Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 39 (1948)

Heft: 2

Artikel: Betreibstechnische und betriebswirtschaftliche Grundprobleme des Personentransportes im Ortsverkehr

Autor: Wedenberg, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057929

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Betriebstechnische und betriebswirtschaftliche Grundprobleme des Personentransportes im Ortsverkehr

Vortrag von *W. Werdenberg*, Winterthur

629.113.62.003

Nach einer Abklärung der Aufgabe der öffentlichen Verkehrsmittel werden die betriebstechnischen Grundgesetze für Reisegeschwindigkeit, Fassungsvermögen und Anpassung an den allgemeinen Strassenverkehr auseinandergesetzt. Es folgt eine kurze Beschreibung der typischen, heute zur Verfügung stehenden Transportmittel; hierauf werden betriebswirtschaftliche Grundsätze aufgestellt, aus denen hervorgeht, dass nur sorgfältige Untersuchungen von wirklichen Vergleichsbasen und der Vergleich ihrer Ergebnisse erlauben, das zweckmässigste Verkehrsmittel zu wählen.

Après avoir mentionné quelles sont les tâches des entreprises de transport publics, l'auteur expose les lois fondamentales qui régissent la technique de l'exploitation de ces entreprises, en ce qui concerne la vitesse commerciale, la capacité des véhicules et l'adaptation au trafic routier. Il décrit ensuite succinctement les principaux moyens de transport actuels et indique les principes économiques qui déterminent le choix du moyen de transport qui convient le mieux. A cet effet, il est indispensable de procéder à des études très détaillées et à des comparaisons basées sur des indications précises, tirées de la pratique.

1. Einleitung

Wenn ein Problem gelöst werden soll, so muss zu allererst die Aufgabe genau bekannt sein. In einem ersten Abschnitt wird darum kurz die allgemeine Aufgabe eines öffentlichen Nahverkehrsmittels umschrieben.

Dann müssen die technischen Mittel bekannt sein, mit welchen die Aufgabe gelöst werden kann. In einem zweiten Abschnitt werden darum die wichtigsten betriebstechnischen Grössen dargelegt und einige moderne Nahverkehrsmittel betrachtet. Dabei verzichte ich auf die Behandlung des Autobus, weil dieses Verkehrsmittel hier weniger interessieren wird.

In einem dritten Kapitel wird dann auf die Grundsätze eingegangen, nach denen die Wirtschaftlichkeit der Verkehrsmittel beurteilt werden muss.

2. Allgemeine Aufgabe

Ein Nahverkehrs-Unternehmen hat vor allem dem Berufsverkehr zu dienen.

Wie weit nun die Bedürfnisse des Verkehrs zu erfüllen sind, darf nicht allein nach privatwirtschaftlichen Grundsätzen beurteilt werden. Denn die öffentlichen Verkehrsmittel werden offensichtlich nicht als Einnahmequelle der Gemeinde, sondern als Dienst an der Einwohnerschaft geschaffen.

Welche Verkehrsleistungen angeboten werden können, hängt also in erster Linie davon ab, wie weit das Verkehrsunternehmen die Gemeindefinanzen neben andern dringenden Aufgaben belasten darf.

Es ist darum die politische Behörde, die bestimmen muss, welche Verkehrsleistungen anzubieten und welche Begehren abzulehnen sind. Sie wird allein entscheiden, welche Quartiere vom Verkehrsmittel berührt werden sollen, ob unrentable Leistungen, z. B. genügendes Platzangebot in den Spitzenzeiten, ausgeführt werden sollen, welches Mass der Kostendeckung einzuhalten ist, usw. Dabei ist aber zu beachten, dass auch für einen Verkehrsbetrieb das Gesetz von Angebot und Nachfrage gilt, d. h. dass das öffentliche Unternehmen nur dann bevorzugt wird, wenn seine «Ware», die Transportmöglichkeit, billiger, rascher und bequemer ist, als die eines privaten Verkehrsmittels. Selbstverständlich wird man nicht jede Konkurrenz ausschalten können. Man wird sich darauf beschränken müssen, wenigstens den wichtigsten Fahrgast als Kunden zu behalten. Der Verkehrsfachmann hat sich bei diesen Dingen mit der Rolle eines Beraters der politischen Behörden zu begnügen. Anderseits darf er aber von der politischen Behörde fordern, dass die Aufgabe genau umschrieben und, vor allem, dass auch das Mass der verlangten Kostendeckung eindeutig festgelegt werde. Wird keine vollständige Kostendeckung verlangt, so ist ferner von vorneherein festzustellen, wie die jährlichen Fehlbeträge zu decken sind. Auf keinen Fall geht es an, solche Fehlbeträge einfach vorzutragen und beim Verkehrsunternehmen zu einem Schuldenberg anwachsen zu lassen.

Ist diese Aufgabe gestellt, so hat der verantwortliche Leiter dafür zu sorgen, dass das Verkehrsunternehmen nach Grundsätzen eingerichtet und geführt wird, die für die Privatwirtschaft gelten. Denn auch für die Betriebsführung eines öffentlichen Unternehmens gilt es, mit möglichst geringen Mitteln ein möglichst grosses Ergebnis zu erreichen. Würde dieser Grundsatz verletzt, so würde das Unternehmen letzten Endes der Allgemeinheit nicht dienen, weil dann Geld für einen unrationellen Betrieb ausgegeben würde. Darum sollte dieser betriebswirtschaftliche Grundsatz unbedingt eingehalten und auch aus politischen und andern derartigen Gründen nicht durchbrochen werden.

Kurz gesagt heisst also die Antwort auf die Frage nach der Aufgabe:

Was gemacht werden soll, hat die Behörde zu entscheiden;

wie es gemacht werden soll, ist möglichst weitgehend dem Verkehrsfachmann zu überlassen.

3. Betriebstechnische Grundgesetze

Bevor die verschiedenen Mittel zur Lösung einer gestellten Aufgabe beurteilt werden können, müssen einige wichtige betriebstechnische Grundgesetze näher betrachtet werden.

a) Reisegeschwindigkeit

Die Reisegeschwindigkeit oder kommerzielle Geschwindigkeit ist die wichtigste betriebstechnische Grösse. Darunter wird das Verhältnis von

Reiseweg zu Reisezeit einschliesslich aller Halte- und sonstigen Wartezeiten verstanden. Die Reisegeschwindigkeit ist entscheidend für die Wagenzahl und damit für den nötigen Personalbestand.

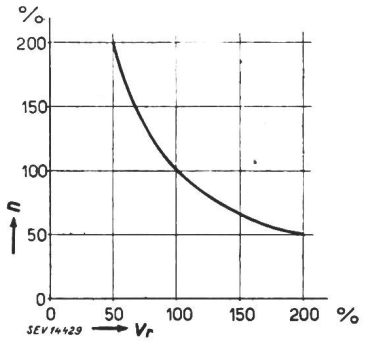


Fig. 1
Fahrzeug- und Personalbedarf n in % in Abhängigkeit von der Reisegeschwindigkeit v_r in % bei konstantem Platzangebot pro Zeiteinheit

Fig. 1 zeigt diesen Zusammenhang deutlich. Wird z. B. die Reisegeschwindigkeit von 100 % auf 150 % erhöht, so reduziert sich der Fahrzeug- und der Personalbedarf bei gleichbleibendem Transportvolumen von 100 % auf rund 65 %. Die Reisegeschwindigkeit beeinflusst also sehr stark die Ausgabenseite. Sie ist aber auch wichtig für die Einnahmenseite, weil ein Verkehrsmittel mit grosser Reisegeschwindigkeit mehr Passagiere bringen wird, als ein solches mit kleiner Reisegeschwindigkeit, und zwar nicht nur darum, weil das Verkehrsmittel konkurrenzfähiger wird, sondern auch weil das Einzugsgebiet vergrössert wird. In Fig. 2 ist der Zusammenhang zwischen Reisegeschwindigkeit und Einzugsgebiet schematisch dargestellt. Als Einzugsgebiet sind darin die Orte bezeichnet, die eine von A ausgehende Person in einer bestimmten Zeit, z. B. 10 Minuten, erreichen kann, wenn die Person zu Fuss geht, oder ein Verkehrsmittel mit der Reisegeschwindigkeit v bzw. 1,5 v benützt. Dieses derart bestimmte Einzugsgebiet erfährt also bei der angenommenen Erhöhung der Reisegeschwindigkeit eine Vergrösserung von 35...65 %, je nachdem, ob die Fahrstrecke nach B_1 oder B_2 ausgebaut ist. Die Betriebsleitung muss also unter allen Umständen

