

DIE
WIENER
ELEKTRISCHE
STADTBAHN

VON

ING. LUDWIG SPÄNGLER

Direktor der Wiener städtischen Straßenbahnen

WIEN

1927

(Nachdruck nur mit Genehmigung des Verfassers und der Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift und mit Quellenangabe gestattet.)

Die Wiener elektrische Stadtbahn.

Von Ing. Ludwig Spängler, Direktor der Wiener städtischen Straßenbahnen, Wien.

Übersicht. Die ungünstige wirtschaftliche Lage der mit Dampf betriebenen Wiener Stadtbahn machte seit langem den Wunsch der Elektrisierung der Bahn rege. Die Einrichtung eines eigenen elektrischen Schnellbahnbetriebes erwies sich mit Rücksicht auf die hohen Anlagekosten und die einem starken Verkehr nicht gerade günstige Linienführung als unmöglich. Die Nachkriegszeit verschärfte das Problem, das nun auf Vorschlag von Direktor Spängler durch Einrichtung eines Schnellstraßenbahnbetriebes über die Stadtbahn mit unmittelbarem Wagenübergang zum und vom Straßennetz seine Lösung fand. Die zweiachsigen Straßenbahnwagen werden zu Zügen aus 3 bis 9 Wagen zusammengestellt und fahren mit $23\frac{1}{2}$ km/h Reisegeschwindigkeit. Einrichtung und Betrieb werden eingehend beschrieben.

Vorgeschichte und Bauanlage.

Die in den Jahren 1898 bis 1901 eröffnete Wiener Stadtbahn mußte im Anschluß an die Hauptbahnen jederzeit für die Durchfahrt von Militärzügen geeignet sein; das verlangte Dampfbetrieb und verhinderte einerseits

Im Dampfbetrieb wurden zahlreiche Lokalzüge von den Hauptbahnstrecken auf die Stadtbahn übergeleitet und dieser Durchgangsverkehr durch andere, nur die Stadtbahn befahrende Züge verdichtet. Die mittlere Reisegeschwindigkeit betrug 20 bis 21 km/h bei 50 km Höchstgeschwindigkeit. Das Verkehrsbedürfnis war infolge der ungünstigen Linienführung an Werktagen (im Winter auch an Sonn- und Feiertagen) nur sehr gering, bei schöner, heißer Witterung an wenigen Sonn- und Feiertagen im Sommer jedoch wegen der zahlreichen Ausflugsorte an den anschließenden Hauptbahnstrecken außerordentlich groß.

Im Jahre 1913 betrug die Zahl der Reisenden auf den innerstädtischen Linien der Stadtbahn rd. 41,2 Mill., wovon rd. $6\frac{1}{4}$ Mill. auf die Hauptbahnen übergegangen sind; die Hauptbedeutung der Stadtbahn lag daher im innerstädtischen Verkehr, der aber mit rd. 1,6 Mill. Fahrgästen auf den Streckenkilometer gegenüber anderen Stadt-Schnellbahnen mit 4 bis 5 Mill. doch sehr gering war.

Die immerhin nicht unbeträchtliche gesamte Frequenz — rd. $\frac{1}{3}$ der damaligen Straßenbahnfrequenz — wurde zweifellos nur zufolge des sehr niedrigen Tarifes erzielt, welcher eine mittlere Einnahme von 13,8 Hell. auf 1 Reisenden gegenüber 16,2 Hell. bei den Straßenbahnen ergab. Diese niedrigen Fahrpreise verursachten aber alljährlich einen großen Betriebsabgang auf der Stadtbahn. Man erkannte bald, daß der Dampfbetrieb ganz ungeeignet war, und beschäftigte sich wiederholt mit der Frage des elektrischen Betriebes.

Frühere Versuche (1898 bis 1900 von Siemens & Halske, 500 V Gleichstrom, 3. Schiene, Triebwagenzüge aus vorhandenen Stadtbahnwagen, Nebenschlußmotoren, und 1905 von Křizik, Dreileiter-, 2×1500 V-Gleichstrom, Oberleitung, elektrische Lokomotive) führten zu keinem Ziel.

Bei einer im Jahre 1910 unter Teilnahme hervorragender Verkehrsfachmänner und Elektrotechniker durchgeführten Aussprache wurde die Einführung des elektrischen Betriebes mit Triebwagenzügen nach dem

Muster der schon bestehenden Schnellbahnen vorgeschlagen, jedoch behufs Verminderung der Anlagekosten auf die innerstädtischen Linien beschränkt. Die Kosten wurden zu 35 bis 45 Mill. Kr berechnet, eine hohe Summe, die hauptsächlich auf die wegen des Massenverkehrs an schönen Sonn- und Feiertagen im Sommer nötige Beschaffung eines sehr großen Wagenparkes zurückzuführen war.

Man kam indes zu keinem Entschluß. Durch den Krieg und seine Folgen wurde die Lage immer schwieriger, was im Dezember 1918 zur vollständigen Einstellung des Betriebes auf der Stadtbahn führte. Ihre Fahrgäste gingen hauptsächlich auf die Straßenbahn über, die hierdurch auf einigen Linien sehr stark überlastet wurde. Dem Drängen der Bevölkerung auf Wiedereröffnung der Stadtbahn im Dampfbetrieb konnte nicht entsprochen wer-

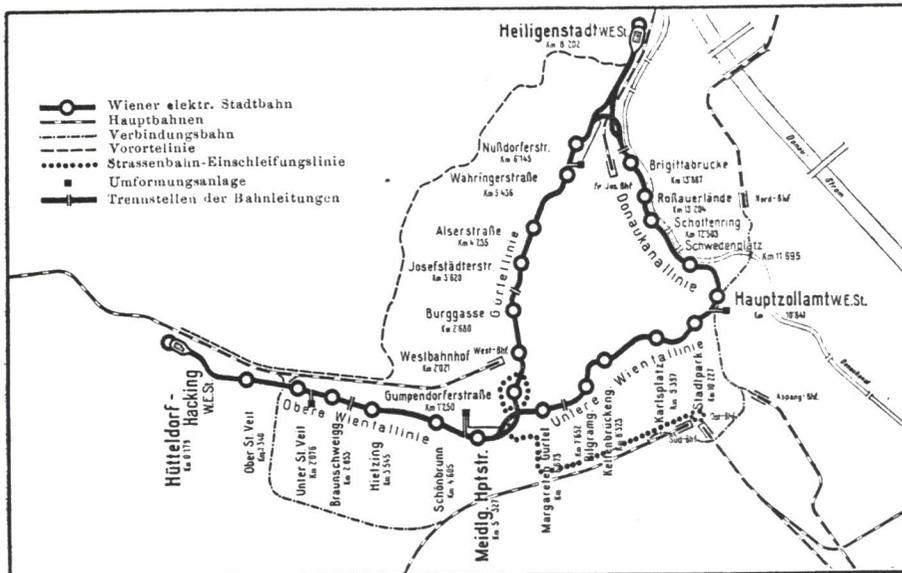


Abb. 1. Wiener Stadtbahnlinien.

das Eindringen der Stadtbahn in die Innenstadt, andererseits die Erschließung der volkreichen Außenbezirke. Es fehlten also die Grundbedingungen für einen lebhaften Verkehr.

Eine Radiallinie wurde entlang des Wientales, „Obere und untere Wientallinie“, eine zweite längs des Donaukanals, „Donaukanallinie“, erbaut; sie sind miteinander durch die „Gürtellinie“ verbunden, welche die westlichen Vororte durchquert. Das sind die innerstädtischen Linien von rd. 25,6 km Streckenlänge, die jetzt für elektrischen Betrieb eingerichtet wurden, wobei der Gleisanschluß an die Hauptbahnen entfiel. Zwei andere, für den Güterverkehr wichtige Stadtbahnlinien (Vorortlinie und Verbindungsbahn) bleiben im Dampfbetrieb, mit Gleisanschluß an die Hauptbahnen (Abb. 1).

den, einerseits wegen des zu erwartenden außerordentlich hohen Betriebsabganges, andererseits aber auch deshalb, weil man inzwischen erkannt hatte, daß die Beton-eisenkonstruktionen der Untergrundbahnstrecken durch die Einwirkung der Heizgase aus den Lokomotiven arg beschädigt wurden.

Die Einführung eines elektrischen Schnellbahnbetriebes aber hätte so große Anlagekosten erfordert, daß deren Verzinsung und Tilgung bei dem hohen Zinsfuß der Nachkriegszeit unerträglich hohe Betriebskosten ergeben hätte. Diese großen Schwierigkeiten waren nur zu überwinden, wenn es gelang, eine Herabsetzung der Anlagekosten für die Einrichtung des elektrischen Betriebes zu

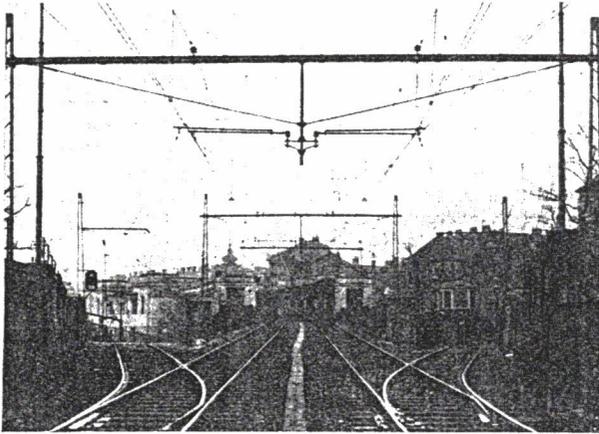


Abb. 2. Gleisübergang von der Stadtbahn auf die Straßenbahn.

ermöglichen; zu diesem Zwecke beantragte Verfasser, einen elektrischen Betrieb der Wiener Stadtbahn mit Straßenbahnwagen einzurichten. Die Spurweite der Straßenbahn ist nur um 5 mm größer als die Regelspur der Stadtbahn, was die Verwendung derselben Wagen auf beiden Netzen möglich macht. Wenn auch die Stadtbahn mit ihrer Lichtraumumgrenzung für Vollbahnen die Verwendung ganz großer Wagen zuläßt, so sind solche doch mit Rücksicht auf die gegenüber Schnellbahnen in anderen Weltstädten verhältnismäßig geringe Frequenz durchaus nicht nötig und kaum entsprechend auszunutzen, wenn man nicht unzulässig lange Zugabstände anwenden will. Leichte Straßenbahnwagen erfordern natürlich bedeutend weniger Strom als die schwereren Schnellbahnwagen. Vor allem aber war bei dem Vorschlage des Verfassers der Gedanke mitbestimmend, daß die der wiedereröffneten Stadtbahn zuströmenden Fahrgäste größtenteils der Straßenbahn entzogen werden. Theoretisch hätte man daher

Straßenbahn ergänzt werden. Dies erschien um so eher möglich, als auf der Wiener Straßenbahn der größte Wagenbedarf am Allerheiligentag (1. XI.) und im Winter überhaupt eintritt, während dort im Sommer viel weniger Wagen benötigt werden.

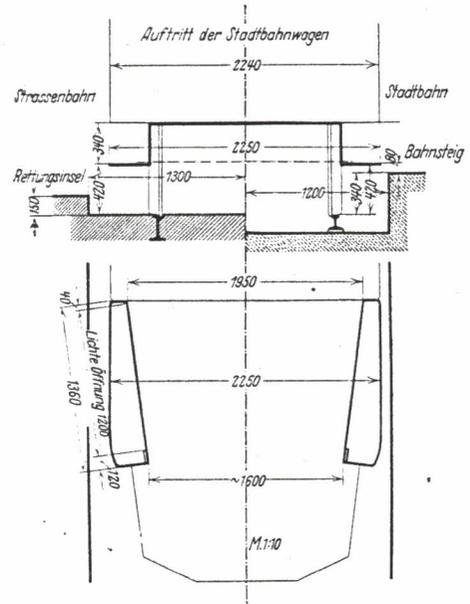


Abb. 4. Auftritt der Stadtbahnwagen und Stufenhöhe gegenüber Straße einerseits und Stadtbahn-Bahnsteig andererseits.

