

## Vor und Nachteile moderner Trolleybussysteme

Trolleybusse haben mit einem Alter von fast 130 Jahren eine lange Tradition, jedoch sind die Hochzeiten nach dem 2. Weltkrieg und in den frühen 1980-iger Jahren vorbei.

Offensichtlich haben sie ihren Charme und ihre technische Innovation eingebüßt.

Trolleybus-Befürworter verneinen dies vehement und verweisen auf eine kleine Renaissance hin: Castellón, Athen, Rom, Verona und Pescara, Quito, Merida und Riad - alle auf dem falschen Weg?

Vorliegender Artikel befasst sich mit den wesentlichen Vor- und Nachteilen moderner Trolleybussysteme.

Vorteile	Nachteile
<b>geringe Energie- und Betriebskosten</b> <b>keine lokalen Emissionen (Luft und Lärm)</b> <b>Fahrdynamik</b>	<b>hohe Investitionen</b> <b>Fahrleitung - Sichtbarkeit und Instandhaltung</b> <b>Image</b>

### Nachteile

Die wesentlichen Nachteile des Trolleybus sind bekannt und haben sich auch in den letzten Jahren nicht verändert: Hohe Anfangsinvestitionen in das System und die Fahrleitungs konstruktion an sich.

Die hohen Investitionen resultieren einerseits aus den Anschaffungskosten für die Fahrzeuge, die rund 70% bis 100% über denen normaler Dieselbusse liegen. Moderne Trolleybusse kosten derzeit in Westeuropa als 18 m Gelenkfahrzeug etwa 700 T€ - im Vergleich zu manchem Hybridbus für 800 T€ sind sie damit deutlich günstiger. Da Hybridbusse technisch gesehen beinahe ein Trolleybus sind, wird klar, warum die Investitionen für die beiden Fahrzeuge auf ähnlichem Niveau liegen.

Die für den Trolleybus erforderliche Stromversorgung und Fahrleitungsinfrastruktur verursacht ebenfalls hohe Investitionen. Im Gegensatz zur Straßenbahn benötigt er aber keinen aufwendigen Fahrweg und kann die vorhandenen Bushaltestellen nutzen. Im Durchschnitt entstehen Investitionen von rund 350 T€ pro Kilometer Fahrleitung (inkl. Unterwerke, Speiseleitungen und Maste), was gegenüber der Straßenbahn eine Einsparung von etwa 80% bedeutet.

Selbstverständlich verursacht die Fahrleitung auch Instandhaltungskosten im laufenden Betrieb. Häufig sind hierfür aber externe Gründe ausschlaggebend, wie LKW mit Überhöhe oder Straßenbauarbeiten. Die durch Verschleiß induzierte laufende Instandhaltung an der Trolleybus-Fahrleitung und den Stromversorgungsanlagen ist an sich gering. Problematisch sind allein die Strukturkosten, die durch die Vorhaltung von Turmwagen und Ausrüstung entstehen, unabhängig davon, ob viel oder wenig Instandhaltung durchgeführt wird. Im Durchschnitt resultierten in einem Vergleich von sechs Betrieben Instandhaltungskosten für die Trolleybusinfrastruktur von 4.400 € p.a. und Kilometer Fahrleitung.

## Trolleybus - die leistbare Stadtbahn

Vielfaches der ...	Diesel-bus	Trolley-bus	Hybrid-bus	Straßen-bahn	U-Bahn
... Investitionen Infrastruktur	-	1	-	10	100
... Investitionen Fahrzeuge	0,6	1	1	3	5
... Realisierungszeit *	0,5	1	1	5	10

\* Planung und Bau

Die Fahrleitung beim Trolleybus unterscheidet sich wenig von der Straßenbahn, lediglich ein zweites Kabel wird benötigt, um den Strom abzuleiten. Trotzdem reagieren politische Entscheidungsträger beim Anblick einer Trolleybus-Fahrleitung häufig negativ, während dies bei der Straßenbahn nicht so zu sein scheint. Die Industrie reagiert mit "leichteren" Fahrleitungskonstruktionen und vor allem dem partiellen Trolleybus. Dieser besitzt einen Energiespeicher (Schwungrad, Superkondensatoren, Batterien oder Kombinationen davon) oder einen Verbrennungshilfsantrieb an Bord, um auch fahrleitungslose Streckenabschnitte, wie z. B. in Innenstädten oder in Randgebieten bedienen zu können.

