

# Stand und technische Entwicklung der Trolleybusse

Autor(en): **Würger, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **30 (1938)**

Heft 4

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-922162>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

birgsgegenden bei schweren Tracé- und ungünstigen Witterungsverhältnissen.

2. Zur Bewältigung eines Stossverkehrs durch Mitschleppen eines Anhängewagens. Solche Betriebe sind bereits in Oldenburg, Kopenhagen, auf der Linie Chambéry—Chignin und in Bloemfontain (Südafrika) vorhanden.

3. Für gemischten Personen- und Güterverkehr, wie dies auf Ueberlandstrecken vorkommt.

4. Für Schnellverkehr bei hoher Fahrgeschwindigkeit. Die Venediger Anlage ist ein treffendes Beispiel dieser Art. In dieser Anlage wird, wie bereits erwähnt, mit einer maximalen Geschwindigkeit von 70 km/h gefahren. Bei zweckmässig angelegter Fahrleitung und Verwendung passender Stromabnehmer, ist die Erreichung einer noch grösseren Fahrgeschwindigkeit bis 100 km/h durchaus denkbar, was für längere Ueberlandlinien, wie solche im Ausland projektiert wurden, Vorteile bieten kann.

5. Für kombinierten Betrieb mit und ohne Oberleitungsstrom, mit einer Hilfsbatterie oder noch besser mit einem thermischen Motor mit elektrischer Leistungsübertragung, wie dies bereits in Newark (U. S. A.) in grossem Maßstab existiert.

Oesterreich	1	5
Ungarn	1	3
England	33	2800
Belgien	3	111
Holland	1	6
Dänemark	2	26
Norwegen	1	12
Tschechoslowakei	1	3
Polen	1	3
Rumänien	1	4
Russland	1	300
	<u>79</u>	<u>3817</u>

Amerika:

U. S. A.	40	1721
Canada	1	7
Columbien	1	10
	<u>42</u>	<u>1738</u>

Afrika:

Marokko	1	11
Algerien	2	20
Südafrika	4	183
	<u>7</u>	<u>214</u>

Asien:

Indien	1	15
Japan	8	50
China	2	169
Malakka	3	138
	<u>14</u>	<u>372</u>

Australien:

New Zealand	1	11
Tasmanien	1	5
South Australia	1	20
Western Australia	1	3
New South Wales	1	20
	<u>5</u>	<u>59</u>
Total für die ganze Welt	<u>147</u>	<u>6200</u>

Stand der Trolleybusanlagen Ende 1937

Land	Anzahl Anlagen	Anzahl gelieferter oder in Bau befindlicher Wagen
<i>Europa:</i>		
Schweiz	1	35
Frankreich	6	45
Deutschland	9	36
Italien	17	428

Stand und technische Entwicklung der Trolleybusse (Fahrzeuge, Fahrleitungen)

Vortrag von Herrn Dipl.-Ing. H. Wüger, Zürich

Einleitung

Das Gebiet der Trolleybusse gehört zwar nicht zum normalen Aufgabenkreis eines Elektrizitätswerkes. Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich sahen sich aber vor einigen Jahren, als man in der Schweiz diesem modernen Verkehrsmittel gegenüber noch allzu skeptisch eingestellt war, veranlasst, die Möglichkeit der Umstellung einer Ueberlandbahn auf Trolleybusbetrieb zu untersuchen. Leider zeigte sich gerade in den letzten Tagen, dass diese Umstellung wegen Finanzierungsschwierigkeiten wahrscheinlich nicht ausgeführt werden kann, und dass die bisher durchgeführten Studien für das eigene Unternehmen vorläufig wertlos geworden sind. Wenn das gesammelte Material und die Studien der EKZ nun dazu dienen können,



Abb. 21 Alter Trolleybus der ehemaligen Linie Fribourg-Farvagny (Baujahr 1911).

einen bescheidenen Beitrag zum Gesamtfragenkomplex über den Trolleybus zu liefern, so ist das für uns wenigstens ein kleiner Trost.

Aus den Ausführungen von Herrn Hiertzeler hat man bereits ersehen, welche Vielgestaltigkeit heute im Bau von Trolleybussen besteht. Um auch den gewaltigen Unterschied zwischen den modernen Trolleybussen und den Frühausführungen in Erinnerung zu rufen, sei an den alten Wagen erinnert, der auf der Linie Fribourg—Farvagny (1911) verkehrte (Abb. 21).

Die Abb. 22 zeigt eine moderne englische Ausführung. Es wird in diesem Zusammenhang interessieren, dass z. B. in England sehr viele Trolleybusse in Betrieb sind, die nach MFO-Plänen von englischen Lizenznehmern gebaut werden, während in Deutschland und Italien zahlreiche vom BBC-Konzern ausgerüstete Wagen laufen.

**Normale Fahrzeuge**

*Antrieb*

Die Vielgestaltigkeit der Bauarten kommt so recht deutlich zum Ausdruck beim Vergleiche der verschiedenen Anordnungen der Antriebe. Die in der Abbildung 23 gezeigte Zusammenstellung umfasst die hauptsächlichsten Bauarten, die zum grössten Teil, wenn auch nur vereinzelt, praktisch ausgeführt wurden. Einmotorige Lösungen besitzen den Vorteil grosser Einfachheit im elektrischen Teil, haben aber den Nachteil, dass die energiesparende Serie-Parallelschaltung nicht anwendbar ist. Die Verwendung eines Doppelmotors vermeidet diesen Nachteil, erheischt aber etwas höheres Gewicht, wodurch die Vorteile der Serie-Parallelschaltung teilweise kom-

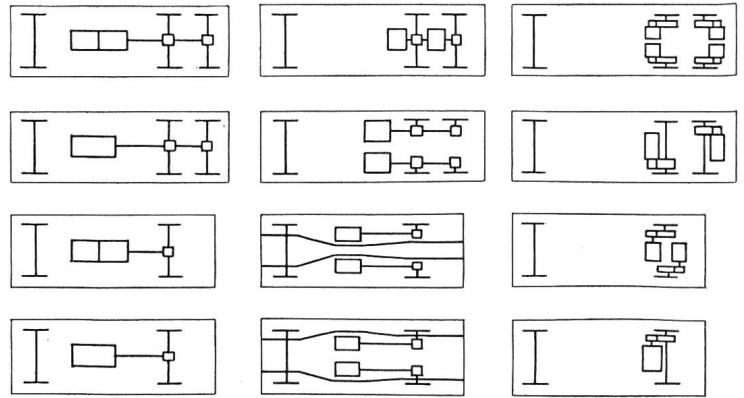


Abb. 23. Antriebsanordnungen für Trolleybusse (Klissee SBZ).

triebes weiterfahren kann und also nicht abgeschleppt zu werden braucht. Wie amerikanische Statistiken zeigen, sind solche Fälle allerdings sehr selten.

