

# Erfahrungen im Bau und Betrieb des Leichttriebwagens Reihe 401 der Städt. Strassenbahn Zürich

Autor(en): **Bächtiger, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **119/120 (1942)**

Heft 23

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-52375>

## **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.

**Elektrischer Teil.** Die Forderung grösserer Beschleunigungen und Verzögerungen, sowie das Bestreben mit geringerem Reibungsgewicht auf den grossen Steigungen trotzdem Anhänger mitzuführen, zwangen zur Entwicklung ganz neuer elektr. Ausrüstungen mit vergrösserter Stufenzahl bzw. mit verkleinerten Zugkraftsprüngen. Dies bedingte eine elektropneumatische Steuerung mit 34 Hüpfern, die in der linken Wagenseitenwand unter dem Boden eingebaut ist; sie wurde für 13 Serie- und 11 Serie-Parallelstufen bzw. 16 Serie-Parallel-Bremsstufen ausgelegt. Die vier eigenventilierten und mit Wendepolen ausgerüsteten Oerlikon-Motoren sind mit einer für 300 V mikaisolierten Wicklung versehen und je zu zweien dauernd in Serie geschaltet. Auf der ersten Serie und der letzten Parallelstufe werden die Motorfelder 30% geschwächt. Gestartet sind nur die erste und letzte Seriестufe, die zweitletzte (100% Feld) und letzte (70% Feld) Parallelstufe, ferner die erste und zweitletzte Bremsstufe. Ein Maximal-Relais und zwei Hüpfer treten an Stelle des Wagenautomaten. Bei der Bremsschaltung werden die beiden in Serie liegenden Anker eines Drehgestells mit den beiden ebenfalls in Serie liegenden Feldern des andern Drehgestells gekreuzt. Es wird dadurch verhindert, dass mit einem Schleudern des einen Radsatzes die Bremswirkung aussetzt, dagegen muss unbedingt darauf geachtet werden, dass nicht gleichzeitig die mechanische Bremse betätigt wird und ein vollständiges Blockieren der Räder eintritt. Die elektrische Bremse kann nur mit vier Motoren und Vorwärtsfahrt benützt werden. Auf der letzten Bremsstufe bzw. Notbremsstellung speist eine Cadmium-Nickelbatterie die vier Schienenbremsen von je 4000 kg Vertikalzugkraft; diese Batterie speist ferner die Steuerstromkreise sowie die Türschliessvorrichtungen und wird in Serie mit dem Beleuchtungs- (560 Watt), Heizungs- (3600 Watt) und Kompressor-Stromkreis geladen.

**Führerstandausrüstung.** Links im Führerstand (Abb. 4) befindet sich der Steuerkontroller mit eingebauter Wende- und Motorabschaltwalze. Rechts sind Einheitsdruckluftbromsventil, Handbremse und Sander angeordnet, am Fussboden ist die Tretglocke und eine Fussheizung sichtbar. Die normalen Not- und Abfahrtsignale sowie Türen-Schauzeichen sind am rechten Fensterposten angebracht, Manometer, Voltmeter, Uhr, Türschalter u.s.w. sind auf dem mittleren Tisch eingebaut; darunter befindet sich der Schienenbrems-Notschalter. Fensterheizung und Fensterwischer ergänzen die Ausrüstung.

Der wagenbauliche Teil wurde von der *Schweiz. Wagons- und Aufzügefabrik Schlieren*, der elektrische Teil von der *Maschinenfabrik Oerlikon* gebaut, während die Montage des elektrischen Teiles sowie die grundsätzlichen Konstruktionsdaten von der Städt. Strassenbahn Zürich selbst ausgeführt, bzw. festgelegt wurden.

## Erfahrungen beim Bau und Betrieb des Leichttriebwagens Reihe 401 der Städt. Strassenbahn Zürich

Von Dipl. El.-Ing. A. BÄCHTIGER, Zürich

Als vor etwa sechs Monaten der erste Leichttriebwagen von 12,9 t (129 kg Sitzplatzgewicht) der Reihe 401 bei der Städt. Strassenbahn Zürich in Betrieb gesetzt wurde, begleiteten hochgespannte Erwartungen dieses Fahrzeug auf seinem Wege. Sowohl die Konstruktionsfirmen als auch der Besteller verfolgten dabei den Zweck, verschiedene gegen die Strassenbahn bestehende Vorurteile und Zweifel damit zu beseitigen und diesem Verkehrsmittel den Weg in die Zukunft zu ebnen. In erster Linie galt es, die vielfach verbreitete Meinung zu entkräften, ein leichter Wagen müsse naturnotwendig weniger zuverlässig gebaut sein als ein schweres Gefährt; ferner glaubten weite und massgebende Kreise, ein fortschrittlicher städtischer Verkehrsbetrieb könne nur mit andern Mitteln als der schienengebundenen Strassenbahn geführt werden. Beide Ansichten sind durch die Betriebsergebnisse des Wagens 401 eindeutig widerlegt worden und wenn die heutigen Kriegsverhältnisse die Strassenbahn wichtiger als je erscheinen lassen, ist dies ein weiteres, vorher nicht berücksichtigtes Argument, um jeden Fortschritt auf diesem Gebiet als besonders wertvoll zu begrüssen. Es kann nicht deutlich genug hervorgehoben werden, dass die einmal vorhandenen Anlagen unserer Bahnen den Betrieb auf verhältnismässig