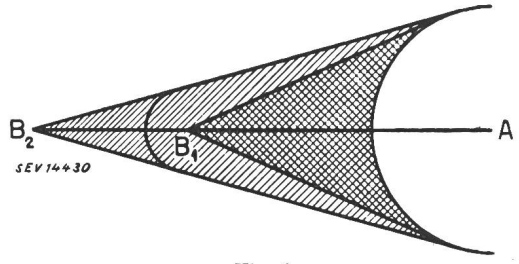
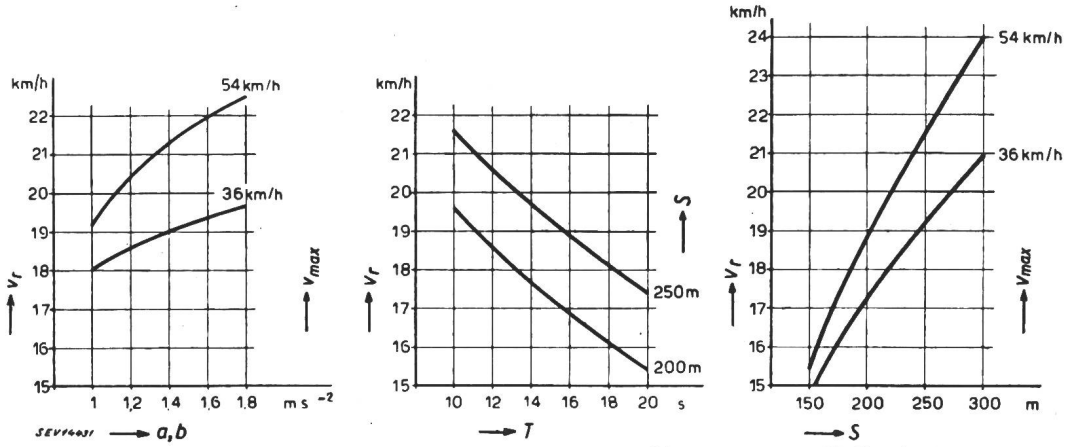


Fig. 2
Grösse des «Einzugsgebietes» in Abhängigkeit von der Reisegeschwindigkeit

Einzugsgebiet bei v km/h Reisegeschwindigkeit (= 100 %)
Einzugsgebiet bei 1,5 v km/h Reisegeschwindigkeit (= 135...165 %)
$A...B_1...B_2$ Verkehrsstrecke

danach trachten, vor allem eine möglichst grosse Reisegeschwindigkeit zu erzielen.

Wovon hängt nun diese Reisegeschwindigkeit ab? Sie hängt ab von



Haltstellenabstand 250 m; Wartezeit 15 s

Beschleunigung 1,5 m/s²; maximale Geschwindigkeit 36 km/h

Haltezeit 15 s; Beschleunigung 1,5 m/s²

Fig. 3
Theoretischer Zusammenhang zwischen Reisegeschwindigkeit, Haltestellenabstand, Maximalgeschwindigkeit, Beschleunigung und Haltezeit

v_r Reisegeschwindigkeit; S mittlerer Haltestellenabstand; T Haltezeit pro Haltestelle; a Beschleunigung; b Verzögerung; v_{max} maximale Geschwindigkeit

$$v_r = \frac{S}{\frac{S}{v_{max}} + \frac{v_{max}}{2\,a} + \frac{v_{max}}{2\,b} + T}$$

1. dem tatsächlich auftretenden mittleren Haltestellen-Abstand,
2. der mittleren Wartezeit an den Haltestellen,
3. der maximal möglichen Geschwindigkeit des Fahrzeuges,
4. der Beschleunigung und der Verzögerung des Fahrzeuges.

Wie diese 4 Grössen theoretisch zusammenhängen, zeigt Fig. 3, wobei die mittlere Wartezeit an den Haltestellen zu 10 Sekunden angenommen und die Beschleunigung gleich gross wie die Verzögerung eingesetzt wurde. Man erkennt, dass die Reisegeschwindigkeit ungefähr proportional mit dem mittleren Haltestellen-Abstand wächst, dass eine grosse Beschleunigung nur in Verbindung mit einer

grossen maximalen Geschwindigkeit interessant ist, und dass vor allem die Haltezeiten von ausschlaggebendem Einfluss sind.

Die Betriebsführung muss also danach trachten, dass

1. die Haltezeiten möglichst kurz sind. Breite Türen, niedriger Wagenboden und Erziehung des Publikums zu raschem Ein- und Aussteigen sind die Mittel dazu. Es kommt hier sozusagen auf jede Sekunde an.
2. der Haltestellenabstand möglichst gross gewählt wird. Dabei wird man sich allerdings soweit als möglich den Bedürfnissen der Fahrgäste anpassen müssen. Ueber die wirklichen Bedürfnisse können aber nur genaue Statistiken Aufschluss geben, nicht die Begehren einflussreicher Interessenten.
3. Fahrzeuge von möglichst grosser Geschwindigkeit bei gleichzeitig grosser Beschleunigung eingesetzt werden. Der Stand der Technik erlaubt, sozusagen jeden gewünschten Wert zu verwirklichen. Was hier eine Grenze setzt, sind die Strassenverhältnisse und — leider — die Gesetzgeber.

Ob eine grosse Reisegeschwindigkeit erzielt werden kann, hängt also zunächst gar nicht von der Fahrzeugart, sondern von der Gestaltung der Linien ab. Erst dort, wo die Beschleunigung und die Verzögerung eine Rolle spielen, also bei kurzen Haltestellenabständen oder in starken Steigungen und Gefällen, ist der Trolleybus vom technischen Standpunkt aus den andern Fahrzeugarten hinsichtlich Reisegeschwindigkeit überlegen.

b) Fassungsvermögen

Darunter wird allgemein die Zahl der sitzenden und stehenden Passagiere verstanden, die in einem Fahrzeug Platz haben. Es ist nun aber sehr schwer, das Fassungsvermögen ohne einen Versuch genau zu bestimmen. Das Fassungsvermögen hängt eben nicht nur von der Zahl der Sitzplätze und der verfügbaren Bodenfläche für Stehpassagiere ab; die Zahl der Plätze hängt ebensosehr von der Form und der Einrichtung des Fahrzeuges ab. Ausserdem spielt die für eine bequeme Beförderung als mindestens nötig erachtete Fläche pro Stehpassagier eine Rolle. Gewöhnlich wird mit etwa 0,2 m^2 gerechnet. Dazu kommt, dass bei Vergleichen von Fahrzeugen nicht nur die normale Platzzahl, sondern auch das maximal überhaupt mögliche Fassungsvermögen herangezogen werden muss. Diese Maximalzahl ist nur durch das Experiment einigermassen sicher zu bestimmen. Bei Vergleichen verschiedener Fahrzeuge sind darum die in der Literatur angegebenen Zahlen mit Vorsicht zu gebrauchen.

Interessant ist nun, dass das Fassungsvermögen eines Fahrzeuges vom rein *betriebstechnischen* Standpunkt aus gar keine so entscheidende Rolle spielt, wie etwa behauptet wird. Ein Zahlenbeispiel möge dies zeigen: Ein grosser Wagen mit einem Fassungsvermögen von 300 Plätzen habe an einer Station 300 Personen aufzunehmen, wobei jeder Passagier zum Einsteigen 1 Sekunde brauche. Dann vergehen 5 Minuten, bis alle Passagiere eingestiegen sind. An Stelle dieses einen Wagens sollen nun 2 Wagen mit je 150 Plätzen zur Verfügung stehen; dann dauert es $2^1/_2$ Minuten, bis ein Wagen gefüllt ist und ebenfalls 5 Minuten, bis alle Passagiere aufgenommen sind. Mit kleineren Wagen erhält also die Hälfte der Passagiere sogar noch den Vorteil, dass die Wartezeit gekürzt wird. Diese Tatsache hat wohl vor Jahren einen Amerikaner veranlasst, für sehr grosse Fahrgastzahlen nicht einzeln fahrende Fahrzeuge, sondern ein Transportband, also gewissermassen ein Fahrzeug mit dem Fassungsvermögen 1 vorzuschlagen. Es wird nun etwa eingewendet, grosse Fahrzeuge hätten mehr Einstiegmöglichkeiten, so dass der Zeitbedarf pro Passagier zum Einsteigen kleiner wird. Diese Tatsache hat aber mit dem Fassungsvermögen nichts zu tun, sondern zeigt, dass es eben in erster Linie auf breite und viele Türen und niedrigen Wagenboden ankommt; dann wird der Zeitbedarf pro Passagier klein. Dies gilt aber sowohl für grosse, als auch für kleine Fahrzeuge.