Ausser den gezeigten Antrieben wurde neuerdings von Ing. Blaser die Anregung gemacht, für den Trolleybus auf den Kettenantrieb zurückzugreifen. Da die Kettenantriebe in den letzten Jahren gewaltig verbessert wurden, ist dieser Vorschlag nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, um so mehr, als er die Möglichkeit einer einfachen Bauart mit Heckmotor und damit eine Lösung mit äusserst tiefer Bodenlage schaffen würde. Umgekehrt haften dem Kettenantrieb Nachteile an, wie geringerer Wirkungsgrad und Notwendigkeit eines Oelbades, die nicht übersehen werden dürfen.

Die Vielzahl der Bauarten wirkt heute hemmend auf die Entwicklung, weil die Erstellung grosser Serien verunmöglicht und dadurch eine Verteuerung der Wagen bewirkt wird. Andererseits darf man nicht blind auf ausländische Erfahrungen abstellen, weil diese Verhältnisse oft stark von den unsrigen abweichen. Vorläufig ist daher von Fall zu Fall die Bauart genau zu prüfen; es ist aber wünschenswert und möglich, eine für schweizerische Verhältnisse gültige Vereinheitlichung anzustreben.

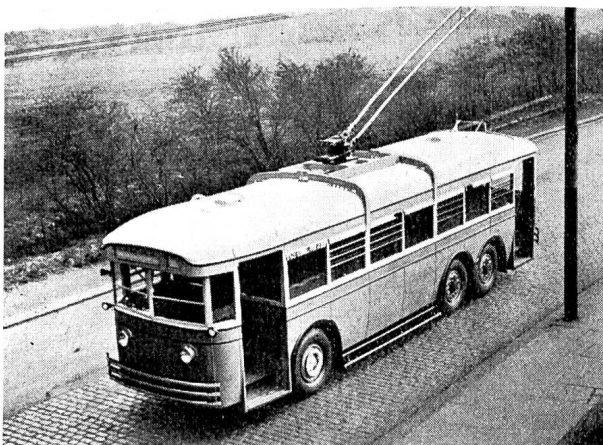


Abb. 22. Moderner Trolleybus von Perth, dessen elektrischer Teil nach M.F.O.-Lizenzen gebaut ist.

pensiert werden. Bauarten mit zwei vollständig unabhängigen Motoren und Getrieben sind noch etwas schwerer. Für den Betrieb haben diese aber den Vorteil, dass bei einem Schaden an einem Motor das Fahrzeug noch mit eigener Kraft des gesunden An-

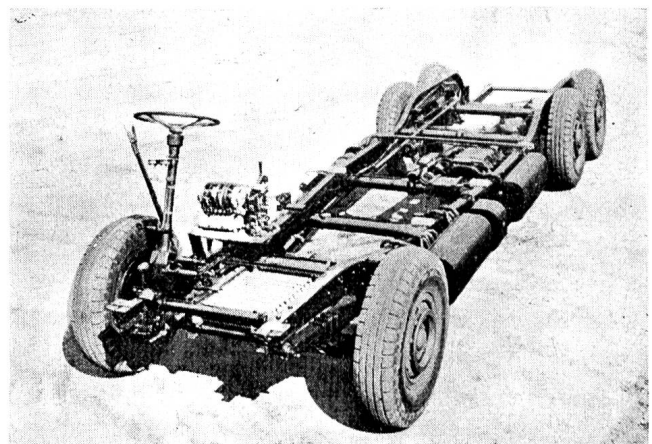


Abb. 24. Chassis des dreiachsigen Trolleybus von Perth mit einem, zwischen den Längsträgern eingebauten Motor (G. E. C./M. F. O.)

### Chassis

Die Bilder 24 und 25 zeigen zwei Beispiele ausgeführter Chassis; in der Abbildung 26 ist die Vorderachse eines Trolleybus mit eingebautem Personenfänger, wie er bei Strassenbahnwagen üblich ist, dargestellt.

### Elektrische Steuerung

Für elektrische Steuerungen bestehen zwei prinzipiell verschiedene Ausführungen: Die reine Starkstromsteuerung mit fussbetätigtem Starkstromkontroller und die indirekte Schützensteuerung, elektrisch oder elektropneumatisch, bei welcher der Fusskontroller lediglich Steuerströme (etwa  $24 \div 30$  V) führt. Die Apparatur für die Starkstromsteuerung ist wesentlich einfacher (siehe z. B. Abb. 24),

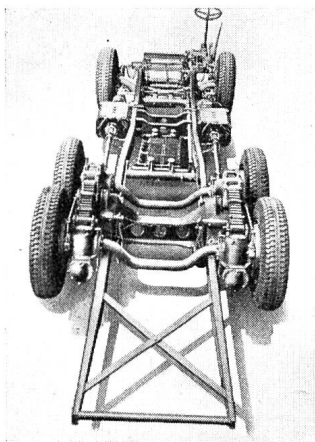


Abb. 25 Niederfler-Trolleybus-Chassis mit zwei, seitlich am Rahmen angebaute Motoren (G. E. C./M. F. O.).

aber nur anwendbar für eine bescheidene Zahl von Kontaktstufen. Für Vielstufenfahrshalter (etwa 20 und mehr Stufen), wie sie zur Erreichung der heute üblichen hohen Anfahrbeschleunigungen von  $1,0 \div 1,4$  m/sec<sup>2</sup> nötig sind, eignet sich aber die Schützensteuerung besser.

Während in U. S. A. Steuerungen mit selbsttätigen Beschleunigungsrelais üblich sind und sich bewährt haben, neigt man in Europa mehr zur nicht automatischen Steuerung, offenbar weil die engeren Strassen unserer Städte verlangen, dass der Fahrer den Wagen unbedingt beherrscht, was nur bei unmittelbarer Steuerung der Fall ist.

### Bremsen.

Auch bei den Bremssystemen ist noch nicht alles abgeklärt. Als mechanische Bremsen dienen die meist nur als Feststellbremse verwendete Handbremse und daneben eine Luftdruckbremse (Druckluft oder Vakuum) oder eine Oeldruckbremse. Von diesen Systemen findet die Druckluftbremse heute weitaus das grösste Interesse. Druckluft wird oft noch für Sandstreuer, die neuerdings auch bei Trolleybussen eingebaut werden, verwendet. Als elektrische Bremsen stehen die bei Strassenbahnen üblichen zur Verfügung. Die Frage der Stromrückge-

winnungsbremse ist heute noch umstritten. Bekanntlich wird diese in ziemlich weitem Umfang in Belgien und England angewandt, wobei für den Antrieb Compoundmotoren verwendet werden. Der Vorteil dieses Systems besteht nicht allein in der Rekuperation, sondern fast noch mehr in der elastischen Geschwindigkeitsregelung. Die Stromrückgewinnung hat praktisch nur Bedeutung bei Strecken mit grossen Gefällen und auch dort nur dann, wenn die Gleichrichterstationen für die Rückspeisung eingerichtet sind. Für solche Fälle ist sie dann aber durchaus lohnend, indem Stromersparnisse von bis zu 15 und 20 % erreichbar sind. Da die Rekuperationsbremse nur bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 10 bis 11 km/h herab wirksam ist, wird in der Regel die Schaltung so getroffen, dass unterhalb dieser Grenze die Widerstandsbremse einsetzt.