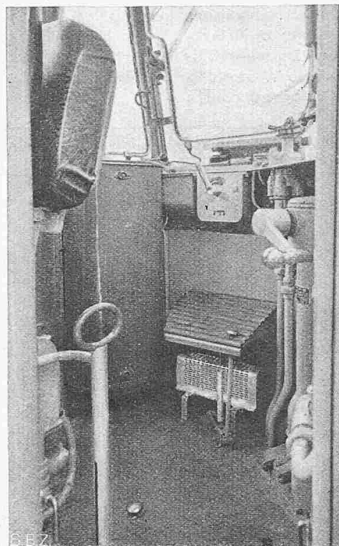


Abb. 4. Führerplatz der Reihe 351

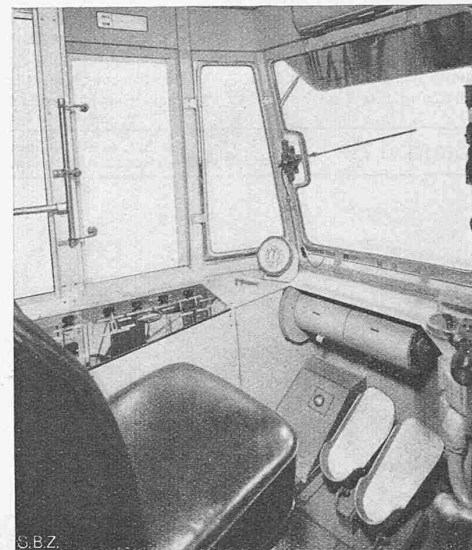


Abb. 8. Führerplatz des Wagens Reihe 401

lange Zeit sicherstellen, denn im Gegensatz zu andern Verkehrsmitteln können beim Schienenfahrzeug sämtliche wichtigen Verbrauchsmaterialien nicht nur gefahrlos und praktisch unbegrenzt lange gelagert, sondern sogar aus dem abgenutzten Zustand wieder zu Neumaterial umgearbeitet werden. Unsere verantwortlichen Behörden werden sich diesen Tatsachen auch bei der Rückkehr scheinbar normaler Zeiten nicht verschliessen können, wenn die Transportanstalten ihre volkswirtschaftliche Aufgabe erfüllen sollen. Es wird aber unumgänglich notwendig sein, vielerorts das Rollmaterial technisch zu erneuern, und die in Zürich mit den neuen Leichttriebwagen gemachten Erfahrungen werden dazu wesentlich beitragen können. In Nr. 20 der SBZ vom 18. Mai 1940 sind die wichtigsten Ueberlegungen die zum Bau der neuen Fahrzeuge geführt haben, erstmals erläutert worden. Bei der Ausführung mussten noch verschiedene, oft sehr interessante Einzelaufgaben gelöst werden, die teilweise vom ursprünglichen Projekt abweichen und deshalb besonders aufschlussreich sind.

Es war von Anfang an nicht beabsichtigt, mit dem neuen Zürcher Wagen einfach bekannte ausländische Vorbilder ähnlichen Zwecks nachzuahmen, obwohl dies allein schon sehr fortschrittlich gewirkt hätte und mit wenig Aufwand möglich gewesen wäre. Die Leistungsfähigkeit der meisten derartigen Strassenbahnwagen wäre indessen für die Zürcher Betriebsverhältnisse zu gering gewesen, sodass ein neues Fahrzeug entwickelt werden musste. Die grössten Zukunftsaussichten versprach ein Triebwagen, der einerseits eine möglichst hohe Motorleistung bei einfachen und doch vollkommenen Steuereinrichtungen entwickelt, andererseits bei geringstem Eigengewicht alle Sicherheit bietet, um sogar einen beschränkten Anhängewagenverkehr durchführen zu können. Beide Forderungen sind befriedigend erfüllt worden, nicht zuletzt deshalb, weil die St. St. Z. mit dem früheren schweren Rollmaterial umfangreiche Erfahrungen darüber sammeln konnte, wie stark die einzelnen Wagenteile im ungünstigsten Falle beansprucht werden dürfen, damit beim neuen Leichtbau grösstmögliche Vorteile eintreten. Die einstündige Gesamtmotorleistung des Wagens 401 beträgt 200 PS, das Eigengewicht des betriebsbereiten Wagens (Abb. 5) 12900 kg. Bei 13,2 m Kastenlänge und 2,2 m Breite (Abb. 6) fasst er 100 Personen (27 Sitz- und 73 Stehplätze, dazu 1 Wagenführer- und 1 Billeteursitz) und ist mit Handbremse, elektrischer Motorbremse als Betriebsbremse, Knorr-Druckluftbremse als Feststell- und Reservebetriebsbremse und mit vier, von einer Akkumulatorenbatterie gespeisten Schienenbremsen von je 4000 kg Vertikalzugkraft versehen. Sämtliche Einrichtungen sind so getroffen, dass später einmal unbedenklich mit etwa 50 km/h Höchstgeschwindigkeit gefahren werden kann.