Die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Wiener Stadtbahn mit Verwendung von Straßenbahnwagen ergab daher für die Gemeinde als Besitzerin der Straßenbahn die allerkleinsten Anlagekosten und Zinsenbeträge sowie durch den geringen Stromverbrauch der leichten Wagen die kleinsten jährlichen Auslagen für den gesamten Betriebsdienst. Dadurch wurde es aber erst möglich, einen niedrigen Tarif in Aussicht zu nehmen, der gerade

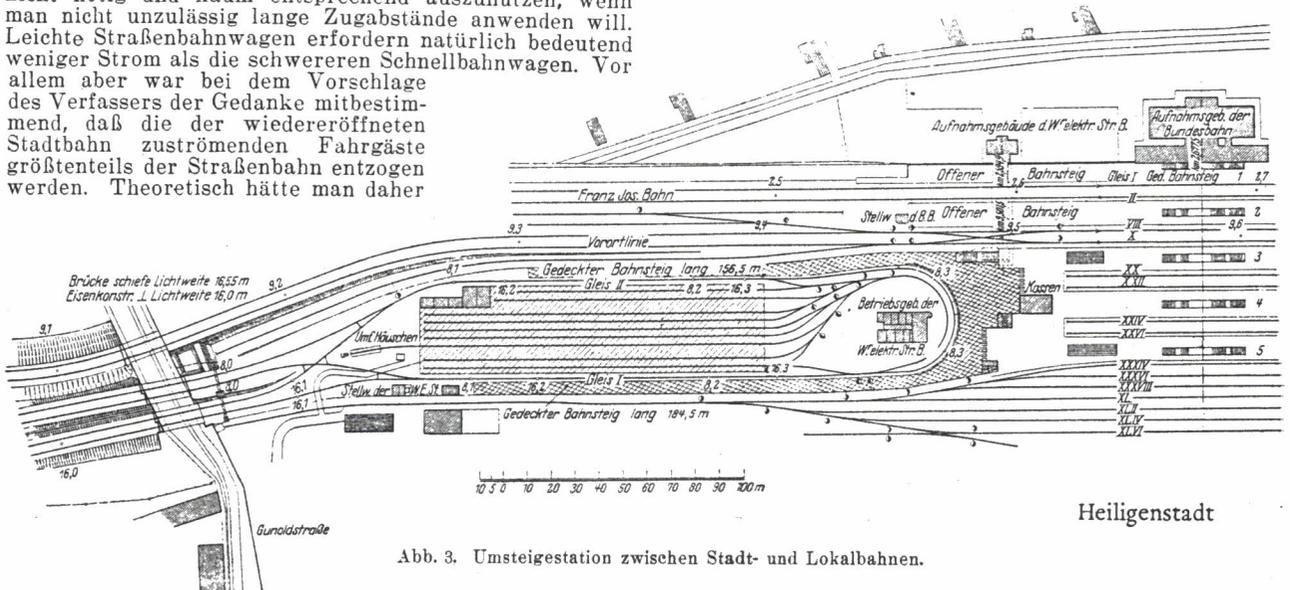


Abb. 3. Umsteigestation zwischen Stadt- und Lokalbahnen.

bei Verwendung von Straßenbahnwagen auf der Stadtbahn fast ohne jede Neuanschaffung von Wagen auskommen können.

Nichtsdestoweniger wurde von allem Anfang an vorgesehen, für den ziemlich gleichmäßigen Dauerbetrieb auf der Stadtbahn — während des Winters und im Sommer an Werktagen — einen hierfür besonders geeigneten, aber auch auf der Straßenbahn verwendbaren Wagenpark ganz neu zu beschaffen; der Wagenbedarf für den sehr starken Spitzenverkehr an einigen wenigen schönen Sonn- und Feiertagen im Sommer sollte indes aus den Reserven der

auf der Wiener Stadtbahn wegen der sehr ungünstigen Linienführung unbedingt notwendig ist, um ihr einen regen Zuspruch von Fahrgästen zu sichern.

Auf Grund dieser Erwägungen hat die Gemeindeverwaltung im August 1923 dem Bund die pachtweise Übernahme der Stadtbahn auf 30 Jahre behufs Einführung des elektrischen Betriebes vorgeschlagen, mit Rückkaufsrecht der baulichen Anlagen schon nach 10 Jahren. Bei der Ausarbeitung und Durchführung des Entwurfs wurde auf die Möglichkeit der späteren Umänderung in einen Schnellbahnbetrieb Rücksicht genommen. Im Frühjahr

1924 wurden die Übernahmeverträge abgeschlossen, mit dem Bau begonnen und dieser dann so gefördert, daß die erste Teilstrecke der neuen „Wiener elektrischen Stadtbahn“, wie sie nunmehr genannt wird, am 3. VI. 1925 eröffnet werden konnte, der gesamte Betrieb aber am 20. X. 1925.

Die Verwendung von Straßenbahnwagen machte es möglich, einen unmittelbaren Übergang von Zügen der Stadtbahn auf eine anschließende Straßenbahnlinie vorzusehen, und dadurch der Stadtbahn neue Fahrgäste zuzuführen. Die Gürtellinie der Stadtbahn wurde dort, wo sie von der Hochbahn in die Tiefbahn übergeht, also die Straßenoberfläche durchschneidet, an eine zum Südbahnhof führende Straßenbahnlinie angeschlossen; diese hat größtenteils eigenen Bahnkörper, so daß man auf ihr die sehr hohe mittlere Reisegeschwindigkeit von ungefähr 16 km/h erzielt; die Abzweigung erfolgte ohne Schienenkreuzung (Abb. 2).

Die Linienführung der Stadtbahn und der anschließenden, mit durchgehenden Wagen betriebenen Straßenbahnstrecke ist aus Abb. 1 ersichtlich; dort, wo die Stadtbahn an die Haupt- und Lokalbahnlinien heran-

tritt, sind bequeme Umsteigeanlagen für den Übergang der Fahrgäste eingerichtet worden.

Strecken- und Gleisbau. Hochbauten.

In den Stationen Hütteldorf-Hacking der Westbahn und Heiligenstadt der Franz-Josef-Bahn wurden neue Endstationen erbaut, welche geeignet sein müssen, auch den Massenverkehr im Sommer beim Umsteigen von der Stadtbahn zu den Lokalbahnen und umgekehrt ohne Anstand zu bewältigen. Die grundsätzliche Anordnung ist aus Abb. 3 ersichtlich, welche den Bahnhof Heiligenstadt zeigt. Zwischen Stadtbahn und Hauptbahn sind Sperrdurchgänge in großer Zahl angelegt, welche je nach Bedarf für den Durchgang von der Stadtbahn zur Hauptbahn und umgekehrt dienen.

Die Haltestellen der Stadtbahn haben meist Außenbahnsteige, zwei Abzweigstationen aber haben Innenbahnsteige; alle sind mindestens 100 m lang.

Mit Rücksicht auf die im Dampfbetrieb verwendeten Vollbahnwagen waren die Bahnsteige in den Stationen 500 mm über Schienenoberkante und in 1650 mm Entfernung von der Gleismitte angeordnet; die Verwendung von rd. 2,27 m breiten Straßenbahnwagen bedingte eine Hebung der Gleise um 160 mm und deren Heranrücken an die Bahnsteige um 450 mm, wodurch das Ein- und Aussteigen außerordentlich bequem gemacht wurde (Abb. 4).

An den Gleisen selbst waren nur geringe Veränderungen und Auswechslungen einzelner Teile nötig. In schärferen Bögen — meist erst unter 150 m Halbmesser — sind aus Sicherheitsgründen Zwangsschienen vorgesehen worden.

In den Tunnelstrecken wurde eine elektrische Beleuchtung mit in 15 m Abstand — wechselseitig — voneinander angebrachten Metalldrahtlampen zu 40 W eingerichtet, die nur bei Bedarf durch an den Tunnelleingängen angebrachte Schalter eingeschaltet werden können; sie sind ebenso wie die Stationsbeleuchtung an das 220 V-Lichtnetz der städtischen Elektrizitätswerke angeschlossen, also unabhängig von dem Fahrstrom.

Fahrdrahtleitung.

Die Stromspannung auf der Stadtbahn beträgt im Mittel 750 V Gleichstrom gegenüber rd. 550 V auf der Straßenbahn; die mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h auf der Straßenbahn fahrenden Züge erreichen daher auf der Stadtbahn die Höchstgeschwindigkeit von rd. 40 km/h ohne besondere Vorkehrungen. Die höhere

Fahrgeschwindigkeit und die von nur einem Bügel abzunehmende größere Stromstärke (bis 300 A und mehr) verlangten die Anwendung einer Vielfachaufhängung mit selbsttätiger Nachspannvorrichtung durch Gewichte.

Die Fahrleitung besteht aus zwei in einem Abstand von 150 mm (bei einer Ausführung 80 mm) parallel nebeneinander liegenden Fahrdrähten aus Kadmiumkupfer von 65 mm² Querschnitt; sie sind an einem aus Kadmiumkupfer bestehenden Drahtseil von 70 mm² Querschnitt aufgehängt, so daß der Querschnitt der Fahrleitung für jedes Gleis 200 mm² beträgt, was die Anordnung besonderer Speiseleitungen — mit einer Ausnahme — unnötig machte. Kadmiumkupfer (mit 0,2 bis 0,5 % Kadmiumgehalt) hat sich bei der Wiener Straßenbahn seit Jahren durch seine Härte und Zähigkeit bei nur wenig verminderter Leitfähigkeit bestens bewährt. Für die elektrische Schienenverbindung wurden Kupferseile von 100 mm² Querschnitt mit in den Schienenstegen eingepreßten Kupferbolzen verwendet. Die Fahrleitung ist zwischen je zwei Aufhängungen im Zickzack von ± 400 mm ausgespannt. Die Fahr-

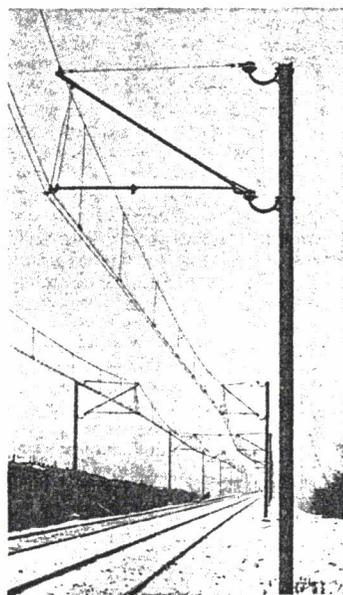


Abb. 6. Schwedische Aufhängung (alte Straßenbahnschienen als Maste).

leitung der Wiener Straßenbahn seit Jahren durch seine Härte und Zähigkeit bei nur wenig verminderter Leitfähigkeit bestens bewährt. Für die elektrische Schienenverbindung wurden Kupferseile von 100 mm² Querschnitt mit in den Schienenstegen eingepreßten Kupferbolzen verwendet. Die Fahrleitung ist zwischen je zwei Aufhängungen im Zickzack von ± 400 mm ausgespannt. Die Fahr-

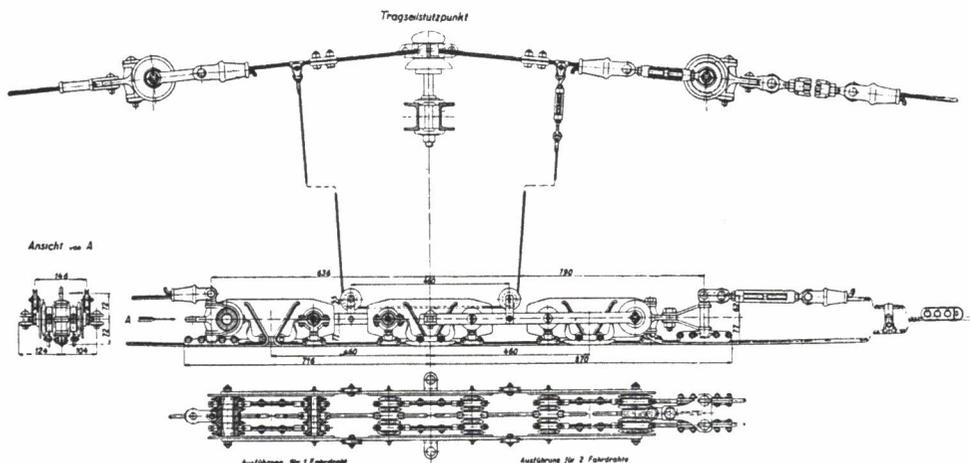


Abb. 7. Streckentrenner 2000 V (Öst. Siemens-Schuckertwerke).

drahthöhe über Schienenoberkante beträgt an den Aufhängungen 4,9 m auf den freien Strecken und 4,4 m im Tunnel.

Die Fahrleitung wird meist an Querjochen aufgehängt, welche in den Tunnelstrecken an den Seitenwänden, auf den freien Strecken aber an Masten befestigt werden. Joche und Maste sind geerdet. Auf den Hochbahnstrecken werden Gitter- oder Schnallenmaste an den Pfeilern angeklammert (Abb. 5), auf den Einschnittstrecken aber und auf abseits der Straßen verlaufenden Linien werden meist alte Schienen als Maste oder Jochträger verwendet. Der Abstand der Joche voneinander beträgt auf der freien Strecke 50 bis 55 m, im Tunnel 20 bis 28 m. Auch einfache und Doppelausleger wurden verwendet.

Bei der Oberleitungsausführung mit festem, auf freier Strecke bis zu 1200 mm Pfeilhöhe durchhängendem Trag-

seil (Siemens-Schuckert und Elin) Fahrdrähte rd. alle 1000 m durch

werden nur die zwei Gewichte selbsttätig nachgespannt, so daß die Aufhängekräfte der Fahrdrähte in den Endlagen schief stehen. Bei der Konstruktion der AEG-Union wird auch das an den Stützpunkten über Rollen laufende Tragseil mit den Fahrdrähten gemeinschaftlich nachgespannt, was einen kleineren Durchhang des Seiles, nämlich rd. 870 mm auf freier Strecke, ermöglicht. Die Brown Boveri - Werke haben die sogenannte

schwedische Aufhängung mit drehbaren Auslegern verwendet, wobei Tragseil und Fahrdrähte gemeinschaftlich selbsttätig nachgespannt werden (Abb. 6).

Der Fahrdraht hat kreisrunden Querschnitt mit zwei seitlichen rechtwinkligen Einkerbungen, in welche die Tragklammern eingreifen; die Aufhängekräfte sind teils aus dünnen Kupferseilen oder Drähten, teils aus Stahl-drähten hergestellt worden.