Für flache Strecken oder solche mit kleinem Gefälle lohnt sich die Rekuperation nicht; man wird dort auch in Zukunft mit der normalen Widerstandsbremse in Verbindung mit dem bestens bewährten Seriomotor auskommen.

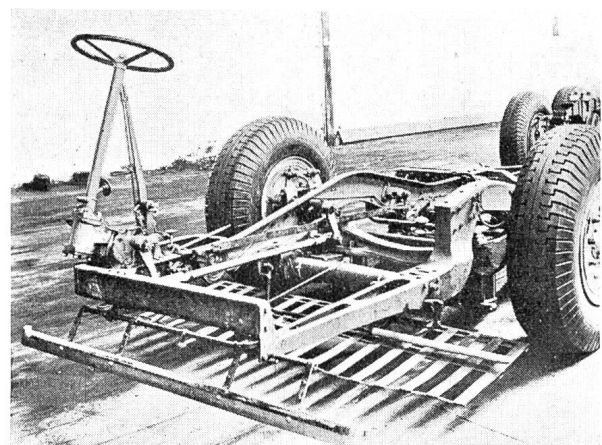


Abb. 26 Vorderachse eines englischen Trolleybus mit angebaute Personenfänger (G. E. C./M. F. O.).

### Karosserien

Bei den Aufbauten machen sich die grösseren Beschleunigungen durch grössere Beanspruchungen geltend. Daher werden die Holzbauarten mehr und mehr durch Metallbauarten (Stahl- oder Leichtmetall) verdrängt. Die Amerikaner und neuerdings auch die Engländer gehen allmählich zu den chassislosen Bauarten über, die ganz namhafte Gewichtsersparnisse ermöglichen. Hiesige Firmen haben sich leider noch nicht stark für diese Bauart interessiert, vor allem deshalb, weil bei der Bauart mit Chassis viele Teile des normalen Motorlastwagens für den Trolleybus übernommen werden können, während sonst Sonderkonstruktionen nötig wären, die sich bei dem sehr spärlichen Umfang von Trolleybusaufträgen noch nicht lohnen.



Für die Abmessungen des Wagenkastens ist die Feststellung wichtig, dass eine Wagenbreite von 2,4 m es möglich macht, zu beiden Seiten eines ziemlich breiten Mittelganges je zwei Quersitze anzuordnen, was eine weit bessere Platzausnutzung des Wagens gestattet. Die Abbildung 27 zeigt das Innere eines solchen Wagens.

Diese Möglichkeit steht im Zusammenhang mit der Wagenausgestaltung. Sie verlangt eine relativ dünne Wagenaussenwand; sie wird durch Weglassen der Taschen erzielt, die bei uns für Schiebtüren und Fenster üblich sind. Bekanntlich sind die amerikanischen Wagen mit Falttüren und horizontal geteilten Schiebefenstern ausgestattet, so dass in dieser Beziehung die Voraussetzungen erfüllt sind.



Abb. 27 Inneres eines amerikanischen Trolleybus mit 2,4 m Kastenbreite, mit je 2 Quersitzen links und rechts des Mittelganges.

### Hilfseinrichtungen

Für die Betätigung der Türen wird mehr und mehr der Druckluftantrieb gewählt, dessen Anwendung durch das Vorhandensein der Druckluftbremse wesentlich erleichtert wird. Die in Amerika sehr verbreitete elektrische oder elektropneumatische Steuerung für die hintere, nur als Ausgang dienende Türe wird nun auch in der Schweiz in Lizenz hergestellt, so dass sich Gelegenheit bietet, sie zu erproben. Sie besteht bekanntlich darin, dass sich der Ausgang selbsttätig öffnet, wenn eine Person aussteigen will und durch Betreten eines besonders gebauten Teppichs vor der Ausgangstür den Stromkreis für den Öffnungsvorgang schliesst. Selbstverständlich besteht eine Verriegelung, damit die Türbetätigung nur bei stillstehendem Wagen erfolgt. Hat der Fahrgast den Wagen verlassen, so schliesst die Türe sich wieder.

Die Wagenbeleuchtung wird heute in der Regel nicht mehr an die Fahrleitungsspannung angelegt. Ein auf der Motorwelle sitzender kleiner Generator für 24 V oder 12 V lädt eine Batterie, an die die

Wagenbeleuchtung angeschlossen wird. Die Einrichtung entspricht derjenigen der Autobusse. Ihre Vorteile bestehen darin, dass wesentlich robustere Lampen und für die Streckenbeleuchtung leistungsfähige Scheinwerfer verwendet werden können, und dass namentlich bei abgezogenem Stromabnehmer die Beleuchtung nicht aussetzt.

### Schutz gegen Berührungsspannung

Da der Trolleybus auf Gummi läuft, ist sein Wagenkasten gegen Erde isoliert und bei einem Isolationsschaden kann ein den Wagen besteigender Fahrgast Spannung zwischen Hand und Fuss bekommen. Zur Vermeidung dieser Gefahr, die übrigens stark überschätzt wird, gibt es verschiedene Mittel. Die



Abb. 28 Schleifschuh-Stromabnehmer für Trolleybusse (Bauart Ohio-Brass).

Deutschen haben Schutzschaltungen entwickelt, die bei einem Isolationsschaden zur beidpoligen Auslösung des Hauptschalters führt. Die Amerikaner beschränken sich darauf, die elektrische Installation besonders sorgfältig auszuführen (zum Teil doppelte Isolation und sorgfältigste Materialauswahl für die unter dem Wagenboden in besonderen Kanälen verlegten Leitungen) und Haltegriffe an den Ein- und Ausstiegen aus Isolierstoff zu verwenden. In der Frühzeit des Trolleybus hat man durch Nachschleppen einer Metallkette eine Erdung erreicht. Diese einfache Einrichtung ist aber auf den asphaltierten Stadtstrassen mit der völlig isolierenden Strassendecke wertlos, sofern nicht die Schleppkette Strassenbahngleise berühren kann. Bei nicht isolierenden Strassenbelägen oder für den Fall, dass an den Haltestellen künstlich leitende Stellen angebracht würden (ähnlich Stahlstrassen), können Pneus mit leitenden Einlagen verwendet werden, in ähnlicher Weise wie bei den Spornrädern der Flugzeuge, bei denen dasselbe Problem besteht. Mit solchen Flugzeugpneus, die aber wesentlich weniger stark

beansprucht sind als Trolleybuspneus, haben deutsche und englische Firmen bereits befriedigende Resultate erzielt.