Der Wagenkasten ist ein Teil des neuen Fahrzeugs der im Laufe der letzten Jahrzehnte eine vielseitige Entwicklung durchlaufen hat. Die Notwendigkeit, für den stets wachsenden Verkehrsanfall immer grössere Fahrzeuge zu bauen, führte zwangsläufig dazu, das Platzgewicht möglichst niedrig zu halten, weil sonst der Verschleiss an Wagen und Geleise und der Energiebedarf zu gross und unwirtschaftlich geworden wären. Nach der früheren Bauart hätte der Wagenkasten mit dem auf zwei Längs-

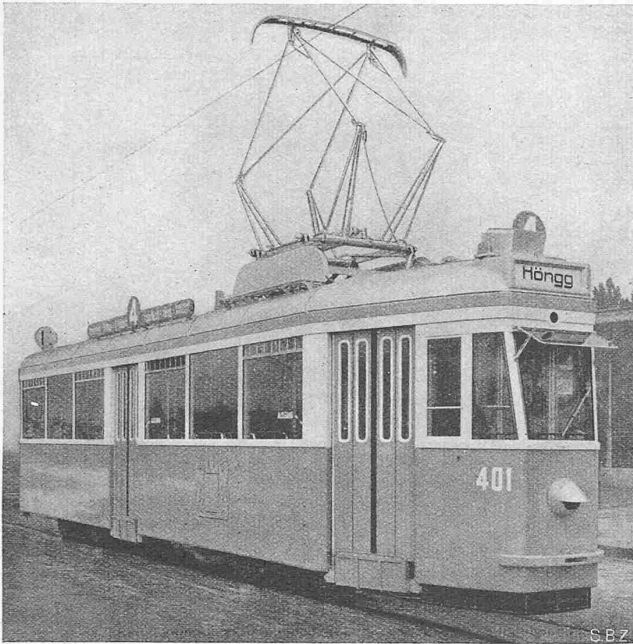


Abb. 5. Vierachser Strassenbahnwagen Reihe 401 der St. St. Zürich

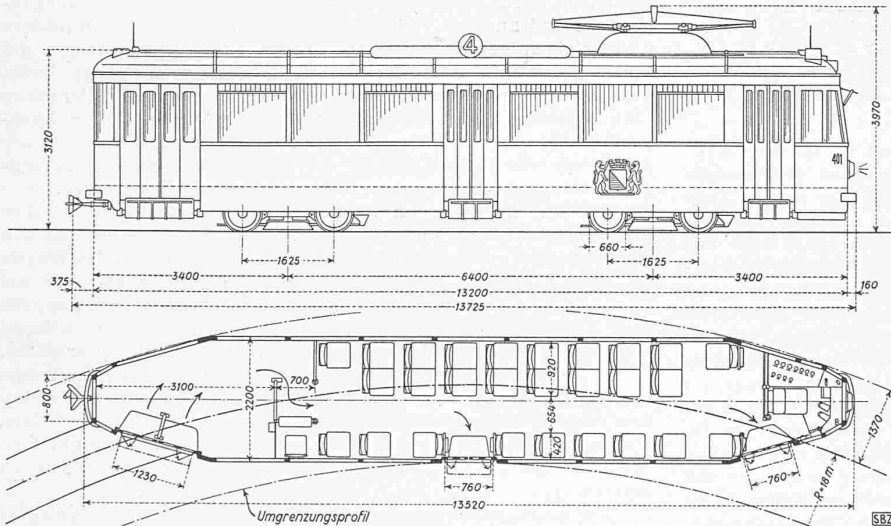


Abb. 6. Vierachsiger Strassenbahnwagen Reihe 401 der St. St. Z. — Typenskizze 1:120  
Leichtbauweise, Tara 12,9 t, 27 Sitz-, 73 Stehplätze. Platzgewicht 129 kg

Verschalung aus 2 mm Stahlblech mit einem inneren Stahlgerippe und einem Dach aus 1,5 mm Stahlblech. Um beim leichten Fahrzeug der Reihe 401 weiteres Gewicht einzusparen, haben sich folgende Massnahmen als wirksam und durchführbar erwiesen:

1. Das Wagendach durfte nicht mehr wie bisher üblich mit Anfahr- und Bremswiderständen belastet werden. Diese werden vorn unter dem Führerstand eingebaut. Da der Wagen nur in einer Richtung fährt, erhalten die Widerstände stets frische und im allgemeinen trockene Luft und können im Winter auf einfache Art zur Heizung des Wagens mitbenützt werden.
2. Das Kastengerippe wird in Anticorodal mit aufgedrückten 2 mm Alumanblechen erstellt. Theoretisch könnten auch Stahlteile verwendet werden, sie wären aber so dünn geworden, dass die Rostgefahr die Lebensdauer des Wagens beeinträchtigt hätte. Da auch das Dach aus 1,5 mm Alumanblechen besteht, konnte erreicht werden, dass weitgehend gleichartige Metalle zusammenstossen.
3. Entsprechend dem leichteren Aufbau und den leichteren Steuer- und Bremsapparaten konnte sodann das untere Traggestell einfacher gehalten werden. Da der Wagen nur für beschränkten Anhängerverkehr vorgesehen ist, sind an den Wagenenden keine schweren Kupplungen notwendig.

