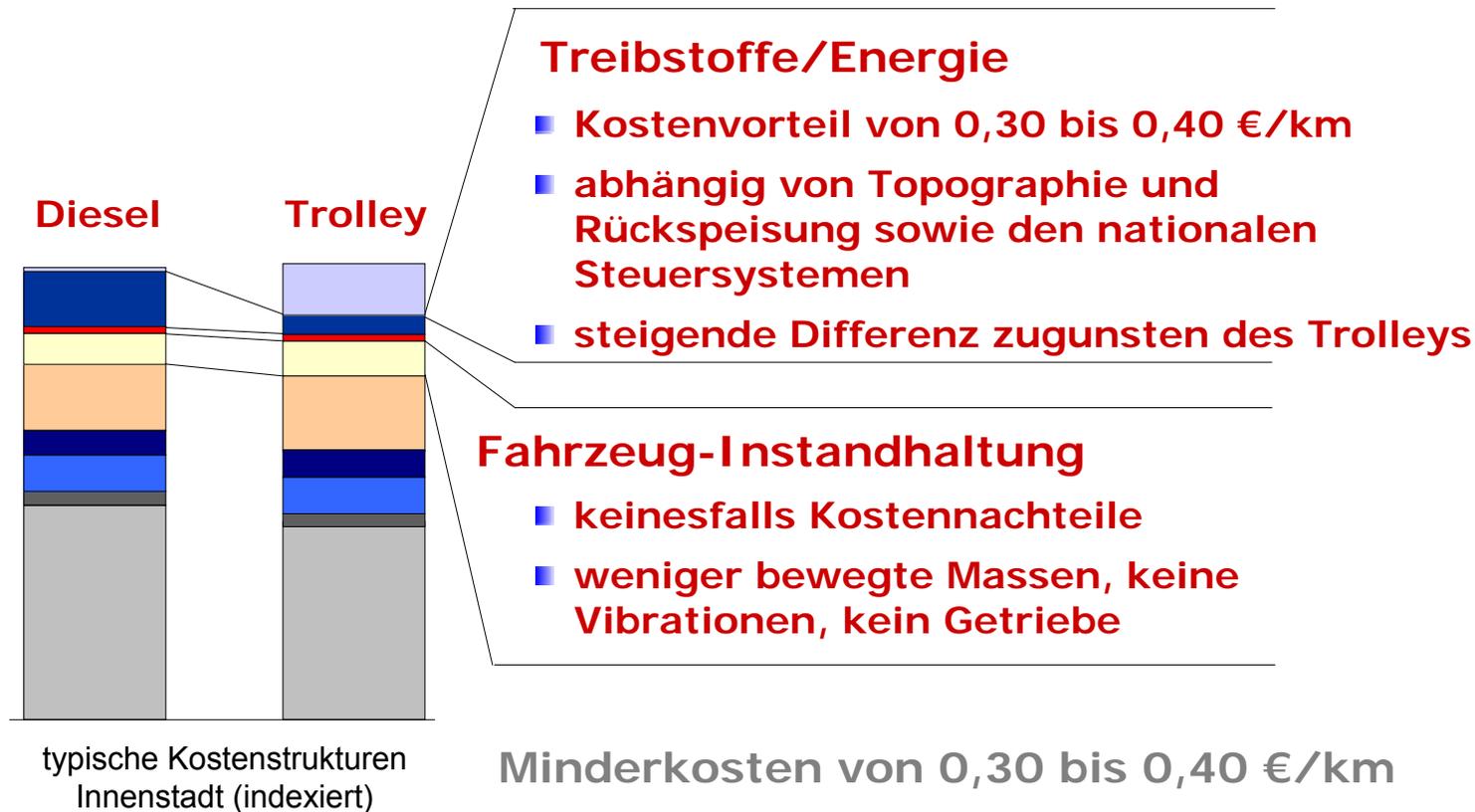


- Der Fahrdienst ist bei den Bussystemen jeweils der größte Kostenblock
- Die Tram ist mit Infrastruktur und Kapitalkosten für die Fahrzeuge stark fixkostenlastig
- Der Trolleybus muss ebenfalls seine Infrastruktur und teureren Fahrzeuge "verdienen"