### Stromabnehmer

Die ursprünglich verwendete Dickson-Rolle hat sich nicht bewährt, indem sie, wie auch bei Strassenbahnen, zur Funkenbildung neigt und damit als Radiostörer wirkt. Weit günstiger ist in dieser Beziehung der in Amerika entwickelte Schleifschuh (Abb. 28). Musste die Dicksonrolle mit 16 bis 20 kg gegen die Fahrleitung gedrückt werden, genügt beim Schleifschuh ein Anpressungsdruck von 8 bis 15 kg.



Abb. 29 Einstangen-Stromabnehmer und Vielfachaufhängung BBC.

Der Schuh besitzt ein auswechselbares Schleifstück, das früher aus Bronze oder Eisen bestand. Bei dieser Bauart müssen die Fahrdrähte von Zeit zu

Zeit mit Graphit geschmiert werden. In Deutschland laufen heute Trolleybusse, bei denen die Schleifstücke aus Kohle bestehen. Dadurch sind die Radiostörungen praktisch ganz behoben und eine Schmierung der Fahrdrähte ist auch nicht mehr nötig. Vorläufig sollen aber noch einige Schwierigkeiten bei Regen und Frost bestehen.

Während der normale Trolleybus zwei Stromabnehmerstangen besitzt, ist in Abb. 29 ein solcher mit dem von BBC entwickelten zweipoligen «Einstangenstromabnehmer» zu sehen, der, wie Herr Hiertzler mitteilte, erstmals in Zwickau angewendet wird. Bei dieser Bauart kann der Anpressungsdruck pro Pol auf 5 kg reduziert werden.

Vor einigen Jahren erachtete man es als nötig, die Trolleybusse mit einer Anzeigevorrichtung zu versehen, die dem Führer erlaubt, die seitliche Abweichung vom Fahrdräht zu beobachten. Die Erfahrung hat gelehrt, dass diese Einrichtung kaum nötig ist. Eine solche Vorrichtung kann aber dazu benutzt werden, dem Fahrer bei Nebel den Weg zu weisen. Das Vorhandensein einer Fahrleitung erweist sich dann als Vorteil gegenüber dem völlig freien Autobus.

### Sonderbauarten von Fahrzeugen

#### Doppeldecker

Den Ausführungen von Herrn Hiertzler war schon zu entnehmen, dass in England und Südafrika zweistöckige Wagen üblich sind. Die modernen Wagen dieser Art sind, wie die Bilder zeigen, von bemerkenswerter Schönheit.

#### Anhänger

Für schweizerische Verhältnisse ist die Doppeldeckbauart aus verschiedenen Gründen nicht ge-



Abb. 30 Trolleybus mit Anhänger in Oldenburg (BBC).

eignet. Dagegen kann, ähnlich wie im Strassenbahnverkehr, der Anhängerbetrieb gewählt werden, um den für Stossbetrieb nötigen grössern Wagenraum zur Verfügung zu haben. Trolleybus-Anhängerbetriebe bestehen zur Zeit z. B. in Oldenburg (Abb. 30) und Kopenhagen. Nachdem auch für Autobusbetriebe in zunehmendem Masse Anhänger zur Verwendung kommen, ist damit zu rechnen, dass die Bauarten weiterentwickelt und verbessert werden. Interessant ist, dass man in Deutschland bereits verhältnismässig kurze Kupplungen zwischen Triebwagen und Anhänger baut, und dass eine Firma bereits einen Zweiwagenzug mit Faltenbalgübergang herstellt (siehe Verkehrstechnik Nr. 4, 20. II. 1938).

**Zugsbildung**

Fasst man auch die heute naheliegende Möglichkeit ins Auge, Triebwagen miteinander zu kuppeln und die Vielfachsteuerung auch auf Trolleybusse anzuwenden, so erkennt man, dass das Anwendungsgebiet des Trolleybus sich mit der Zeit noch stark erweitern kann, indem die Leistungsfähigkeit sich mehr und mehr derjenigen der Strassenbahn nähert.

**Zweirichtungswagen**

Für spezielle Zwecke sind auch Trolleybusse entworfen worden, die ähnlich den Strassenbahnwagen mit zwei Führerständen ausgerüstet sind, sogenannte Zweirichtungswagen. In den meisten Fällen hat es sich aber gezeigt, dass mit den einfachern und billigern Einrichtungswagen auszukommen ist, da es in der Regel gelingt, an den Streckenendpunkten Wendeschleifen anzuordnen, sei es auf einem Platz oder durch Umfahren eines Häuserblockes. Es hat

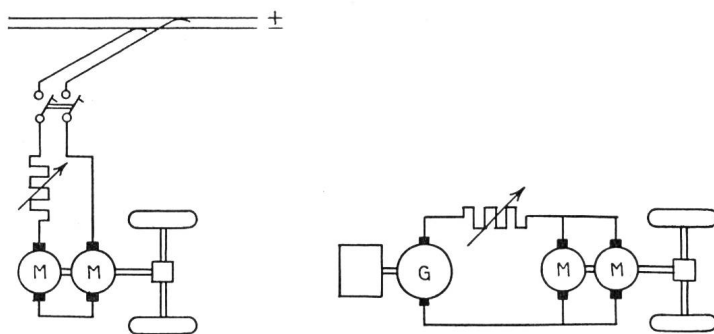


Abb. 32 Antriebschema der Zweikraftwagen von Newark (Klischee SBZ)

sich auch gezeigt, dass jeder Trolleybus ohne besondere Vorbereitung an jeder Stelle einer glatten, wenn auch einspurigen Fahrleitung gewendet werden kann,



Abb. 33 Endgültige Bauart des in Newark entwickelten Zweikraftwagens. Das Bild zeigt einen der 430 vorhandenen Wagen mit abgezogenen Stromabnehmern als Diesibus laufend.

wenn nur der nötige Fahrraum zur Verfügung steht. Dies ist praktisch an jeder Strassengabelung oder Strassenkreuzung der Fall. (Im Film gezeigt.)

**Zweikrafttrolleybus**

Eine sehr wichtige und aussichtsreiche Sonderform des Trolleybus ist der Zweikrafttrolleybus. Man versteht darunter einen Trolleybus, der mit einer zweiten Kraftquelle versehen ist, die ihm erlaubt, sich auch ohne Fahrleitung fortzubewegen.

