

Pro Obus ist Pro Wirtschaftlichkeit

1. Was heißt „Wirtschaftlichkeit“?

Jedermann glaubt zu wissen, was unter dem Begriff der „Wirtschaftlichkeit“ zu verstehen ist. Nur zu oft wird er indessen zu eng gefasst. Deshalb soll hier vorerst rekapituliert werden, was er beinhaltet:

- die Kosten: je geringere Kosten anfallen, desto wirtschaftlicher ist ein Produkt. Dabei geht es um die Investitionskosten resp. daraus abgeleitet die Kapitalkosten die Betriebs- und Unterhaltskosten,
- die Ertragsseite: je mehr Kundennutzen ein Produkt stiftet, desto höher ist die Zahlungsbereitschaft der Kunden, desto besser wird ein Produkt auch vom Markt aufgenommen. Logische Schlussfolgerung: es generiert Mehrerträge und desto wirtschaftlicher ist es auch
- die sog. „externen Kosten“ wie Luft und Lärmbelastungen, Unfälle etc.: je weniger externe Kosten ein Produkt verursacht, desto besser ist es aus einer volkswirtschaftlichen Sicht.

Bei einer Beurteilung der Produkte „Beförderung mit Dieselbus“ resp. „Beförderung mit Trolleybus“ ist dies nicht anders. Dass eine Kostenbetrachtung zu einer Wirtschaftlichkeitsanalyse gehört, braucht nicht näher erläutert zu werden. Dass aber auch Marktüberlegungen, d.h. die Frage, welches Produkt besser vom Markt aufgenommen wird, zu einem Wirtschaftlichkeitsvergleich gehören, geht gelegentlich vergessen. Noch öfters wird die volkswirtschaftliche Seite ausgeblendet. Dabei sind die externen Kosten gerade im Verkehr sehr bedeutsam. Die Öffentlichkeit als Vertreterin der Interessen der Allgemeinheit und gleichzeitig wichtige Bestellerin von Leistungen und Finanziererin von Verkehrsinfrastrukturen muss diese Aspekte berücksichtigen. Die Öffentlichkeit als Kundin kann und muss auch mit Argumenten zu den externen Kosten überzeugt werden. Im folgenden werden diese Aspekte der Wirtschaftlichkeit erörtert. Es wird auf heutige Daten zurückgegriffen, aber es werden auch die Aussichten kurz andiskutiert. Wirtschaftlichkeitsüberlegungen werden beim Einsatz von Trolleybussen aber nicht nur „absolut“ angestellt, sondern oft in Relation zu konkreten Alternativen. Hauptkonkurrent für Trolleybusse sind Dieselbusse. Deshalb werden im folgenden die Wirtschaftlichkeitsaspekte in Relation zum Dieselbus gestellt.

Die Ausführungen zur betriebswirtschaftlichen Seite gründen auf Unterlagen der Verkehrsbetriebe Winterthur, der Verkehrsbetriebe Luzern und der Verkehrsbetriebe Zürich sowie auf Erfahrungen der Metron Verkehrsplanung AG und eigenen Berechnungen.

2. Betriebswirtschaft: die Kostenseite

2.1 Investitions- und Kapitalkosten

Die Kosten für die Benützung der Strasse werden im ganzen folgenden Dokument ausgeklammert. Sie wären in beiden betrachteten Alternativen identisch. Die Investitionskosten für Trolleybus-Systeme sind deutlich höher als in Dieselbusse, wie folgende Tabelle zeigt. Sie gründet auf einem konkreten Fall in Winterthur/ Schweiz, wo entsprechende Überlegungen für die Linie 4, einen Rundkurs von ca. 4.5 km Länge und 10-Minutentakt angestellt worden sind. Allerdings wurden die Zahlen leicht modifiziert, u.a. um

damit linienspezifische Kosten zu eliminieren. Zudem wurde auch gefragt, erstens mit welchen Kosten für eine Neuanlage zu rechnen ist und zweitens, mit welchen Kosten bei einem 5-Minuten-Takt zu rechnen ist.

Es ist mit folgenden Investitionskosten zu rechnen:

Tabelle 1		Dieselbus	Trolleybus	
in Mio. €			Ersatz	Neuanlage
Fahrzeuge	10 Min. Takt	0,8	1,5	1,5
	5 Min. Takt	1,6	2,9	2,9
Leitung			0,5	1,8
Total	10 Min. Takt	0,8	2,0	3,3
	5 Min. Takt	1,6	3,4	4,8

Investitionskosten in Dieselbusse resp. ein Trolleybus-System für einen Rundkurs mit 5- resp. 10-Minuten- Takt, Ersatz- und Neuanlage. Quelle: EBP 2002, VBL 2002, eigene Annahmen

Gerade bei der Fahrleitung können die Kosten enorm vom eingesetzten Mittelwert abweichen. Am günstigsten sind Fahrleitungen in geraden Häuserschluchten, am kostspieligsten sind kurvige und Strecken in coupiertem freiem Gelände. Auch Weichen sind kostspielig, erlauben aber möglicherweise auch die Nutzung gemeinsamer Streckenabschnitte durch mehr als eine Trolleybuslinie.

