Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 2

Artikel: Neue elektronische Steuerungen für elektrische Triebfahrzeuge

Autor: Germanier, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916215

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 08.08.2025

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

nannt, die für den Bau der beiden Hochspannungs-Gleichstromübertragungen im Westen der USA massgebend waren. Die Wirkungsweise einer HGÜ und die Art der Strom-Spannungs-Regelung wird kurz erklärt. Anhand von Skizzen und Bildern wird die Ausführung der Stromrichtergefässe, der Stationen und der Freileitungen erläutert. Zu den beiden HGÜ soll später eine Gleichstromleitung als Querverbindung hinzukommen. Auf die geplante Betriebsführung dieses dadurch entstehenden dreieckförmigen Maschennetzes wird hingewiesen.

Der Verfasser ist dem U.S. Department of the Interior, Bonneville Power Administration in Portland, Oregon (USA) für die bereitwillige Überlassung von Informations- und Bildmaterial sowie der ASEA für die Überlassung einiger Photos zu Dank verpflichtet.

Literatur

[1] *A. U. Lamm:* High-Voltage D-C Transmission: General Background and Present Technical Status. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 83(1964)1, S. 62...71.

[2] *E. J. Harrington* and *E. F. Weitzel:* The BPA EHV D-C Program. Report of the Division of Engineering, Bonneville Power Administration, Portland/Oregon, May 1965.

[3] *P. G. Engström:* Operation and Control of HV D-C Transmission. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 83(1964)1, S. 71...77.

[4] *G. D. Breuer, E. M. Hunter, P. G. Engström* and *R. F. Stevens:* The Dalles Converter Terminal of the HVDC Intertie. Technical Paper of the Third Winter Power Meeting of the IEEE Power Group from January 31 to February 4, 1966 in New York, 31 TP 66–58.

[5] *R. S. Gens* and *R. F. Stevens:* The High Voltage D-C Test Program of the Bonneville Power Administration. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 82(1963)69, S. 1054...1060.

[6] *A. Kroms:* Entwicklungsrichtungen der Elektrizitätsversorgung in den USA. Bull. SEV 56(1965)11, S. 439...441 + Nr. 12, S. 477...484.

Adresse des Autors:
Dr.-Ing. *Hermann Dommel,* Div. of System Engineering, Bonneville Power Administration, P. O. Box 3621, Portland, Oregon 97208 (USA).

Neue elektronische Steuerungen für elektrische Triebfahrzeuge [1])

Von *R. Germanier,* Genf

(Übersetzung)

62 – 523.8 : 621.335

Die Resultate, welche mit den automatischen Steuerungen erreicht werden, sowie der Aufbau der funktionellen Regelelemente sind in der Einführung beschrieben. Danach folgen die Beschreibung der Steuerungen mit Beschleunigungsregelung und der elektronischen Ausrüstungen für Strassen- und Untergrundbahnen. In einem weiteren Teil wird die elektronische Geschwindigkeitsregelung mit ihren Zusatzvorrichtungen gezeigt, welche zum automatischen Fahren mit «Minimalenergieverbrauch» führen. Die Schlussfolgerung weist auf die Etappen hin, welche zur elektronischen Lokomotive ohne bewegliche Kontakte führen.

Les résultats que les commandes automatiques permettent d'atteindre sont cités dans l'introduction qui décrit également la constitution de l'élément fonctionnel. Viennent ensuite la description du principe des commandes à accélération contrôlée et celle des équipements électroniques pour tramways et métros. Un paragraphe suivant présente les équipements de vitesse affichée et leur complément conduisant à la marche automatique avec consommation minimum d'énergie. La conclusion évoque les étapes menant à la locomotive électronique sans contacts mobiles.

1. Entwicklungsgeschichte

Die erste elektronische Sécheron-Steuerung wurde im Jahre 1960 auf einem Trolleybus der Compagnie Genevoise des Tramways Electriques (CGTE, Genf), die erste automatische Geschwindigkeitsregelung bereits im Frühjahr 1962 auf einem Triebwagen der SNCF im Vorortsverkehr von Paris-Nord in Betrieb genommen. Die Entwicklung von automatischen Steuerungen hat seither erfreuliche Fortschritte gemacht. Sie sind in verschiedene Gebiete vorgedrungen und werden für alle Arten von Fahrzeugen verwendet. Das Vertrauen, welches diese Technik geniesst, wird durch die Anzahl von Steuerausrüstungen, die sich teils schon im Betrieb, teils in Fabrikation befinden, bestätigt.

Der hohe Automatisierungsgrad dieser Ausrüstungen hätte theoretisch schon vor Jahren erreicht werden können durch Verwendung zahlreicher Relais und Röhrenverstärker, wie sie in der Radiotechnik gebraucht wurden. Die Sicherheit solcher Apparate auf Traktionsfahrzeugen wäre indessen sehr fragwürdig gewesen. Erst die Einführung der Halbleiter in der Elektrotechnik machte die Verwirklichung der heutigen automatischen Steuerungen möglich. Während zuerst beabsichtigt war, Relais und bewegliche Kontakte durch statische, gegen Staub, Korrosion, Feuchtigkeit und Vibrationen unempfindliche und wartungsfreie Elemente zu ersetzen, erkannte man bald, dass es dank der leichten Regulierbarkeit der Halbleiter möglich ist, eine Automatisierung gewisser Funktionen zu verwirklichen. Solche automatische Steuerungen enthalten keine beweglichen Kontakte und sind deshalb herkömmlichen Steuervorrichtungen hinsichtlich Betriebssicherheit überlegen. Sie ermöglichen es, folgende Resultate zu erreichen:

a) *Optimale Ausnützung* der Starkstrom-Ausrüstung durch automatische Begrenzung des Anfahrstromes in Abhängigkeit der Last des Fahrzeuges und der Überlastbarkeit der Motoren. Bei auftretendem Schleudern wird der Anfahrstrom automatisch verringert. Die automatische Begrenzung des Anfahrstromes verlängert die Lebensdauer der Starkstromausrüstung und begrenzt die Spitzenleistungen, welche die Unterstationen liefern müssen.