Wird als zweite Kraftquelle eine Akkumulatorenbatterie gewählt, so ist der Aktionsradius und die Fahrgeschwindigkeit beim Hilfsbetrieb klein. Solche Fahrzeuge sind in England und Italien zahlreich im Betrieb. Die Batterie hat lediglich die Bedeutung einer Notreserve, um bei Störungen gesperrte Strassenstrecken zu umfahren.

Wesentlich wichtiger, weil universeller ist die in Newark von der Public Service of New

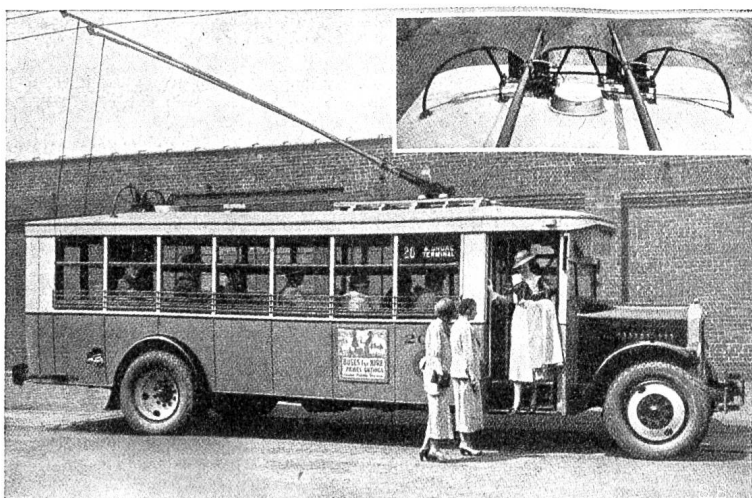


Abb. 31 Erste Versuchsausführung eines Zweikraft-Trolleybus in Newark, N. J. — Oben rechts automat. Fangvorrichtung für Fahrt mit Brennstoffmotor. Das Herabziehen der Stromabnehmer geschieht mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung während der Fahrt.



Jersey entwickelte Bauart mit Benzin- oder Dieselmotor als zweiter Kraftquelle. Die Abb. 31 zeigt die im Jahre 1934 erbaute Probeausführung, Abb. 32 die prinzipielle Schaltung und Abb. 33 einen der inzwischen entwickelten Zweikraftwagen. Von diesem Typ sind heute bereits über 430 Stück (!) im Betrieb<sup>1</sup>. Diese Wagen sind mit vom Führersitz aus steuerbaren Trolley-Retriefern versehen. Durch Druck auf einen Knopf können die Stromabnehmer niedergezogen oder hochgelassen werden, ohne dass der Führer den Wagen verlassen muss. Zum Anlegen der Stromabnehmer fährt der Wagen an eine auf der Strasse markierte Stelle, über der in der Fahrleitung Fangnetze eingebaut sind.

Ein mit einem Brennstoffmotor ausgerüsteter Zweikraftwagen wiegt etwa 1,0 t mehr als ein gewöhnlicher Trolleybus und kostet etwa 10—15 % mehr.

Die Verwendungsmöglichkeiten des Zweikraft-trolleybus sind sehr mannigfaltig, wie einige Beispiele zeigen mögen:

a) Im Stadtinnern verkehren die Wagen an der Fahrleitung bei relativ dichter Wagenfolge. Aussen in den Vororten gabeln sich die Linien, die Wagenfolge sinkt, und auf den äussersten Zweigen ist der Betrieb mit Brennstoff wirtschaftlicher.

b) Während der Woche verkehren die Wagen auf den normalen Linien als Trolleybusse. Sonntags machen sie Sonderfahrten über Land, laufen als normale Diesel- oder Benzinwagen.

c) Bei Ueberlandbahnen mit Güterverkehr kann der Zweikraft-Güterwagen den direkten, umladlosen Haus-Haus-Verkehr bedienen.

d) Bei Festanlässen oder Strassenbauten können die nicht befahrbaren Strecken umgangen werden.

e) Für die Zufahrten zum Depot sind keine besonderen Fahrleitungen mehr nötig.

Eine Abart des Zweikraft-Trolleybus besteht in der von deutscher Seite vorgeschlagenen Ausführung als Zweitkraftanhänger. Die kalorische Kraftanlage mit dem zugehörigen Generator wird auf einem einachsigen Anhänger untergebracht. Die Stromzufuhr zum Trolleybus erfolgt dann über ein Kabel. Eine solche Lösung bietet folgende Vorteile:

1. Mit der Anschaffung eines oder mehrerer Anhänger kann jeder beliebige Trolleybus eines Betriebes als freizügiger Zweikraftwagen verwendet werden.
2. Die Erschütterungen des Explosionsmotors werden vom Personenfahrzeug ferngehalten.
3. Das Mehrgewicht der kalorischen Anlage muss nur mitgeschleppt werden, wenn man diese nötig hat.

<sup>1</sup> Weitere 155 Stück im Bau.

Der Betrieb kann sich dann so abwickeln, dass z. B. auf einer Stammlinie 10 Wagen verkehren. Für die Bedienung zweier weniger belasteter Abzweigungen genügen dann zwei Zweitkraftanhänger, die auf diesen Aussenstrecken hin und her pendeln, wobei sie bei jeder Pendelfahrt mit einem andern Trolleybus gekuppelt werden.

Zweikraftwagen haben, solange sie an der Fahrleitung laufen, alle Vorteile des Trolleybus. Das bedeutet in erster Linie, dass die Reisegeschwindigkeit etwa 15 bis 20 % höher wird als mit einem Dieselmotorwagen oder mit der Strassenbahn. Dieser Umstand ist auch schuld daran, dass der Zweikrafttrolleybus gerade in Amerika, dem an Erdöl so reichen Land, sich so stark entwickelt hat.

Die grössere Reisegeschwindigkeit verdankt der Trolleybus bekanntlich den günstigen Reibungsverhältnissen, der Ueberlastbarkeit seines Motors und dem Wegfall des Schaltens der Uebersetzungsgeräthe.

*Fahreigenschaften des Trolleybus*

Die Besprechung des Trolleybus wäre unvollständig ohne Angaben über seine wichtigsten Fahreigenschaften, die kurz zusammengefasst etwa die folgenden sind:

Anfahrbeschleunigung 1,2 (bis 1,5 m/sec<sup>2</sup>).

Bremsverzögerung 1,5 (bis 2,5 m/sec<sup>2</sup>, b. Notbremsungen).

Max. Fahrgeschwindigkeit 70 km/h (Mestre-Venedig).