Es sind durchgehends Porzellanisolatoren verwendet worden, die für 2000 V ausreichen, so daß ein etwaiger späterer Übergang auf eine höhere Fahrdrachtspannung möglich ist. Gegen elektrische Entladungen ist die Oberleitung durch Hörnerblitzableiter geschützt.

Das Fahrleitungsnetz ist, wie aus Abb. 1 ersichtlich, in vier Hauptabschnitte geteilt, die voneinander durch Streckentrenner isoliert sind, geeignet für eine Stromspannung von 2000 V (Abb. 7).

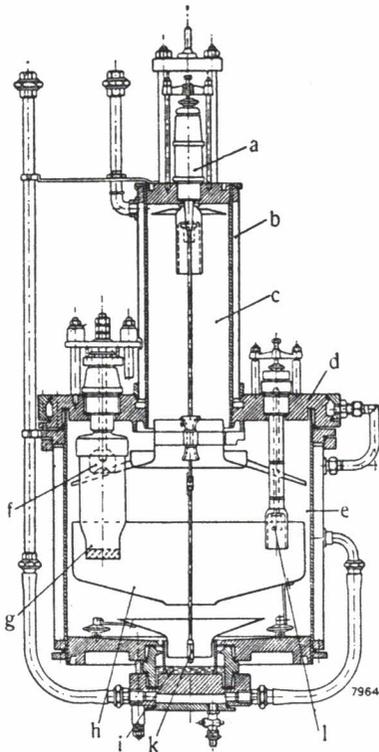
An drei Stellen können die Streckentrenner durch selbsttätige Fernschalter überbrückt und das ganze Netz hierdurch zusammengehängt werden; die Schaltung erfolgt von dem nahezu in der Mitte des Netzes gelegenen Unterwerk Sechshaus aus.

Ungefähr in der Mitte jeder dieser vier Streckenabschnitte ist möglichst nahe der Bahnstrecke je ein Umformerwerk neu erbaut worden (Abb. 1); von dort aus führen kurze Speisekabel zur Fahrleitung und zu den Schienen.

Umformungsanlagen¹.

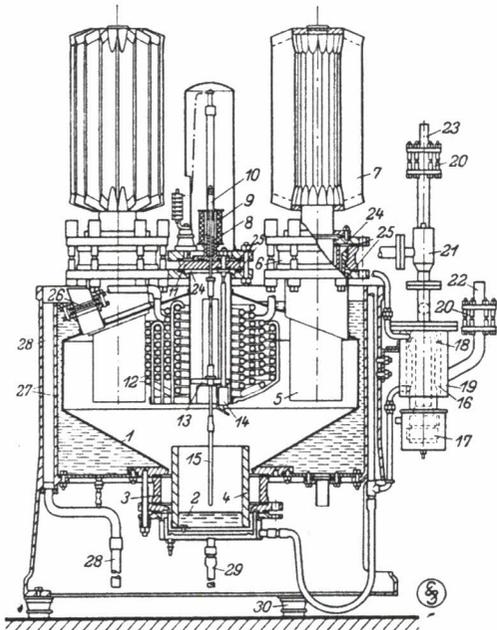
Der von den Wiener städtischen Elektrizitätswerken gelieferte Drehstrom von 5000 V wird in den vier Umformungsanlagen in Gleichstrom von 750 V mittlerer Betriebsspannung verwandelt. Es gelangten 10 Quecksilberdampf-Gleichrichter ungefähr gleicher Größe für eine Gesamtleistung von rd. 7000 kW zur Aufstellung, und zwar:

- 2 × 2 zu je 680 kW von Brown Boveri,
- 3 zu je 725 kW von Siemens-Schuckert,
- 3 zu je 700 kW von der AEG-Union.



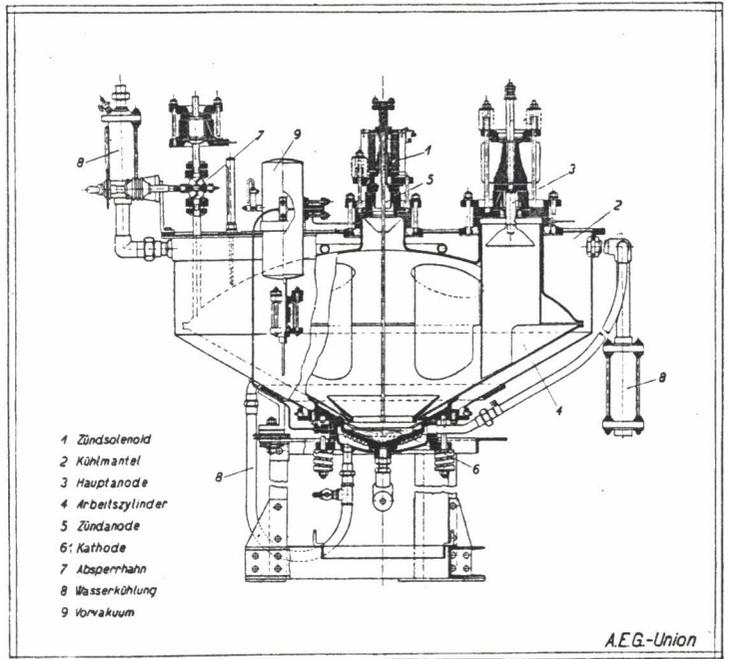
- a Zündsolenoid
- b Kühlmantel
- c Kühlraum
- d Anodenplatte
- e Arbeitszylinder
- f Hauptanode
- g Anodenhülse
- h Lichtbogensammler
- i Kathode
- k Zündanode
- l Erregeranode

Abb. 8. Gleichrichter der Öst. Brown Boveri - Werke.



- 1 Arbeitszylinder
- 2 Quecksilberkathode
- 3 Kathodenisolator
- 4 Kathodentopf
- 5 Anode
- 6 Anodenisolator
- 7 Anodenkühler
- 8 Zünd- und Erregeranode
- 9 Zündspule
- 10 Zündkern
- 11 Porzellan-Zünddeckel
- 12 Kühlschlange
- 13 isolierte Führungsplatte
- 14 Erregeranode
- 15 Zündanode
- 16 Quecksilberstrahlpumpe
- 17 Heizkörper für die Quecksilberstrahlpumpe
- 18 Düse der Quecksilberstrahlpumpe
- 19 Kühlgefäß für die Quecksilberstrahlpumpe
- 20 Isolierflansch
- 21 Vakuumschloß
- 22 Leitung zum Vorvakuum
- 23 Vakuumleitung zum Meßgerät
- 24 Gummidichtungs-Vorlage
- 25 Gummidichtung
- 26 Schauglas
- 27 Kühlmantel für die Gleichrichter
- 28 Ablauf für das Kühlwasser
- 29 Kühlwasserzulauf
- 30 Isolatorfuß

Abb. 9. Gleichrichter der Öst. Siemens-Schuckertwerke.



- 1 Zündsolenoid
- 2 Kühlmantel
- 3 Hauptanode
- 4 Arbeitszylinder
- 5 Zündanode
- 6 Kathode
- 7 Absperrhahn
- 8 Wasserkühlung
- 9 Vorvakuum

AEG-Union

Abb. 10. Gleichrichter der AEG-Union.

Quecksilberdampfgleichrichter wurden gewählt, weil sie besonders unempfindlich gegen die schwankende Belastung der Bahn und die Einwirkung etwaiger Kurzschlüsse sind, und weil sie auch bei geringer Belastung, wie eine solche beim Netz der Wiener Stadtbahn sehr häufig vorkommt, einen hohen Wirkungsgrad haben; dieser wurde gewährleistet für:

1/4 Vollast	2/4 Vollast	3/4 Vollast	4/4 Vollast
mit 92%	93,5%	93,5%	93,5%

Die Abb. 8 bis 10 sind schematische Querschnitte durch die eisernen Gleichrichtergefäße. Das entlüftete Arbeitsgefäß der Gleichrichter, als starkwandiger Eisen-

¹ Die Beschreibung der Umformungsanlagen stammt von Ob.-Insp. Ing. E. Gebauer der Wiener städtischen Elektrizitätswerke; weitere Angaben s. dessen Aufsatz in Fl. u. Maschinenb., Wien, Bd. 43, H. 39.

blechkasten mit geschweißten Nähten ausgeführt, ist in einem zweiten eisernen Gefäß eingebaut, welches das Kühlwasser enthält. Diese Gefäße stehen mit Zwischenschaltung von Isolatoren auf einer Grundplatte. Im Boden des Arbeitsgefäßes ist, durch Porzellan isoliert, die wassergekühlte Kathode, ein mit Quecksilber gefülltes

um ein gänzlich Erlöschen der Gleichrichter bei Nullstrom zu verhindern.

In der Mitte des Arbeitsraumes wird bei allen Systemen die bewegliche Zündanode (110 V) von oben durch Isolatoren eingeführt; sie wird bei der Zündung mit Hilfe eines Solenoides in das Quecksilber der Kathode einge-

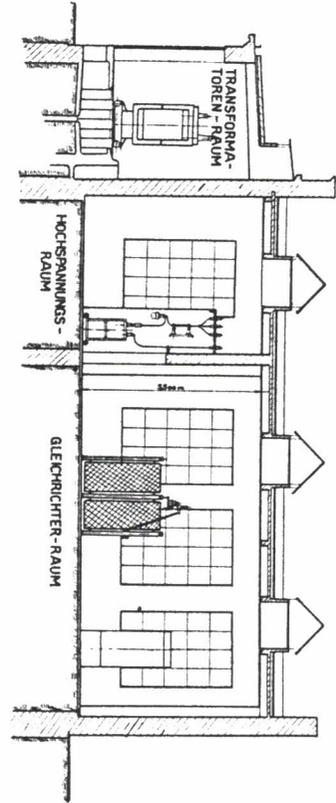
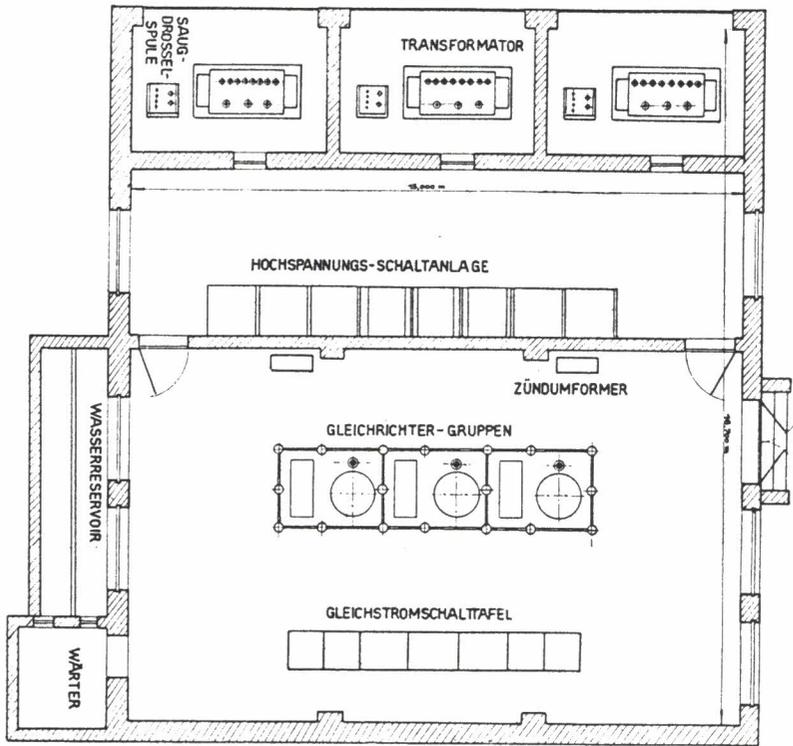


Abb. 11. Umformerwerk Unter St. Veit (Öst. Brown Boveri-Werke).

pfannenförmiges Eisengefäß eingesetzt, an welchem sich — von außen zugänglich — die Klemme für die Entnahme des Gleichstroms befindet. An der Oberseite des Arbeitsgefäßes sind mittels Porzellaneinführungen die sechs Hauptanoden eingeführt, welche außerhalb des Arbeitszylinders besondere Rippenkühler tragen, die mit den

taucht und wieder zurückgezogen, wodurch der Zündlichtbogen entsteht, der sofort wieder erlischt. Für die Zündung der Apparate verwenden Siemens-Schuckert Wechselstrom von eigenen kleinen Transformatoren, Brown-Boveri und die AEG-Union aber Gleichstrom, von eigenen kleinen Motorgeneratoren geliefert. Bei der AEG-Union, welche keine Erregeranoden verwendet, wird der Zündvorgang auch selbsttätig eingeleitet, sofern der vom Gleichrichter gelieferte Strom nahe Null kommt; bei Ansteigen des Stromes erlischt die Zündung (Abb 10).

In die Zündstromkreise sind bei allen Systemen Widerstände und Drosselspulen eingeschaltet.

Die Arbeitsgefäße sind durch eiserne Rohrleitungen mit der Hochvakuumpumpe und weiterhin mit der Vorpumpe verbunden.

Das Hochvakuum wird von elektrisch geheizten Quecksilberstrahlpumpen erzeugt; als Vorpumpen dienen unter Öl laufende rotierende Schieberluftpumpen. Es ist Vorsorge getroffen, daß bei Stillstand der Pumpen das Öl der Vorpumpe nicht in die Hochvakuumpumpe gelangt.