b) *Erhöhte Leistungsfähigkeit einer Bahnlinie* durch minimale Fahrzeiten. Die automatische Geschwindigkeitsregelung erlaubt, die einzelnen Strecken mit der höchstzulässigen Geschwindigkeit zu befahren, und die Geschwindigkeitsgrenzen werden mit grösserer Genauigkeit eingehalten als bei manueller Regulierung.

c) *Erhöhter Fahrkomfort* durch Regelung der Beschleunigung beim Anfahren und der Verzögerung beim Bremsen für Fahrzeuge, welche starken Laständerungen unterworfen sind.

d) *Kürzeste Bremsstrecken* durch Steuerung der elektrischen Widerstandsbremse und automatische Korrektur der Bremskraft beim Gleiten einer oder mehrerer Achsen.

e) *Vereinfachung der Führung* von Fahrzeugen mit Geschwindigkeiten von mehr als 150 km/h durch automatische Regelung der Zugsgeschwindigkeit. Dem Lokomotivführer wird die dauernde Regelung der Maschinenleistung abgenommen, so dass er seine ganze Aufmerksamkeit den in Abständen von 20...30 s vorüberziehenden Streckensignalen widmen kann.

f) *Verringerung des Energieverbrauchs* auf Untergrund- und Vorortbahnen, dank einer Zusatzvorrichtung der Geschwindigkeitsregelung, die das Fahren im Leerlauf sinnreich steuert.

g) Die heutige Entwicklung dieser Art von automatischen Steuerungen würde die *Verwirklichung von ferngesteuerten Fahrzeugen,* sowie von Fahrzeugen, welche nach einem vorgegebenen Programm verkehren, erlauben.

[1]) Vortrag vom 6. September 1966 vor dem Direktionsausschuss der Union Internationale des Transports Publics (UITP).

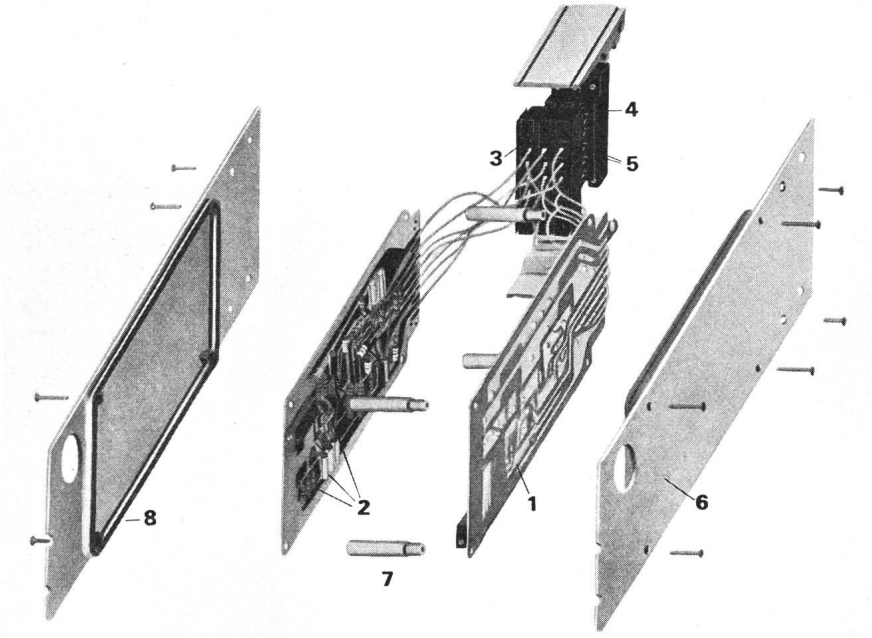


Fig. 1
Aufbau eines steckbaren Regelelementes
1 gedruckte Schaltung; *2* elektrische Elemente; *3* Mehrfachstecker; *4* Steckdose; *5* vergoldete Kontakte; *6* Seitenplatten aus anodisierter Aluminiumlegierung; *7* Distanzhülse; *8* farbiger Kunststoffrahmen

2. Grundelemente der elektronischen Steuerungen

Die elektronischen Bauteile der Steuerautomatik, wie Dioden, Transistoren, Widerstände, Kondensatoren usw., werden auf gedruckte Schaltungen aufgeschweisst, die ihrerseits zwischen zwei Tragplatten aus anodisierter Aluminiumlegierung angeordnet sind. Fig. 1 zeigt die Einzelteile eines dieser funktionell aufgebauten Regelelemente (z. B. stabilisierte Speisung, Impulsgenerator usw.). Ein farbiger Kunststoffrahmen schliesst den Raum zwischen der gedruckten Schaltung und der verdrahtungsseitigen Aussenplatte hermetisch ab. Die Farbe des Kunststoffrahmens kennzeichnet die Art des Regelelementes: Rot ist z. B. die Farbe der Verstärker, Blau jene der elektronischen Kippelemente usw. Die steckbaren Regelelemente sind in genormten Schubladen untergebracht. Eine vollständige automatische Regelung besteht aus einer gewissen Anzahl Schubladen, z. B. drei für einfache Regelungen (Trolleybusse), acht für komplizierte Regelungen wie sie beispielsweise auf Thyristorlokomotiven anzutreffen sind.

Das Prinzip dieser Regelelemente beruht auf der Analogtechnik, im Gegensatz zu anderen Systemen, die die Digitaltechnik verwenden. Obwohl die Analogtechnik weniger genau ist als die Digitaltechnik, wird sie doch den Anforderungen der elektrischen Traktion völlig gerecht. Sie ist einfacher, weniger umfangreich, billiger und kann der stetigen Regelung sehr gut angepasst werden. Analoge Regelelemente haben gegenüber Digitalelementen den Vorteil, gegen die zahlreichen Störspannungen, die auf elektrischen Triebfahrzeugen auftreten, viel weniger empfindlich zu sein.