Hinsichtlich des Images hat der Trolleybus den Nachteil, dass die Innovation des elektrischen Antriebs, die der Hybridbus für sich nutzen kann, nicht auf den Trolleybus übertragen wird. Da sowohl der als innovativ geltende Hybrid- oder auch Gasbus äußerlich dem Trolleybus sehr ähnlich sind, kann aus dem Äußeren zumindest kein Nachteil für den Trolleybus abgeleitet werden. Mit einer modernen Gestaltung kann dem technisch innovativen Trolleybus auch sein verstaubtes Image genommen werden, wie dies mit den Fahrzeugen für Riad durchaus gelungen ist.



Trolleybus für Riad, modernes Design

### Vorteile

Der Trolleybus hat gegenüber allen anderen Traktionsarten im öffentlichen Verkehr (öV) klare Vorteile bei den Betriebskosten, die im Wesentlichen aus den - zumindest in Westeuropa - erheblich geringeren Energiekosten resultieren. Hier entsteht ein Kostenvorteil, der je nach nationalen Energiepreisen und insbesondere Steuergesetzen, bis zu 0,50 € je Kilometer und damit bis zu 10% der Betriebskosten betragen kann.

In der Instandhaltung ist der Trolleybus mit anderen Bustypen vergleichbar. Häufig genannte Mehrkosten in diesem Bereich sind oft auf ungenaue oder auf falsche Zuordnung von Arbeitszeiten und -kosten in der Werkstatt zurückzuführen. Immerhin ist der elektrische Antrieb robust und weist keine bewegten Massen auf, sodass kaum Vibrationen und Verschleiß anfallen. Leider ist die moderne Steuerungselektronik erheblich kurzlebiger als früher, aber diese findet beispielsweise auch im Hybridbus oder in modernen Straßenbahnen Verwendung.

Selbst unter Einbeziehung von Kapitalkosten für die Fahrzeuge existieren in Westeuropa Trolleybusbetriebe, die Kilometerkosten von unter 3,- Euro aufweisen.

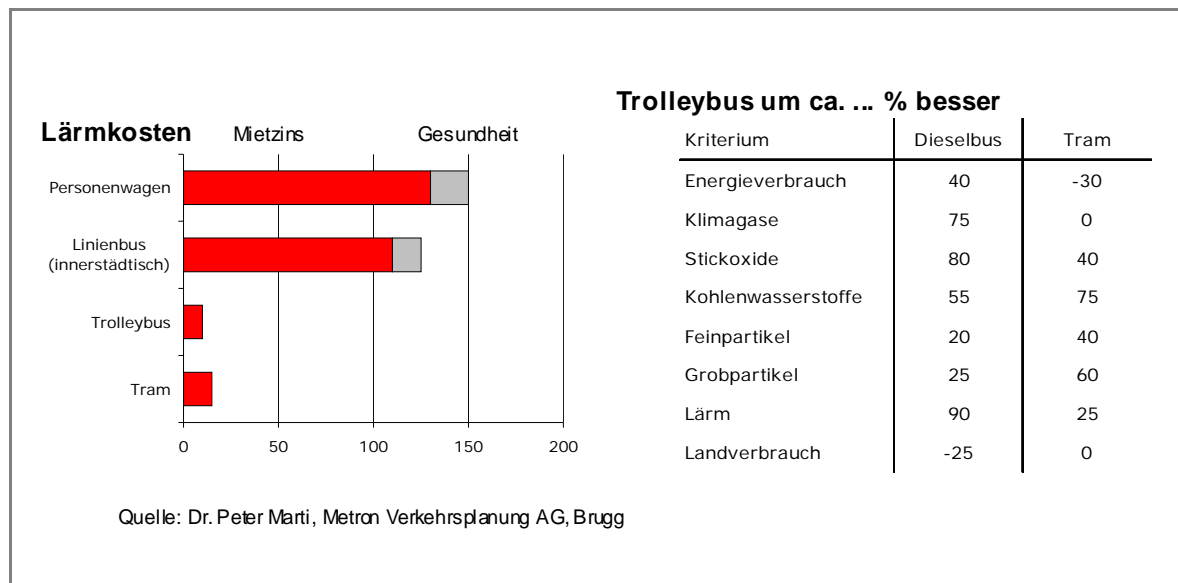
Auf Grund seiner exzellenten Fahrdynamik die dem elektrischem Antrieb geschuldet ist, kann in größeren Netzen auch die Einsparung im Bedarf an Fahrzeugen nachgewiesen werden. Hierdurch werden nicht nur die Kapital- bzw. Investitionskosten gesenkt, sondern auch die Betriebskosten (Fahrer, Instandhaltung). Der elektrische Antrieb mit seinem hohen Drehmoment spielt auch bei der Beförderung großer Lasten seine Vorteile aus. So ist nur der bisher in der Schweiz in mehreren Städten eingesetzte Doppelgelenk-Trolleybus als Straßenfahrzeug eine echte Option zu in etwa gleich großen Straßenbahnen. Immerhin können beispielsweise in Zürich rund 200 Fahrgäste in einem Fahrzeug komfortabel und schnell befördert werden - und das, ohne die Errichtung einer aufwendigen Schieneninfrastruktur.