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



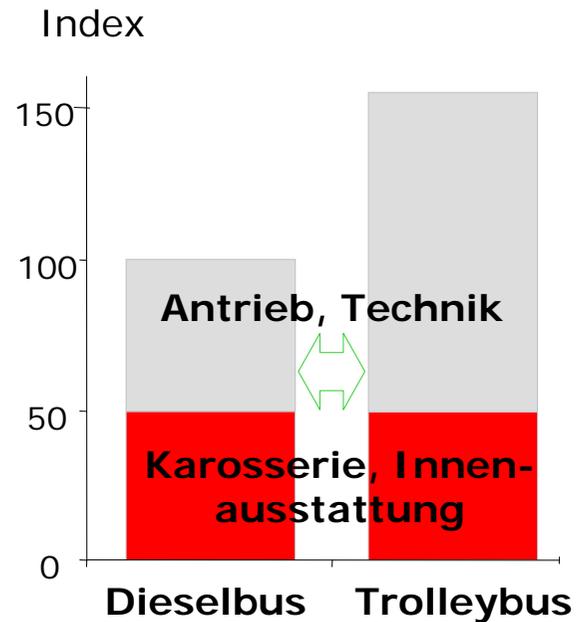
# Dem stehen aber Einsparungen an anderer Stelle gegenüber



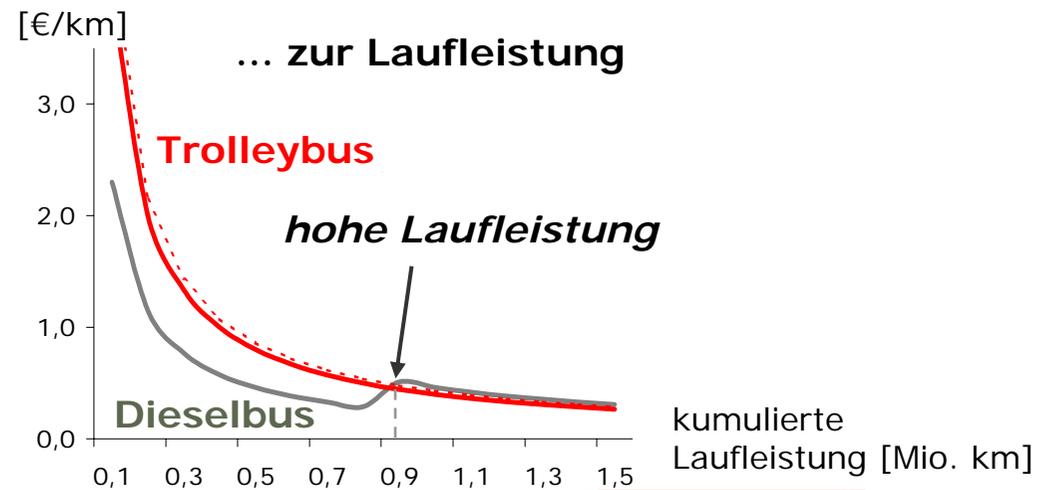
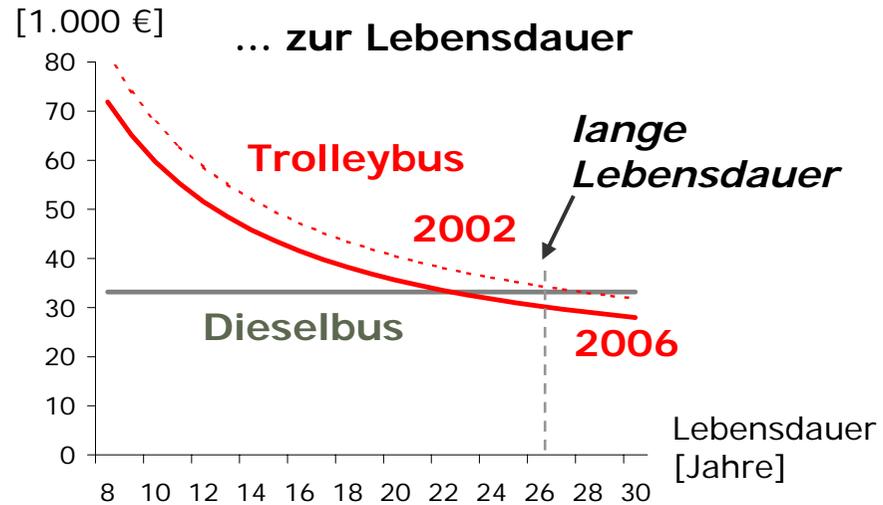
- ➔ **Insgesamt Mehrkosten zwischen 0 und 0,65 €/km**
- ➔ **Trolleybus kann genauso günstig wie der Dieselbus produzieren**
- ➔ **Maximal 15% teurer bezogen auf die Gesamtkosten**