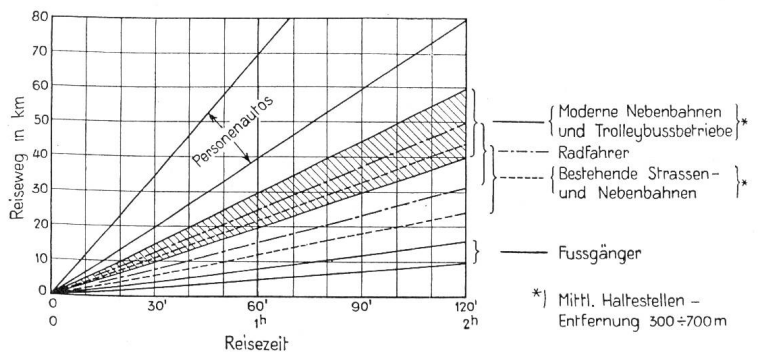


Abb. 34 Vergleich der Reisegeschwindigkeiten verschiedener Verkehrsmittel (Klischee SBZ).

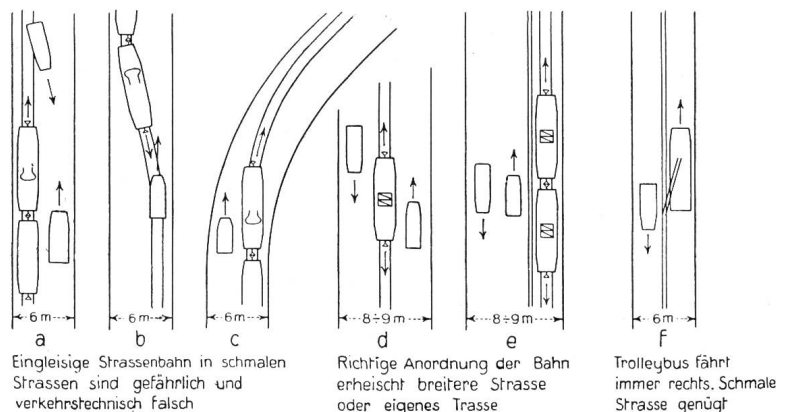


Abb. 35 Bemessung der Strassenbreiten für Strassenbahn und Trolleybus (Klischee SBZ).



Erreichbare Reisegeschwindigkeit, je nach Haltestellenentfernung 22 bis 25 km/h.

Dass heute eine Steigerung der Reisegeschwindigkeit nötig und auch erfolgversprechend ist, zeigt die Abb. 34, aus der man erkennt, dass damit wenigstens die Konkurrenz mit den Radfahrern wieder aufgenommen werden kann.

Abbildung 35 zeigt noch den weiteren Vorteil des Trolleybus, dass mit schmalern Strassen auszukommen ist als bei Strassenbahnen und dabei doch eine verkehrstechnisch richtige Lösung erreicht wird und Abbildung 36 vermittelt einen Eindruck der Einschmiegung des Trolleybus in den Strassenverkehr.

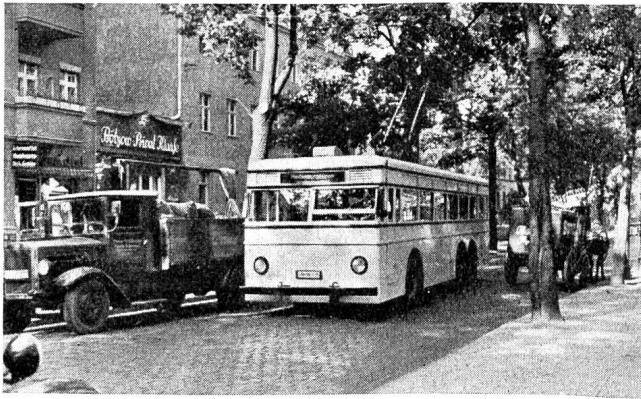


Abb. 36 Trolleybus der Stadt Berlin in enger Strasse.

**Fahrleitungen und Nebeneinrichtungen**

*Speisepunkte*

Der Umstand, dass beim Trolleybusbetrieb für beide Polleiter eine Fahrleitung besteht, bedingt höhere Spannungsabfälle als beim Strassenbahnbetrieb, wo die grossen Schienenquerschnitte in der Regel günstige Verhältnisse ergeben. Dieser Nachteil macht sich bei vermaschten Stadtnetzen weniger geltend, tritt aber bei langen Linien, z. B. Ueberlandstrecken, sehr deutlich in Erscheinung. Es ist bei solchen Linien daher nötig, entweder mehr Speisepunkte zu erstellen oder die heute übliche Betriebsspannung von

rund 600 V heraufzusetzen. Die letztere Lösung ist durchaus gangbar und Spannungen bis etwa 1500 V erscheinen heute als möglich. Die Vermehrung der Speisepunktzahl ist aber heute auch nicht mehr ein so grosser Nachteil wie früher, indem betriebsichere Kleingleichrichter mit Luftkühlung auf dem Markt erhältlich sind. Für Ueberlandstrecken fällt somit die oft teure Wasserbeschaffung weg.

Solche Gleichrichter werden von BBC gebaut. Auch die MFO hat einen ähnlichen Typ entwickelt.

*Die Fahrleitungen*

Die Fahrleitung ist der am meisten angefeindete Teil des Trolleybussystem. Die nicht ganz von der Hand zu weisenden ästhetischen Bedenken werden aber stark übertrieben.

Die in England und Amerika verbreiteten Fahrleitungen, die sog. Standardbauweise, lehnt sich eng an die bekannten Bauarten für Strassenbahnen mit Rollenstromabnehmer an. In Deutschland hat dann die AEG das System der beweglichen Fahrleitung entwickelt (siehe z. B. Bericht von Dir. Schiffer, RWE, über die Strecken Mettmann-Gruiten und Idar-Tiefenstein), das den Vorteil besitzt, den Fahrdraht namentlich in den geraden Strecken durch Unterdrückung der Seitenschwingungen zu schonen.

Beiden Bauarten haftet aber der Nachteil an, dass Kurven und namentlich Wendeschleifen etwas schwer wirken, weil sehr viele Seitenabzüge nötig sind. Damit nämlich eine Kurve in flottem Tempo befahren werden kann, darf der Ablenkwinkel an einem Stützpunkt nicht mehr als 4° für Kurven auf offener Strecke und etwa 8° für Wendeschleifen betragen (siehe Abb. 37 links).