Vom rein betriebstechnischen Standpunkt aus besteht also gar kein Interesse an möglichst grossen Wagen oder an Wagenzügen. Auch der Passagier hat nur ein Interesse an möglichst dicht aufeinander folgenden Wagen. Dies dürfte auch der Grund gewesen sein, der Mailand veranlasste, mit einem Schlag 500 alleinfahrende Motorwagen einzusetzen und den Anhängerbetrieb einzustellen. Die Strassenbahngesellschaft Stockholms hat kürzlich festgestellt, dass alleinfahrende Motorwagen eine Frequenzzunahme von 10 % trotz gleichzeitiger Taxerhöhung brachten [1]).

Selbstverständlich haben aber grosse Fahrzeuge in gewissen Fällen betriebs*wirtschaftliche* Vorteile, weil vor allem an Personal- und Kapitalkosten gespart werden kann. Dies ist auch der einzige Grund, warum in gewissen Fällen Anhänger berechtigt sind.

Die Technik gestattet heute, bei allen Fahrzeugarten jedes praktisch nötige Fassungsvermögen zu verwirklichen. Leider scheint aber die Gesetzgebung auch hier, wie bei der Reisegeschwindigkeit, der technischen Entwicklung des Trolleybusses Fesseln anlegen zu wollen.

c) Anpassung an den allgemeinen Strassenverkehr

Hier bestehen nun wesentliche technische Unterschiede zwischen Tram und Trolleybus. Das Tram ist an sein Geleise gebunden und kann sich darum nur schwer dem übrigen Verkehr anpassen. In engen Strassen und in Strassen mit starkem privaten Verkehr ist dann das Tram ein bedeutendes Hindernis für den privaten Verkehr und müsste an seiner Reisegeschwindigkeit gewaltig einbüssen, wenn es sich dem privaten Verkehr einzuordnen hätte und ihm der Gesetzgeber nicht berechtigterweise zu Hilfe käme. Der Trolleybus dagegen kann sich weitgehend dem privaten Verkehr anpassen, weil er sich an einer guten Fahrleitung in einem 11 m breiten Streifen mit voller Geschwindigkeit wie ein frei bewegliches Fahrzeug benehmen kann.

Leider will nun der Gesetzgeber gerade wegen dieser Eigenschaft dem Trolleybus keine Sonderrechte wie der Strassenbahn einräumen. Der Trol-

[1]) Neuentwicklung im Strassenbahnbetrieb Stockholms. Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 11, S. 302...306.

leybus soll sich vielmehr genau gleich verhalten, wie jedes private Fahrzeug. Merkwürdigerweise stimmen viele Bürger diesen Absichten zu; sie denken nicht daran, dass ein Passagier eines öffentlichen Verkehrsmittels etwa 20...30mal weniger Strassenfläche beansprucht als der Automobilist.

Mit welchem Recht fordert aber ein einziger Privater freie Durchfahrt vor den etwa 200 Passagieren eines öffentlichen Verkehrsmittels? Es sollte doch nur *einen* grundsätzlichen Standpunkt geben:

«Es muss jenem Verkehr der Vorrang gegeben werden, welcher für die Allgemeinheit am wichtigsten ist.»

Leider sind wir noch weit von diesem Ziele entfernt; man wird also vorsichtigerweise damit rechnen müssen, dass einstweilen der Trolleybus seine guten Eigenschaften in der Schweiz nicht restlos ausnützen kann.

Die oft gehörte Regel, dass in Strassen mit starkem privatem Verkehr die Strassenbahn leistungsfähiger als der Trolleybus sei, ist also in der Schweiz durchaus richtig. Aber nicht etwa wegen verschiedener betriebstechnischer Eigenschaften, sondern weil es der Gesetzgeber so will.

4. Die heute zur Verfügung stehenden Transportmittel

Es soll nun ein kurzer Ueberblick über einige neuere typische Transportmittel gegeben werden.

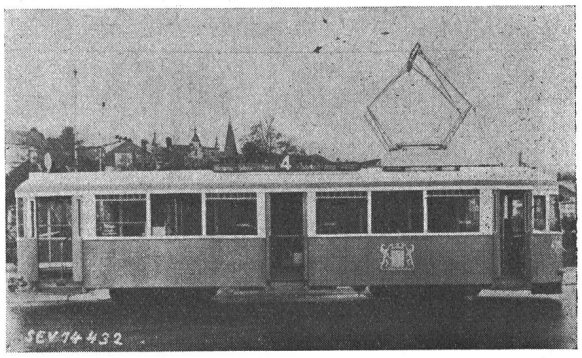


Fig. 4
Leichttriebwagen
Serie 401 der Stadt Zürich

Die wichtigsten betriebstechnischen Daten sind in Tabelle I zusammengestellt.

a) Leichttriebwagen Serie 401 der Stadt Zürich

Fig. 4 gibt eine Ansicht dieses modernsten schweizerischen Trams. Fig. 5 zeigt den Grund- und Aufriss.

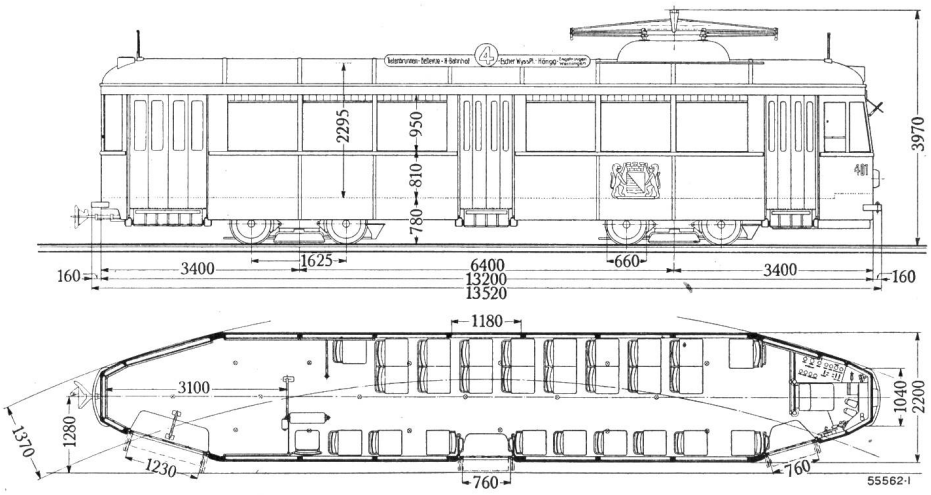


Fig. 5
Leichttriebwagen
Grund- und Aufriss des Wagens Fig. 4

Charakteristische Eigenschaften neuerer Fahrzeuge Tabelle I

Eigenschaften	Tram			Trolleybus				
	Leichtwagen Zürich 1945	PCC Fiat 1946	Articolata Rom 1942	Winterthur 1938	Winterthur 1946	Doppelgel. Mailand 1940	Articolata „Stanga" Rom 1941	Articolata Alpha-Rom. Versuch
Wagenlänge in m	13,5	13,5	19,6	9,6	11,0	14,4	18,3	19,6
Wagenbreite in m	2,2	2,25	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
Wagengewicht in t	12,9	15,0	25,5	8,0	9,0	12,0	14,0	—
Fassungsvermögen								
Stehfläche in m²	10,9	10,5	19,5	9,9	11,2	16,0	20,0	—
Stehplätze	54	52	97	49	56	80	100	ca. 115
Sitzplätze	27	30	46	26	27	37	40	ca. 50
Total Plätze normal	81	82	143	75	83	117	140	ca. 165
Total Plätze maximal	100	110	170	120	ca. 135	180	ca. 160	200
Wagengewicht pro Normalplatz in kg	143	183	178	107	108	102	100	—
Wagengewicht pro Maximalplatz in kg	129	136	150	67	67	67	87	—
Maximal-Geschwindigkeit in km/h	60	55	50	45	50	45	51	—
Durchschnitts-Geschwind. in km/h	31	—	—	28	24,2	30	—	—
Summe der Türbreiten in cm	275	396	399	168	298	260	465	—
Höhe des Wagenbodens in cm	78	81,5	87	72	72	—	83	—
Aeusserer Begrenzungsradius in m	—	—	—	9,7	10,0	11,7	13,4	—

b) Neuester Tramwagen PCC der Fiat in Turin

Fig. 6 zeigt die Ansicht des neuesten mir bekannten Strassenbahnwagens, der in seiner Ausstattung dem Zürcher Tramwagen mindestens ebenbürtig und in seinen Fahreigenschaften den modernsten schweizerischen Fahrzeugen überlegen zu sein scheint. Das Fahrzeug hat 2 Drehgestelle (Fig. 7), die aber reine Gummifederung (Fig. 8) besitzen und bewirken, dass das Tram ebenso weich wie ein Pneufahrzeug und beinahe ebenso geräuschlos fährt.