An diesen Entwicklungsarbeiten, die rund 1000 kg totes Gewicht nur am Wagenkasten einsparen liessen, sind die *Schweiz. Wagons- und Aufzügefabrik Schlieren* und die *AIAG* in Lausanne entscheidend beteiligt.

Für den Fussboden ist der bisherige Föhrenholzboden mit aufgenagelten 30 mm breiten Eschenholzleisten, diese jedoch nur noch 15 mm statt 25 mm hoch, beibehalten worden,

der sich in der jetzigen Zeit als besonders zweckmässig erweist. Die Metallwagen haben die Eigenschaft, im Sommer warm und im Winter kalt zu werden; sowohl Ventilation als Heizung sind deshalb sorgfältig durchzubilden. Die nur während der Halte elektropneumatisch geöffneten Klapptüren ergeben eine periodische und unaufdringliche Belüftung. Im Sommer dienen im Führerstand zwei Klappfenster, im Sitzraum sieben gut verteilte Kiemenlüfter und im hintern Einstiegraum ein Klappfenster der Lüftung. Im Sommer kalten Winter hat sich die Heizung von den Widerständen aus vorzüglich bewährt, der Wagen 401 war stets wesentlich wärmer als alle anderen Wagen. Die Heizung unter dem Führerstand hat den weiteren Vorteil, dass die bei Schneefall, Regen usw. der Feuchtigkeit am meisten ausgesetzten Apparate im vordern Wagenteil gut trocken und unter günstiger Temperatur bleiben. Der Führerstand (Abb. 8) hat im allgemeinen sehr befriedigt. Mit der Fuss-Steuerung hat die Städt. Strassenbahn Zürich

tragbalken meist nach rein statischen Gesichtspunkten aufgesetzten Holzgerippe bei langen Wagen zu grossem Gewicht geführt und wäre für hohe Reisegeschwindigkeiten ungeeignet gewesen. Aehnlich wie bei Vollbahnwagen musste nun auch bei Strassenbahnwagen versucht werden, Tragteile und Wandverschalungen einschliesslich Dach in einen einzigen Kastenkörper zu vereinigen. Dies bot einige Schwierigkeiten, weil zahlreiche Fenster die einheitliche röhrenförmige Schale unterbrechen. Bei den Motorwagen müssen sodann verschiedene Apparate für die mechanische Bremse und die elektrische Steuerung im unteren Teil des Wagenkastens untergebracht werden und es ist damit zu rechnen, dass die seitlichen Wände bei Zusammenstössen erheblich beschädigt werden können. Dies hat dazu geführt, dass bei den leichten Strassenbahn-Motorwagen ein unteres Traggestell aus einzeln abgebogenen und zusammengeschweissten Stahlblechen mit einem aufgesetzten und mittragenden verschalteten Gerippe bevorzugt wird (Abb. 7). Bei den mittelschweren Wagen der Reihe 351 besteht die

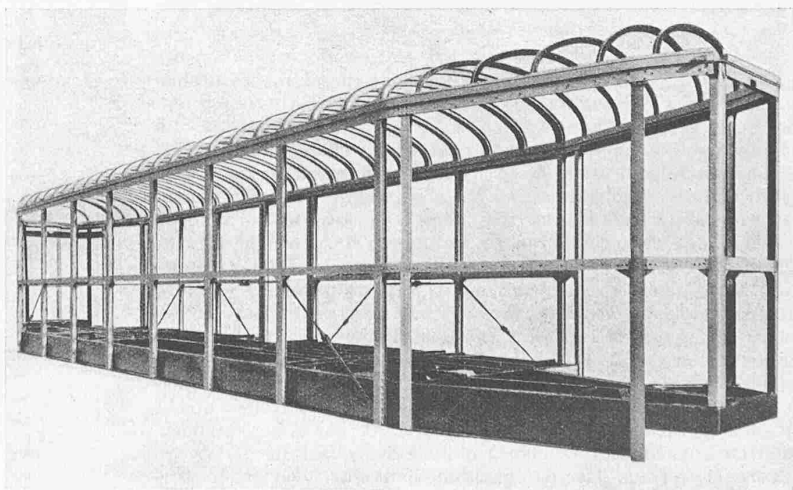


Abb. 7. Das 13,2 m lange Kastengerippe, Schweiz. Wagons- und Aufzügefabrik Schlieren