Die Hochvakuum-pumpen sind zwecks Kondensation des verdampften Quecksilbers mit Wasserkühlung versehen. Das während des Betriebes erzielte Vakuum im Arbeitsgefäß beträgt 0,01 mm Quecksilbersäule.

Besondere Sorgfalt ist auf die in verschiedener Art durchgeführte Abdichtung aller Einführungen und Rohrleitungen verwendet.

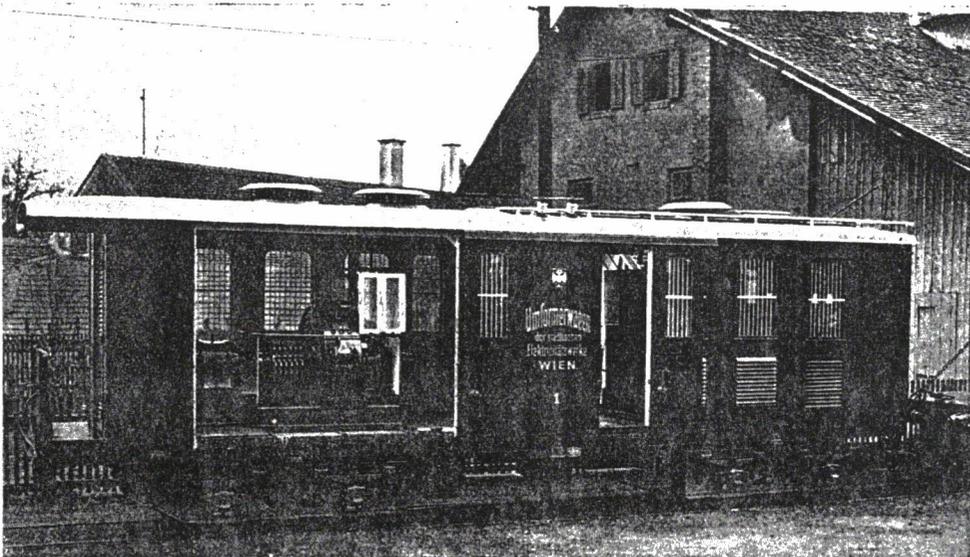


Abb. 13. Umformerwagen (Elin).

Hohlräumen in den Anoden durch Bohrungen und Rohre verbunden und mit Öl gefüllt sind.

Bei den Typen von Siemens-Schuckert (Abb.9) und Brown-Boveri (Abb.8) werden noch 3 bzw. 2 Erregeranoden eingeführt, welche an eigene kleine Erregertransformatoren für 110 V angeschlossen sind; sie werden bei wechselnder Bahnbelastung dauernd im Betrieb erhalten,

Jeder Gleichrichter besitzt einen eigenen Dreiphasen-Sechspannungs-Leistungstransformator mit Anzapfungen von $\pm 4\%$ an der Oberspannungsseite. Die Transformatoren sind primär in Dreieck, sekundär im Stern oder auch Polygon geschaltet.

Jeder der luftgekühlten, mit Öl gefüllten Transformatoren ist in einer eigenen gut ventilierten Zelle untergebracht, in der sich eine mit einem Kiesfilter abgedeckte Ölfanggrube befindet (Abb. 11). Mit Rücksicht auf die hohe Kurzschlußleistung der Kraftwerke wurde jede Gleichrichtergruppe durch eine vor dem Transformator einge-

schlenkeligem Eisenkern, dessen Schenkel je eine Spule tragen, welche beide einander entgegengesetzt gewickelt und hintereinander geschaltet sind. Diese Spulen sind in die beiden Sternpunkte des in zwei Dreiphasensysteme aufgelösten Sechspannungssystems der Sekundärseite des Gleichrichtertransformators geschaltet. Zwischen den beiden Wicklungen der Saugdrosselspule ist die negative Gleichstromleitung zur Sammelschiene abgezweigt.

Der Gleichrichter der Siemens-Schuckertwerke hat in seinen Hauptstromkreisen keine Drosselspule, die einer der vorstehend geschilderten Spulen in der Wirkungs-

weise ähnlich wäre. Die Gleichrichter von Brown-Boveri und Siemens-Schuckert haben in die Erreger- bzw. Zündstromkreise Glättungsdrosselspulen eingeschaltet. Sämtliche Drosselspulen (mit Ausnahme der kleinen Glättungsdrosselspulen) sind in den Kammern neben den Gleichrichtertransformatoren untergebracht.

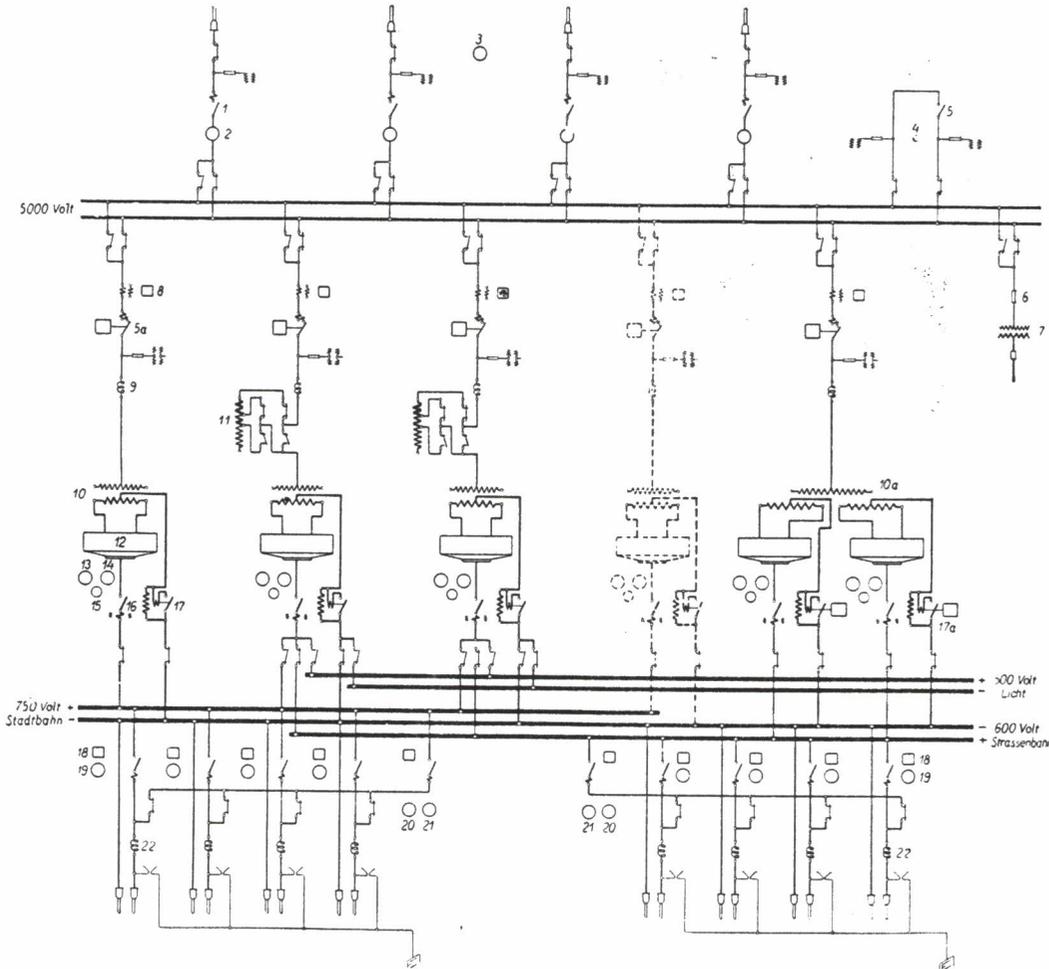
Zwischen den Transformatoren und den Gleichrichtern sind keinerlei Schaltorgane vorgesehen. Jeder Gleichrichter ist mit einem selbsttätigen Überstromschalter und einem selbsttätigen Überstromschnellschalter ausgerüstet, welcher letzterer den Stromkreis in einem Zeitraum von etwa $\frac{1}{100}$ s unterbricht; die Auslösestromstärke wurde mit 2000 A, also ungefähr der doppelten normalen Vollast der Gleichrichter bemessen.

Abb. 12 zeigt die grundlegende Schaltung der Anlage Sechshaus.

Um die für den Strombedarf der Stadtbahn aufgestellten Gleichrichter in der Zeit schwachen Betriebes auch für die Stromlieferung an die Straßenbahn oder das Lichtnetz verwenden zu können, ist bei zwei Gleichrichtergruppen die Herabsetzung der Gleichrichterspannung von 750 V auf 600 V bzw. 500 V durch Vorschaltung von Transformatoren in Sparschaltung vor die Gleichrichter-Transformatoren vorgesehen.

Behufs Erzielung der größtmöglichen Sicherheit in der Stromlieferung für die Stadtbahn wurde jede der vier Umformeranlagen an zwei getrennte Hochspannungskabel angeschlossen, deren jedes für die vollständige Versorgung der ganz ausgebauten Stationen ausreicht. Überdies können drei Umformeranlagen schon jetzt, die vierte aber in absehbarer Zeit an zwei voneinander ganz unabhängige Kraftwerke angeschlossen werden.

Die Leistung dieser vier Umformeranlagen ist für den Dauerverkehr auf der Stadtbahn vollständig ausreichend, so zwar, daß hierbei in jeder Station mindestens ein Gleichrichter in Reserve steht; nur bei dem Spitzenverkehr an den wenigen Sonn- und Feiertagen im Sommer



- | | |
|---|--|
| <p>1 Öl-schalter mit aufgeb. Überstromauslösern und Zeiteinstellung</p> <p>2 Hochspannungs-Amperemeter</p> <p>3 Wechselstrom-Voltmeter, umschaltbar</p> <p>4 Synchronlampe</p> <p>5 Öl-schalter ohne Auslöser</p> <p>5a Öl-schutzschalter mit aufgeb. Überstromauslösern Momentauslösung, mit Motorantrieb</p> <p>6 Hochspannungs-Leistungsicherungen</p> <p>7 Stationstransformator für die Hilfseinrichtungen</p> <p>8 Kilowattstunden-Zähler für Drehstrom</p> <p>9 Reaktanz-Drosselspulen</p> <p>10 Leistungstransformator m. sekundärer Sechspannungsschaltung</p> <p>10a Leistungstransformator mit 2 getrennten Sekundärwicklungen in Sechspannungsschaltung</p> | <p>11 Drehstrom-Leistungstransformator in Sparschaltung</p> <p>12 Sechspannungs-Gleichrichter mit eingeb. Erreger- und Zündanoden für Wechselstromzündung</p> <p>13 Gleichstrom-Amperemeter</p> <p>14 Gleichstrom-Voltmeter</p> <p>15 Gleichstrom-Erregeramperemeter</p> <p>16 Kathoden-Maximal-Rückstrom-Selbstschalter mit Spannungsauslöser</p> <p>17 Schnellschalter m. Auslösespule u. Parallelwiderstand</p> <p>17a dgl. mit Motorantrieb</p> <p>18 Gleichstrom-Pendel-Wattstundenzähler</p> <p>19 Gleichstrom-Amperemeter</p> <p>20 dgl. umschaltbar, für Rückleitungen</p> <p>21 Gleichstrom-Voltmeter, umschaltbar</p> <p>22 Induktionsspirale</p> <p>23 Hörnerableiter</p> |
|---|--|

Abb. 12. Schaltbild der Gleichrichteranlage Sechshaus (Öst. Siemens-Schuckertwerke).

baute eisenlose Drosselspule gegen ein allzu hohes Anwachsen eines etwaigen Kurzschlußstromes geschützt. Der Spannungsabfall wurde für die Vollast mit 11 % bemessen und der Kurzschlußstrom auf den zehnfachen Vollaststrom begrenzt.

Der Gleichrichter der AEG-Union hat Anoden- und Kathodendrosselspulen. Die ersteren sind einzeln in je eine der sechs von der Sekundärwicklung des Transformators zu den Gleichrichter-anoden führenden Leitungen geschaltet. Die Kathodendrosselspule ist in die positive Gleichstromleitung von der Gleichrichterkathode zur Gleichstromsammelschiene eingebaut. Der Gleichrichter von Brown-Boveri hat eine Saugdrosselspule mit zwei-

müssen teilweise die Reserven mit zum Betrieb herangezogen werden.

Für diese besonderen Ausnahmefälle ist noch eine gemeinschaftliche Reserve geschaffen worden, die auch den nicht vorgesehenen Erfordernissen des Spitzenverkehrs an verschiedenen Stellen der Bahn dienen soll; hierzu wird eine fahrbare Umformeranlage (Abb. 13) verwendet, welche von der Elin, Wien, geliefert wurde. Auf einem geschlossenen Eisenbahnwagen ist eine vollständige Einankerumformer-Anlage mit Transformator und Schaltanlage für den Anschluß an die 5000 V-Drehstromnetze der städtischen Elektrizitätswerke aufgebaut worden. Der Kasten des 12 m langen vierachsigen Eisenbahnwagens, welcher auf den Gleisen der Stadtbahn mittels Triebwagen verschoben werden kann, ist durch die Schaltwand in zwei annähernd gleichgroße Abteile getrennt; das eine enthält den Dreiphasen-Sechspannungs-Transformator und die vollständige Hochspannungsschaltanlage mit Trennschaltern, selbsttätigen Überstrom-Ölschutzschaltern und den Überspannungsschutz; im anderen Abteil ist der sechspolige Einankerumformer System Rosenberg aufgestellt; er hat 700 kW Leistung bei 750 V Gleichstromspannung und einer Umlaufzahl von 750 Umdr./min. In diesem Abteil befindet sich auch die Schaltwand. Auch diese Anlage wurde für einen Spannungsabfall von 11 % bei Vollast bemessen; der von der Firma gewährleistete Nutzeffekt beträgt bei Vollast 93,5 %.