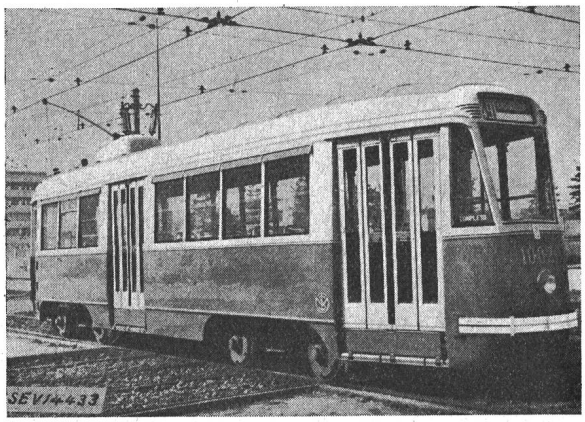


Fig. 6
Tramwagen PCC der Fiat in Turin, 1946

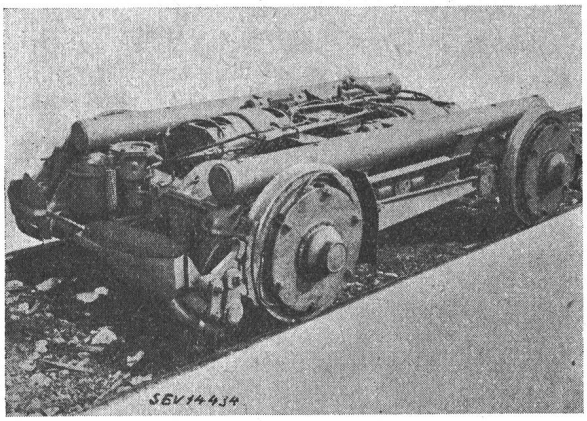


Fig. 7
Drehgestell des PCC-Fiat-Tramwagens, 1946

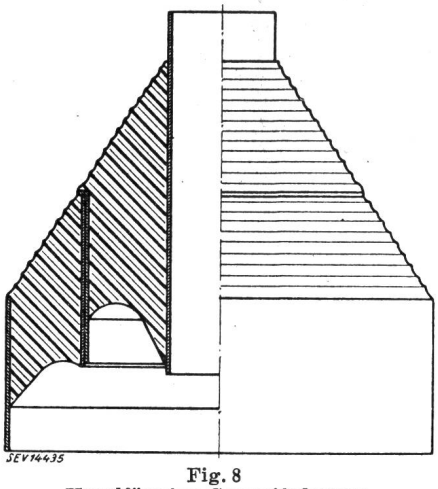


Fig. 8
Kegelförmige Gummifederung
bei den neuen PCC-Fiat-Tramwagen

Ausserdem ist dieses Fahrzeug mit einer vollautomatischen Steuerung ausgerüstet; ob sich diese Steuerung in stark wechselnden Gefällen eignet, ist aber noch abzuklären. Fig. 9 zeigt den Grund- und Aufriss dieses Tramwagens.

c) Gelenkwagen TIBB in Rom und Mailand

Dieser Wagen wird von den Italienern als «articolata» bezeichnet. Er besitzt, wie die Fig. 10 (Grund- und Aufriss) zeigt, 3 Drehgestelle, wovon 2 angetrieben sind. Die beiden Wagenhälften sind um die runde, auf dem mittleren Drehgestell gelagerten Plattform drehbar. Weil sich der Wagenkasten auch um die Längs- und Querachse verdrehen kann, sind die Wagenkasten-Hälften durch ein Gummiband miteinander verbunden. Fig. 11 zeigt eine Ansicht dieses wirklichen Grossraumwagens. Wie ein solches Fahrzeug innen aussieht, zeigt Fig. 12.

d) Trolleybus Winterthur 1946

Fig. 13 zeigt den Grund- und Aufriss des demnächst in Winterthur in Betrieb kommenden Trolleybus, der die inzwischen gemachten Erfahrungen berücksichtigt. Er besitzt drei verbreiterte Türen. Leider ist es noch nicht gelungen, die Wagenboden-

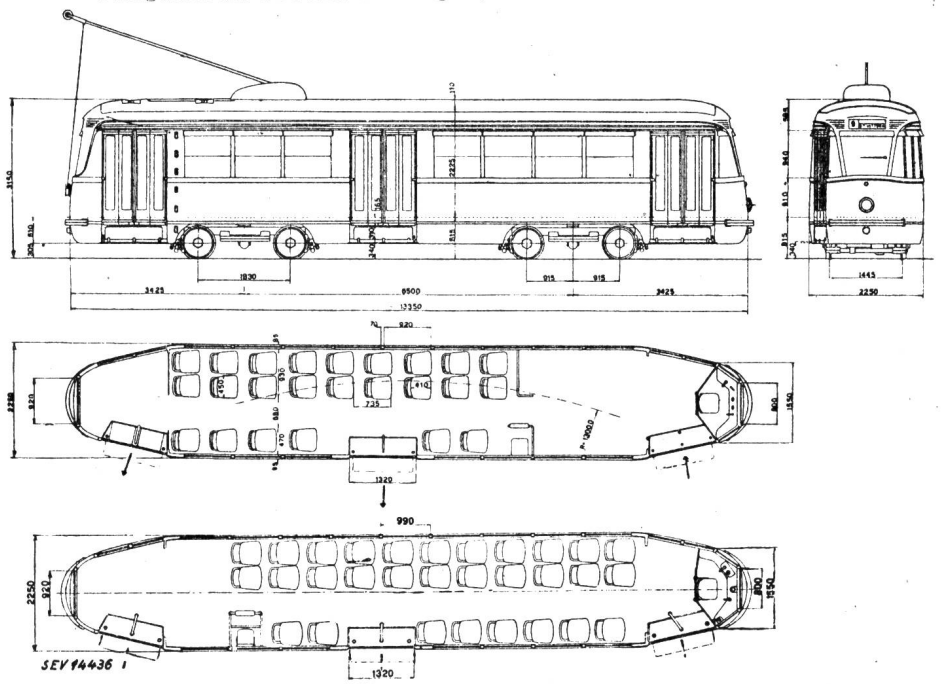


Fig. 9
PCC-Fiat-Tramwagen, 1946
Grund- und Aufriss des Wagens
Fig. 6

höhe weiter herabzusetzen. Dafür ist die maximale Geschwindigkeit erhöht worden.

e) Doppelt gelenkter 3-Achsen-Trolleybus der TIBB in Mailand

Fig. 14 zeigt eine Ansicht dieses Fahrzeuges. Es ist ein Dreiachser, der in der Mitte so geteilt ist, dass sich die beiden Teile des Wagenkastens um die Querachse, nicht aber um die andern Achsen bewegen können. Nur die Mittelachse ist angetrieben. Die Vorder- und Hinterachse werden gleichzeitig gelenkt. Dadurch wird es möglich, trotz der Länge des Wagens von 14,4 m einen relativ kleinen äussern Begrenzungsradius von 11,7 m einzuhalten.