# 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	<b>0,18</b>	0,54
Instandhaltung	0,37	0,37	0,48
Fzg <sup>1</sup> .-kapitalkosten	0,62	0,62	0,51
Infrastruktur	0,27	0,27	0,02
Weitere Funktionen	-----	identisch	-----
<b>Gesamt</b>	<b>1,54</b>	<b>1,44</b>	<b>1,55</b>

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

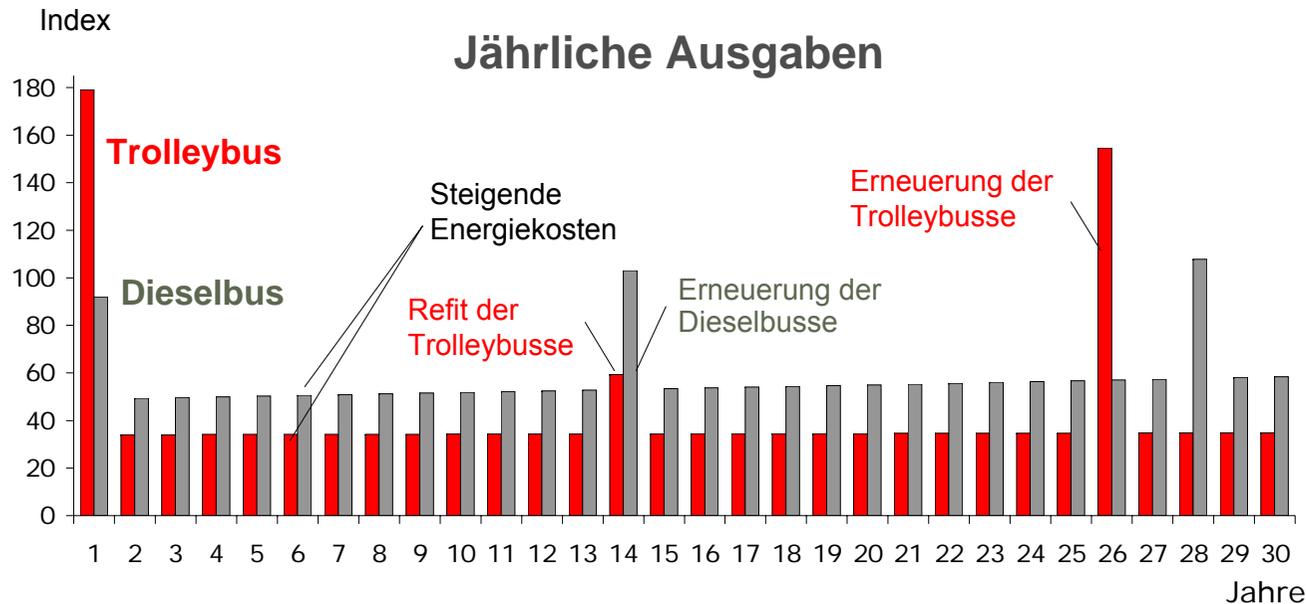
- **Erstmalig konnte der Trolleybus in Solingen genauso günstig wie der Dieselbus produzieren**
- **Durch die Stromrückspeisung konnten sogar Kostenvorteile erzielt werden**
- **Technische Weiterentwicklungen und die hohe Nutzung führen zu besseren Kosten in Solingen**
- **Nicht nur aus Umweltgründen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