Zum Anschluß der fahrbaren Umformeranlage an die Hochspannungsnetze der städtischen Elektrizitätswerke wurden an sechs verschiedenen Stellen der Bahn eigene kleine Anschlußhäuschen errichtet, welche die Endverschlüsse der zwei voneinander unabhängigen Hochspannungskabeln enthalten, deren eines zur Reserve dient. Über einen im Häuschen angebrachten Handtrennschalter und drei freigespannte Kabel erfolgt der Anschluß des Wagens durch Einführungsisolatoren, welche an dessen Stirnwand angebracht sind.

Signalanlagen.

Bei dem ersten Vorschlage zur Einführung des elektrischen Betriebes auf der Wiener Stadtbahn mit Verwendung von Straßenbahnwagen ist die Betriebsführung mit „auf Sicht“ fahrenden kleinen Zugeinheiten vorgesehen worden. Da im Interesse einer raschen und leichten Abwicklung des im Hochsommer zu erwartenden Massenandranges auf die Verwendung längerer Züge übergegangen wurde, so entschloß man sich, behufs Erzielung der denkbar größten Betriebssicherheit, zur Einrichtung einer selbsttätigen Blocksignalanlage. Für Wien wurde das System von Siemens & Halske gewählt, unter Verwendung von Gleisströmen, Tageslichtsignalen auf den freien Strecken und gewöhnlichen Lichtsignalen im Tunnel; die Bauart ähnelt im großen und ganzen der auf den Berliner elektrischen Stadtschnellbahnen zur Ausführung gekommenen, über die die Leser der ETZ eingehend unterrichtet sind². Auf besonders wichtige Eigenarten des in Wien zur Ausführung gelangten Systems ist in nachstehendem kurz eingegangen.

Es sei daran erinnert, daß die Trennung der Gleisabschnitte voneinander durch sogenannte Isolierstöße (Schienentrennstöße) geschieht. Behufs Ermöglichung der Fahrstromrückleitung durch beide Fahrstrecken eines Gleises müssen diese Isolierstöße leitend überbrückt werden; nach der von Siemens & Halske für Wien vorgesehene Anordnung ist die eine Fahrstrecke des einen Gleisabschnittes diagonal mit der anderen Schiene des nächsten Gleisabschnittes verbunden; diese zu einer ununterbrochenen Leitung zusammengeschlossenen Schienen eines Gleises bilden die Bahnerdschiene; sie wird mit der Bahnerdschiene des anderen Gleises der Strecke alle 200 m leitend verbunden. Beiderseits des Isolierstoßes sind

beide Schienen eines jeden Gleisabschnittes durch einen sogenannten Drosselstoß verbunden, d. i. eine Kupferspule von großem Querschnitt und ganz wenig (10) Windungen, die auf einen Eisenkern aufgewickelt ist; sie bietet dem Durchgang des Fahrstromes (Gleichstrom) nahezu gar keinen Widerstand. Der Drosselstoß ist als Transformator ausgebildet und besitzt noch eine zweite dünnrätige Wicklung.

Die Signalschaltung ist aus Abb. 14 ersichtlich, die ein vereinfachtes Schaltbild für zwei vollständige Gleisabschnitte (Blockstrecken) mit drei rein selbsttätig arbeitenden Signalen samt den Verbindungen und Abhängigkeitsleitungen darstellt. Die Grundstellung der rein selbsttätigen Signale ist „Fahrt frei“. Die Speisung jeder Blockstrecke mit dem Signalwechselstrom erfolgt am Ende des Gleisabschnittes durch die Gleisstreutransformatoren G_1, G_2, G_3 ; diese schicken Wechselstrom in die dünnrätige Spule des benachbarten Drosselstoßes; es entsteht dadurch in den beiden Schienen des zugehörigen Gleises ein Wechselstromkreis mit einer Spannung von höchstens 5 V; dieser erzeugt, wenn die Strecke frei von Fahrzeugen ist, in der dünnrätigen Spule des ganz gleich ausgeführten Drosselstoßes am Eingang der Blockstrecke einen Wechselstrom von ungefähr 1 V Spannung, welcher die eine Spule — die sogenannte Gleisphase — des Blockrelais (B_1, B_2, B_3) erregt. Die zweite Spule dieses Relais, Hilfsphase genannt, erhält Wechselstrom von 120 V Spannung von jenem Blocktransformator, der zur nächstfolgenden, dem Fahrziel näherliegenden Blockstrecke gehört. Nur wenn beide Spulen vom Strom durchflossen sind, hebt das Blockrelais seinen Anker; er fällt ab, sowie nur eine Spule stromlos wird. Mit dem Anker des Blockrelais ist ein Schalter verbunden, der — je nach Bedarf — eine verschiedene Anzahl von Kontakten trägt. Die roten Lampen sind dauernd eingeschaltet; sie werden durch Einschalten einer Kurzschlußleitung zum Erlöschen gebracht.

Die Signalströme im Gleisstromkreis werden durch die Achsen eines Zuges kurzgeschlossen; dadurch wird die Gleisphase des Blockrelais stromlos. Die Kurzschlußströme werden gegen ein allzu hohes Anwachsen durch sogenannte Streutransformatoren geschützt. Die Signale sind miteinander durch Leitungen verbunden, die durch die sogenannten Signalrelais Si_1, Si_2, Si_3 ein- und ausgeschaltet werden. Das Signalrelais schließt einen Schalter,

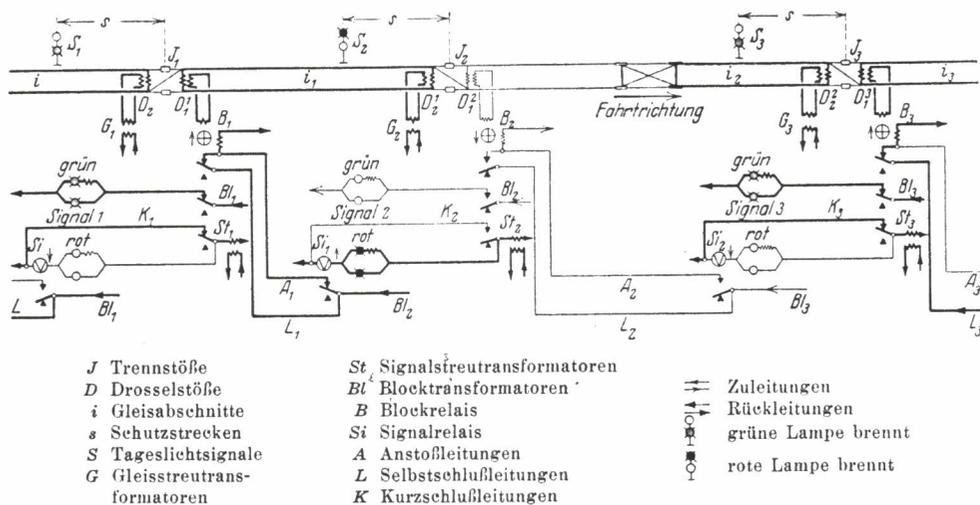


Abb. 14. Schaltung der rein selbsttätigen Signalanlage (S. & H.).

sofern die roten Lampen vom Strom durchflossen sind und demzufolge leuchten.

Der ganze Signalisierungsvorgang dürfte aus der Abbildung und deren Beschreibung nach der vorstehenden Erläuterung ohne weitere Erklärung verständlich sein.

Die in den Abb. 15 und 16 veranschaulichten Tageslichtsignale³, haben einen Parabolspiegel aus Blech und eine Linse (Stufenscheibe). Als Lichtquelle dienen zwei parallel geschaltete, hintereinander angebrachte Glühlampen von 25 W bei 16 V Spannung; eine davon dient als Reserve und ist mit einem Vorschaltwiderstand versehen, der so groß gewählt wird, daß beim Durchbrennen der Hauptlampe die andere mit normaler Helligkeit aufleuchtet. Die Farbenschilder werden durch eingeschobene farbige Gläser erzielt. Oberhalb der Linse be-

² Vgl. ETZ 1913, S. 815, 1070/71, 1130; 1914, S. 141, 151, 207, 238, 296, 334, 353, 761; 1916, S. 166; 1917, S. 513 u. 523; 1926, S. 1021.

³ Vgl. ETZ 1926, S. 1024

findet sich an der Lampe ein großer Blechschirm, um das Tageslicht abzublenden; der Betrieb hat erwiesen, daß diese Signale auf einige hundert Meter Entfernung auch bei vollem Tageslicht und bei Sonnenbestrahlung sichtbar sind. Die Tunnellichtsignale haben keine Reflektoren; sie enthalten zwei Glühlampen von je 12 HK (eine davon mit einem Vorschaltwiderstand als Reserve).

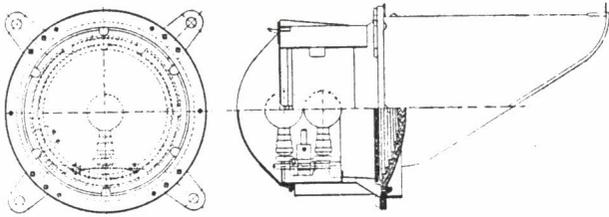


Abb. 15. Lampe des Tageslichtsignals.

Die für die Betätigung der Lichtsignale notwendigen Apparate stehen in kleinen Schaltschränken (Abb. 17) auf der Strecke neben den Gleisen. Ganz unten sind die Kabelanschlüsse, weiter oben links der Blocktransformator, rechts der Gleisstreutransformator angeordnet. In dem nächst höher gelegenen Feld ist links das Signalrelais, rechts der Signalstreutransformator untergebracht; im obersten Kastenfeld ist der Blockschalter (Motorrelais) aufgestellt. Über den Aufbau dieses Motorrelais nach der Bauart S. & H. sind die Leser der ETZ 1926, S. 1022 an Hand einer zeichnerischen Darstellung schon unterrichtet.

In jeder Station ist für jedes Gleis am Ende des Bahnsteiges ein Ausfahrtsignal angebracht. Der Einbau weiterer Signale (Einfahr- und Zwischensignale) war für Strecken, auf denen die dichteste Zugfolge 3 min beträgt, nicht erforderlich. Wo die Zugfolge eine dichtere ist, wie z. B. auf der oberen Wientallinie, woselbst sich die Züge in 1½ min folgen, mußten selbstverständlich auch ein Einfahrtsignal für jedes Gleis und in einigen Fällen auch noch Zwischensignale angeordnet werden.

Mit rein selbsttätigen Signalen kann natürlich nur die durchgehende Strecke ausgerüstet werden. Für alle Kreuzungen, Abzweigungen und Umkehrstellen sind die Signale durch einen Signalwärter vom Stellwerk aus zu bedienen. Diese halb selbsttätigen Signale stehen im Gegensatz zu den rein selbsttätigen Signalen in der Grundstellung auf „Halt“; zusammen mit den dazugehörigen Gleisweichen bilden sie einen „Stellbezirk“. Auf der Wiener Stadtbahn sind sechs solcher Stellwerke vorhanden. Auch die Bedienung der Weichen geschieht vom Stellwerk aus unter Vermittlung elektrischer Weichenantriebsmotoren. Auf der Wiener Stadtbahn ist hierfür Gleichstrom verwendet worden, der aus Akkumulatorenbatterien entnommen wird. Jedes Stellwerk ist mit einem Gleistransparent, der Fahrtafel, ausgerüstet.

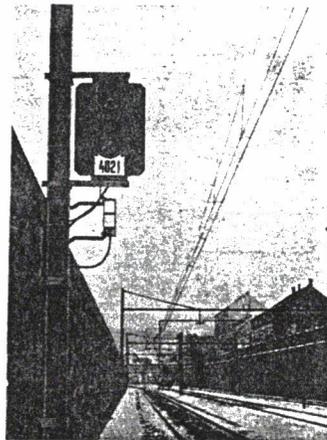


Abb. 16. Tageslichtsignal.

Um bei unberechtigtem Überfahren eines Haltsignals Zusammenstöße zu verhindern, sind die Signale mit Fahrsperrern versehen (insgesamt 20 im ganzen Netz). Abb. 18 läßt erkennen, daß die Fahrsperrre neben dem Gleis zwischen den Schwellen, also in fester Verbindung mit den Schienen, abweichend von bisherigen Ausführungen derart angeordnet worden ist, daß beiderseits der Schienen eines Gleises seitlich außen ein um eine wagerechte Achse drehbarer zweiarmiger Hebel schwingt, an dessen einem Arm die Fahrsperrre in Form eines Doppelkeiles angebracht ist, während der andere Arm ein Gegengewicht trägt; dieses hebt den Doppelkeil in die Höhe und damit in die in Abb. 18 gezeigte Haltstellung. Der Doppelkeil liegt dann so hoch über der Schienenoberfläche, daß ein auf der einen Wagenseite angebrachter als Hebel ausgebildeter Bremsauslöser beim Vorbeifahren

des Zuges an die Keilflächen anstößt und sich verdrehen muß, wodurch die Bremse angestellt und gleichzeitig die Stromzufuhr der Triebwagen abgeschaltet wird, so daß der Zug innerhalb der Schutzstrecke zum Stillstand kommt.