Wie sich dieses Fahrzeug in der Praxis bewährt hat, war nicht feststellbar. Vor allem ist ungewiss, ob die gleichzeitige Lenkung der Vorder- und Hinterachse technisch einwandfrei gelöst ist. Es scheint auch, dass das Wegfahren vom Trottoir einige Schwierigkeiten mit sich bringt.

f) Gelenk-Trolleybus der Stanga in Rom

Dieses Fahrzeug ist ein Sattelschlepper, aber mit nur einem einzigen Wagenkasten. Fig. 15 zeigt die Ansicht und Fig. 16 den Grund- und Aufriss. Das Fahrzeug besitzt 3 Achsen, wovon nur die vordere Achse auf gewöhnliche Art gelenkt wird. Die hintere und mittlere Achse sind doppelt bereift. Nur die Mittelachse ist angetrieben. Die Drehscheibe, um die sich der hintere Teil des Wagens bewegt, liegt auf dem Rahmen des vordern Teiles. Der Wagenboden ist hier ziemlich hoch gelegen, was wahrscheinlich wegen den grossen verwendeten Pneus 11,25×20 nötig war.

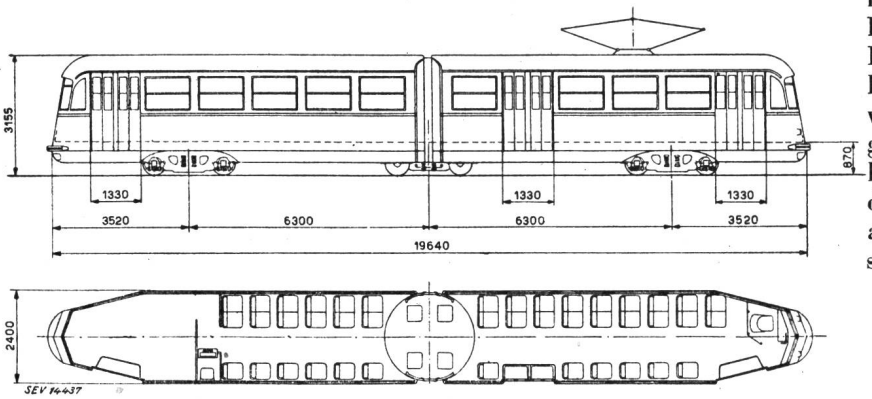


Fig. 10
Gelenk-Motorwagen TIBB, in Mailand, 1942
Grund und Aufriss

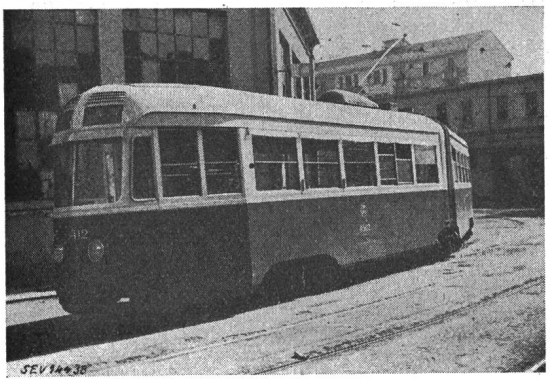


Fig. 11
Ansicht des Gelenkwagens TIBB

Fig. 12
Inneres des Gelenkwagens TIBB

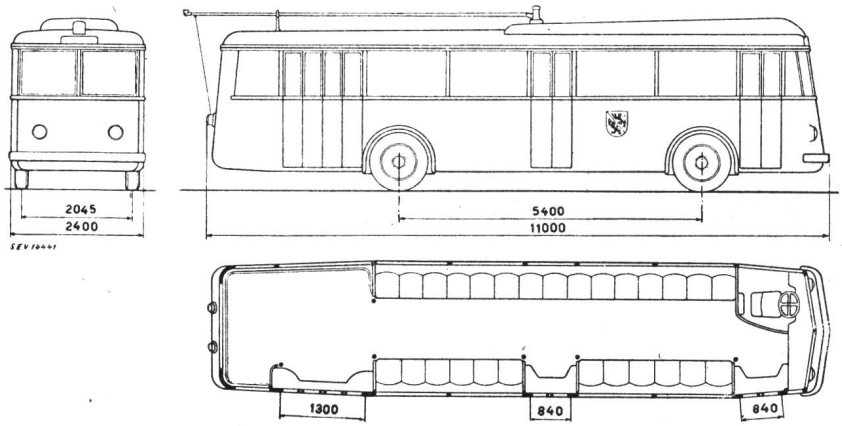


Fig. 13
Trolleybus Winterthur, Typ 1946

g) Gelenk-Trolleybus Alfa-Romeo, Versuchsausführung

Dies ist eine interessante Parallele zum Gelenk-Tramwagen. Fig. 17 gibt eine Ansicht davon; leider war es nicht möglich, genauere Angaben zu erhalten. Das Fahrzeug besitzt 1 einfache vordere Lenkachse und 2 Doppelachsen, total also 5 Achsen. Nur die mittlere Doppelachse ist angetrieben. Die beiden Wagenhälften sind gegeneinander nach allen Seiten beweglich. Die Fahrzeuglänge beträgt 19,6 m und es sollen 200 Passagiere darin Platz haben.

Aus Tabelle I ist zu erkennen, dass es heute dem

Wagenbauer tatsächlich möglich ist, sozusagen jeden Wunsch des Verkehrsmannes zu befriedigen. Ferner geht daraus deutlich hervor, dass vom rein wagenbautechnischen Standpunkt aus der Trolley-

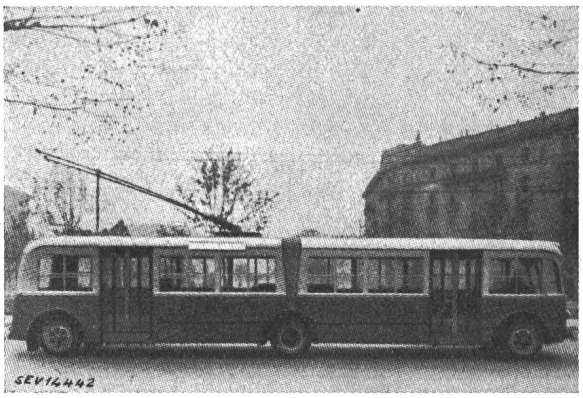


Fig. 14
Doppelt gelenkter 3-Achsen-Trolleybus der TIBB in Mailand

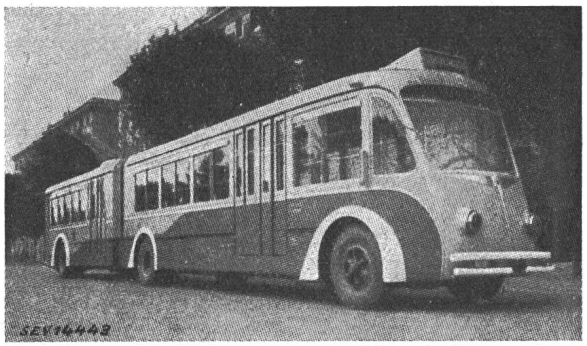


Fig. 15
Gelenk-Trolleybus der Stanga in Rom

bus um ein weniges dem Tram überlegen ist. Diese Ueberlegenheit kann aber jederzeit verschwinden. Auf keinen Fall darf vom technischen Standpunkt aus behauptet werden, der Trolleybus sei für den Massenverkehr schlecht geeignet.

Dass der Trolleybus auch grosse Verkehrsleistungen vollbringen kann, zeigt vielleicht am deutlich-

5. Betriebswirtschaftliche Grundsätze

a) Nicht ganz so einfach wie die betriebstechnischen Fragen sind die betriebswirtschaftlichen Fragen zu beantworten. Vor allem ist es falsch, be-