Vierachser-Leichttriebwagen Reihe 401 der Städtischen Strassenbahn Zürich

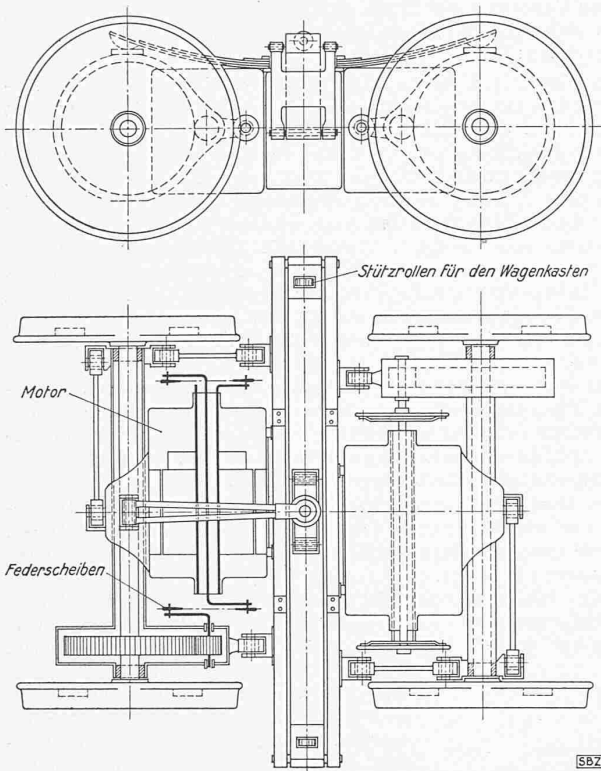


Abb. 9. Leicht-Drehgestell «Simplex» der Reihe 401 (Schema)

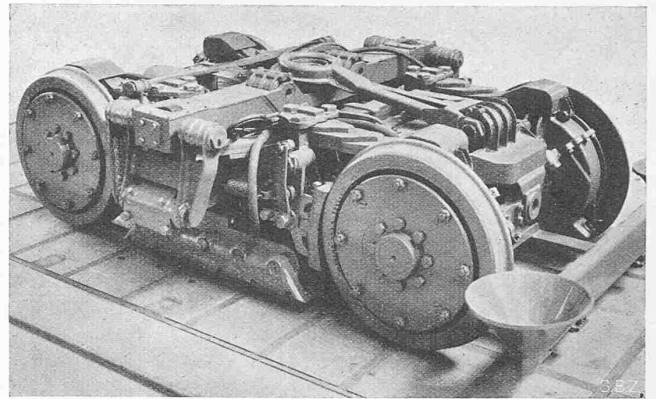


Abb. 10. «Simplex»-Leichtdrehgestell von Brown Boveri, Baden

bei Strassenbahnen Neuland beschritten und es ist dem sorgfältigen Ausbau dieses Wagenteils annand eines Holzmodells 1:1 zu verdanken, dass die Betriebsicherheit vom ersten Tage an gewährleistet war. Der rechte Fuss des sitzenden Wagenführers betätigt wahlweise entweder das Fahrpedal oder das Bremspedal, wobei zu erwähnen ist, dass die Fussteuerung gerade bei der elektrischen Bremsung bedeutend angenehmer und rascher arbeitet als bei Handsteuerung. Der linke Fuss wird auf einer schrägen Rast in Reichweite des Glockenstiftes aufgestützt. Die rechte Hand bedient den Luftbremsgriff mit eingebauter Druckluftansandung; die Knorr-Luftbremse wirkt im Motorwagen im Einkammersystem mit geringstem Baugewicht, und vom Bremsventilschieber aus auf den Anhängewagen im Zweikammersystem. Die linke Hand stützt sich auf einen Kugelgriff und bedient den Schienenbremsnotschalter sowie die auf der Schalttafel links liegenden Einrichtungen der Nebenstromkreise einschliesslich der elektropneumatischen Türen (vorn zum Ausstieg, hinten in besonderen Fällen für verspätete und von vorn kommende Fahrgäste zum Einstieg). Der Billeteursitz entspricht dem in Zürich erstmals bei Zonentaxen eingeführten Bedienungssystem mit Einbahn-Fahrgastfluss, das für grosse Wagen von allen Möglichkeiten die geringsten Nachteile aufweist und sich vorzüglich bewährt.

