

Wirtschaftlichkeit der Nahverkehrsmittel Straßenbahn, Oberleitungs-Omnibus, Diesel- und Benzin-Omnibus.

Von Dipl.-Ing. W. Stuckhardt, Bahnabteilung.

Unter Annahme gleicher, mittlerer Betriebs-, Verkehrs- und Einnahmeverhältnisse wird aus Anschaffungs- und Betriebskosten die Wirtschaftlichkeit von fünf neuzeitlichen Oberflächen-Nahverkehrsbetrieben bei 14 verschiedenen Wagenfolgen rechnerisch ermittelt und in Abhängigkeit von der Wagenfolge bildlich dargestellt. Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit ergibt für Straßenbahn, Oberl.-Omnibus, dieselektrischen und dieselmechanischen Omnibus je ein Gebiet wirtschaftlichster Verkehrsichte. Der Benzin-Omnibus ist bei allen Wagenfolgen am unwirtschaftlichsten.

In der vorliegenden Arbeit werden die öffentlichen Oberflächen-Nahverkehrsmittel, nämlich Straßenbahn, Oberleitungs-Omnibus, dieselektrischer, dieselmechanischer und benzinmechanischer Omnibus auf ihre Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsichte und Streckenlänge untersucht und miteinander verglichen. Die in den letzten Jahren vielfach vorgenommene Zusammenfassung von Straßenbahn- und Benzin-Autobusbetrieb unter einheitlicher Verwaltung hat erst durch gleichmäßige Betriebsrechnung einen richtigen Vergleich der Betriebskosten und Wirtschaftlichkeit dieser Verkehrsmittel ermöglicht. Der neuzeitliche elektrische Oberleitungsomnibus ist im In- und Auslande hinlänglich erprobt; ebenso liegen über die Verwendung des Dieselmotors im Fahrzeug heute mannigfache Betriebs- und Versuchsergebnisse vor, so daß sowohl der Oberleitungs- als auch Dieselomnibusbetrieb auf Grund genügend zuverlässiger Erfahrungswerte in den Vergleich einbezogen werden konnten.

Die Arbeit vermittelt keine allgemein gültigen Wirtschaftlichkeitsergebnisse, sondern gibt lediglich einen allgemeinen und vergleichenden Überblick über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Nahverkehrsmittel auf der Grundlage genau umrissener mittlerer Betriebs- und Verkehrsverhältnisse. Allgemein gültige Wirtschaftlichkeitsberechnungen lassen sich überhaupt nicht aufstellen, vielmehr muß jeder Betriebsfall bei der außerordentlichen Mannigfaltigkeit örtlicher Betriebs- und Verkehrsverhältnisse gesondert untersucht werden, um brauchbare, allerdings auch nur für diesen einen Betriebsfall gültige Rechnungs- und Vergleichswerte zu erhalten. Wenn daher im Einzelfall Betriebsbedingungen vorliegen,

die sich grundsätzlich von den hier angenommenen unterscheiden, so können selbstverständlich erhebliche Abweichungen von der hier gefundenen Bewertung und Einteilung der Nahverkehrsmittel eintreten. Handelt es sich z. B. nicht, wie hier durchweg vorausgesetzt wird, um die Errichtung und den Betrieb einer neuen, auf sich allein gestellten Anlage, sondern um Teilumstellung oder Erweiterung einer bereits bestehenden Verkehrsanlage, so können sich die Betriebs- und Wirtschaftlichkeitsverhältnisse für die rein elektrischen Verkehrsmittel Straßenbahn und Oberleitungs-Omnibus durch Mitverwendung und bessere Ausnutzung bereits vorhandener Stromerzeugungs- und Stromzuführungsanlagen wesentlich günstiger gestalten. Im Autobusbetrieb ist die Freizügigkeit oft von großer hier nicht erfaßter wirtschaftlicher Bedeutung, da z. B. Sonntags im Ausflugsverkehr Autobusse der dann seltener zu befahrenden Stadtlinien eingesetzt werden können. Zur Durchführung dieser von Fall zu Fall erforderlichen Wirtschaftlichkeitsberechnungen finden sich zahlreiche Anhaltspunkte in den hier mitgeteilten ausführlichen Betriebskostentafeln.

Betriebsverhältnisse (Tafel I).