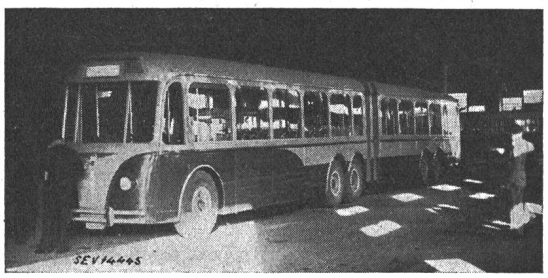


Fig. 17
Gelenk-Trolleybus Alfa-Romeo
Versuchsausführung

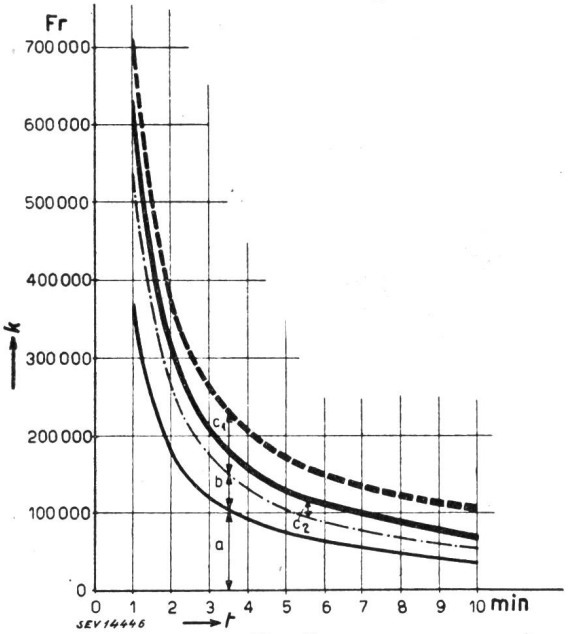


Fig. 18
Kostenvergleich zwischen Strassenbahn und Trolleybus
Jährliche Kosten k pro Streckenlänge (in km) in Funktion des Kursabstandes t in min

a ——— Personalkosten
b —·—·— Sachkosten
c_1 — — — Kapitalkosten, Strassenbahn
c_2 ——— Kapitalkosten, Trolleybus

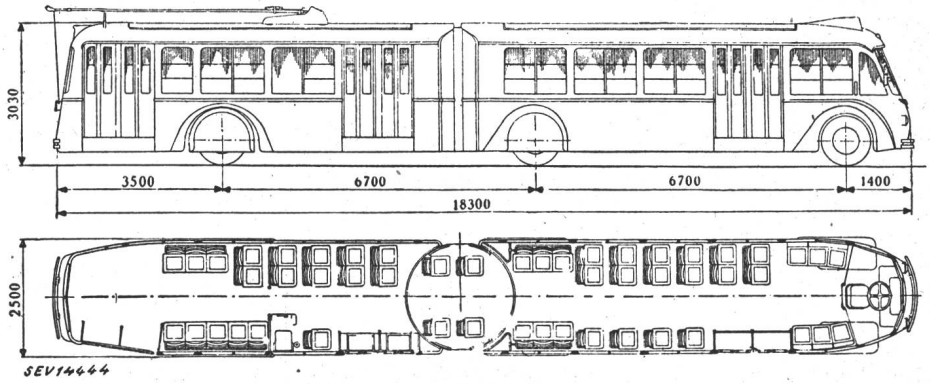


Fig. 16
Gelenk-Trolleybus der Stanga in Rom
Grund- und Aufriss

sten der — übrigens private — Trolleybusbetrieb in Lüttich, einer Stadt mit 400 000 Einwohnern, wo der grösste Teil des Verkehrs mit dem Trolleybus bewältigt wird und wo sich die Fahrzeuge in den Spitzenzeiten in zirka 30 s Abstand folgen.

triebswirtschaftliche Fragen nach irgendeiner allgemein gültigen Formel beantworten zu wollen.

Es wird etwa behauptet, von einer gewissen Kursdichte an sei das Tram dem Trolleybus wirtschaftlich überlegen. Diese Behauptung würde nä-

her untersucht und das Resultat in Fig. 18 aufgetragen. Sie zeigt die jährlichen Kosten pro Streckenkm für verschiedene Kursabstände.

Als Grundlage für die Berechnungen wurden die Preise zu Beginn des Jahres 1946 genommen. Ferner wurde angenommen, dass sowohl der Tram- als auch der Trolleybusbetrieb vollständig neu eingerichtet werde. Folgende weiteren Annahmen wurden gemacht:

Betriebsdauer: 18 h pro Tag
Ausschliesslich Doppelspur
Alleinfahrende Motorwagen, keine Anhänger
Gleiches Fassungsvermögen für Tram und Trolleybus
Reisegeschwindigkeit: 18 km/h
Wagengewicht: Tram 13 t, Trolleybus 9 t
Alle Kurse zweimännig bedient
Personalbedarf für Verwaltung und Unterhalt: 20 % des Fahrpersonalbestandes
Tägliche Arbeitszeit: 8 h
Arbeitstage pro Jahr: 260 Tage
Personalkosten pro Mann und Jahr: Fr. 7300.—

Fahrleitungskosten:	Tram	38 000 Fr./km, Abschreibung 2...3 %
	Trolleybus	52 000 Fr./km, Abschreibung 2...3 %
Geleisekosten:	Tram	546 000 Fr./km, Abschreibung 2,5...3,5 %
Fahrzeugkosten:	Tram	225 000 Fr./Wagen Abschreibung 3...4 %
	Trolleybus	125 000 Fr./Wagen, Abschreibung 5...7 %
Depotkosten:	Tram	35 000 Fr./Fahrzg., Abschreibung 1,5...2,5 %
	Trolleybus	20 000 Fr./Fahrzg., Abschreibung 1,5...2,5 %

Kapitalzins: 4 %
Energieverbrauch: Tram 0,1 kWh/tkm
Trolleybus 0,14 kWh/tkm
Energiepreis: 6,5 Rp./kWh
Geleiseunterhalt: 5 Rp./Wkm
Reifenkosten des Trolleybus: 5 Rp./Wkm
Uebrige Sachkosten: 8 Rp./Wkm

Aus dem Verlauf der Kostenkurven geht eindeutig hervor, dass der wirtschaftliche Vorteil der einen oder andern Fahrzeugart nichts, aber auch gar nichts mit dem Kursabstand zu tun hat. Etwas anders fällt selbstverständlich das Resultat aus, wenn aus irgendeinem Grund die verschiedenen Verkehrsmittel verschiedene Reisegeschwindigkeiten haben. Wie Fig. 19 zeigt, ist dann, wenn der Trolleybus eine niedrigere Reisegeschwindigkeit als das Tram hat, das Tram um so eher wirtschaftlich überlegen, je dichter die Kursfolge ist. Die oft zitierte Regel gilt also nur unter der sehr wichtigen Einschränkung, dass der Trolleybus eine kleinere Reisegeschwindigkeit als das Tram erziele.

b) Bei einer seriösen wirtschaftlichen Beurteilung ist vor allem zwischen vollständigen Neueinrichtungen und Umbauten zu unterscheiden. Je neuer und je besser unterhalten ein Trambetrieb ist, um so weniger wird ein Trolleybus in Frage kommen. Dagegen wird der Trolleybus dem Tram ein um so grösseres Gebiet streitig machen, je älter und je schlechter unterhalten das Trammaterial ist. In beiden Fällen kann nur eine peinlich genaue Untersuchung jedes einzelnen Falles ein richtiges Bild geben. Dabei sollte folgendermassen vorgegangen werden:

1. Es darf nur Gleichwertiges miteinander verglichen werden. Von dieser Selbstverständlichkeit wird aber immer wieder abgewichen, damit das von vorneherein gewollte Resultat «bewiesen» werde.

2. Bei Umstellungen darf nicht nur die gegenwärtige Situation entscheidend sein. Es ist auch zu prüfen, wie die Sache in 10, 20 oder 30 Jahren aussehen wird. Man wird dann vielleicht zum Resultat kommen, dass ein Weiterfahren mit der bestehenden und auf das Nötigste ergänzten Betriebsart während einiger Jahre und eine spätere Umstellung auf eine andere Betriebsart das richtige ist.