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

1. April 2008/16

<sup>1</sup> Fzg = Fahrzeug

# Für die sachgerechte Systementscheidung sind die Lebenszykluskosten zu betrachten



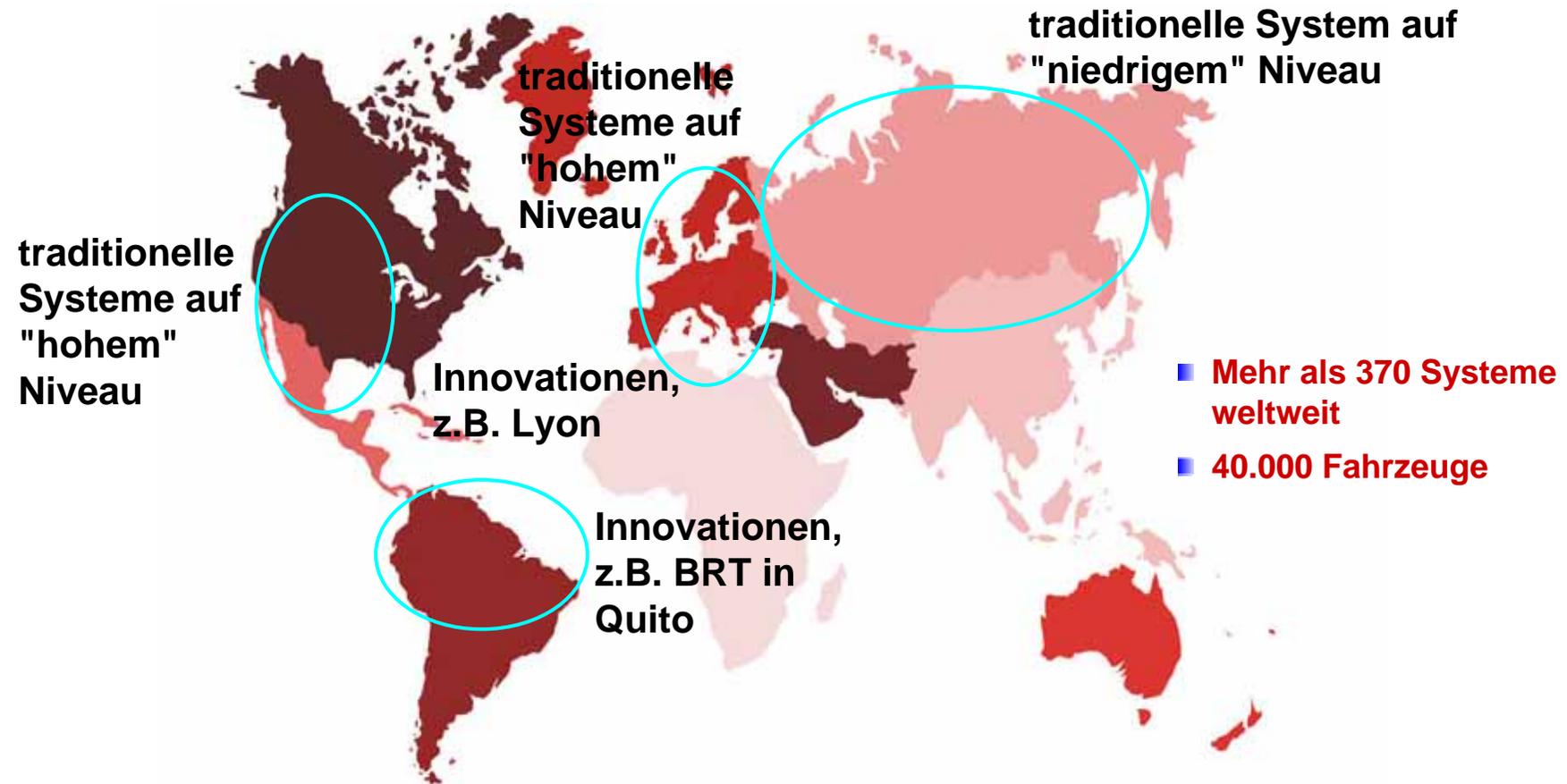
- Die höheren Anfangsinvestitionen verteilen sich beim Trolleybus auf eine längere Lebensdauer
- Eine Modernisierung der Fahrzeuge ist eingerechnet
- Steigende Energiekosten sind berücksichtigt