Die Zahlen zeigen indessen klar: bezüglich Investitionsaufwand sind Trolleybusse sehr viel teurer als Dieselbusse. Trolleybusse sind

- 4 mal so teuer wie Dieselbusse bei einer Neuanlage und 10-Min.-Takt
- 3 mal so teuer bei einer Neuanlage und 5 Min.-Takt
- 2.5 mal so teuer bei einer Ersatzbeschaffung und 10 Min.-Takt
- 2 mal so teuer bei einer Ersatzbeschaffung und 5 Min.-Takt

Ist bei diesen krassen Befunden das Thema Wirtschaftlichkeit für den Trolleybus schon erledigt? Nein.

Leider sehen aber viele Leute, insbesondere PolitikerInnen, oft nur diese eine Zahl und schließen voreilig, dass Trolleybusse unwirtschaftlich sind. Eine seriöse Betrachtung darf diese Zahlen aber nur zur Grundlage nehmen für weitere Wirtschaftlichkeitsüberlegungen.

Die Investitionskosten sind die Grundlage für die Kapitalkosten aus Verzinsung und Amortisation. Die anrechenbaren Kapitalkosten hängen stark ab von folgenden Faktoren:

- Abschreibungsdauer: je länger die wirtschaftliche Lebensdauer, desto geringer fällt die jährliche Belastung aus Verzinsung und Amortisation aus, die Differenz zwischen Trolleybussen und Dieselbussen verringert sich;
- Zinssatz: je tiefer der Zinssatz, destogeringer fällt die Verzinsung der Investitionskosten aus, die Differenz zwischen Trolleybussen und Dieselbussen verringert sich nochmals.

Ist die Lebensdauer von Dieselbussen und Trolleybussen unterschiedlich, d.h. diejenige von Trolleybussen höher, dann würde sich die Wirtschaftlichkeitsrechnung nochmals zugunsten

des Trolleybusses verbessern.

Genau dies ist der Fall: Trolleybusse werden in der Regel in längeren Zeiträumen abgeschrieben als Dieselbusse. Die Abschreibungspraxis ist indessen nicht einheitlich. Konkret sind Abschreibungsdauern von 10 und 14 Jahren für Dieselbusse, von 15 und 18 Jahren für Trolleybusse bekannt.

Variiert man die verschiedenen Parameter, öffnet sich ein weites Feld von Kostenangaben. Die folgenden Rechnungen wurden auf der Basis von Gelenkbussen vorgenommen. In Tabelle 2 wurden dem mittleren Fall eine für den Trolleybus sehr günstige und eine sehr ungünstige Kombination von Annahmen gegenübergestellt:

- günstiger Fall: kurze Abschreibungsdauer beim Dieselbus, lange Abschreibungsdauer beim Trolleybus, tiefer Zinssatz
- ungünstiger Fall: lange Abschreibungsdauer beim Dieselbus, kurze Abschreibungsdauer beim Trolleybus, hoher Zinssatz

Tabelle 2 Fall	Amortisationsdauer (Jahre)			Zinssatz (%)	Takt (in Min.)	Kosten Trolleybus (Dieselbus = 100)
	Dieselbus	Trolleybus	Fahrleitung			
Ersatz (mittlerer Fall)	11	16	22	4	10'	176
Ersatz	12	15	22	5	10'	199
Ersatz	10	22	22	3	10'	132
Neuanlage (mittlerer Fall)	11	16	22	4	10'	277
Ersatz (mittlerer Fall)	11	16	22	4	5'	157
Ersatz	12	15	22	5	5'	178
Ersatz	10	22	22	3	5'	115
Neuanlage (mittlerer Fall)	11	16	22	4	5'	207

Tabelle 2: Kapitalkosten für eine Trolleybuslinie unter unterschiedlichen betrieblichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Dieselbus = 100)

Tabelle 2 lässt folgende Schlüsse zu:

- die Kapitalkosten für den Trolleybus sind auch unter den günstigsten Annahmen höher als für den Dieselbus (15%)
- für den 10-Min.-Takt schwanken die Mehrkosten je nach Annahmen zwischen 30% und 100% für den günstigsten resp. ungünstigsten Fall, in einem mittleren Fall sind es ca. 75% (bei Ersatzanlagen)
- mit dem 5-Minuten-Takt sinken die Mehrkosten auf 15% bis 80% gegenüber dem Dieselbus
- die Neuanlagen sind mit mittleren Annahmen für Amortisationsdauer und Zinssatz 180% beim 10-Min.-Takt und 110% beim 5-Min-Takt höher. Der höhere Takt entlastet die Kapitalrechnung mehr als bei einer Ersatzinvestition.