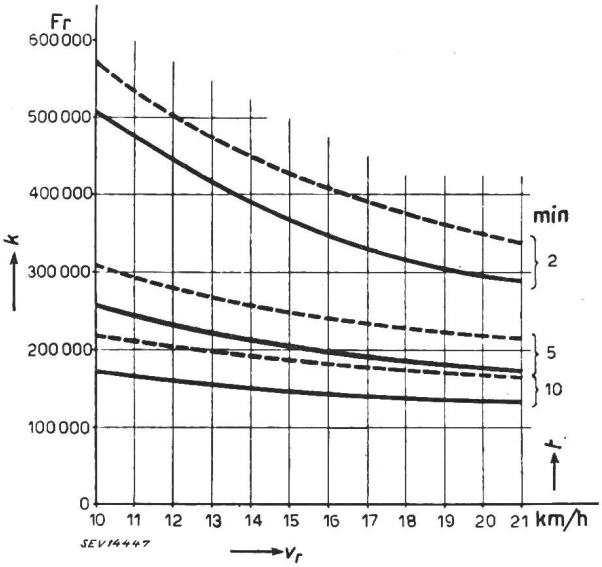


Fig. 19
Kostenvergleich zwischen Strassenbahn und Trolleybus
Jährliche Kosten k pro Streckenlänge (in km) in Funktion der Reisegeschwindigkeit v_r in km/h und des Kursabstandes t in min
— — — Strassenbahn ——— Trolleybus

3. Es sollte nicht von spezifischen Zahlen, z. B. Kosten pro Wagenkilometer usw. ausgegangen werden, weil der Verkehr auf den einzelnen Linien viel zu verschieden ist. Eine Uebernahme spezifischer Kosten ist nur dann gestattet, wenn auf dem Vergleichsbetrieb, und zwar auch auf den einzelnen Teilstücken genau gleiche Verhältnisse bestehen. So darf z. B. mit den Kosten pro Wagenkilometer nur gerechnet werden, wenn in beiden Betrieben neben den Preisen und Löhnen auch die Reisegeschwindigkeit, die tägliche Betriebsdauer, die Kursabstände und die Wagengewichte miteinander übereinstimmen. Solche Bedingungen werden aber selten erfüllt sein; nach meiner Meinung sollte deshalb von Grund auf selbständig gerechnet werden. Dabei ist es wichtig, dass vor allem die Hauptposten möglichst einwandfrei bestimmt werden.

Betrachtet man die Kostenstruktur eines Verkehrsbetriebes, so ist allgemein festzustellen, dass der wichtigste Ausgabenposten die Personalkosten sind. An zweiter Stelle stehen die Kapitalkosten, erst dann kommen die sich aus vielen Einzelheiten zusammensetzenden Sachkosten. Fig. 20 zeigt z. B. diese Verhältnisse bei den Verkehrsbetrieben Winterthur.

Die wichtigen Personalkosten können nun sehr genau bestimmt werden, wenn zuerst der Personalbedarf anhand von genauen Fahrplänen und Dienstplänen bestimmt wird. Auch die Kapitalkosten lassen sich einwandfrei bestimmen; nur muss man mit den wirklich nötigen, nicht nur mit den gesetzlich vorgeschriebenen Abschreibungen rechnen.

Unter den Sachkosten spielen die Energiekosten die wichtigste Rolle, indem sie sowohl beim Tram, als auch beim Trolleybus etwa 40...50 % der gesamten Sachkosten ausmachen, wenn mit den üblichen Energie-Verkaufspreisen gerechnet wird. Es muss hier aber daran erinnert werden, dass der Gemeindehaushalt dann nicht mit diesen Preisen rechnen muss, wenn die Gemeinde ein eigenes Elektrizitätswerk betreibt. In diesem Falle darf die Gemeinde mit den Selbstkosten rechnen, denn ein Verdienst am Energiekonsum besteht ja nur schein-

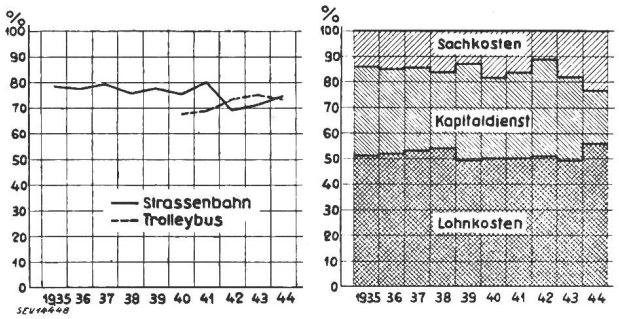


Fig. 20
Personalkosten in % der Betriebskosten (links) und jährliche Gesamtkosten (rechts)

bar. Diese Tatsache spielt allerdings nur dann eine Rolle, wenn die elektrische Traktion mit der Brennstoff-Traktion verglichen wird. Ueber den gleichstromseitigen Energieverbrauch liegen verschiedene genaue Messungen vor. Zürich hat festgestellt, dass mit dem modernen Leichttriebwagen 0,1 kWh pro Tonnen-Kilometer gebraucht werden. Winterthur hat festgestellt, dass beim Trolleybus der Energieverbrauch 0,14 kWh pro Tonnen-Kilometer einschliesslich Heizung und Beleuchtung beträgt. Da nun meistens ein Trolleybus leichter als ein Tramwagen mit gleichem Fassungsvermögen ist, so kann es sich ergeben, dass trotz des höhern spezifischen Energieverbrauches die Energiekosten beim Trolleybus nicht grösser als beim Tram sind.

Sind diese Ausgaben derart berechnet, so verbleiben noch rund 10 % der Gesamtausgaben zu bestimmen. Werden nun dabei wegen ungenügender Grundlagen Fehler gemacht, so ist dies nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Immerhin ist dabei zu beachten, dass nur vergleichbare Erfahrungswerte benützt, nicht Zahlen aus veralteten Betrieben mit Zahlen aus modernen Betrieben verglichen werden. Da nun merkwürdigerweise gerade diese Sachkosten Anlass zu ausgedehnten Diskussionen geben, seien noch einige Erfahrungszahlen aus dem Trolleybusbetrieb Winterthur bekanntgegeben:

Für den Unterhalt der Fahrzeuge ohne Bereifung ist heute mit 4,5 Rp./Wkm zu rechnen.

Wieviel für die Pneukosten einzusetzen ist, ist heute schwer zu sagen, weil die Pneupreise sehr wahrscheinlich ändern und vor allem die Fahrleistungen der Pneus wieder besser werden. Jedenfalls darf mit einer Laufleistung von mindestens 75 000 km gerechnet werden. In grober Annäherung darf gesagt werden, dass die Pneukosten nicht grösser als die Unterhaltskosten des Geleises sein werden. Die Sachkosten ohne Energiekosten sind also bei Tram und Trolleybus angenähert gleich gross.

6. Schlussfolgerungen

Rein verkehrs*technisch* ist der Trolleybus allen andern öffentlichen Strassen-Verkehrsmitteln ebenbürtig. In besonderen Fällen ist er sogar überlegen. Wenn sich diese technische Ueberlegenheit bei uns nicht auswirkt, so nur deswegen, weil es der Gesetzgeber so will. Das Anwendungsgebiet des Trolleybus ist grösser, als sonst allgemein angenommen wird. Auch betriebs*wirtschaftlich* sind dem Trolleybus nicht so enge Grenzen gesetzt, wie sonst allgemein angenommen wird. Insbesondere wächst sein wirtschaftliches Anwendungsgebiet, wenn es sich um Neuanlagen handelt. Ein abschliessendes Urteil über das zweckmässigste Verkehrsmittel darf aber nur gestützt auf sorgfältige Untersuchungen, niemals nach einer Faustregel gefällt werden.

Adresse des Autors:
W. Werdenberg, Direktor der Verkehrsbetriebe der Stadt Winterthur.

Diskussion

Der Vorsitzende: Meine Herren, wir danken Herrn Direktor Werdenberg für seine luciden und ausserordentlich interessanten und erfreulichen Ausführungen. Er hat als Praktiker und als Fachmann, gestützt auf jahrelange Erfahrung, gesprochen, und sein Wort wird ganz sicher von Bedeutung sein für die weitere Entwicklung unserer Frage.

B. Storsand, Oberingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon: Herr Direktor Werdenberg hat uns ausserordentlich klar gezeigt, wie die technische Entwicklung des Trolleybus, besonders im Auslande, in den letzten Jahren vor sich gegangen ist.

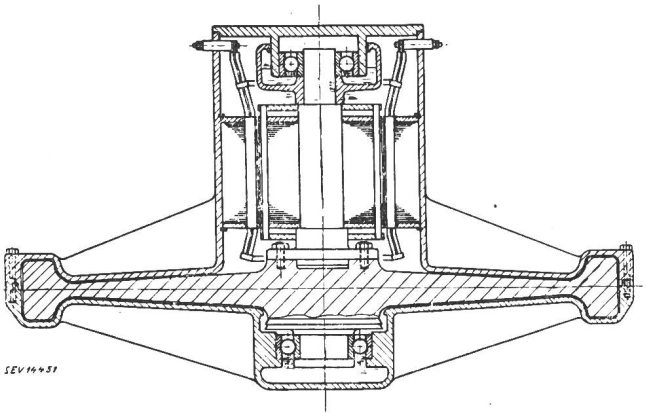


Fig. 1
Querschnitt des Elektrogyro-Aggregates
Unten Schwungrad, oben Synchronmaschine

Der Herr Vorsitzende hat in seiner Einleitung die Bemerkung gemacht, man könne die Entwicklung des Trolleybus' heute im grossen ganzen als abgeschlossen betrachten.