Es lag nahe, diesen Nachteil durch eine Bauart mit kontinuierlichem Bogen zu beheben. Als erste Lösung dieser Art erschien im Jahre 1934 die Bauart «Westinghouse-Holden» auf dem Markt, bei der aus Aluminium hergestellte Walzprofile verwendet wurden (Abb. 37 rechts). In Europa hat sich die

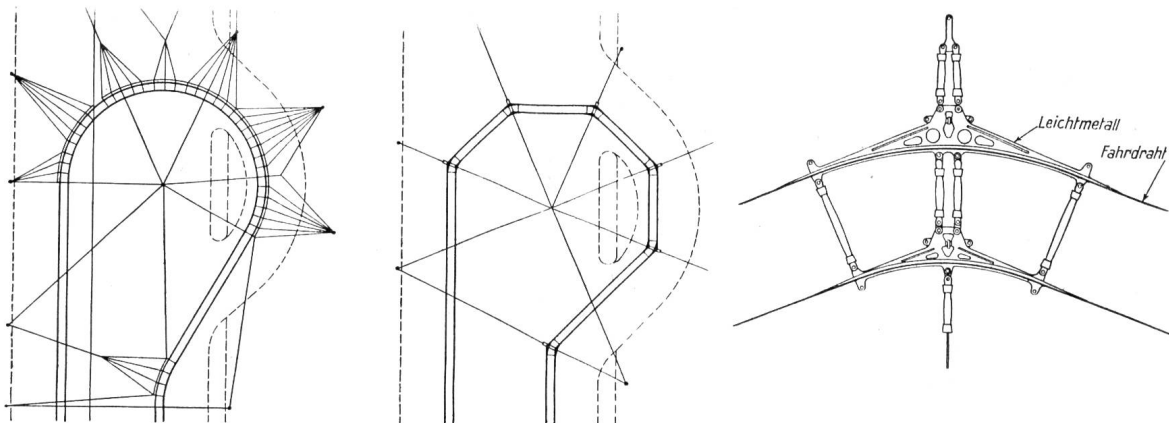


Abb. 37 Fahrleitungsschleifen: links in üblicher Bauart.

rechts Bauart Westinghouse-Holden mit wenigen Stützpunkten und Leichtmetall-Kurvenstücken (Klischee SBZ).

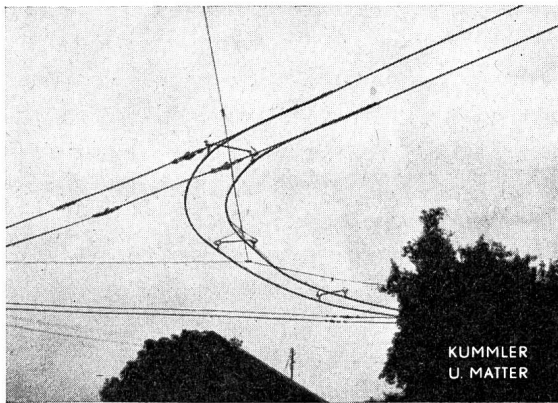


Abb. 38 Teilstück einer Trolleybus-Fahrleitungs-Schleife, Bauart K. & M.

Firma BBC ebenfalls mit diesem Problem befasst und vor zwei Jahren eine Bauart mit einem elastischen Band herausgebracht. In der Schweiz hat die Firma Kummler & Matter eine Bauart mit Rohren entwickelt, bei der es gelingt, Wendeschleifen mit erstaunlich wenigen Stützpunkten zu erstellen (Abb. 38).

Auch die Firma Ohio-Brass, die namentlich im englischsprechenden Ausland die führende Rolle spielt, hat neuerdings Kurvenhalter mit steifen Bogenstücken herausgebracht. Man ersieht aus diesen Angaben, dass heute auf der ganzen Linie an der Verbesserung der Bauarten gearbeitet wird und darf ruhig behaupten, dass eine moderne Fahrleitung auch das Auge der Verwöhnten kaum stört.

Die Verbesserungen der Fahrleitungsbauarten beschränken sich aber nicht auf die Kurven, auch die Aufhängung in den Geraden wurde weiter entwickelt. Ausser der bereits genannten AEG-Bauart verdienen die von BBC<sup>1</sup> und K & M (Aarau) ersonnenen Konstruktionen erwähnt zu werden.

Die Abb. 40 zeigt eine von BBC erbaute Musterfahrleitung in extra leichter Bauweise. Interessant sind namentlich die relativ langen Abstände zwischen den Stützpunkten, die bei einer andern Lösung, einer Art Vielfachaufhängung, bis zu 30 m betragen können.

Weichungen und Kreuzungen, die wegen der Zweipoligkeit der Fahrleitung zahlreiche Isolierstücke enthalten, sind in den letzten Jahren ebenfalls stark vereinfacht worden, wodurch ihr Aeusseres sehr gewonnen hat. Alle Stücke sind leichter und kleiner geworden.

Noch ein Wort über die Depotzufahrten. Es ist nicht unbedingt nötig, für die nur für Dienstfahrten nötige Strecke eine normale doppelpolige Fahrleitung auszulegen. In zahlreichen Betrieben benützt

<sup>1</sup> BBC-Fahrleitungsbureau München zusammen mit BBC-Mannheim, Vertreter für die Schweiz Dipl.-Ing. Herm. Lang, Thunstrasse, Bern.

der Trolleybus die Fahrleitung der Strassenbahn, so dass nur noch ein Draht verlegt werden muss. Es sind auch Lösungen ersonnen worden, bei denen ein Stromabnehmer die Strassenbahnfahrleitung benützt, während ein besonderer Gleitkontakt in einer Schiene läuft. Viele Betriebe haben auf eine Fahrleitung überhaupt verzichtet und besorgen die Dienstfahrten durch Abschleppen mit Strassenbahn, Autobus oder Kurswagen. Dass der Zweikraftwagen das Problem der Depotfahrten in idealer Weise löst, wurde bereits früher erwähnt.

#### Depotplätze

Dass das Abstellen der Wagen in den USA oft im Freien geschieht, ist bei uns nicht allgemein bekannt. Die Abb. 41, die den Depotplatz der Chicago-Surface-Lines zeigt, interessiert daher wohl die Betriebsleute. Dabei muss betont werden, dass die klimatischen Verhältnisse dort eher ungünstiger sind als bei uns, indem die Winter kälter, die Sommer heisser sind. Selbstverständlich besteht in diesem grossen Betriebe für die Revisionsarbeit eine Werkstätte, wo auch die täglichen Ueberholungen und die Reinigung vorgenommen werden. In Brooklyn, wo zur Zeit ein kleiner Trolleybusbetrieb mit nur sechs Wagen besteht, ist nur ein ungedeckter Platz mit einer ebenfalls im Freien liegenden Putzgrube vorhanden.

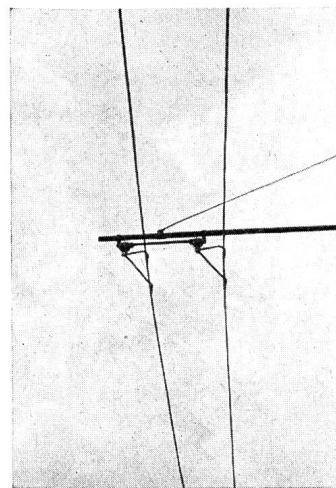


Abb. 39 Leichte Fahrleitung, Bauart K. & M.