Die Zahlen zeigen: nur schon die Berücksichtigung unterschiedlicher Lebensdauern für Trolley- und Dieselbusse korrigiert das Kostenbild aus der reinen Betrachtung des Investitionsaufwands erheblich.

Tabelle 3	Dieselbus	Trolleybus
-----------	-----------	------------

	€pro Fzkm	
Fixe Betriebskosten ohne Leitung	0,27	0,33
Fahrleitung		0,27
Total fixe Betriebskosten	0,27	0,60
Strom- resp. Treibstoffkosten	0,20 - 0,25	0,20 - 0,23
Übrige variable Kosten	0,47	0,47
Personalkosten	3,67	3,67
Total variable Betriebskosten	4,33 - 4,39	4,33 - 4,36
Total variable und fixe Betriebskosten	4,60 - 4,65	4,93 - 4,96

Tabelle 3: Betriebs- und Unterhaltskosten für Dieselbusse und Trolleybusse
Quelle: EBP2002 und eigene Berechnungen

2.2 Betriebs- und Unterhaltungskosten

Tabelle 3 zeigt die fixen und variablen Betriebskosten für Diesel- und Trolleybus. Interessant ist an dieser Zusammenstellung:

- die Personalkosten dominieren alle andern Kostenbestandteile bei weitem. Sie unterscheiden sich nicht zwischen Dieselbus und Trolleybus
- die periodische Erneuerung des Fahrdrachts macht den wesentlichen Unterschied zwischen Dieselbus und Trolleybus aus, verteuert aber den Betrieb nur um ca. 6%
- die Wahl von Green Diesel zur Verbesserung der Umweltbilanz des Dieselbus (Kosten von ca. 5 Cts. pro Fzkm) fällt ebenso wenig ins Gewicht wie die Kosten für die Verwendung von Strom aus erneuerbarer Wasserkraft (ca. 3 Cts. pro Fzkm)

Damit sind nun alle Elemente für eine integrale Betrachtung der Kostenseite beieinander.

2.3 Kosten: Gesamtübersicht

Die Zusammenstellung über die Kapitalkosten und die Betriebskosten erlauben nun eine Gesamtsicht (Tabelle 4 - siehe nächste Seite). Tabelle 4 und die Aussagen vorher zeigen ein recht verlässliches Bild über Höhe und Zusammensetzung der Vollkosten für den Trolleybus und den Dieselbus und deren Relation:

- der Trolleybus verursacht, auf einer vergleichbaren Kostenbasis betrachtet, ca. 10 bis 20% Mehrkosten gegenüber dem Dieselbus.
- Diese Mehrkosten hängen zwar von den Zinssätzen und der Amortisationsdauer ab. Wegen der Dominanz der Betriebskosten variieren die prozentualen Mehrkosten gegenüber dem Dieselbus aber nur um wenige Prozent
- Auch die Neuanlagen bewegen sich – mit einer Verschiebung um gut 5% nach oben – in diesem Rahmen.

2.4 „Verborgene“ Kosten des Trolleybusses

Dem Trolleybus werden zwei grosse betriebliche Nachteile nachgesagt, deren Bedeutung aber zu relativieren ist:

- mangelnde Flexibilität, weil sein Betrieb leitungsgebunden ist
- Probleme der Betriebsreserve bei Netzunterbrüchen

Kostenkategorie	Dieselbus	Trolleybus
Tabelle 4	€pro Fzkm	
1. Fixe Betriebskosten	0,27	0,60
2. Variable Betriebskosten	4,33 - 4,39	4,33 - 4,36
3. Investitionskosten/Kapitalkosten (mittlerer Fall) ¹		
Ersatzinvestition 10 Min.-Takt	0,55	0,97
Ersatzinvestition 5 Min.-Takt		0,87
Neuanlage 5 Min. Takt		1,15
Gesamte Kosten (Vollkosten, mittlerer Fall)		
Ersatzinvestition 10 Min.-Takt	-5,17	-5,93
Ersatzinvestition 5 Min.-Takt		-5,80
Neuanlage 5 Min. Takt		-6,10
Index der Gesamtkosten, wenn Dieselbus = 100		
Ersatzinvestition 10 Min.-Takt	100	115
Ersatzinvestition 5 Min.-Takt		112
Neuanlage 5 Min. Takt		118