Ich möchte in diesem Zusammenhang ganz kurz auf eine Neu-Entwicklung auf dem Gebiete des elektrischen Fahrzeugbetriebes hinweisen, welche von der schweizerischen Maschinenindustrie während der Kriegsjahre in Angriff genommen wurde, und welche heute so weit fortgeschritten ist, dass sie auch für elektrischen Busbetrieb ins Auge gefasst werden kann. Wenn ich mir erlaube, hier auf diese Neuerung hinzuweisen, so geschieht dies in erster Linie deswegen, weil die Industrie sich dessen bewusst ist, dass eine solche Entwicklung nur in Zusammenarbeit mit den Fachleuten aus den Verkehrs- und Elektrizitätsbetrieben möglich ist.

Es handelt sich um die Verwendung eines elektrisch angetriebenen Schwungradenergiespeichers (Fig. 1), welcher während der Haltezeiten vom Drehstromnetz aus über eine automatische Kontaktvorrichtung in 1...2 Minuten «aufgeladen» werden kann, und welcher nachher im Fahrbetrieb die gespeicherte Arbeit in Form von elektrischer Energie an die Fahrmotoren abgibt [1]).

In der gezeigten Ausführungsform kann der Rotationsenergiespeicher — von uns Elektrogyro genannt — pro Entladung 5...6 kWh an die Fahrmotoren abgeben. Damit kann ein «Gyrobus» im Gewicht von 12...14 t in der Ebene ca. 5...6 km zurücklegen. Messungen über den Energieverbrauch von Elektromobilen ergaben seinerzeit Werte in der Grössenordnung von 55...60 Wh/tkm. In Winterthur hat Herr Direktor Werdenberg einige Messungen über den Energieverbrauch von Trolleybussen gemacht, wobei es sich zeigte, dass bei einem Wagen im Gewicht von ca. 12 t, beladen, der Energieverbrauch an den Motorklemmen gemessen ca. 0,9 kWh/km (75 Wh/tkm), am Trolley jedoch ca. 1,4 kWh/km betrug.

Während dieser Mehrverbrauch, welcher auf Verluste in den Anfahrwiderständen und Verbrauch der Hilfsbetriebe, Heizung, Beleuchtung etc. zurückzuführen ist, für das Oberleitungsfahrzeug ohne Nachteil ist, muss beim Speicherfahrzeug wesentlich sparsamer mit der Energie umgegangen werden.

Beim Gyrobus ist dies durch Anordnung einer Reihe wirtschaftlicher Anfahrstufen, *ohne* Vorschaltwiderstände, und durch Vorsehen einer effektiven Rekuperationsbremsung, welche einen grossen Teil der sonst verlorenen Bremsenergie in den Energiespeicher zurückliefert, verwirklicht.

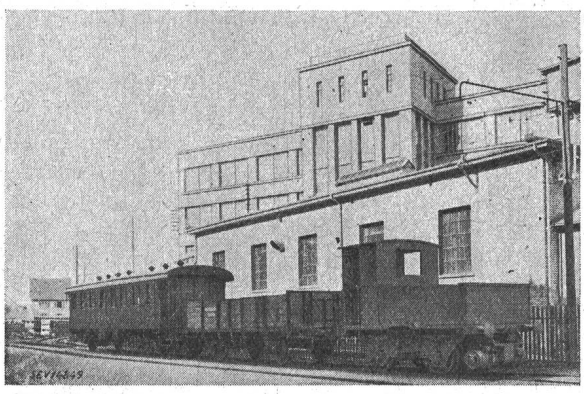


Fig. 2
Versuchsausführung eines Gyrofahrzeuges

Weiter sind die Hilfsbetriebe vom Fahrbetrieb getrennt und in Speicherbauart ausgeführt.

Fig. 2 zeigt die erste Versuchsausführung eines Gyrofahrzeuges in Oerlikon in Form eines 10-Tonnen-Schienentraktors. In Fig. 3 sind einige Ausführungsformen für Gyrofahrzeuge dargestellt.

[1]) vgl. Bull. SEV Bd. 38(1947), Nr. 12, S. 351.

Mit einem «Gyrobus» in der gezeigten Form können heute Buslinien mit Hilfe von Energie aus dem Drehstromnetz betrieben werden. «Energietanksäulen» mit automatischen Kontaktvorrichtungen ermöglichen an den wichtigsten Haltestellen die Zuführung der nötigen Energie aus dem Netz.

Es besteht somit die Möglichkeit, ein Verkehrsmittel zu entwickeln, welches ohne Oberleitung die gleichen Vorteile besitzt wie der Trolleybus, nämlich gute Beschleunigung, gepaart mit geräuschlosem Betrieb und einfacher Bedienung, sowie einfachem Unterhalt.

Wenn ich Ihre Aufmerksamkeit auf diese Neu-Entwicklung gelenkt habe, so geschah dies in erster Linie, um auf die Möglichkeiten des Elektrogyrosystems bei relativ schwach frequentierten Strecken aufmerksam zu machen.

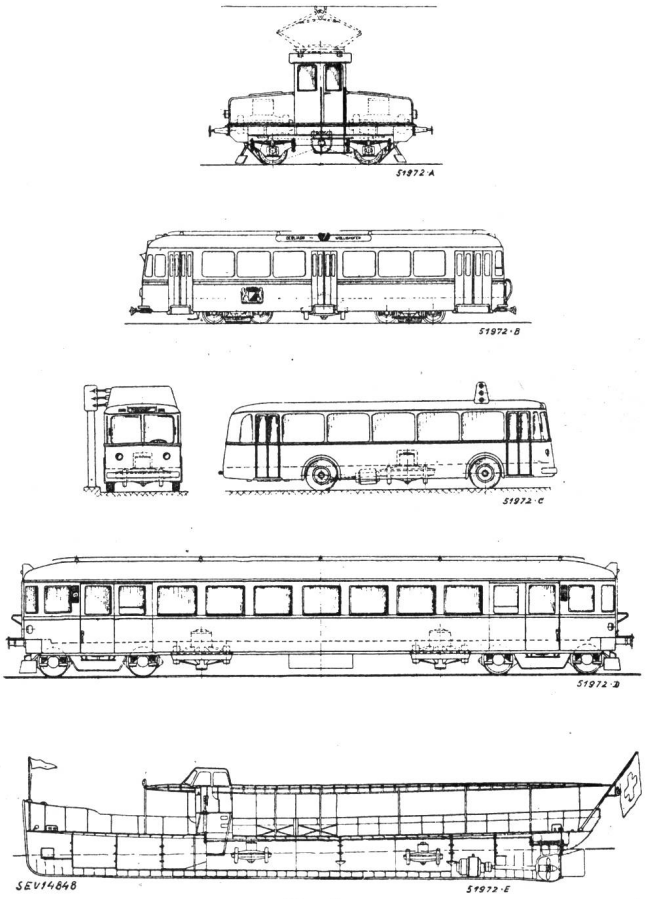


Fig. 3
Anwendungsbeispiele des Gyroantriebes

Während der bewährte, ausserordentlich leistungsfähige Oberleitungsbetrieb nach wie vor für schwerere Aufgaben die wirtschaftlichste Lösung darstellt, sind in vielen Fällen bei weniger belasteten Strecken durch Wegfall der Oberleitung und der Gleichstromanlage Einsparungen möglich, die auch hier den elektrischen Betrieb wirtschaftlich erscheinen lassen.

Der Vorsitzende: Ich danke sehr für dieses interessante Diskussionsvotum. Wenn ich berichtigt worden bin in meiner einleitenden Bemerkung, dass die technische Entwicklung des Trolleybus' ungefähr abgeschlossen sei, so war diese Berichtigung insofern nicht ganz richtig, als der Trolleybus ja der elektrische Oberleitungs-Omnibus ist und hier eine weitergehende technische Entwicklung auf einem etwas andern Geleise gezeigt wurde, die uns aber ausserordentlich interessant erscheint.

Nun habe ich die Ehre, unsern zweiten Referenten, Herrn Direktor Bourgeois, zu bitten, uns über «Normalisation du matériel et législation» zu referieren.