- 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

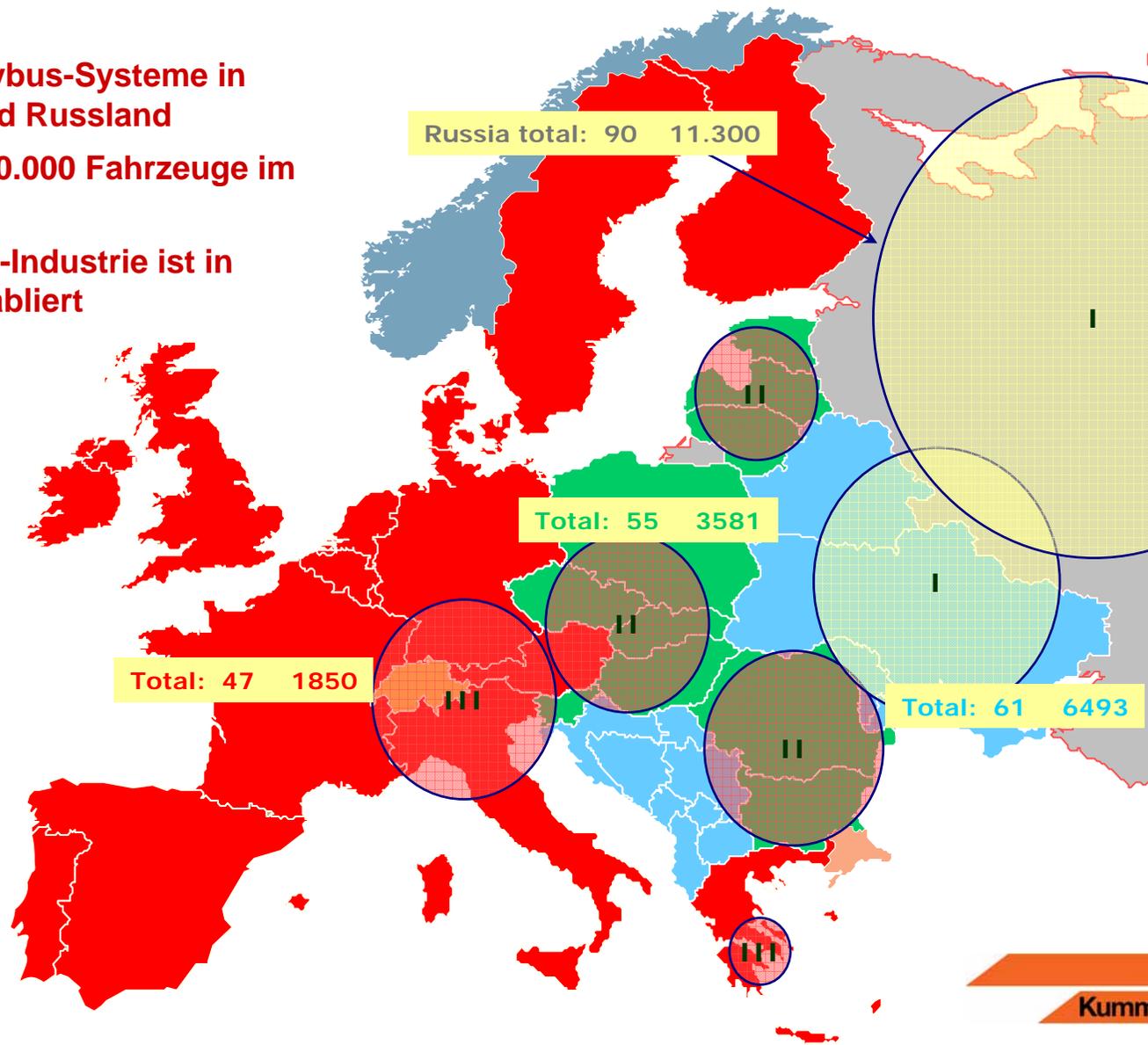
- 1. Eng bebaute Quartiere**  
Geringere Geräusche und keine lokalen Emissionen führen zu hoher Lebensqualität
- 2. Hügelige Topographie**  
Durch Stromrückspeisung werden weitere Kostenvorteile erzielt
- 3. Kompaktes Netz mit engen Fahrtenintervallen**  
Optimale Ausnutzung der Investitionen in Infrastruktur 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