¹Zinssatz 4 %, Amortisationsdauer Dieselbus 11 Jahre, Trolleybus 16 Jahre

Tabelle 4: Zusammenstellung über die Vollkosten von Trolleybus und Dieselbus in Euro pro Fzkm

Tatsächlich erweisen sich der Dieselbus und der Dieselbusbetrieb in Störfällen als flexibler. Bei einem länger dauernden Netzunterbruch fällt die gesamte Trolleyflotte aus. Solche Unterbrüche sind aber sehr selten und dürften über die gesamte Betriebszeit im Bereich von Bruchteilen von Promillen liegen. Unterbrüche im Trambetrieb zeigen, dass das Verständnis der KundInnen in solchen Situationen bei guter Information ausgeprägt ist.

Gewisse Unterbrüche sind planbar wie bspw. Straßenerneuerungen. Solche Unterbrüche von wenigen Tagen können aber bspw. in Sommermonaten mit ausgedünnten Fahrplänen und entsprechender betrieblicher Reserve gelegt werden oder die Unterhaltsarbeiten an den Dieselbussen können in solchen Zeiten sistiert werden, so dass mehr Reservebusse zur Verfügung stehen.

3. Kundennutzen: „Die Schienen am Himmel“

Kann der Trolleybus seinen Kostennachteil von 10 bis 20% am Markt wett machen? Sollte die Zahlungsbereitschaft für den Trolleybus, oder mit andern Worten, sollten die Benutzerzahlen beim Trolleybus für den gleichen Fahrpreis höher sein, dann kann er seinen kostenmäßigen Nachteil auf der Ertragsseite eventuell ausgleichen. Es gibt tatsächlich Indizien, dass der Trolleybus vom Markt anders wahrgenommen wird als der Dieselbus. Da sind zuerst die offensichtlichen Unterschiede zum Dieselbus:

- durch die Leitungen hat der Trolleybus und damit der ÖV eine ständige visuelle Präsenz im öffentlichen Raum,
- die sichtbare Linienführung macht die Erreichbarkeiten mit dem ÖV besser merkbar.

Dass der Trolleybus von den VerkehrsteilnehmerInnen anders wahrgenommen wird als der

Dieselbus zeigt sich u.a. auch darin, dass der Trolleybus viel weniger in Unfälle verwickelt ist als der Dieselbus (s. auch das übernächste Kapitel). Die Prämien für die Haftpflichtversicherung von Trolleybussen sind halb so hoch wie diejenigen von Dieselbussen (Quelle: EBP 2002).

Der Trolleybus hat von der Marktpräsenz her eher **Attribute des Trams**. „**Der Trolleybus hat seine Schienen am Himmel**“. **Von der Marktseite her gesehen ist die Wahl zwischen Trolleybus und Dieselbus nicht die Wahl zwischen Fahrzeugalternativen, sondern eher von Systemalternativen. Der Trolleybus ist ein eigenes System zwischen Dieselbus und Tram.**

In Frankreich wird gezielt auf diese Analogie gesetzt. Busse mit elektrischer Traktion, Spurführung und modernem Design schaffen einen Kontrast zum konventionellen Bussystem und kreieren ein eigenes Image für den Trolleybus, das sich am System Tram orientiert. Die Affinität von Tram und Trolleybus hat auch einen historischen Hintergrund: in Zürich, Luzern und Schaffhausen bspw. sind die Trolleybusse als Ersatz für Tramlinien eingerichtet worden.

Aus dieser Sicht ist der Trolleybus „am Markt etwas wert“. Dieser Wert ist aber schwierig auf Euro und Cents zu beziffern. Von daher muss offen bleiben, in welchem Maß die Mehrkosten auf der Ertragsseite teilweise, ganz oder sogar überkompensiert werden. Empirische Studien sind mir nicht bekannt, wären aber ein interessantes Feld für die Marktforschung im Verkehr.

Eine Einschränkung muss allenfalls bezüglich Komfort gemacht werden: die längere Amortisationsdauer bei Trolleybussen kann in den letzten Jahren der Lebensdauer dazu führen, dass ein gewisser Rückstand in der Innenausstattung und im Fahrkomfort (z.B. Stichwort „Niederflur“) gegenüber neuen Dieselbussen besteht. Erneuerungsmassnahmen können aber dieses Manko – wenn auch zu gewissen Kosten – teilweise vermindern helfen.