Mit der jeweiligen Stellung des Signals nimmt die dazugehörige Fahrsperrre die „Fahrt frei“-Stellung oder die „Halt“-Stellung ein. Muß eine Fahrsperrre bei Signalstörung in ihrer „Halt“ gebietenden Lage vom Zuge überfahren werden, so ist eine Einrichtung getroffen worden, welche dies ohne Abbremsung des Zuges ermöglicht.

Auf der rd. 26 km langen Strecke sind 118 Signale, 162 Schaltschränke, 400 Transformatoren, 320 Relais und 220 Drosselstöße angeordnet worden, zu deren Versorgung über 100 km Kabel dienen.

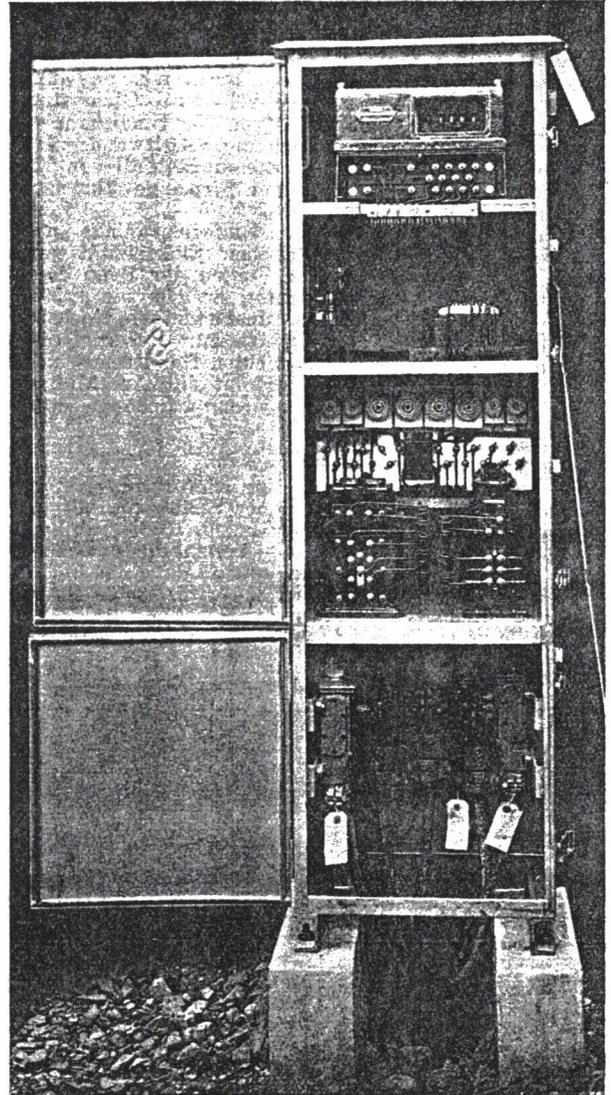


Abb. 17. Signalschaltschrank.

Die Stromversorgung für die Signalanlage geschieht durch das Kraftstrom-Drehstromnetz der städtischen Elektrizitätswerke. In jeder der fünf Anschlußstellen sind zwei voneinander unabhängige Hochspannungskabel zu 5000 V Drehstrom eingeführt, der durch Öltransformatoren in 500 V umgewandelt wird.

Das eine Kabel samt Transformator dient als Reserve und kann beim Versagen oder bei einem Fehler der einen Kabelleitung durch den anderen Anschluß ersetzt werden, wozu ein selbsttätiger Umschalter vorhanden ist. An die 500 V-Signalleitung sind die Blocktransformatoren für die Relais und Signallampen sowie die Streutransformatoren angeschlossen.

Telephonanlagen.

Zur Erleichterung der Betriebsführung, insbesondere bei etwaigen Störungen im Signalsystem, besitzt die Stadtbahn besondere Telephonanlagen mit einem eigenen Tele-

phonkabelnetz, an welches auch alle für die Betriebsführung wichtigen Dienststellen und Anlagen der Straßenbahn und der Elektrizitätswerke angeschlossen sind.

Wagenpark.

Die gegen Ende des Jahres 1923 einsetzende rasche, anhaltende Steigerung der Straßenbahnfrequenz — sie stieg von 458 Mill. Fahrgästen im Jahre 1923 auf 567 im Jahre 1924 — machte es schon Anfang 1924 notwendig, nicht nur für die Stadtbahn, sondern auch für die Straßenbahn neue Wagen zu beschaffen. Diese letzteren wurden

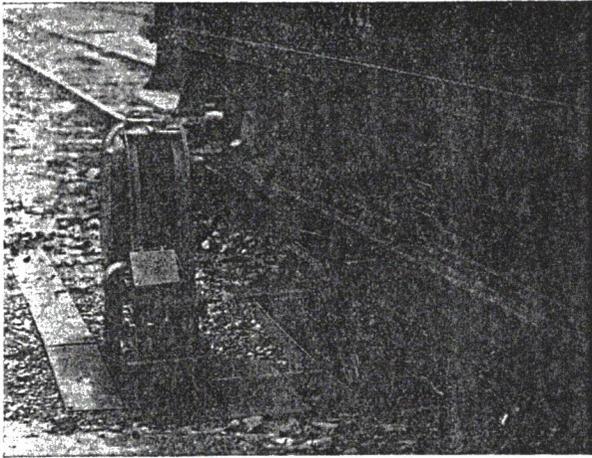


Abb. 18. Fahrsperrre in Haltestellung mit Antrieb.

ebenso gebaut wie die für die Stadtbahn in Aussicht genommenen, womit man den großen Vorteil erzielte, die Stadtbahn auch an den stärksten Verkehrstagen nur mit ganz gleichartigen neubeschafften Wagen betreiben zu können. Der Grundgedanke der doppelten Verwendung der Wagen blieb dabei aufrecht, indem nunmehr die nur im Hochsommer an einigen schönen Sonn- und Feiertagen für die Verkehrspitzen auf der Stadtbahn benötigten Wagen während der übrigen Zeit des Jahres — insbesondere im Winter — auf der Straßenbahn verwendet werden können. Es wurden möglichst leichte, gut abgefederte Wagen von den größten im Wiener Straßenbahnbetrieb praktisch erproben zulässigen Ausmaßen beschafft, deren Einrichtung und Ausrüstung von vornherein den Bedürfnissen des Stadtbahnbetriebes möglichst angepaßt werden konnte. Ein Triebwagen mit zwei Beiwagen bildet die Zügeinheit, deren Fassungsraum von rd. 300 Personen zu den Zeiten des schwachen Verkehrs auch für die Wiener Stadtbahn ausreichend ist. Bei starkem Verkehrsandrang werden längere Züge verwendet; es können zu diesem Zweck 2 Triebwagen mit 3 bis 4 Beiwagen oder auch 3 Triebwagen mit 4 bis 6 Beiwagen zu Zügen von 5 bis 9 Wagen — je nach Bedarf — zusammengestellt werden, wobei die Steuerung von der Zugspitze aus erfolgt.

Bauart und Abmessungen der Wagen sind aus Abb. 19 ersichtlich; die Trieb- und Beiwagen unterscheiden sich nur durch das Untergestell. Von besonderem Interesse ist die Ausbildung der Endplattformen, welche beiderseits einen durch einen niederen Rohrbock in der Mitte unterteilten 1200 mm breiten Doppelauftritt erhielten, der durch zwangsläufige Doppelschiebetüren (Patent Schrelle) abgeschlossen werden kann. Das Gewicht der Triebwagen ein-

schließlich der elektrischen Ausrüstung beträgt durchschnittlich rd. 16,4 t, das der Beiwagen 9,5 t.

Der behördlich genehmigte Fassungsraum der Triebwagen beträgt 86 Personen, jener der Beiwagen 99 Personen bei je 24 Sitzplätzen. Das Verhältnis zwischen Sitz- und Stehplätzen ist ähnlich wie bei anderen städtischen Schnellbahnen. Das auf einen beförderten Fahrgast entfallende Leergewicht beträgt bei einem Dreiwagenzug daher rd. 125 kg, also viel weniger als bei normalen Schnellbahnzügen mit 200 kg (ausnahmsweise 170 kg), bei ungefähr gleicher Raumaussnutzung in den Wagen. Die Wagen haben selbsttätige regelbare Druckluftbremse (vereinfachtes System Kunze-Knorr) mit einer Bremsleitung und einer Ausgleichsleitung zwischen den auf den Triebwagen untergebrachten Hauptluftbehältern. Die Bremse hat bei einem Zug von 9 Wagen eine Lösezeit von rd. 9 s, was für den Schnellbetrieb ausreicht. Die Bremsgestänge wurden mit selbsttätigen Nachstellvorrichtungen ausgeführt.

Die Wagenräder haben einen Durchmesser von 850 mm; die Spurkränze der 100 mm breiten Radreifen sind zwar schwächer als bei normalen Vollbahnwagen, aber immerhin stärker und höher gewählt worden als bei den gewöhnlichen Straßenbahnwagen (Abb. 20).

Bei Zügen mit mehreren Triebwagen ist es behufs gleichmäßiger Verteilung der Leistung auf die einzelnen Triebwagen nötig, daß die verwendeten Motoren bei gleicher Belastung eine möglichst gleiche Umdrehungszahl haben, was trotz der Verwendung von Motoren ungleicher Bauart von vier verschiedenen Firmen gelungen ist (Abb. 21).

Jeder Triebwagen hat zwei Motoren mit Selbstlüftung, welche die Wagenräder mit einer Zahnradübersetzung von 1 : 4,81 antreiben. Die Umdrehungszahlen und Stundenleistungen der Motoren bei 750 V enthält Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Firma	Type	Umdr./min	Stundenleistung kW	Gewicht ohne Zahnräder und Schutzkasten kg
AEG-Union . . .	US 701	650	70	1570
Öst. Brown-Boveri	GDTM 42	644	74	1541
Elin	BBF 75	680	66,5	1307
Öst. Siemens-Schuckertwerke	D 871	675	67,5	1633

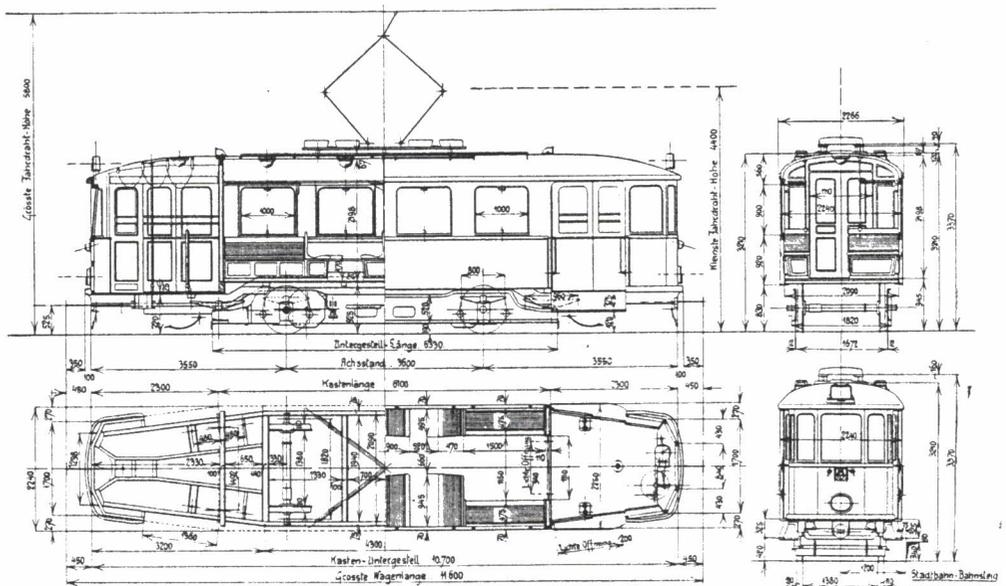


Abb. 19. Triebwagen.

Die Dauerleistung beträgt ungefähr 72 % der Stundenleistung. Alle Ankerlager der Motoren sind als Rollenlager ausgebildet, die Zahnräder erhalten durchweg Maag-Verzahnung.

Die Motoren ermöglichen für einen ungefähr halbbesetzten Dreiwagenzug (ein Trieb- und zwei Beiwagen) mit einem mittleren Gesamtgewicht von rd. 46 t rechnermäßig eine Anfahrbeschleunigung von rd. 0,5 m/s². Beim Anfahren werden die zwei Motoren jedes Triebwagens hintereinander und parallel geschaltet. Abb. 22 zeigt die Fahrpläne auf einer Strecke der Stadtbahn mit 1100 m

Haltestellenabstand und rd. $4\frac{1}{2}\text{‰}$ mittlerer Neigung nach dem tatsächlichen Ergebnis einer Probefahrt mit einem Sechswagenzug von 90 t mittlerem Gesamtgewicht; die Stromstärken beziehen sich auf einen der beiden Triebwagen, sind also für den Zug zu verdoppeln.