Die Simplex-Drehgestelle, Bauart Brown Boveri, haben bei nur je 2950 kg Eigengewicht den Vorteil grosser mechanischer Festigkeit und vollständig abgedeckter Motoren (Abb. 9 und 10). Die St. St. Z. legte von Anfang an grössten Wert darauf, die technisch vollkommenen Stirnzahnräder als Uebersetzung, 1:6,93, beizubehalten, weil sich diese nach langjährigen Erfahrungen als für den Strassenbahnbetrieb bestens geeignet erwiesen haben. Der gleiche Grundgedanke wie beim Oberkasten, vorhandene Teile mit den Tragelementen zu vereinigen um Gewicht zu sparen, wurde auch beim Drehgestell angewandt. So bilden die massiven Motorgehäuse einen Teil des Drehgestellrahmens, der mit entsprechenden Zwischenstücken die auf Längs- und Quer-Blattfedern gelagerte Wiege mit seitlich pendelnd aufgehängtem Wagenkasten trägt. Für hohe Fahrgeschwindigkeiten wird allgemein das Kastengewicht nicht mehr in der Mitte auf den Drehzapfen abgestützt, sondern seitlich über zwei Rollen direkt auf den örtlich naheliegenden Tragpunkt der Wiegenfedern. Dadurch können weitere bisher übliche Zwischenteile der Wiege eingespart werden. Der Drehzapfen dient nur noch dazu, horizontal wirkende Kräfte aufzunehmen und zu übertragen. Nach den beschriebenen Konstruktionsgrundsätzen fallen die äusseren

Achslager weg, da ihre Funktion durch die ohnehin vorhandenen und verstärkten Motor-Tatzenlager übernommen wird. Die Zwischenteile im Drehgestell sind durchwegs als Hohlträger mit dünner Wandung ausgeführt. Das Drehmoment wird über den Brown-Boveri-Federscheibenantrieb, einen Kardanmechanismus, bei dem die Gelenke durch verschleisslose Federscheiben ersetzt sind, auf die als Hohlkörper ausgebildeten Radachsen übertragen. Die Räder enthalten sodann die in Zürich seit 1937 erprobte SAB-Gummifederung, die nach den heute schon feststehenden Erfahrungen zusammen mit dem geringeren Wagen-gewicht und anderen Verbesserungen den Verschleiss an Rädern und Geleisen gegenüber den früheren Strassenbahnwagen auf 1/5 bis 1/4 vermindert. Alle wichtigen Hebelgelenke des Drehgestells sind mit stoss- und geräuschkämpfenden Silentbloccs (Stahlbüchsen mit Gummizwischenlagen) versehen. Der Drehgestellradstand von 1,625 m erlaubt bei 660 mm Raddurchmesser die Schienenbremschuhe und die Radbremsklötze mit geringstem Baugewicht zwischen den Achsen unterzubringen. Die Einbahnwagen zeigen im Betrieb keine Nachteile, wenn ihre Drehgestelle so eingerichtet sind, dass sie nach der halben Revisionsfrist gewendet werden können, was auch bei den Wagen 401 ohne besondere Schwierigkeiten durchführbar ist. Für die Sandung sind je vorn am Drehgestell Trichter angebracht, die dem Ausschlag in den Kurven genau folgen und den Fallsand vom Oberkasten mittels biegsamem Schlauch zugeleitet erhalten.

Enge Zusammenarbeit zwischen den Konstruktionsfirmen und dem Besteller war notwendig, um die elektrische Steuerung den verfolgten Betriebsgrundsätzen anzupassen und die beiden Hauptgedanken zu verwirklichen: die Reisegeschwindigkeit zu erhöhen und gleichzeitig, wie beschrieben, den Verschleiss zu vermindern.

Die Reisegeschwindigkeit kann bei (gesetzlich) festgelegter Höchstgeschwindigkeit und gegebenen Haltestellenabständen und Haltezeiten nur durch grössere Anfahrbeschleunigung und grössere Bremsverzögerung erhöht werden. Nach dem Newtonschen Bewegungsgesetz hängt die Beschleunigung bzw. Verzögerung  $a$  bei ebener Strecke und alleinfahrendem Motorwagen wie folgt mit der Gesamtzugkraft  $K$ , dem Ausnutzungsgrad  $x$  des Reibungskoeffizienten  $\mu$  zwischen Rad und Schiene und der Fahrzeugmasse  $m$  zusammen:

$$a = \frac{K}{m} = \frac{x \mu 9,81 m}{m} = x \mu 9,81,$$

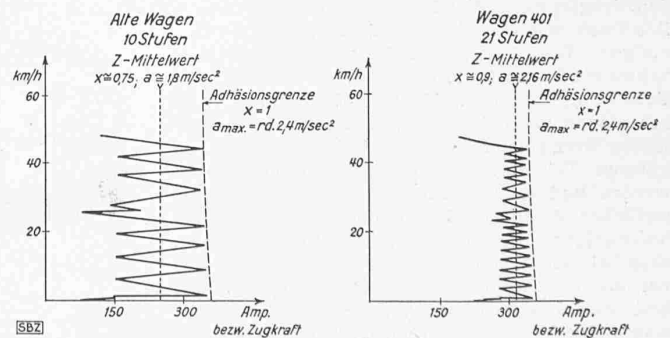


Abb. 11. Geschwindigkeit in Funktion der Zugkraft. Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades  $x$  des Reibungskoeffizienten  $\mu$  von der Stufenzahl