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich ist auf Grund völlig gleichartig gewählter Betriebs-, Verkehrs- und Einnahmeverhältnisse durchgeführt. Alle Betriebsstrecken sind 10 km lang und für gleichen Verkehr auch von gleichmäßiger örtlicher Beschaffenheit. Man kann also auch annehmen, daß bei jeweils gleicher Verkehrsichte nur eine einzige Strecke von 10 km Länge für den Betrieb der Straßenbahn und Omnibusse vorhanden ist. Jeder Omnibus hat ferner denselben Fassungsraum von 26 Sitz- und 14 Stehplätzen. Der Straßenbahntriebwagen hat ebenfalls 26 Sitzplätze, jedoch entsprechend der in Deutschland üblichen Bauart 24 Stehplätze. Anhängewagenbetrieb ist durchweg nicht vorgesehen. Die Fahrzeug-Gewichtsunterschiede werden durch die jeweilig andersartige Ausrüstung und Wagenbauart hervorgerufen.

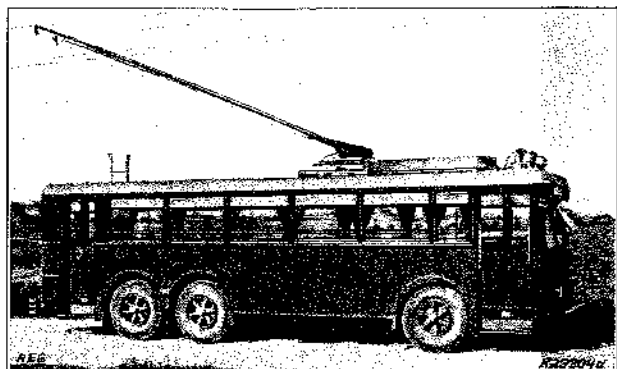


Bild a. Oberleitungs-Omnibus Mettmann-Grutten (Rheinland).

Der zweiachsige Straßenbahn-Triebwagen wird von zwei 30-kW-Bahnmotoren in Tatzenlagerbauart angetrieben. Im Gegensatz zu den Omnibussen sind zwei Führerstände vorhanden mit je einem Starkstromfahrerschalter für Fahren und elektrisches Bremsen. Durch den Zweirichtungsbetrieb vereinfacht sich das Umsetzen an der Endhaltestelle. Außer elektrischer Kurzschlußbremse ist Getriebeklemme als Handbremse vorhanden. Das Wagengewicht entspricht der üblichen Bauart und Ausführung eines Straßenbahnwagens für 26 Sitz- und 24 Stehplätze. Durch Fortfall der Beiwagen wird dieselbe Reisegeschwindigkeit von 20 km/h wie im Omnibusbetrieb erzielt.

Neuzeitliche Oberleitungs-Omnibusse werden seit September 1930 auf der Linie Mettmann—Grutten im Rheinland und seit Februar 1932 auf der Linie Idar—Tiefenstein (Nahetal) mit bestem

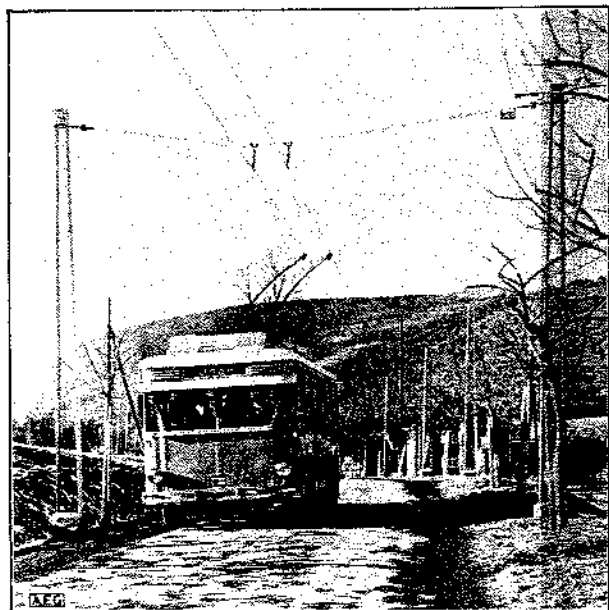
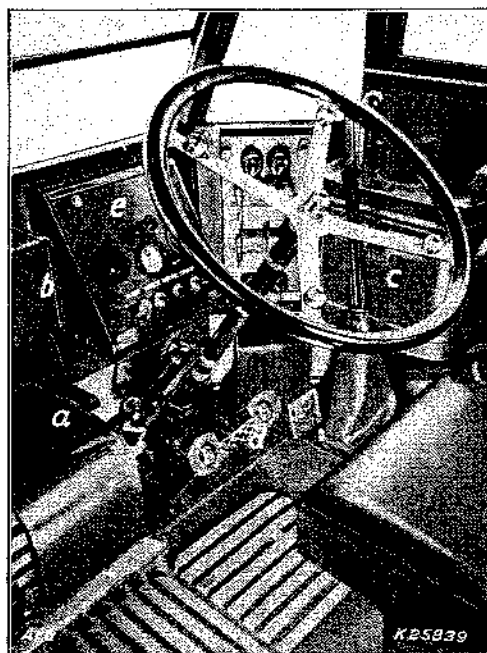