Im folgenden sei ein Überblick gegeben über die verschiedenen bis heute entwickelten elektronischen Steuerungen, mit Angabe ihrer wesentlichen Eigenschaften und den Fahrzeugen, auf denen sie eingebaut sind:

3. Automatische Steuerung mit Beschleunigungsregelung

Die automatischen Steuerungen mit Beschleunigungsregelung eignen sich infolge der grossen Schwankungen der Fahrzeugbelastung sowie der Steigungen der zu befahrenden Linie besonders für den Trolleybus. Fig. 2 zeigt eine solche Steuerausrüstung, bestehend aus drei Schubladen, die in der Frontpartie eines Gelenktrolleybusses der CGTE, Genf, eingebaut ist. Die Anfahrbeschleunigung und die Verzögerung beim Bremsen werden auf einen konstanten Wert geregelt. Diese können jederzeit vom Wartungspersonal nachreguliert oder auf Verlangen auch von der Fahr- und Bremspedalstellung abhängig gemacht werden. Anfahr- und Bremsstrom werden selbstverständlich begrenzt. Der Höchstwert des Bremsstromes, welcher bei hohen Geschwindigkeiten reduziert wird, um Überspannungen an den Triebmotorklemmen während dem elektrischen Bremsen zu vermeiden, wird entsprechend der sinkenden Geschwindigkeit automatisch erhöht.

Die elektronische Ausrüstung steuert direkt das Einschalten jener Schütze, die durch stufenweises Ausschalten des Anfahr- oder Bremswiderstandes den in den Fahrmotoren fliessenden Strom regeln. Das Ein- und Ausschalten der Schütze erfolgt in Abhängigkeit vom Zustand der elektronischen Kippelemente, die in den Stromkreis der Steuerventile der Schütze geschaltet sind. Ein Kippelement ist mit einem Schalter mit zwei Stellungen «Ein» und «Aus» zu vergleichen. Jedes Kippelement wird leitend (schaltet also ein), wenn die an seinen Eingang angelegte Spannung den vorgegebenen Kippwert übersteigt. Durch Abstufung der Referenzspannungen (z. B. von 0,5 auf 0,5 V) kann somit ein Einschaltprogramm aufgestellt werden. Die veränderliche Steuerspannung der Kippelemente wird von einem Verstärker erzeugt. Das Fahr- und das Bremspedal betätigen

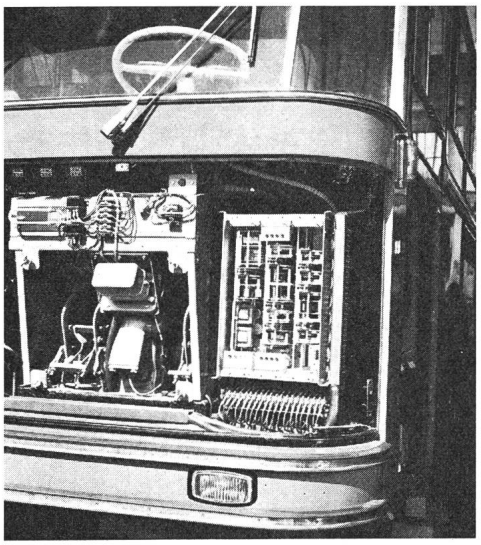


Fig. 2
Vorderansicht eines Gelenktrolleybusses der Compagnie Genevoise des Tramways Electriques
rechts: der aus drei Schubladen bestehende elektronische Steuerblock

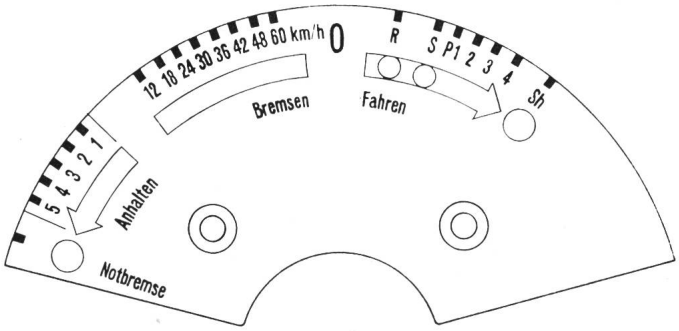


Fig. 3
Stellungen des Steuerkontrollers des Zürcher Gelenktriebwagens

je ein Potentiometer, welches eine veränderliche Spannung abgibt. Diese wird in den Verstärker eingeführt und dient zur Begrenzung des Höchstwertes der Steuerspannung in Abhängigkeit der Stellung des entsprechenden Pedals. Der Fahrzeuglenker kann somit die Geschwindigkeit des Trolleybusses ebenso einfach regulieren wie das bei einem Auto der Fall ist.

Diese Vorrichtung weist folgende Vorteile auf:

a) Vereinfachte und erleichterte Fahrzeugführung;
b) Erhöhter Fahrkomfort;
c) Die Hinterachse und das Getriebe erleiden keine, durch den Triebmotor verursachte Drehmomentstösse;
d) Der Fahrmotor ist gegen zu hohe Spannungen und Ströme beim Bremsen geschützt;
e) Die Steuerausrüstung benötigt keine Wartung.

Gegenwärtig sind 45 elektronische Steuerungen auf Trolleybussen der Verkehrsbetriebe Genf, Freiburg und Lugano in Betrieb. Weitere zehn Ausrüstungen wurden kürzlich von der Stadt Basel bestellt.