4. Aussichten

Ändert sich an den Kostenverhältnissen oder am „Marktwert“ des Trolleybusses in der kommenden Zeit etwas? Kaum, denn erstens dominieren in beiden Systemen die variablen Betriebskosten – und die sind praktisch identisch. Aber auch bei den Investitionskosten sind kaum unterschiedliche Entwicklungen zu erwarten:

- Der Wettbewerb unter den Anbietern von Trolleybussen ist beschränkt und wird sich kaum verändern: weitere Konzentrationen werden auf Widerstand bei den Wettbewerbsbehörden stossen und mehr Anbieter werden kaum in diesen Kleinserienmarkt einsteigen. Von daher ist in Zukunft kaum mit günstigeren Fahrzeugen zu rechnen.
- Interessanterweise ist die Situation bei den Dieselbussen kaum anders.
- Schwierig einzuschätzen ist die europaweite Wettbewerbssituation bei den Anbietern von Fahrleitungsausrüstungen. In der Schweiz bspw. ist die Wettbewerbssituation prekär.
- Technische Normen als Hindernisse? Mehr Konkurrenz im Angebot von Fahrleitungssystemen kommt aber umso weniger in Gang als allenfalls unterschiedliche technische Normen und Sicherheitsvorschriften in den einzelnen Ländern den Markt bis zu einem gewissen Grad schützen und den Markteinstieg für ausländische Anbieter u.U. erheblich verteuern.
- Eine gewisse Marktverzerrung oder Marktbehinderung kann auch durch eine unterschiedliche rechtliche Behandlung von Trolleybuslinien und konventionellen Linien begründet sein.

Die Kosten werden sich in beiden Systemen nahezu parallel entwickeln. Allenfalls könnte sich die Bildung eines Beschaffungspools von Trolleybusunternehmen lohnen. Einerseits kann mit einem gemeinsamen Design und einer gemeinsamen Ausgestaltung und Ausstattung das Image des Trolleybus weiter entwickelt werden. Andererseits können über diesen Pool die Fahrzeugkosten gesenkt werden².

5. Externe Kosten: Vorteile für den Trolleybus

5.1 Die Kriterien

Die externen Effekte, die externen Kosten spielen im Verkehr eine grosse Rolle. Diese Kosten schlagen sich zwar nicht in der betriebswirtschaftlichen Rechnung der TUs nieder, wohl aber in der volkswirtschaftlichen Betrachtung durch die Allgemeinheit. Da die öffentliche Hand als Besteller von Transportleistungen der grösste Kunde ist, sind Einsparungen bei den externen Kosten ein wesentliches Verkaufsargument – ganz abgesehen von einer sensibilisierten Bevölkerung, die sich ihr Image vom ÖV nicht zuletzt über die externen Effekte der eingesetzten Verkehrsmittel bildet.

Wenn das eine oder andere Verkehrsmittel – Dieselbus oder Trolleybus – Vorteile in den externen Kosten geltend machen kann, verbessert dies nicht nur seine volkswirtschaftliche Bilanz, sondern verschafft ihm auch am Markt gewisse Vorteile – sei dies beim Besteller oder bei den VerkehrsteilnehmerInnen. Folgende externe Effekte können im Falle von Trolleybus und Dieselbus als relevant angesehen werden:

- Energieverbrauch (Betriebsenergie und graue Energie)
- Ausstoss von Klimagasen
- Luftbelastungen mit Stickoxiden und Kohlewasserstoffen
- Lärmbelastungen von Passagieren wie von Dritten
- Unfallhäufigkeit und –schwere
- Elektromog
- Flächenverbrauch

Für die letzten beiden Effekte liegen meines Wissens (noch) keine „offiziellen“ Abschätzungen und Vergleichsuntersuchungen vor.

Im folgenden werden die anderen Aspekte erörtert. Dabei wird ein relativer Systemvergleich vorgenommen: Trolleybus, Dieselbus und Tram werden in Relation zum Personenwagen gestellt. Die Vergleiche beziehen sich immer auf einen Personenkilometer mit dem jeweiligen Verkehrsmittel. Sie sind also nachfragebezogen und nicht angebotsbezogen. Anschaulich dargestellt: dem Kunden/der Kundin wird gesagt „wenn du vor der Wahl stehst, deine Fahrt mit einem der aufgeführten Verkehrsmittel zu unternehmen, dann verursachst du damit x% der externen Kosten, die du mit dem PW verursachen würdest“.