Bild b. Oberleitungs-Omnibus Idar-Tiefenstein (Nahetal).

Erfolge betrieben (Bilder a, b u. c). Eine ausführliche Literatur ist hierüber erschienen*). Im Auslande, besonders in England, hat der Oberleitungs-Omnibus schon kurz nach dem Kriege Eingang in die Betriebe gefunden. Annähernd hundert heute in England, Nordamerika, Frankreich und vielen anderen Ländern bestehende Oberleitungs-Omnibusbetriebe und die durchweg günstig lautenden Betriebsberichte in den ausländischen Fachzeitschriften beseitigen jeden Zweifel an dem Erfolg dieser wieder neuzeitlichen auf



a = Fahrerschalter, c = Bremsenschalter,
b = Motortrennschalter, d = Öldruck-Fußbremse,
e = Schaltpult.

Bild c. Wagenführerplatz im Oberleitungs-Omnibus Idar-Tiefenstein.

einer alten deutschen Erfindung beruhenden Omnibusbetriebsart.

Der Oberleitungs-Omnibus oder kurz „Obbus“ ist für den Vergleich mit einem 60-kW-Gleichstrommotor ausgerüstet angenommen, der, wie üblich, zwischen den Längsträgern des Fahrgestells unter dem Wagenfußboden angeordnet ist und über ein

*) Elektrischer Oberleitungs-Omnibus-Betrieb Mettmann—Grutten (Druckschrift); Oberleitungs-Omnibus Mettmann—Grutten, Mitt. f. Bahnbetriebe 1931, Heft 11, S. 33; Betriebserfahrungen mit dem Oberleitungs-Omnibus Mettmann—Grutten (Sonderdruck aus Mitt. für Bahnbetriebe 1931, Heft 13, S. 3); Oberleitungs-Omnibus Idar—Tiefenstein, AEG-Mitt. 1932, Heft 6, S. 221; Oberleitungs-Omnibus-Anlage Idar—Tiefenstein (Nahetal), Druckschrift; sämtlich von A. Schiffer, Betriebsdirektor der Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A.-G., Essen.

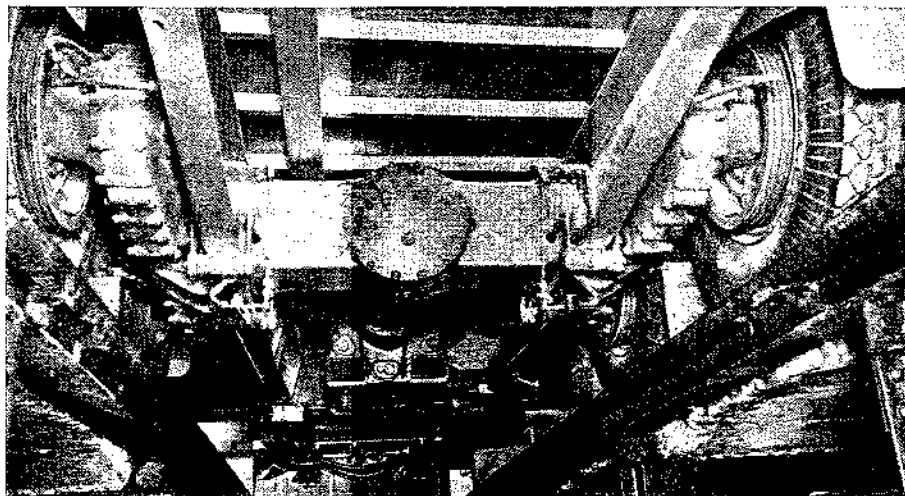


Bild d. Antriebsmotor im Fahrgestell eingebaut.