4. Elektronische Steuerungen für Strassen- und Untergrundbahnen

Den elektronischen Steuerungen für Strassen- und Untergrundbahnen liegt das Prinzip derjenigen der Trolleybusse zugrunde. Sie enthalten zusätzlich folgende Vorrichtungen:

a) Automatischer Schleuder- und Gleitschutz;
b) Synchronisierung zum Fahren in Doppeltraktion;
c) Automatische Geschwindigkeitsregelung beim Bremsen, mit einer zusätzlichen Vorrichtung, welche den augenblicklichen Aufbau einer Bremskraft, unabhängig von der Anfangs-Bremsgeschwindigkeit, ermöglicht.

Fig. 3 zeigt die verschiedenen Stellungen eines Kontrollers der Gelenktriebwagen der Zürcher Strassenbahnen.

Die 7 Fahrstufen sind die folgenden:

a) Eine erste Stellung, Rangierstellung genannt, welche das Einschalten der Motoren in Serieschaltung steuert und den Anfahrwiderstand auf den Höchstwert einstellt. Diese Stellung dient zum Rangieren im Depot und zum Annähern beim Kuppeln von zwei Triebwagen, welche in Doppeltraktion verkehren sollen.

b) Eine Serie-Stellung steuert das Ausschalten des Anfahrwiderstandes für die Serieschaltung der Fahrmotoren mit Regelung der Beschleunigung auf 0,8 m/s² und Begrenzung des Fahrmotorstromes.

c) 4 Parallel-Stellungen steuern das Einschalten der Serie-Anfahrstufen, den Übergang von Serie- auf Serie-Parallel-Schaltung der Fahrmotoren und das Ausschalten des Anfahrwiderstandes mit Regelung der Beschleunigung je nach der gewählten Stufe auf 0,6; 0,8; 1,0 oder 1,2 m/s² sowie die Begrenzung des Fahrmotorstromes.

d) Eine Shunt-Stellung steuert den Übergang von den Serie- und Serie-Parallel-Stufen auf die Shunt-Stufen mit Regelung der Beschleunigung auf maximal 1,2 m/s² und Begrenzung des Fahrmotorstromes.

Die 14 Bremsstellungen sind die folgenden:

a) 8 Geschwindigkeitsstufen (60, 48, 42, 36, 30, 24, 18 und 12 km/h), bei denen der Bremswiderstand so geregelt wird, dass die Geschwindigkeit entsprechend der vom Fahrzeugführer gewählten Stufe eingehalten werden kann. Diese Geschwindigkeit wird mit einer konstanten Verzögerung von 0,8 m/s² unter Begrenzung des Fahrmotorstromes erreicht.

b) 5 Zielbremsstufen (bei denen die Bremswiderstände progressiv ausgeschaltet werden), unter Begrenzung des Bremsstromes und Kontrolle der gewählten Stellung entsprechenden Verzögerung (wählbar zwischen 1,0 und 2,0 m/s²).

c) Eine Notbremsstellung steuert das Anlegen der elektromagnetischen Schienenbremse und das Einschalten der elektrischen Zielbremse unter Kontrolle des Stromes und der maximalen Verzögerung.

Der Übergang von der Null-Stufe auf eine Parallel- oder Shunt-Stufe zum Wiederbeschleunigen nach einer vorübergehenden Unterbrechung der Triebkraft bewirkt unverzüglich die Serie-Parallel-Schaltung der Motoren, wenn im Augenblick des Übergangs die Geschwindigkeit des Fahrzeuges 13 km/h übersteigt. Dadurch wird Zeit gewonnen, was die Schalthäufigkeit der Schütze verringert.

Der abrupte Übergang von einer Fahrstufe auf die Null-Stufe bewirkt nicht den Unterbruch der Zugkraft, sondern ein kontrolliertes Herunterschalten der Fahrstufen, so dass der Fahrkomfort gesichert ist. Erst der Übergang von einer Fahrstellung auf eine Bremsstellung bewirkt die sofortige Unterbrechung der Zugkraft.

Die Schleuderschutzvorrichtung erleichtert das Anfahren unter schlechten Adhäsionsbedingungen. Das Schleudern einer Triebachse wird durch Vergleich der von Tachogeneratoren gemessenen Drehzahlen festgestellt. Der Anfahrstrom wird dann während der Dauer der Störung automatisch verringert. Um eine Wiederholung zu vermeiden, wird nach dem Schleudern der Strom im Verhältnis zur Dauer der Störung verringert. Diese Vorrichtung wirkt in gleicher Weise zur Verhinderung des Gleitens einer Triebachse beim Bremsen. Wie Fig. 4 zeigt, werden dadurch eine regelmässige Bremsung sowie eine minimale Bremsstrecke erreicht.

Fig. 5 zeigt zwei Gelenktriebwagen der Zürcher Strassenbahnen in Doppeltraktion und Fig. 6 die Anordnung der Schubladen der elektronischen Steuerung unter einer Sitzbank.

Auf dem Gebiet der Untergrundbahnen ist eine Prototyp-Steuerung zu erwähnen, welche auf einem DT2-Triebwagen der Hamburger-Hochbahn in Betrieb ist. Ein Merkmal dieser Ausrüstung besteht in der direkten Steuerung

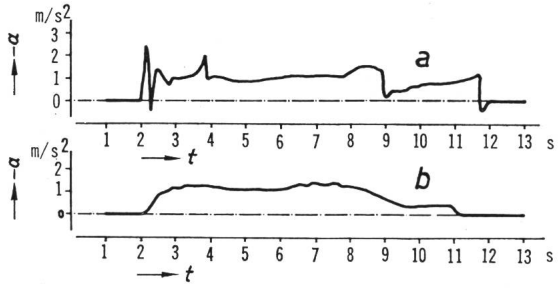


Fig. 4
Bremsdiagramm (Betriebsmessung)
a Bremsen ohne automatische Steuerung; *b* Bremsen mit automatischer Steuerung; —*a* Verzögerung; *t* Zeit