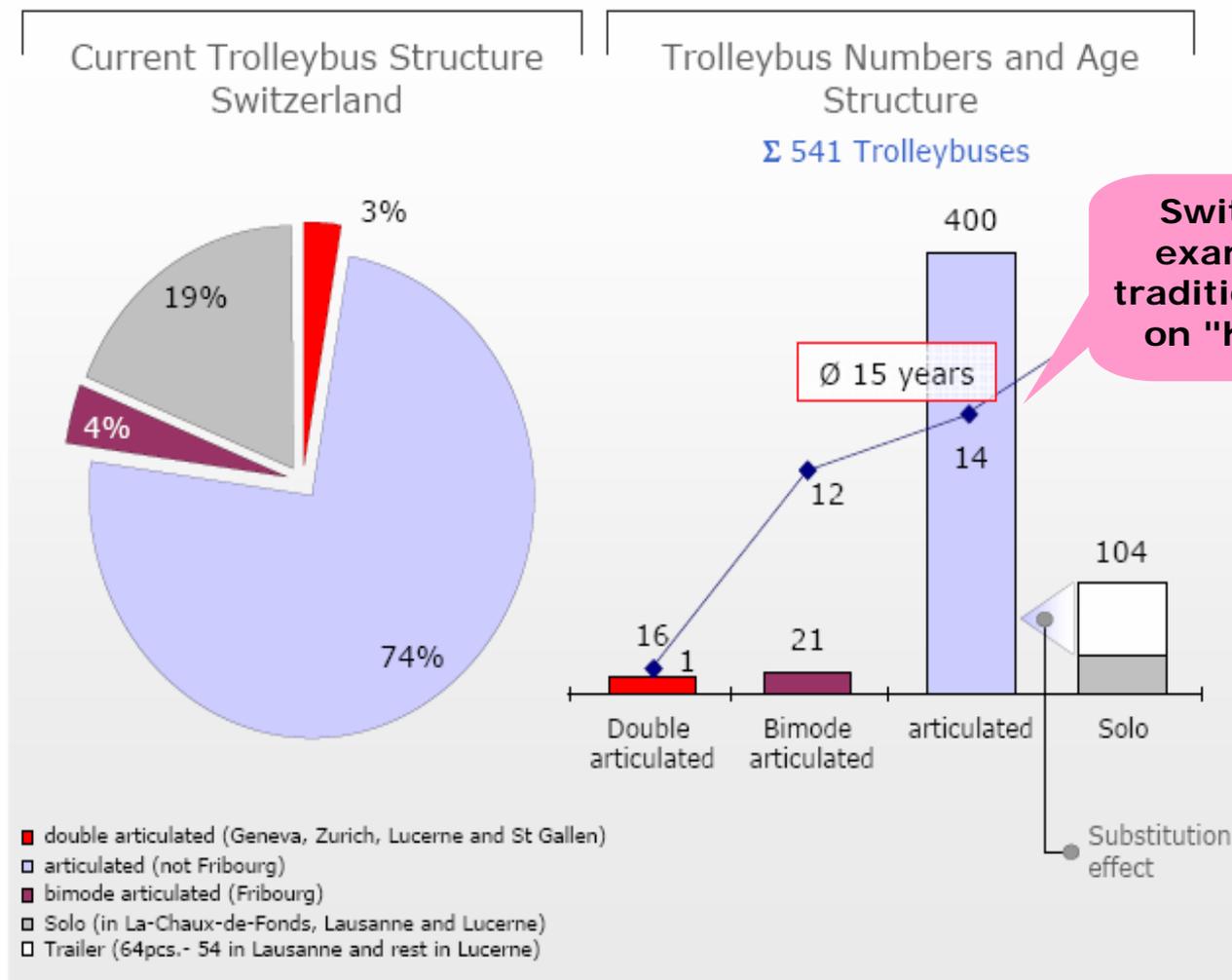
# Aktuelle Segmente im Trolleybusmarkt in Europa

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



1. April 2008/20

# Trolleybusmarkt in der Schweiz - Gelenkbusse dominieren



Switzerland - example for a traditional market on "high" level

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**