5.2 Ressourcenverbrauch: Energie

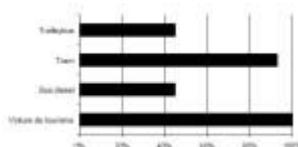


Abbildung 1: Energieverbrauch von Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit demjenigen des Personenwagens (= 100)
Quelle: Vaucher 2003

Abbildung 1 zeigt den Energieverbrauch von Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit dem Personenwagen. Der Energieverbrauch berücksichtigt sowohl die Energie für den Betrieb der Fahrzeuge wie die graue Energie, die in den Betriebsausrüstungen (Fahrzeuge resp. Fahrzeuge und Schiene beim Tram – aber in allen Fällen ohne graue Energie der Fahrbahn) steckt. Die Übersicht zeigt Trolleybus und Dieselbus etwa



gleich auf, bei 40% des Energieverbrauchs des PWs. Es handelt sich um eine rein „numerische“ Energiebetrachtung. Woher die Energie stammt, spielt hier (noch) keine Rolle. Dies wird später erörtert.

5.3. Ausstoß von Klimagasen

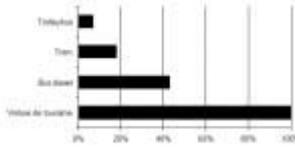


Abbildung 2: Ausstoß von Klimagasen durch Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit demjenigen des Personenwagens (= 100)
Quelle: Vaucher 2003

Abbildung 2 zeigt den Beitrag von Trolleybus, Tram und Dieselbus an die Klimaveränderung im Vergleich zu demjenigen des Personenwagens. Mit einem Beitrag von weniger als 10% des PWs schneidet der Trolleybus besonders gut ab. Tram und Dieselbus verursachen einen mehr als doppelt resp. vier Mal so hohen Erwärmungseffekt. Hier wird die Art der Bereitstellung der Energie für den Trolleybus bedeutsam (s.h.).

5.4 Emission von Luftschadstoffen

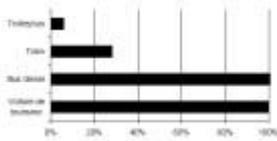


Abbildung 3: Ausstoß von Stickoxiden durch Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit demjenigen des Personenwagens (= 100)
Quelle: Vaucher 2003

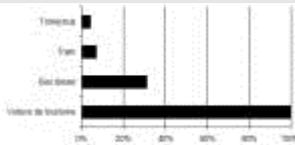


Abbildung 4: Ausstoß von Kohlenwasserstoffen durch Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit demjenigen des Personenwagens (= 100)
Quelle: Vaucher 2003

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen im Verkehrsmittelvergleich den Ausstoß von Stickoxiden, einem wichtigen Leitschadstoff für die Luftbelastung mit Schadstoffen und denjenigen von Kohlenwasserstoffen. In beiden Darstellungen schneidet der Trolleybus zwar am besten ab. Im Vergleich mit dem Dieselbus ist aber zu beachten, dass sich die Daten dieser Abbildungen auf Fahrzeuge der EURO-Norm 0 und 1 beziehen. Allerdings wird sich die Reduktion an Schadstoffemissionen durch die neueren EURO-Normen nicht 1:1 in diese Abbildungen übertragen lassen, da die Schadstoffbelastungen durch die Produktion und Verteilung der Fahrzeuge und der Treibstoffe in diesen Darstellungen mitberücksichtigt sind.

Nicht unerheblich ist auch die Komponente der räumlichen Verteilung der Schadstoffemissionen. Der Dieselbus verursacht seine Emissionen genau dort, wo die Vorbelastung durch PWs und Heizanlagen am höchsten ist: in den Städten, siehe auch Kap. 0. Demgegenüber kann erwartet werden, dass die Luftbelastung durch die Bereitstellung von Strom aus fossiler Primärenergie eher in ländlichen Räumen anfällt. Letztlich massgebend ist aber die Immissionsituation. Es kann erwartet werden, dass diese in den Städten viel kritischer ist als dort, wo der Strom produziert wird.

5.5 Lärmbelästigung

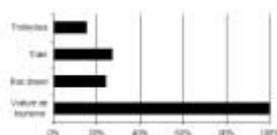


Abbildung 5: Die Lärmbelastung

Abbildung 5 zeigt, welche Lärmbelastungen von einem Personenkilometer Fahrt mit verschiedenen Verkehrsmitteln im Vergleich mit dem PW ausgehen. Der Trolleybus zeigt die besten Werte. Tram und Dieselbus sind ca. um einen Faktor 1.5 schlechter, aber immer noch

durch Trolleybus, Tram und Dieselbus im Vergleich mit demjenigen durch den Personenwagen (= 100)
 Quelle: Vaucher 2003

bei weitem besser als der PW. Dieses Resultat rührt von der hohen Auslastung der öffentlichen Verkehrsmittel her. Ein Dieselbus mag zwar mehr Lärm verursachen als ein PW. Aber für das gleiche Transportaufkommen braucht es mehrere Fahrzeuge.