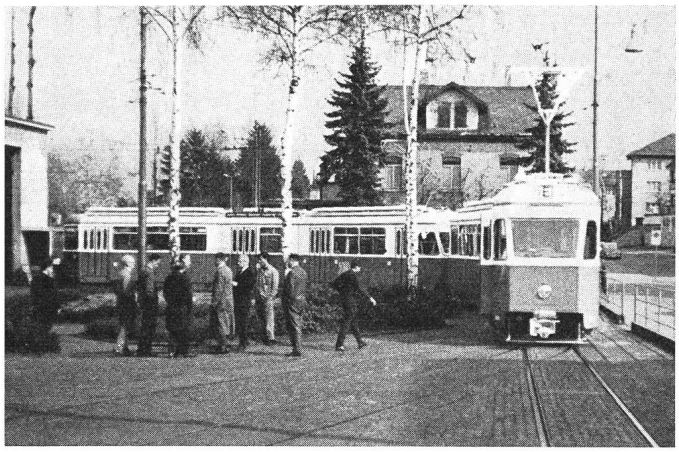


Fig. 5
Gelenktriebwagen der Zürcher Strassenbahnen

der Spulen der elektromagnetischen Schütze, die mit einer Steuerspannung von 110 V gespeist werden. Die Steuerung hat ähnliche Aufgaben wie bei den Zürcher Strassenbahnen zu erfüllen, mit Ausnahme der Geschwindigkeitsregelung, die von der Betriebsleitung nicht verlangt wurde.

5. Elektronische Geschwindigkeitsregelungen («vorgewählte Geschwindigkeiten»)

Das Programm einer automatischen Geschwindigkeitsregelung auf Zügen wurde in den Jahren 1960/61 auf einem Analogrechner ausgearbeitet, um die Stabilitätsbedingungen

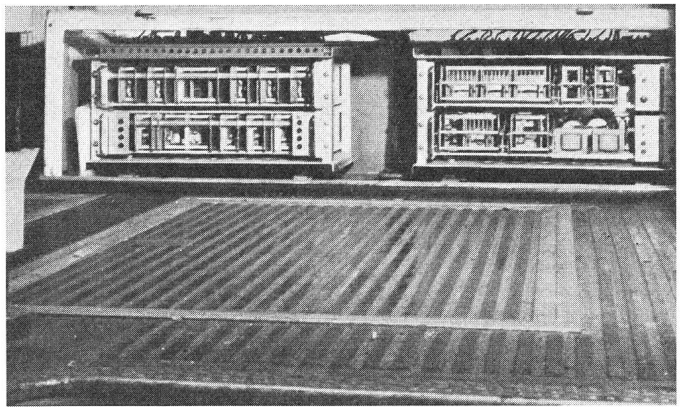


Fig. 6
Aus 4 Schubladen bestehender Elektronikblock der Zürcher Strassenbahnen

der Regelung zu bestimmen. Danach wurde im Frühjahr 1962 eine Prototypausrüstung in den Triebwagen Z 6006 der Französischen Staatsbahnen (SNCF) eingebaut, und die immer noch auf dem Vorortsnetz von Paris-Nord in Betrieb ist. Nach diesem Versuch hat uns die SNCF mit der Herstellung von 55 elektronischen Geschwindigkeitsregelungen für 1000-PS-Triebwagen für 50 Hz-Traktion betraut, wovon 15 Einheiten gegenwärtig auf dem Vorortsnetz von Paris-Nord im Einsatz sind. Die elektronische Ausrüstung wirkt auf die Steuerung eines Niederspannungs-Stufenschalters, der eine wachsende Spannung auf die Fahrmotorklemmen abgibt (es handelt sich um Triebwagen mit nur einem Einmotor-Drehgestell); sie wirkt ferner auf das Steuerventil der Druckluftbremse. Ausser der Vereinfachung der Fahrzeugführung war die Präzision dieser Geschwindigkeitsregelung einer der bestimmenden Faktoren, welchen die Wahl der Bahn zu Gunsten dieser Steuerungsart entschieden hat. Die Genauigkeit der Regelung, besonders beim Verlangsamen, wirkt sich in einem bedeutend geringeren Energieverbrauch aus. Ist z. B. die Ausfahrt aus einem Bahnhof auf einer Strecke von 500 m mit 30 km/h erlaubt, kann aber trotzdem nur mit 25 km/h gefahren werden, so ist ein Zeitverlust von 12 s in Kauf zu nehmen. Diese Zeit kann nur aufgeholt werden, wenn jegliches Fahren im Leerlauf bis zur nächsten Haltestelle unterlassen wird, was einen Mehrverbrauch an Energie zur Folge hat. Ist die nächste Station z. B. 2 km entfernt, beträgt der Mehrverbrauch ungefähr 50 %, wie aus einer

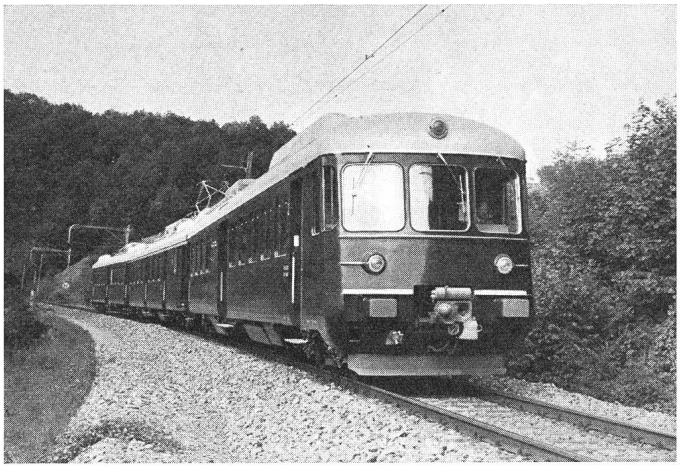


Fig. 7
Vorortstriebzug der Schweizerischen Bundesbahnen

Berechnung, die für die Vorortszüge der SNCF angestellt wurde, hervorgeht.