Doppelgelenk-Trolleybus in Zürich

Die Vermeidung lokaler Emissionen ist sicher der größte Vorteil für den Trolleybus. Hier geht es aber nicht nur um die Giftgase wie CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Methan und Feinstaub sondern auch um Lärm. Lärmbedingte Krankheiten nehmen stark zu und sind bereits ein ernsthaftes Problem in städtischen Regionen. Auch die Regionen und Städte führen einen Wettbewerb untereinander hinsichtlich Attraktivität für Ansiedlung von Gewerbe und Einwohnern, wie dies in anderer Art in Tourismusregionen bereits seit Jahren der Fall ist. Der Trolleybus ist ein aktiver und bedeutender Beitrag für eine lebenswerte Stadt - heute und in Zukunft.

Im Hinblick auf die Vermeidung von Folgekosten für die Gesellschaft, die aus Luftverschmutzung oder Lärm resultieren, ist der Trolleybus in der Reihe der öV-Varianten sicher an erster Stelle.



Angesichts bereits bestehender Grenzwerte für Feinstaub und Überlegungen der EU, für die Überschreitung Grenzwerten Strafzahlungen einzuführen, erhalten Emissionen eine reale wirtschaftliche Bedeutung für die Kommunen (analog zu CO<sub>2</sub>-Zertifikaten der Industrie). Dann würden derzeit noch externe Kosten - zumindest teilweise - internalisiert, was ohne Zweifel zu einem wirtschaftlichen Vorteil für den Trolleybus führt. Hier sind insbesondere die Emissionskosten für Luftverschmutzung und Lärm (Stichwort Gesundheitskosten) zu nennen. Der Hybridbus hat wegen seiner hohen Anschaffungskosten und Energieeinsparungen von nur 20-25% ggü. dem Dieselbus umweltseitig sicher keine Zukunft und wird zu Recht als "Brückentechnologie" bezeichnet.

## Zusammenfassung

Der Trolleybus hat Vor- und Nachteile, die Industrie hat an beidem gearbeitet. Beim modernen Trolleybussystem werden die Nachteile der hohen Investitionen, der durchgängigen Fahrleitung, der geringen Flexibilität und des Image erheblich abgemildert. Fahrleitungslose Abschnitte sparen nicht nur Investitionen und Instandhaltungskosten, sondern reduzieren auch die allfällige optische Beeinträchtigung und stellen die Unversehrtheit der Bausubstanz durch nicht erforderliche Wandanker z.B. in historischen Innenstädten sicher. Fahrzeuge mit Energiespeichern an Bord sind flexibler als früher und kommen auch ohne permanente Fahrleitung aus. Angesichts der hohen Effizienz der Stromübertragung über Fahrleitung und Gleitschuhe einerseits und der noch immer deutlich zu geringen Energiedichte/-kapazität von Batterien bei gleichzeitig hohem Gewicht andererseits, ist ein öV-System mit abschnittsweiser Fahrleitung wirtschaftlich und ökologisch auf absehbare Zeit noch klar zu bevorzugen. Selbst bei einer - von Physikern auf Grund von naturwissenschaftlichen Grundgesetzen durchaus bezweifelte - Verdoppelung der Dichte und Kapazität von Batterien alle fünf bis zehn Jahre, ist ein vollelektrischer Antrieb, der gänzlich ohne Fahrleitung oder andere leitungsgebundene Stromübertragung auskommt, allein aus Gewichtsgründen noch Jahrzehnte nicht sinnvoll. Induktiv arbeitende Systeme scheitern an ihren sehr hohen Kosten.

Dass der Trolleybus eine gewisse Renaissance erlebt und als modernes Fahrzeug/System wieder mehr in den Fokus der Überlegungen rückt, macht auch das von der EU geförderte Projekt "TROLLEY" deutlich. Hier werden u.a. Studien über "leichtere" und kostengünstigere Fahrleitungsinfrastruktur sowie über die optimale Art der Speicherung von Energie auf dem Fahrzeug und auch im System durchgeführt ([www.trolley-project.eu](http://www.trolley-project.eu)). Weitere Informationen zum Trolleybus mit jeweils aktuellen Nachrichten sind regelmäßig unter [www.trolleyemotion.com](http://www.trolleyemotion.com) zu finden.