Die Anfahrwiderstände für die Motoren bestehen aus Nickelbronze-Drahtspiralen; es sind zwei gleiche Sätze vorhanden, die einen am Wagendach, die anderen im Wageninnern unter den Sitzbänken, wo sie im Winter nach Abschaltung der Dachwiderstände zur Heizung herangezogen werden können. Diese billigste Art der Heizung gibt eine Erwärmung um rd. 8°C , was für die Zwecke der Stadtbahn genügt. Die Beiwagen werden nicht geheizt.

Es ist eine Vielfachschtaltung mit Schützen- (Hüpf-) Steuerung eingerichtet worden; auf jedem Triebwagen sind acht Schützen, und zwar ein Linienschütz in der Hauptzuleitung und sieben Schaltschützen für den ganzen Schaltvorgang.

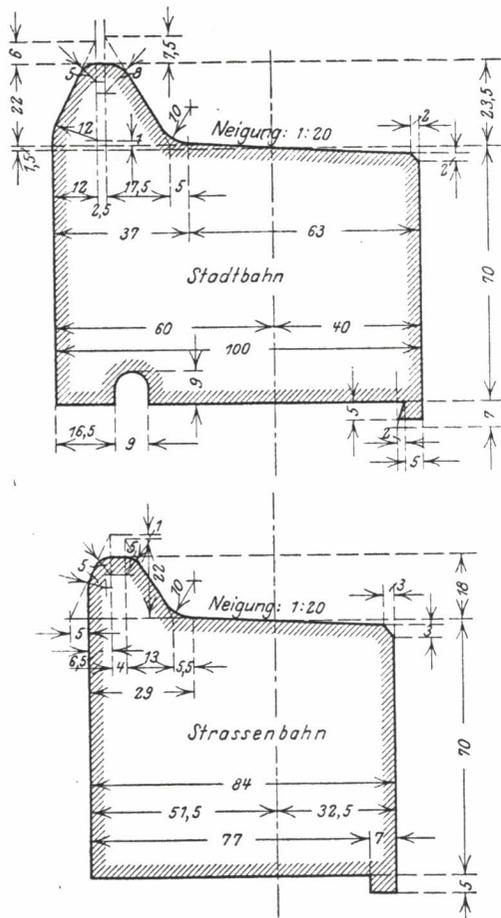


Abb. 20. Radreifenquerschnitte der Wiener Stadtbahn- und Straßenbahnwagen.

Für die Vielfachschtaltung kam entweder die elektromagnetische oder eine elektropneumatische Schützensteuerung in Betracht. Man entschloß sich zu letzterer hauptsächlich deshalb, weil die Wagen auf der Stadtbahn bei einer Höchstspannung von 780 V, auf der Straßenbahn aber mit Spannungen bis zu 450 V herunter gut arbeiten müssen; das hätte bei der elektromagnetischen Schützensteuerung zu verschiedenem großem Kontaktdruck, zu nicht ganz einfachen Schaltungen oder zu sehr großen Magneten geführt. Die Druckluftschützen aber haben ganz unabhängig von der Fahrleitungsspannung immer nahezu den gleichen, nur von der Luftpressung abhängigen ziemlich großen Kontaktdruck; sie benötigen nur sehr wenig Energie für die Steuermagnete (je rd. 16 W), weil diese nur ein kleines Ventil zu öffnen haben, während man bei der elektromechanischen Schützensteuerung für die Solenoide bis je rd. 1 kW braucht. Es werden also bei der elektropneumatischen Schützensteuerung sämtliche Apparate sehr klein, was insofern sehr erwünscht war, weil zu deren Unterbringung auf den Straßenbahnwagen nur wenig Platz zur Verfügung stand.

Der kleine Energiebedarf der Schützen bei der Druckluftsteuerung ermöglicht die Verwendung sogenannter

„Spannungsteifer“ am Wagen für die Stromversorgung der Steuermagnete. Auf jedem Triebwagen befindet sich ein zwischen die Außenpole eingeschalteter Widerstand, der von einem verhältnismäßig kleinen Strom durchflossen wird, so daß der dauernde Energieverlust nur gering ist. Von diesem Widerstand werden an geeigneten Punkten die Zuleitungen für die Steuermagnete abzweigt, für welche man nur eine kleine Spannung verwenden kann. Man vermeidet hierbei die sonst nötigen Vorschaltwiderstände für jeden einzelnen Magnet oder einen eigenen Motorgenerator für die Erzeugung der kleiner Erregerspannung.

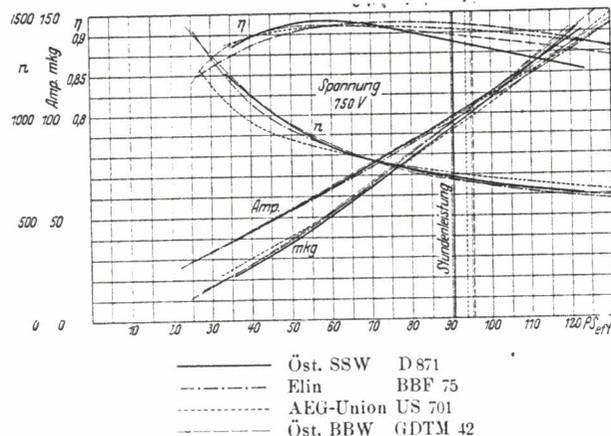


Abb. 21. Motorkurven.

Die Luftleitung für die Schützen zweigt von der Verbindungsleitung der Bremsbehälter ab und führt unter Zwischenschaltung eines die Luftpressung auf rd. 4 atü einstellenden Druckminderventils zu einem besonderen Luftbehälter für die Schützen. Dieser wird durch ein Rückschlagventil abgeschlossen, falls Luft aus der Hauptleitung durch eine Zugtrennung oder sonstwie auströmen sollte. Der kleine Luftbehälter reicht aus, um auch ohne neue Luftzufuhr bis zur Endstation fahren zu können.

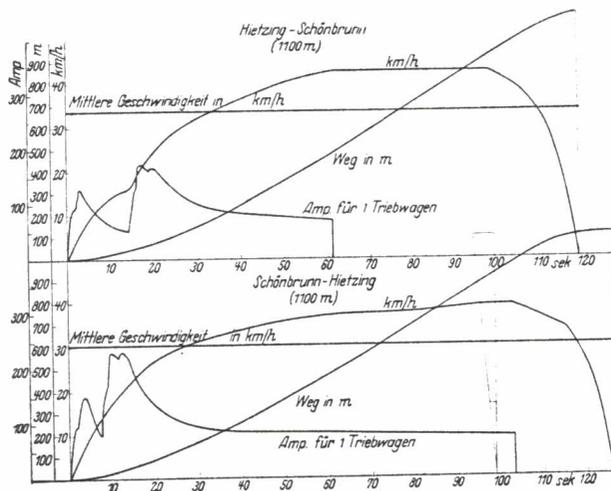


Abb. 22. Fahrlinien für einen Sechswagenzug.

Die Ausrüstungen für die Schützensteuerung stammen von den Firmen Elin-Sécheron einerseits und den Öst. Siemens-Schuckertwerken andererseits, und es wurde für ein anstandsloses Zusammenarbeiten der verschiedenen Konstruktionen gesorgt. Weitere Angaben über die Vielfachschtaltung s. ETZ 1926, S. 1043.

Auf jedem Triebwagen befindet sich eine Luftdruckpumpe für die Bremse, die von einem Motor angetrieben wird, der bei Erreichen des vorgeschriebenen höchsten Luftdruckes (6 at) in dem Hauptbehälter durch einen selbsttätigen Schalter (Druckregler) ausgeschaltet wird, der auch die selbsttätige Einschaltung der Motoren bei Unterschreitung eines bestimmten Luftdruckes besorgen kann. Da es aber unmöglich ist, diese Druckregler auf ganz gleich hohen Druck einzustellen, so werden die sämtlichen Pumpenmotoren eines Zuges von dem am füh-

renden Triebwagen befindlichen Druckregler aus unter Vermittlung einer durch den ganzen Zug hindurchgehenden Steuerstromleitung mittels besonderer Schützen ein- und ausgeschaltet.

Da die Züge der Stadtbahn vielfach über Tunnelstrecken verkehren, so müssen die Wagen dort auch wäh-

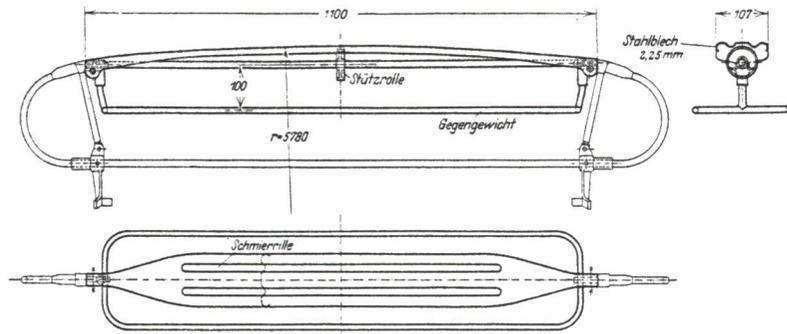


Abb. 23. Stromabnehmer (System v. Fischer).

rend des Tages beleuchtet werden, was zweckmäßig nur selbsttätig geschehen kann. Es ist dies durch Vermittlung der Stromabnehmerbügel möglich geworden, weil die Fahrleitung auf der freien Strecke rd. 4,8 m, im Tunnel aber nur 4,35 m über Schienenoberkante liegt, der Bügel also entsprechend gehoben und gesenkt werden muß. Hierdurch wird ein am Dach angebrachter Tunnel-Lichtschalter beim Heruntergehen des Bügels ein- und beim Hochheben ausgeschaltet.

Die Stromabnahme erfolgt durch einen am Dach aufsitzen den Scherenstromabnehmer, der ein U-förmiges Aluminiumschleifstück mit einem Druck von 4,8 kg an die Fahrleitungen anpreßt. Für den Anfahrstrom, der bis über 300 A beträgt, genügt das einfache Aluminiumschleifstück trotz der zwei Fahrdrähte nicht einwandfrei; Abb. 23 zeigt ein Schleifstück aus Stahlblech mit Gegengewicht der Bauart v. Fischer (Budapest), das nunmehr allgemein eingeführt wurde.

Auf einer Längsseite des führenden Triebwagens befindet sich am Untergestell ein um eine vertikale Achse horizontal ausschwingbarer Hebel (Abb. 18 u. Abb. 24), der in der Mittellage unter Verwendung von beiderseits je einem dünnen Draht plombiert ist. Auf diesen Hebel wird dann, wenn der Wagen oder Zug in Betrieb gesetzt werden soll, ein Verlängerungsstück aufgeschoben, wodurch gleichzeitig der Hebel eines elektrischen Schalters, welcher die Steuerstromzuleitung schließt, gedreht und verriegelt wird. Auf dem zweiten zu einem Segment ausgebildeten Arm des ersterwähnten horizontalen Hebels ruht die vertikale Führungstange eines Ventils auf, das an die Bremsleitung des Zuges angeschlossen ist. Wird nun dieser Hebel durch Anstoßen an die im Gleis befindliche, auf Halt stehende Fahrsperr nach Abreißen des Plombendrabtes verdreht, so wird der Hebel des elektrischen Schalters entriegelt, so daß er durch Federkraft zurückspringt und die Steuerstromzuführung unterbricht, wodurch der ganze Zug stromlos wird; gleichzeitig wird die Ventilstange gehoben und das Ventil geöffnet, wodurch die selbsttätige Bremsung des Zuges eingeleitet wird.

Von Interesse ist ein Hinweis auf die elektrische Zugbeleuchtung, welche ohne besondere Einrichtungen für die großen Spannungsschwankungen zwischen 450 V und 780 V ausgeführt wurde. Es sind je 8 Lampen in Reihe geschaltet, welche bei 95 V 32 Normalkerzen haben, so daß bei der Fahrt auf der Stadtbahn eine reichliche, starke Beleuchtung vorgesehen ist; das ist mit Rücksicht auf die vielen Tunnelstrecken, die auch während des ganzen Tages eine künstliche Wagenbeleuchtung erfordern, durchaus erwünscht. Bei der Fahrt über die Straßenbahnstrecken sinken die Spannung und die Leuchtkraft der Lampen; letztere ist aber noch immer größer als sonst in den Wiener Straßenbahnwagen üblich.

Für die Kabelverbindungen zwischen den einzelnen Wagen eines Zuges sind neuartige elektrische Kupplungen mit 20 Adern von den Öst. Siemens-Schuckertwerken geliefert worden, deren Konstruktion aus Abb. 25 ersichtlich ist: es sind radial im Kreise angeordnete Flachfederkontakte gewählt worden, welche eine sehr gedrängte Konstruktion und eine leichte, bequeme Handhabung ermöglichen. Wenn man die Kuppelungsköpfe aus den Dosen herausnimmt, so fallen die Deckel zu und werden selbsttätig verriegelt, so daß sie von Unberufenen nicht ohne weiteres

geöffnet werden können, was wegen deren Verwendung auf der Straßenbahn nötig ist.

Betriebsergebnisse.