In der Schweiz haben die Bundesbahnen 20 dreiteilige Triebzüge von 3300 PS, die für den Zürcher Vorortsverkehr bestimmt sind, bestellt. Ein solcher Triebzug, der eine Gesamtlänge von 73 m hat und 364 Fahrgästen Platz bietet, ist in Fig. 7 dargestellt. Der Zug weist folgende bauliche Merkmale auf:

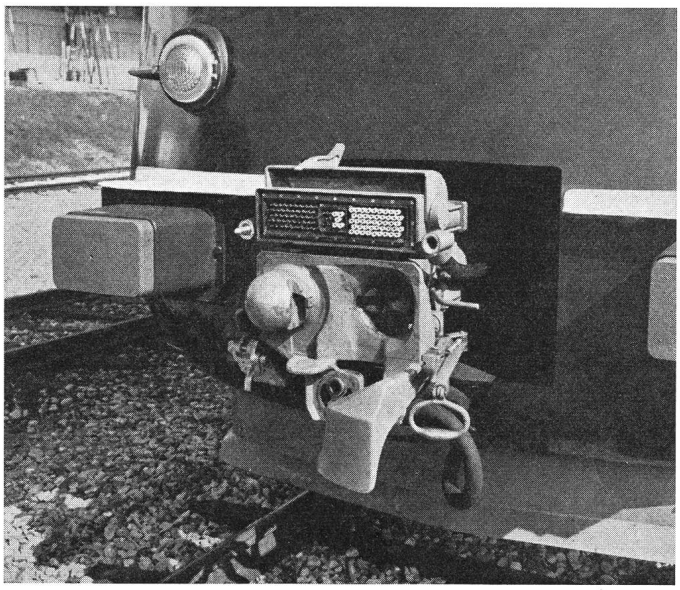


Fig. 8
Automatische Kupplung
System «GF-Sécheron»

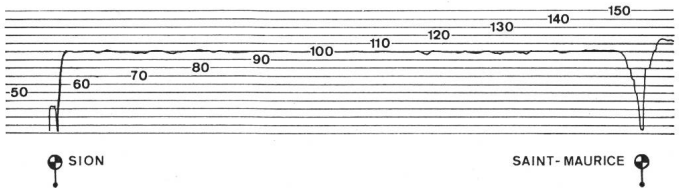


Fig. 9
Geschwindigkeitsdiagramm eines Vorortszuges der SBB

a) Automatische Kupplung System «GF-Sécheron» (Fig. 8) zur raschen Bildung von Zugkompositionen in Mehrfachtraktion, die vom Fahrzeugführer im ersten Triebwagen gesteuert werden. Diese automatische Kupplung verbindet auch die Druckluftleitungen, die elektrische Heizung und die Steuer- und Regelkreise.

b) Ein Fahrmotor pro Achse — insgesamt 12 Motoren für jeden Triebzug — erlaubt einen tiefliegenden Boden, und somit günstige Adhäsionsbedingungen bei einem grossen Beschleunigungsvermögen (der vollbelastete Triebzug, welcher 200 t wiegt, erreicht die Geschwindigkeit von 120 km/h in 46 s und ermöglicht eine Reisegeschwindigkeit von 64 km/h bei einem Haltestellenabstand von 2500 m und einer Haltezeit von 20 s).

c) Eine elektronische Geschwindigkeitsregelung, deren Zweck es ist, stets minimale Fahrzeiten zu sichern.

Es handelt sich hiebei um eine Weiterentwicklung der Regeleinrichtung für die Triebwagen der SNCF. In Anbetracht der veränderten Verhältnisse auf den Fahrzeugen der Schweizerischen Bundesbahnen, die anstatt eines Stufenschalters viel schneller arbeitende elektropneumatische Schütze (6 Stufen pro Sekunde bei den Fahrzeugen der SBB gegenüber 2 Stufen pro Sekunde bei jenen der SNCF) und eine Nutzbremse anstelle der Druckluftbremse aufweisen, musste die Regulierung der Geschwindigkeit von neuem auf einer Analogrechenmaschine nachgebildet werden, um ein stabiles Arbeiten zu erreichen.

Diese Abweichungen von den elektrischen Ausrüstungen der Triebwagen der SNCF haben veranlasst, die Geschwindigkeitsregelung zu vervollkommnen. Die Ergebnisse zeigt Fig. 9. Es handelt sich hier um die Aufzeichnung der Geschwindigkeit eines Triebzuges während einer Versuchsfahrt. Der Steuerhebel wurde bei der Abfahrt auf 100 km/h gestellt und erst nach 40 km wieder in die Nullstellung zurückgebracht. Fig. 10 zeigt einen Teil der elektronischen Ausrüstung, die, anstatt in Schubladen wie bei Trolleybussen, auf Wunsch der SBB in deren Normkasten angeordnet ist. Fig. 11 zeigt den Führerstand eines SBB-Vorortszuges. Sechs Triebzüge verkehren seit einigen Monaten fahrplanmässig auf der Strecke Zürich—Rapperswil.