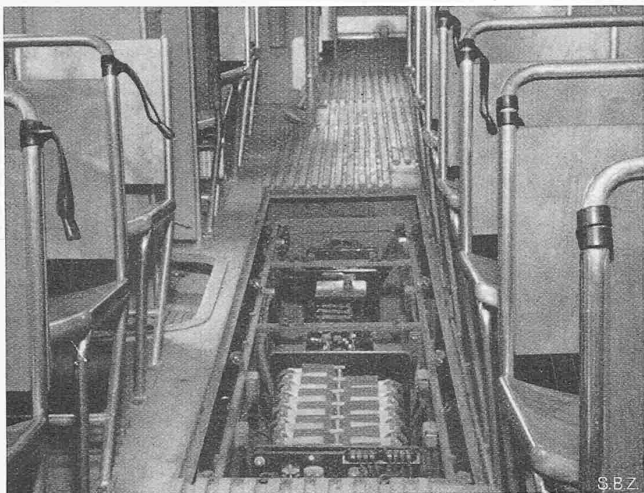


Abb. 13. Apparatekasten zwischen den Drehgestellen. Vorn Brems-Umschalter, dahinter Motorgruppenanrichter, Wendeschalter und Einzelschützen

d. h. die höchste erzielbare Geschwindigkeitsänderung ist nur abhängig vom Ausnützungsgrad  $\alpha$  des Reibungskoeffizienten  $\mu$ , da dieser für die Zeit der Anfahrt praktisch konstant, höchstens zu etwa 0,25 bis 0,30 für Schienenfahrzeuge, angenommen werden darf. Es gilt somit, den Ausnützungsgrad  $\alpha$  zu untersuchen und möglichst hoch zu treiben. Dieser ergibt sich nach Abb. 11 aus der Stufenzahl der Steuerung. Auf geneigter Strecke ergeben sich ähnliche Verhältnisse, ebenso bei der Bremsung und im Anhängewagenbetrieb. Die praktischen Erfahrungen zeigen, dass die Beschleunigung und Verzögerung genügend hoch gegen die Erträglichkeitsgrenze ansteigen, wenn etwa 20 bis 30 Fahr- und 10 bis 20 Bremsstufen gewählt werden. Noch mehr Stufen komplizieren die Apparatur und bringen nur noch einen unbedeutenden Zuwachs des Ausnützungsgrades. Das niedrige Wagen-gewicht beeinflusst die Anfahrbeschleunigung insoweit, als die geringen Stromspitzen die Fahrdratspannung praktisch nicht herabsetzen und viel weniger Rücksicht auf Geleisekreuzungen usw. zu nehmen ist. Für die Fahrgäste bietet die vielstufige Steuerung trotz erhöhter Reisegeschwindigkeit eine stosslose Anfahrt und Bremsung. Auch der Energieverbrauch kann durch hohe Stufenzahl und niedriges Wagengewicht gering gehalten werden.

In gleichem Sinne wichtig ist das planmässige Zusammen-spiel der verschiedenen *Bremseinrichtungen*, besonders auch im Gefahr-falle, d. h. bei einer Notbremsung. In Abb. 12 sind die Charakteristiken der am Wagen 401 eingebauten Bremseinrichtungen dargestellt. Es geht daraus hervor, dass es z. B. für die Notbremsung nicht zweckmässig ist, Luftbremse und Schienenbremse zu kombinieren, weil beide Bremsen gleiche Charakteristik zeigen. Ein solches System würde bei hoher Geschwindigkeit verhältnismässig schwach, und gegen den Stillstand des Fahrzeuges hin übermässig stark wirken. Viel besser ergänzen sich Motorbremse und Schienenbremse im Gefahrfall, sodass eine von Anfang an kräftige, jedoch ziemlich gleichmässige und gegen den Stillstand sanft ansteigende Verzögerung entsteht. Selbstverständlich darf bei der Notbremsung nicht die tiefste, d. h. am stärksten wirkende Bremsstufe eingestellt werden (Gefahr der Ueberbremsung), sondern es ist nach der letzten Motorbrem-

stufe der Gesamt-widerstand des Kurzschlusskreises wieder zu erhöhen. Beim Wagen 401 ist dieser beispielsweise auf der 12. Bremsstufe etwa 0,2 Ohm und auf der 13. Stufe (Notbremse) wieder 0,85 Ohm. Sehr günstig wirkt sodann die Luftbremse, um den Zug betriebsmässig noch vollständig und gleichmässig anzuhalten, nachdem er durch die Motorbremse ungefähr auf Fussgängergeschwindigkeit abgebremst worden ist.