5.6 Der Einfluss der Stromerzeugung

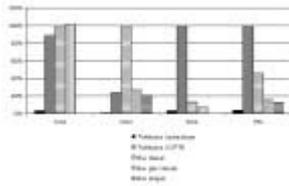


Abbildung 6: Einfluss der Energieerzeugung auf den Vergleich verschiedener Bustypen bezüglich Schadstoffemissionen
 Quelle: Vaucher 2003

Der Ausstoss von Klimagasen und Luftschadstoffen, der dem Trolleybus zugerechnet werden muss, hängt erheblich von der Art der Stromproduktion ab. In der Regel wird den Berechnungen der Mix der UPTE, des europäischen Stromverbundes, zugrunde gelegt. Der Kraftwerkpark des europäischen Stromverbundes umfasst sowohl fossile Stromproduktion wie solche aus Wasserkraftwerken, Kernenergie und alternativen Energien wie Windkraft etc. Die Anwendung dieses Mixes ist aber oft kontrovers. Gelegentlich werden auch nationale Kraftwerkparke als Grundlage gefordert. Wie sehr der Vergleich verschiedener Verkehrsmittel hinsichtlich des Ausstosses an CO₂, Stickoxiden, Schwefeloxiden und Partikel (PM) von der Art der Energieerzeugung abhängig ist, zeigt folgende Abbildung 6.

Hier ist nicht ein Vergleich mit dem PW gezeigt, sondern ein relativer Vergleich innerhalb der betrachteten Bustypen. Daraus geht hervor, dass Strom aus Wasserkraft als Antriebsenergie die weitaus besten Charakteristiken ausweist.

5.7 Unfälle

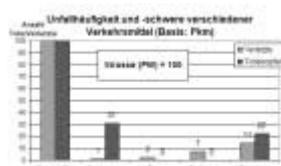


Abbildung 7: Vergleich in der Unfallhäufigkeit und -schwere zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln (PW = 100)
 Quelle: Infras 1997

Abbildung 7 zeigt die Unfallhäufigkeit und Unfallschwere verschiedener Verkehrsmittel. Dabei ist zu beachten, dass die Zahl der Verletzten absolut gesehen ca. 50 x höher liegt als die Zahl der Todesopfer. Der Vergleich beruht auf der Basis Personenkilometer (Pkm). Diese Übersicht illustriert sehr deutlich die Feststellung von der unterschiedlichen Wahrnehmung von Trolleybus und Dieselbus und vom Systemcharakter des Trolleybus: die Unfallcharakteristiken des Trolleybus sind viel mehr mit denjenigen des Trams als mit denjenigen des Dieselbusses vergleichbar.

5.8 Eine Schätzung für die monetären externen Effekte

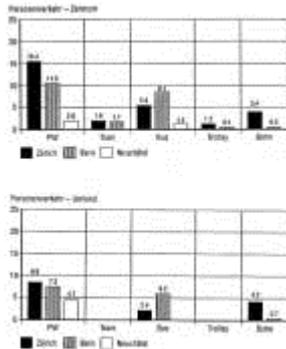


Abbildung 8: Externe Kosten des Personenverkehrs im Zentrum und im Umland von Zürich, Bern und Neuchâtel nach Verkehrsmittel

Quelle: Infrac, Prognos, econcept 1996

Infrac/Prognos/econcept haben für das Jahr 1993 eine Schätzung für die monetären (= in Geld bewerteten) externen Kosten verschiedener Verkehrsmittel einerseits in Zentren, andererseits im Umland der Zentren vorgenommen. Diese Zahlen sind allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da sie auf den Verhältnissen jenes Jahres beruhen. Seither haben sich insbesondere bei den Luftschadstoffemissionen des Dieselbusses Verbesserungen ergeben, nicht aber in allen andern Komponenten der externen Kosten (Lärm, Unfälle etc.).

Alle angeführten Werte sind in Rp. schweizerischer Währung aufgeführt. Für eine ungefähre Angabe in Cts. sind diese Werte durch 1.5 zu dividieren.

Dass die externen Kosten desselben Verkehrsmittels im Zentrum tendenziell höher ausfallen als im Umland, liegt an den häufigeren Grenzwertüberschreitungen und den dadurch verursachten Schäden in den Zentren.