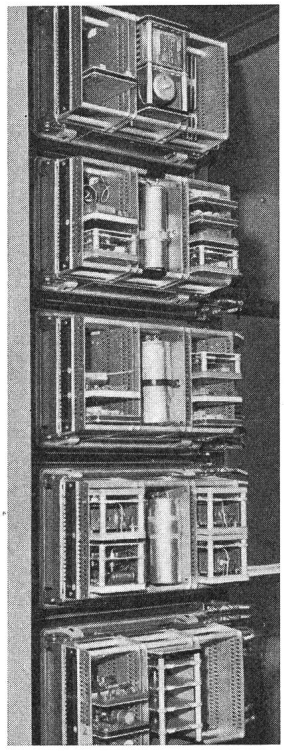


Fig. 10
Elektronische Ausrüstung für Geschwindigkeitsregelung auf einem Vorortszug der SBB

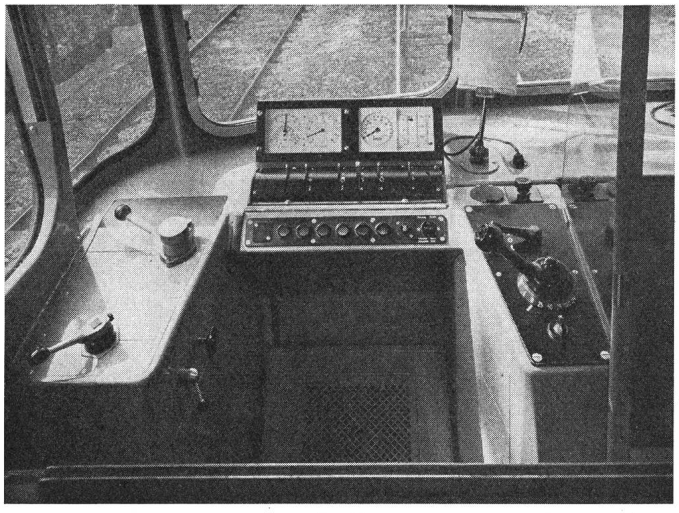


Fig. 11
Führerstand eines SBB-Vorortszuges

Die Ausrüstungen zur Geschwindigkeitsregulierung finden auch auf Lokomotiven Anwendung. Die SNCF hat 11 solche Ausrüstungen bestellt. Es handelt sich um die elektronischen Steuerungen für Vierstrom- bzw. Gleichstrom-Hochleistungslokomotiven, die für Fahrgeschwindigkeiten zwischen 180 und 240 km/h vorgesehen sind. Drei elektronische Ausrüstungen (Fig. 12), sind bereits im Betrieb. Der Hauptgrund, der die Französischen Staatsbahnen dazu bewog, diese Art von Steuerung zu wählen, ist die durch die Geschwindigkeitsregelung erzielte Erleichterung der Fahrzeugführung. Der Lokomotivführer kann seine ganze Aufmerksamkeit den Streckensignalen zuwenden, da er der Überwachung der von der Maschine entwickelten Leistung zur Einhaltung der vorgeschriebenen Geschwindigkeit enthoben ist. Dies fällt besonders bei hohen Geschwindigkeiten, in der Nacht oder bei ungünstigen atmosphärischen Bedingungen ins Gewicht.

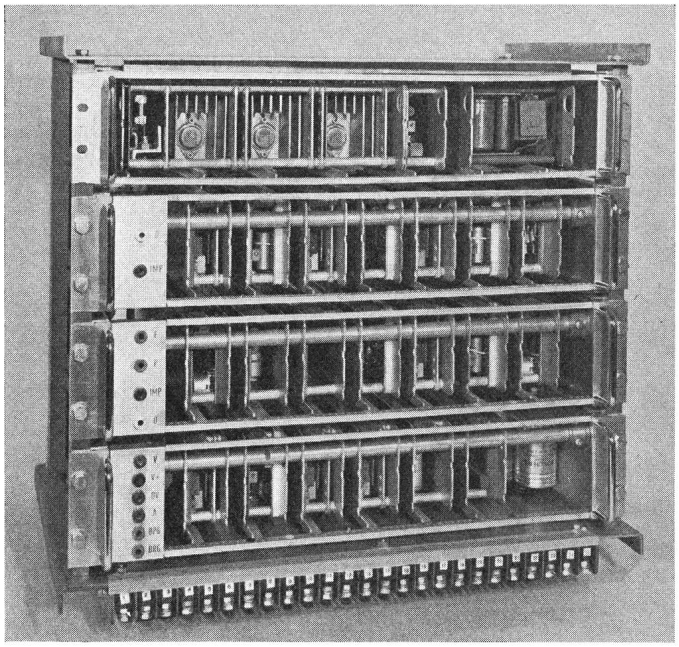
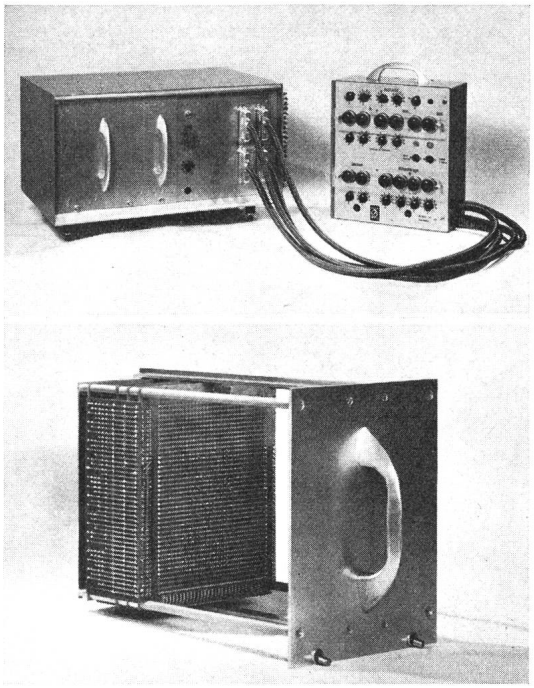


Fig. 12
Geschwindigkeitsregler einer Vierstrom-Lokomotive der SNCF



(Photo Métravel)

Fig. 13
Dioden-Stromkreis zum Fahren mit minimalem Energieverbrauch

Geschwindigkeitsregelungen werden im allgemeinen unter dem Gesichtspunkt der stetigen oder zeitweisen Fernsteuerung von Zügen mittels Streckengeräten gebaut. Es genügt daher, dass ein auf dem Triebfahrzeug eingebautes Gerät der vorgegebenen Geschwindigkeit proportionale Spannungen abgibt, anstatt dass diese vom Lokomotivführer durch Verstellen des Steuerkontrollers eingestellt werden.