#### Schlussbemerkungen

Wie schon eingangs erwähnt, wirkt die heute bestehende Vielgestaltigkeit infolge ihrer verteuernenden Wirkung hemmend auf die Entwicklung. Da aber Erfahrungen aus dem Ausland nicht auf unsere Verhältnisse übertragen werden können, erscheint es als ratsam, in der Schweiz auf gemeinsame Kosten aller Interessenten einige systematische Versuche anzustellen, die vor allem folgende Fragen zu behandeln hätten: Antriebsart, Motorart, Bremsen. Dann erst kann und muss eine gewisse Normalisierung in die Wege geleitet werden. Sodann ist aber eine Modernisierung der einschlägigen Vorschriften

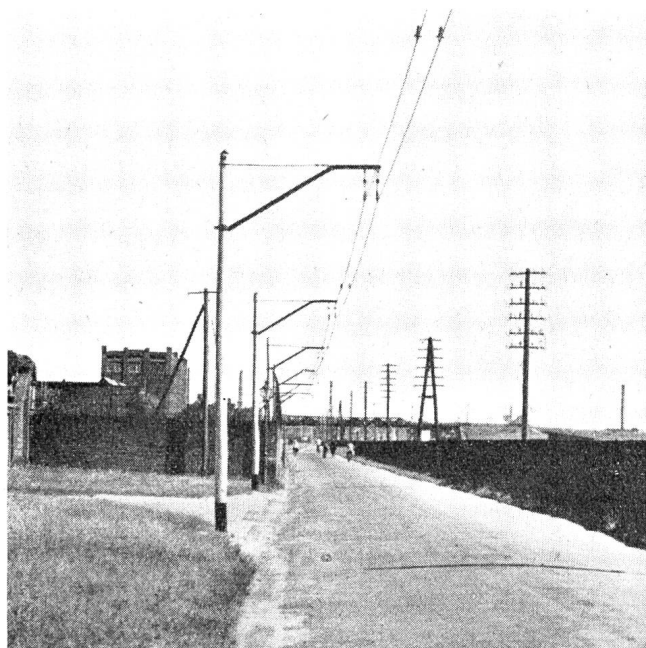


Abb. 40 Leichte freischwingernde Trolleybus-Fahrleitung an Holzmasten mit Auslegern (Musteranlage der Firma BBC Mannheim-Käfertal).

nötig, hauptsächlich im Sinne der Zulassung von höhern Geschwindigkeiten und von Anhängern (auch zweiachsigen).

Der moderne Trolleybus hat sich praktisch überall, wo er eingeführt wurde, bewährt und die Trolleybus-Betriebe werden sehr oft erweitert (z. B. in London). Nicht nur die Betriebsleiter, auch das Personal und vor allem die Fahrgäste lieben den Trolleybus. Aber es wäre natürlich falsch, diese Erfahrungen zu verallgemeinern. Der Trolleybus ist ein

wichtiges Glied im Verkehrsleben, dazu berufen, neben Strassenbahn und Autobus zu dienen. In der Abgrenzung der Arbeitsgebiete dieser drei Verkehrsmittel werden aber Verschiebungen eintreten, die in nächster Zeit die Bedeutung des Trolleybus steigern werden.

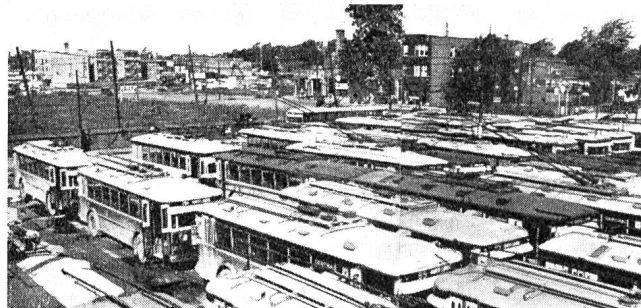


Abb. 41 Depotplatz für Trolleybusse der «Chicago-Surface-Lines». Die auf dem Bild sichtbaren Wagen müssen während den Stosszeiten ebenfalls in den Verkehr eingesetzt werden.

## Filme

### Film 1

Betrieb mit Zweikraftwagen in Newark (N.J). Normale Trolleybusse in Dayton und Columbus. Aufnahmen: Public Service Coordinald of New Jersey und Ohio-Brass.

### Film 2

Trolleybusbetrieb — Berlin (BBC). Trolleybusbetrieb in Oldenburg, mit Anhängern (BBC). Versuchsanlage Mannheim Käfertal. (Einstangenstromabnehmer, Wenden ohne Schleife. Neue Fahrleitungen). (BBC). Trolleybusbetrieb Liège-Serraing, Zweirichtungswagen (Aufnahme Hr Henriod der Ohio-Brass Paris). Trolleybusbetrieb Lausanne (BBC).

## Extension des Trolleybus à Lausanne. Conditions d'exploitation

Conférence de M. R. Bourgeois, Directeur des Tramways Lausannois

Au cours d'un exposé substantiel et condensé, illustré de projections lumineuses, Monsieur R. Bourgeois, directeur des Tramways Lausannois, donne les renseignements suivants sur la transformation partielle du réseau des T. L. en service de trolleybus:

Je ne voudrais pas, commence l'orateur, passer pour un démolisseur de tramways! Dans les transports en commun, l'utilisation rationnelle des différents véhicules est chaque fois un cas d'espèce, les conditions particulières de chacun d'eux demandant à être examinées pour elles-mêmes. Les raisons qui ont poussé, à Lausanne, à envisager le remplacement des tramways par le trolleybus sont les suivantes: présence de fortes rampes et de rues étroites, entraînant une exploitation forcément lente. L'introduction de l'autobus à essence, examinée tout d'abord, se révéla impuissante à remédier aux inconvénients du tramway, car ce qu'il convient d'améliorer avant

tout, c'est le facteur «accélération», le plus important pour élever la vitesse commerciale, et l'autobus ne donne pas toute satisfaction à cet égard. En outre, à Lausanne, une bonne partie de la voie ferrée est âgée, de même que les voitures, d'où nécessité d'un renouvellement à brève échéance. C'est alors qu'on s'est tourné vers la solution offerte par le trolleybus, sans vouloir toutefois se lancer en grand de prime abord. On a commencé par établir en 1932 une ligne d'essai de 1,8 km de longueur, entre la gare des CFF et Ouchy, par l'avenue de La Harpe. Malgré la complexité du tracé, qui présente 13 croisements avec le tramway, l'exploitation du trolleybus sur la ligne d'Ouchy a permis de réaliser une économie de 20 % sur le trafic-tram. Depuis cinq ans qu'il est en service, le trolleybus a donné pleine satisfaction. Aussi, ce résultat encourageant a-t-il engagé les organes dirigeants à envisager l'extension du trol-