Diese Zahlen können im Prinzip dazu verwendet werden, die betriebswirtschaftliche Rechnung der vorangegangenen Abschnitte zu einer volkswirtschaftlichen Rechnung zu erweitern. Dazu braucht es aber zusätzlich zu diesen Angaben den durchschnittlichen Fahrzeugbesetzungsgrad der betrachteten Linie.

Rechnen wir in Winterthur mit 10 Personen pro Fahrzeug im Tagesdurchschnitt und mit 5 Rp. an externen Kosten pro Pkm beim Bus und 1 Rp. beim Trolleybus, dann ergibt sich, dass zu den betriebswirtschaftlichen Kosten des Dieselbus noch 50 Rp. oder 33 Cts. an externen Kosten, beim Trolleybus aber nur 10 Rp. oder 7 Cts. hinzuzuzählen wären.

Andere Methoden einer Bewertung von Umweltbelastungen – wenn auch nicht monetär – führen zu vergleichbaren Schlussfolgerungen (vgl. Klooz 1996).

Für alternative Antriebssysteme wie Gas und allenfalls Wasserstoff oder für die Brennstoffzelle liegen noch keine monetären Bewertungen vor.

5.9 Externe Kosten:

der Trolleybus im Vorteil Aus all diesen Grundlagen lässt sich zumindest ein klares Fazit ziehen: In der volkswirtschaftlichen Rechnung verbessert sich das Ergebnis des Trolleybusses gegenüber dem Dieselbus weiter.

Inwiefern die Vorteile bei den externen Kosten den Nachteil des Trolleybusses an monetären Kosten überkompensieren, muss im Moment dahingestellt bleiben. Letztlich hängt diese Wertung – abgesehen natürlich von den jeweiligen Investitionskosten - vor allem von folgenden Komponenten ab:

- der Frage, wie gravierend die Belastung mit Luftschadstoffen im Betrachtungsraum ist,
- wie der Strom für die Trolleybusse produziert wird,
- welche Bedeutung die politischen Entscheidungsträger den ökologischen Aspekten

beimessen.

Die Diskussion über die externen Kosten ist noch nicht zu Ende geführt. Es ist sehr wohl möglich, dass sich in der Einschätzung der ökologischen Vor- und Nachteilen von Trolleybus und Dieselbus noch Verschiebungen ergeben können. Man kann aber sagen, dass heute diese Effekte (und damit auch die Differenzen zwischen den Bustypen) aus wissenschaftlicher Vorsicht eher unterschätzt werden als überschätzt.

6. Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen können heute gezogen werden

1. Trolleybusse lohnen sich wegen der beträchtlichen Investitionen in Fahrleitungen im Allgemeinen nur bei kurzen Taktfolgen, z.B. mind. 10-Minuten- Takt, und damit auf aufkommensstarken Linien
2. Die Bilanz aller Wirtschaftlichkeitsaspekte zwischen dem Dieselbus und dem Trolleybus ist recht ausgeglichen:
 - Kostenmäßig ist der Trolleybus gegenüber dem Dieselbus um ca. 10 bis 20% im Nachteil. Bei Ersatzanlagen sind es eher 10 bis 15%, bei Neuanlagen eher 15 bis 20%.
 - Bei den externen Kosten ist der Trolleybus im Vorteil.
 - Auf dem Markt ist der Trolleybus ebenfalls vorteilhafter.
3. Je dichter die Taktfolge, desto geringer der kostenmässige Nachteil des Trolleybusses.
4. Die entscheidende Frage dürfte der Markt sein: Der Trolleybus hat eine bessere Marktpräsenz als der Dieselbus und kann so kommuniziert werden, dass er auch eine höhere Zahlungsbereitschaft und mehr KundInnen generieren kann. Der Trolleybus wird nicht als Fahrzeugalternative, sondern als Systemalternative betrachtet.
5. Insofern ist der Entscheid für den Trolleybus oder für den Dieselbus ein Systementscheid.
6. Dies bedeutet auch, dass für den Trolleybus ein anderer Marktauftritt gesucht werden sollte. Trolleybuslinien müssen ähnlich wie Tramlinien kommuniziert werden. Dies betrifft die Gestaltung von Informationsmaterial (Trolleybusse hervorheben wie Tramlinien) über das Design der Trolleybusse bis allenfalls zur Gestaltung der Haltestellen.

└Dr. Peter Marti, Volkswirtschaftler



„Pro Obus ist Pro Wirtschaftlichkeit“ - diese Voraussetzungen erfüllen auch die modernsten Produkte aus den neuen EU Beitrittsländern wie hier von den Firmen SKODA aus Tschechien (links) und SOLARIS aus Polen.

Foto: Rolf BICKELHAUPT