Vom Tage der Betriebseröffnung des ganzen Netzes der Wiener elektrischen Stadtbahn, also vom 20. X. 1925 an, wurde die beliebige Benutzung der Stadtbahn und der Straßenbahn mit freiem Umsteigrecht zu einem einheitlichen Tarif erlaubt, der einen mittleren Fahrpreis von rd. 18,2 g oder nicht ganz 11 Pfennig ergibt; es ist begreiflich, daß dieser sehr niedrige Fahrpreis und die viel größere Geschwindigkeit der Stadtbahn gegenüber der Straßenbahn ein ganz außerordentliches Zuströmen der Fahrgäste zu diesem neuen Verkehrsmittel zur Folge hatte. Nach den Ergebnissen der Herbst- und Winterzeit ist auf Grund mehrmaliger Zählungen aller ein- und aussteigenden Fahrgäste mit mindestens 90 Mill. Jahresfrequenz, also mehr als dem Doppelten der Friedensziffer, zu rechnen. Es entfallen dabei auf einen Streckenkilometer bereits über 3,5 Mill. Fahrgäste jährlich, auf einen Wagenkilometer etwas über vier Fahrgäste; einzelne Stationen weisen eine Tagesfrequenz von 30 000 bis 40 000 Personen auf, manche aber nur 3000 bis 4000.

Im Sommer ist jedenfalls mit ganz außerordentlich großen Verkehrsspitzen an schönen, heißen Sonn- und Feiertagen zu rechnen, so daß der Wagenbedarf auf der Stadtbahn im Sommer zur Zeit des stärksten Betriebes bedeutend größer sein wird als im Winter, trotz der jetzigen hohen Frequenz. Jedenfalls ist seit Eröffnung der Stadtbahn eine sehr fühlbare Verkehrsverminderung auf einigen parallel verlaufenden Straßenbahnlinien eingetreten.

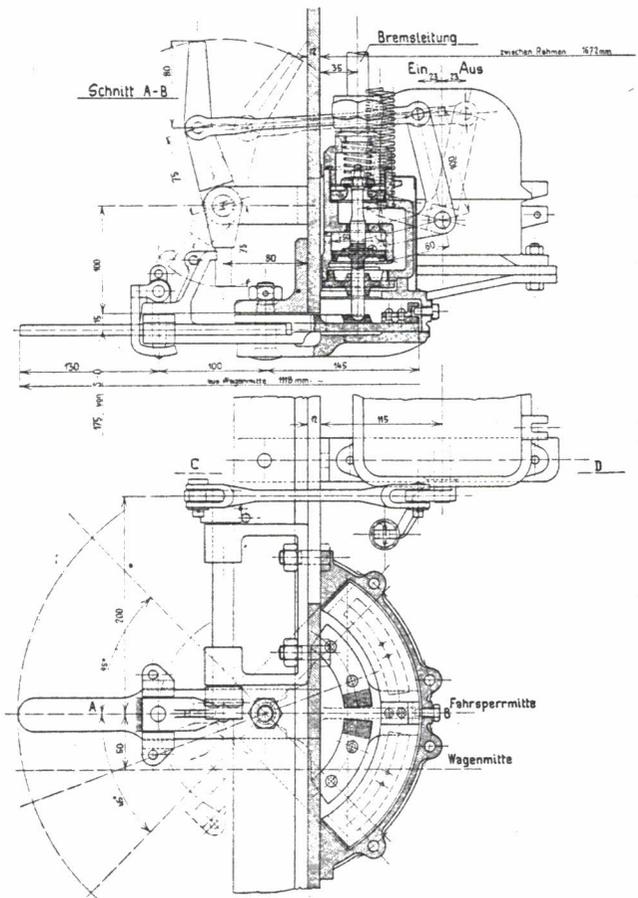


Abb. 24. Fahrsperrenausrüstung am Triebwagen.

Auch die Durchgangslinie auf die Straßenbahn hat sich bestens eingeführt; sie bringt der Stadtbahn nach den bisherigen Zählungsergebnissen jährlich rd. 10 Mill. Fahrgäste zu, die sonst zum großen Teil auf der neben der Stadtbahn verlaufenden Straßenbahnlinie weiterfahren würden.

Eine nicht unbedeutende Massenbeförderung mit über 15 000 Fahrgästen stündlich in einer Richtung auf einer Linie durch mehrere Stunden hindurch war schon einige Male durchzuführen, und zwar gelegentlich von Fußballwettspielen auf den an der Strecke liegenden großen Sportplätzen.

Die Wagentype hat sich gut bewährt, auch was das leichte Ein- und Aussteigen anbelangt, da z. B. ein leerer Zug in knapp 30 s vollständig gefüllt und abfahrtsbereit ist.

Der jetzt bestehende Fahrplan ist auf einer leicht einzuhaltenen mittleren Reisegeschwindigkeit von $23\frac{1}{2}$ km/h aufgebaut, was als ausreichend schnell empfunden wird. Für die einzelnen Haltestellen sind dabei 20 s Aufenthalt eingerechnet mit entsprechenden Reservezeiten für Verzögerungen in den Umsteigstationen, kleineren Störungen usw.

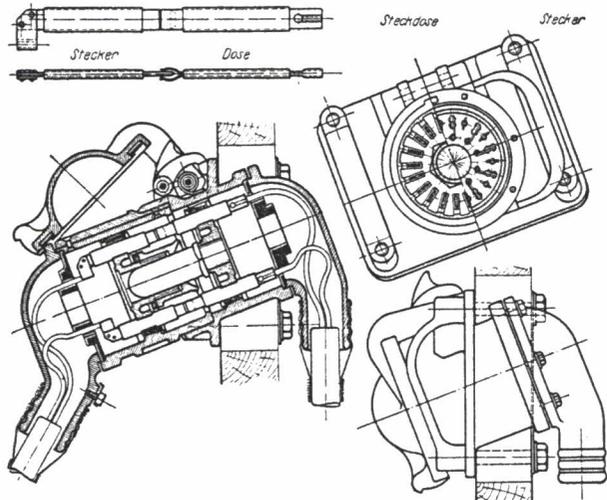


Abb. 25. Vielfachkuppelung der Öst. Siemens-Schuckertwerke.

Der mittlere Energieverbrauch beträgt 600 Wh/Wgkm, — bei Verwendung von 3- und 5-Wagenzügen — was unter der Annahme halber Wagenbesetzung ungefähr 40 Wh/tkm entspricht, also verhältnismäßig wenig; es ist dies einerseits auf die großen Stationsentfernungen, andererseits auf das geringe Wagengewicht zurückzuführen.

Der Entwurf, die Baudurchführung und Überwachung aller Bauten und Ausrüstungen ist im steten Einvernehmen mit den großen österr. Bau- und Fabrikunternehmungen von den Ingenieuren der Wiener städtischen Straßenbahnen und — soweit die Stromversorgung in Betracht kommt — der Wiener städtischen Elektrizitätswerke besorgt worden, denen eine um so schwierigere Arbeit oblag, als es sich vielfach um ganz neue Einrichtungen handelte.

Abgesehen von gewissen bei allen Neuausführungen unvermeidlichen kleinen Kinderkrankheiten haben sich die technischen Einrichtungen in dem unmittelbar nach der Eröffnung einsetzenden recht angestregten Dauerbetriebe — die Wagen machen bis zu 300 km täglich — sehr gut bewährt; sie geben der Leistungsfähigkeit der mit den einschlägigen Arbeiten betrauten österreichischen Industrie ein gutes Zeugnis.

Eine finanzielle Gesamtbeurteilung des Unternehmens ist mit Rücksicht auf den Einheitstarif für die Stadtbahn und die Straßenbahn überhaupt nicht durchführbar.

Über die Zukunftsmöglichkeiten der Entwicklung wird man wohl erst nach längerer Betriebszeit sprechen können.

Schlußbemerkung.

Neuere Betriebsergebnisse und Erweiterungsanlagen.

Im Jahr 1926 wurden auf der Wiener elektrischen Stadtbahn insgesamt 20,2 Mill. Wagenkilometer geleistet. Die höchste Frequenz auf der oberen Wientallinie in einer Richtung betrug durch längere Zeit wiederholt rd. 20 000 Fahrgäste in 1 h, das größte Stromerfordernis am Pfingst-

montag 1927 für das ganze Netz rd. 9100 A (6800 kW), wobei 145 Triebwagen und 205 Beiwagen im Betrieb standen. Das gesamte Personal für den Verkehrs-, Bahn-erhaltungs- und Werkstätdendienst, ohne die Beamten in der Zentralverwaltung und ohne die Angestellten in den Umformerwerken, beträgt rd. 1200 Mann.

Die Signalanlage ist erweitert worden, und ist nuncmehr auch auf der Gürtellinie sowie auf der oberen Wientallinie ein $1\frac{1}{2}$ min-Verkehr möglich. Der Wagenpark ist auf insgesamt 180 Triebwagen und 270 Beiwagen vergrößert worden. Auf der Gürtellinie ist zwischen den Stationen Alser- und Währinger Straße ein neuer Bahnhof — Michelbeuern — für 70 Wagen und ein neues Signalstellwerk erbaut worden. Die vier Umformungsanlagen wurden je um einen Gleichrichtertopf von rd. 700 kW vermehrt und werden jetzt noch zwei weitere solcher Einheiten bereitgestellt, so daß dann im ganzen 16 Gleichrichter zu je rd. 700 kW vorhanden sein werden; ein Gleichrichter ist für die Speisung des Straßenbahnnetzes umschaltbar eingerichtet. Der fahrbare Umformer hat sich so gut bewährt, daß noch ein zweiter solcher Umformwagen schon in diesem Jahre in Dienst gestellt wird, der auch für das Straßenbahnnetz verwendet werden kann.

Auf Grund der Betriebserfahrungen wurden die nachstehenden Änderungen und Verbesserungen der Anlagen durchgeführt. Die Fahrschienen (freiliegende Breitfuß- oder Stuhlschienen) werden mit Thermit verschleißt; in den Tunnelstrecken bis zu einer Länge von 62,5 m, sonst bis zu 37,5 m. — Die Tunnelbeleuchtung wurde derart geändert, daß rd. alle 100 m eine 40 W-Glühlampe dauernd brennt; an diesen Stellen befinden sich im Tunnel Schalter, mit denen die Beleuchtung je einer Tunnelhälfte eingeschaltet werden kann. Beim Ausbleiben des Fahrstromes wird durch Nullstromschalter die ganze Tunnelbeleuchtung selbsttätig eingeschaltet. — Die neuen Beiwagen erhielten kein besonderes Untergestell, sondern nur einfache sehr lange Blattfedern, wodurch sie leichter werden. Bei den neuen Triebwagen wurden unter dem Wagenkasten nur noch 7 Schütze in einem Kasten untergebracht; das sogenannte Linienschütz (in der Hauptzuleitung) wird durch zwei hintereinander geschaltete Schütze ersetzt, die am Wagendach angebracht wurden; zu einem dieser beiden Schütze ist ein Widerstand von $0,7 \Omega$ parallel geschaltet; dieses Schütz wird bei einer Stromunterbrechung durch das Maximalrelais zuerst ausgeschaltet, dann dadurch erst das andere Schütz; hierdurch wird eine günstige Verteilung der abgeschalteten Kurzschlußleistung auf beide Schütze erzielt.

Überdies sind sowohl auf den neuen als auch auf allen alten Stadtbahntriebwagen in der Hauptstromzuführung unmittelbar nach der Dachsicherung am Dach besondere schnellwirkende selbsttätige Überstromschalter der Öst. SSW, Type TE₂, angebracht worden, welche den Zweck haben, etwa auf den Wagen auftretende Kurzschlüsse auszuschalten und dadurch — ohne Störung des ganzen übrigen Betriebes — einen schlecht gewordenen Wagen einzeln vom Netz abzuschalten.

Die Sicherung gegen Kurzschlüsse im ganzen Stromversorgungssystem ist die folgende. Die einzelnen Gleichrichtertöpfe — in einem Umformerwerk sind bis zu 5 parallel geschaltet — haben je einen Überstromschnellschalter für 2000 A, der bei ungefähr $\frac{1}{100}$ s ausschaltet. (Die AEG verwendet nur einen Rückstromschnellschalter.) Die einzelnen Speiseleitungen sind durch gewöhnliche Überstromschalter für 1000 bis 1600 A Ausschaltstromstärke gesichert, die aber erst in etwa $\frac{1}{10}$ s spielen. Die neuen selbsttätigen Überstromschalter auf den Triebwagen unterbrechen einen Strom von $600 \div 1000$ A in rd. $\frac{1}{25}$ s vollständig; der Ausschaltungsimpuls beginnt aber schon bei $\frac{1}{50}$ s und weniger. Sie unterbrechen also einen Kurzschluß am Wagen jedenfalls viel früher als die Speiseleitungsschalter. Bei einem Kurzschluß auf einem Wagen können die Überstromschnellschalter der Gleichrichter möglicherweise den Kurzschlußstrom früher unterbrechen als der Schnellschalter auf dem betreffenden Wagen. Dieser hat dabei aber auch bereits einen Impuls erhalten, und wird die Auslösung eingeleitet, so daß nach dem Wiedereinschalten der Gleichrichter, wozu nur $30 \div 60$ s benötigt werden, der schlechtgewordene Wagen selbsttätig abgeschaltet ist, alle übrigen Wagen aber ohne Störung im Betrieb bleiben. Diese Einrichtung der Schnellschalter am Wagen hat sich sehr gut bewährt und wird in neuerer Zeit in ähnlicher Weise auch auf anderen Stadtbahnen durchgeführt.