Ausgleichgetriebe die beiden Hinterräder antreibt (Bild d). Plus- und Minuspol des Motors im gummi-bereiften und deshalb von Erde isolierten Oberleitungs-Omnibus sind über zwei Stromabnehmerstangen auf dem Wagendach mit Rollen, die am Fahrdraht entlanglaufen, an je einem Pol

und einen Oberleitungsdraht benötigen. Die beiden Drähte des Oberleitungs-Omnibusses beeinträchtigen aber in keiner Weise die Ausweichmöglichkeit innerhalb der Straßenbreite infolge der

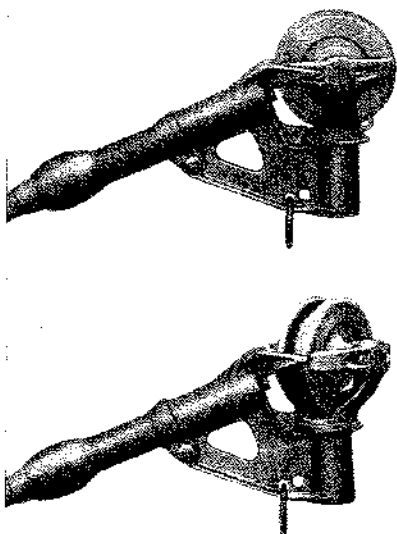


Bild e. Drehbare Lagerung der Stromabnehmerrollen.

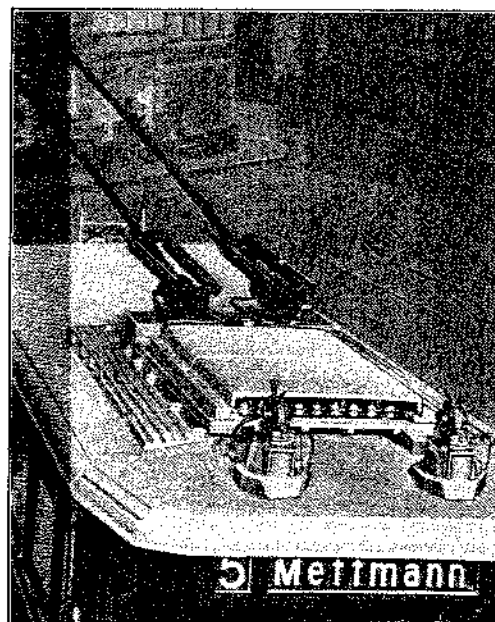


Bild f. Drehbare Lagerung der Stromabnehmerstangen und Anordnung der Spiraldrahtwiderstände auf dem Wagendach.

der Stromquelle (Unterwerk) angeschlossen, im Gegensatz zu dem auf Eisenrädern und Schienen laufenden Straßenbahn - Triebwagen, dessen Motoren bekanntlich über die Schienen an dem Minuspol angeschlossen sind und deshalb für die Stromzuführung nur einen Stromabnehmer

drehbaren Lagerung der Rollen im Rollenkopf (Bild e) und der Stromabnehmerstangen auf dem Wagendach (Bild f). Der Oberleitungs-Omnibus ist daher unter seiner Fahrleitung genau so beweglich wie ein Fahrzeug mit eigener Krafterzeugung (Autobus); er kann beliebig ausweichen,



Bild g. Beweglichkeit des Oberleitungs-Omnibusses innerhalb der Straßenbreite.

überholen und an den Bürgersteig heranzufahren (Bild g). Die Bremsenrichtung besteht aus Vierrad-Öldruck-Bremse und Handbremse.

Ein niedriges Leergewicht wird durch eine gute Raumaussnutzung erzielt, da durch Anordnung des Elektromotors unter dem Wagen ein Nutzraumverlust wie beim Autobus mit seinem vorn unter der Haube eingebauten Motor nicht entsteht.