Die beiden *Motoren* eines Drehgestells sind als Halbspannungsmotoren mit geringstem Baugewicht dauernd in Serie geschaltet, wobei auf den Bremsstellungen die Anker der einen Gruppe mit den Feldern der anderen Gruppe gekreuzt werden. Diese Schaltung hat den grossen Vorteil, dass die zugehörigen Apparate so einfach werden wie bei zweimotorigen Wagen und bei der Bremsung allfälliges Gleiten einer Achse die Gesamt-wirkung nur unwesentlich beeinflusst. Als sehr zuverlässig hat sich bei niedrigem Baugewicht eine Schalteinrichtung erwiesen, die sich zusammensetzt aus elektromagnetischen und elektro-pneumatischen Apparaten. Für die einzelnen Schaltstufen werden elektromagnetische Schützen mit einfachem Aufbau verwendet, die entweder vorn links im Führerstand oder im Apparatekasten zwischen den Drehgestellen eingebaut sind (Abb. 13). Den Wechsel von der Fahr- auf die Bremsstellung besorgen die in einem besonderen elektropneumatischen Bremsumschalter zusammengefassten Schaltkontakte, die in Dauerschaltung am wenigsten Energie benötigen und sehr rasch ansprechen. Auch die Fahrtwendung erfolgt durch einen elektropneumatischen Umschalter. Die 21 Fahrstufen (12 Serie- und 9 Parallelstufen) und 12 Motorbremsstufen erlauben, die Fahrgeschwindigkeit beliebig auf- und abwärts zu regulieren. Die Schaltpedale sind den verschiedenen Stellungen wie folgt angepasst (Abb. 14): Ein waagrechtes Vorschieben des Fahrpedals durchläuft, nachdem die erste Fahrstufe sorgfältig über einen Haltekontakt erfasst worden ist, alle Seriестellungen, worauf sich nach einem schwachen Anschlag das Pedal nach unten abdreht und alle Parallelstufen einstellt. Aehnlich ergeben sich mit dem Bremspedal beim Vorschieben alle Motorbremsstufen und nach dem Anschlag durch Niederdrücken die Notbremsstellung. Der ganze Schaltvorgang wird dadurch in kaum einer Stunde leicht erlernbar und schliesst Missverständnisse aus. Sollten aus Versehen Fahr- und Bremspedal gleichzeitig betätigt werden, so wirkt nur das Bremspedal. Besondere Verriegelungskontakte verhindern Fehlschaltungen und sorgen vor allem dafür, dass die elektropneumatischen Umschaltapparate nur bei unterbrochenem Hauptstromkreis ansprechen. Die ganze Steuereinrichtung wie auch die Schienen-bremsen, die elektropneumatischen Klapptüren, die Frostschutz-scheiben und ein Signalsummer werden von der aus 32 Zellen zu je 45 Ah bestehenden Cadmium-Nickelbatterie gespeist. Diese wird einerseits vom Fahrdrat aus über Beleuchtungs-, Heizungs- und Kompressorstromkreis, andererseits durch eine Umformergruppe von 300 Watt Leistung geladen.

Der Leichttriebwagen Reihe 401 eröffnet der Strassenbahn, selbst bei weniger dichtem Verkehr, vollständig neue, finanziell und betriebstechnisch wesentlich günstigere Aussichten, sodass ihre volkswirtschaftlich hervorragende Stellung als billigstes Massentransportmittel für eine weitere Zukunft gesichert ist.

### Der Eisenhochbau in Kriegszeit

Durch die stockende Eindeckung des Materialbedarfs der gesamten eisenverarbeitenden Industrie war das Kriegs-Industrie- und -Arbeitsamt gezwungen, die Eisenverwendung für Bauzwecke durch einschränkende Bestimmungen zu reduzieren. Auch die kleinsten Mengen an Beton- und Konstruktions-eisen unterliegen heute der Anmelde- und Bewilligungspflicht.

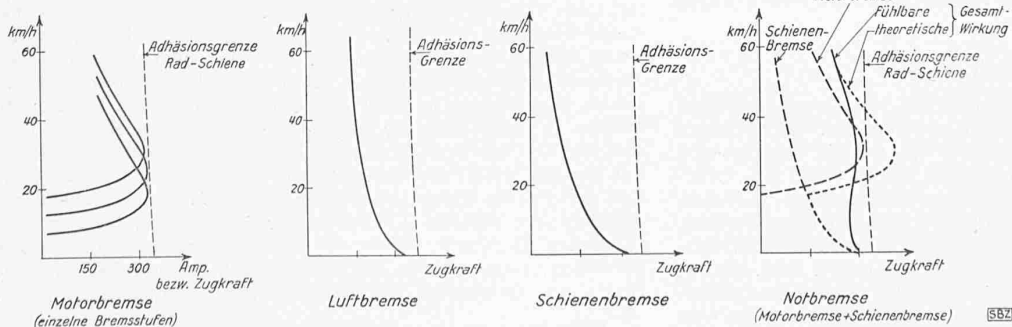


Abb. 12. Charakteristiken der Bremseinrichtungen des Vierachser-Leichttriebwagens Reihe 401 der St. St. Z.

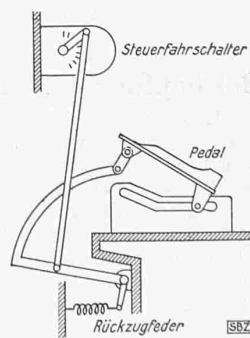


Abb. 14. Schaltpedal (Schema)