Der dieselelektrische Omnibus ist mit einem etwa 70 PS starken Dieselmotor, einem Stromerzeuger und Elektromotor zum Antrieb der beiden Hinterräder ausgerüstet. Der Stromerzeuger ist mit dem Dieselmotor fest gekuppelt und speist den Fahrmotor. Diese elektrische Kraftübertragung zwischen Dieselmotor und Triebwerk bietet gegenüber der älteren mechanischen Kraftübertragung durch Wechselgetriebe den wesentlichen Vorteil, daß durch eine entsprechende Spannungscharakteristik des Stromerzeugers die vom Dieselmotor bei Höchstzahl lieferbare Leistung bei jeder Fahrgeschwindigkeit voll ausgenutzt und ein stoßfreies, schnelles Anfahren durch die sich stetig und selbsttätig ändernde Beschleunigung erzielt wird. Die Bremsenrichtung ist dieselbe wie im Oberleitungs-Omnibus.

Der dieselelektrische Omnibus wiegt leer etwa 800 bis 1000 kg mehr als ein gleich großer Oberleitungs-Omnibus. Das Mehrgewicht wird durch den Dieselmotor und den demzufolge etwas schwereren wagenbaulichen Teil verursacht. Die elektrische Ausrüstung im dieselelektrischen und Oberleitungs-Omnibus hat ungefähr das gleiche Gewicht.

Der dieselmekanische Omnibus ist mit einem etwa 85 PS starken Dieselmotor ausgerüstet, dessen Antriebsleistung genau wie bei dem bekannten und weitverbreiteten Benzin-Autobus durch ein von Hand geschaltetes Wechselgetriebe unmittelbar auf die zwei Hinterräder über Kardanwelle und Ausgleichgetriebe übertragen wird. Der Gangwechsel der mechanischen Kraftübertragung verursacht eine sprunghafte Änderung der Zugkraft bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit, somit also eine ungleichmäßige Belastung des Dieselmotors. Die Leistungsausnutzung ist nicht entfernt so vollkommen wie bei der elektrischen Kraftübertragung, weshalb für die gleiche Reisegeschwindigkeit ein um etwa 20% stärkerer Motor erforderlich ist. Die Bremsenrichtung besteht aus Vierrad-Öldruckbremse und Handbremse. Das Leergewicht eines dieselmekanischen Omnibusses liegt infolge größeren Motorgewichtes etwas über dem eines Oberleitungs- oder Benzin-Omnibusses.

Der Benzin-Omnibus wird von einem etwa 85 PS starken Vergasermotor angetrieben, der vor dem Führerplatz unter der Haube angeordnet ist und dessen Leistung ebenfalls mechanisch über Wechselgetriebe, Kardanwelle und Ausgleichgetriebe auf die Hinterräder übertragen wird. Er ist ungefähr ebenso schwer wie der gleich große Obbus.

Verkehr und Einnahmen (Tafel II).

Den Berechnungen sind der Wirklichkeit entsprechende Verkehrsverhältnisse zugrunde gelegt. So ist angenommen, daß bei einer täglichen Betriebsdauer von 17 h während 5 h am Tage Spitzenverkehr und während 12 h schwächerer Verkehr herrscht oder die Wagenfolge (min) im Spitzenverkehr = $\frac{2}{3}$ der Wagenfolge (min) im

Tagesmittel oder $= \frac{2}{3} \cdot \frac{60 \cdot 17}{\text{tägl. Wagenumläufe}}$ ist. Die jährliche Fahrleistung errechnet sich dann aus der Beziehung:

$$\text{jährl. Fahrleistung} = \frac{60 (\text{min})}{\text{mittlere Wagenfolge (min)}} \cdot 2 \cdot \text{Streckenlänge (km)} \cdot 17 (\text{h}) \cdot 365 (\text{Tage}).$$

Die mittlere Haltestellenentfernung beträgt

400 m	bei den mittleren Wagenfolgen von	2 bis	30 min
600 m	"	"	40 " 50 "
1000 m	"	"	60 " 90 "
2000 m	"	"	120 " 180 "

Auf der 10 km langen Strecke beträgt die Reisegeschwindigkeit bei 400 m Haltabstand 20 km/h, die Reisezeit für die einfache Strecke somit 30 min und die Umlaufzeit einschl.