6. Automatisches Fahren mit minimalem Energieverbrauch

Auf dem Kybernetischen Kongress der UIC im Herbst 1963 in Paris, beschrieb *Bernard* eine Methode zum wirtschaftlichen Fahren auf Vorortslinien (nahe beieinanderliegende Haltestellen). Diese Methode besteht im Aufteilen der laut Fahrplan zur Verfügung stehenden Zeit in Abhängigkeit der zum Erreichen der Endstation verbleibenden Zeit. Dieser Aufteilung entsprechend wird der Befehl zum Fahren im Leerlauf automatisch gegeben.

Nach diesem Prinzip wurde der Prototyp einer Zusatzvorrichtung zu den Geschwindigkeitsregelungen entwickelt. In dieser Vorrichtung sind ausser der Fahrcharakteristik mit minimalem Energieverbrauch alle Geschwindigkeitsgrenzwerte der betreffenden Strecke gespeichert. Der Fahrzeugführer gibt durch Betätigen eines Hebels den Befehl zur Abfahrt und begnügt sich dann, die Wirkungsweise der Vorrichtung zu beobachten, wobei er aber jederzeit die Möglichkeit hat, durch direktes Betätigen des Steuerhebels das Fahren des Zuges durch Vorgabe der Geschwindigkeit zu beeinflussen. Der Prototyp einer solchen Vorrichtung wurde anfangs Sommer 1966 auf dem Triebwagen Z 6008 der SNCF eingebaut; die ersten erfolgreichen Versuchsfahrten fanden auf den drei ersten Streckenabschnitten der Linie Paris—Creil statt. Die Versuche werden im Januar 1967 auf allen zwölf Streckenabschnitten dieser Linie wieder aufgenommen.

Das Prinzip der Vorrichtung beruht auf der Zählung von Impulsen, die ein Tachometer proportional zur Anzahl Umdrehungen des Rades abgibt. Um die Messfehler, die durch Schleudern oder Gleiten der den Tachometer tragenden Achse entstehen, zu korrigieren, wird der Tachometer durch Schienenmagnete ständig zurückgestellt. Die berechneten Minimalenergieverbrauch-Fahrcharakteristiken für eine gegebene Linie und einen gegebenen Fahrzeugtyp werden in Dioden-Stromkreisen auf dem Triebwagen gespeichert (Fig. 13).

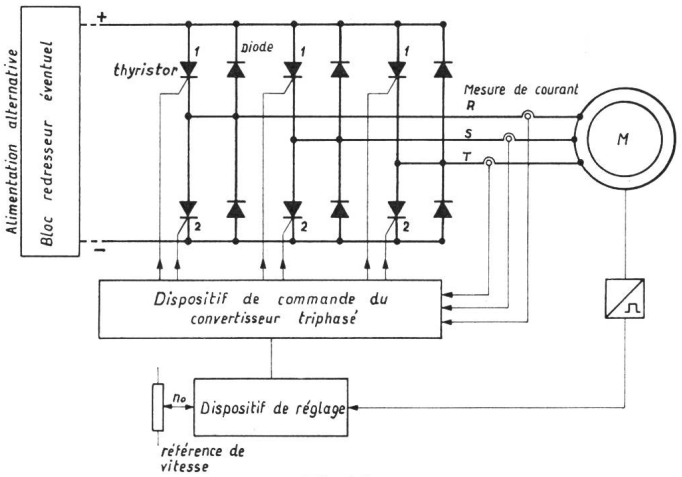


Fig. 15
Prinzipschema eines statischen Umformers «Gleichstrom-Drehstrom»

7. Schlussfolgerungen

Fig. 14 zeigt die verschiedenen zu überwindenden Entwicklungsstufen, um das mit Ausnahme des Stromabnehmers ohne bewegliche Kontakte arbeitende Fahrzeug zu verwirklichen. Auf dem Gebiet der Steuer- und Regelkreise darf dieses Ziel als erreicht betrachtet werden. Auf dem Gebiet der Starkstromkreise werden gegenwärtig wirtschaftlich brauchbare Lösungen auf Wechselstromfahrzeugen ausprobiert, jedoch auf diesen wird der Kollektormotor beibehalten. Lösungen für Gleichstromfahrzeuge sind im Entwicklungsstadium. Sie bestehen darin, Schütze, Stufenschalter und Anfahrwiderstände durch statische Leistungsumformer

---

Steuerstromkreise

Halbleiter werden gebraucht um Relais und bewegliche Kontakte zu ersetzen

weil:

ohne Abnützung wartungsfrei

unempfindlich gegen
Feuchtigkeit
Erschütterungen
Staub

↓

Die Halbleiter sind leicht regulierbar und erlauben somit die Verwirklichung von automatischen Steuerungen.

Starkstromkreise und Hilfsbetriebe.

Nicht regulierbare Gleichrichter erlauben die Verwendung von Gleichstrom-Trieb- und Hilfsbetriebsmotoren.

↓

Regulierbare Gleichrichter (Quecksilberdampf mit Gittersteuerung oder Thyristoren), welche erlauben, den Stufenschalter und die Schütze wegzulassen.

↓

Statische Umformer, welche Drehstrom mit *variabler Frequenz* abgeben, was erlaubt, kollektorlose Fahrmotoren zu verwenden.

↓

Elektronische Lokomotive ohne bewegliche Kontakte
(mit Ausnahme des Stromabnehmers)

Fig. 14
Zusammenfassung der verschiedenen Entwicklungsstufen in der Verwendung von Halbleitern auf Triebfahrzeugen

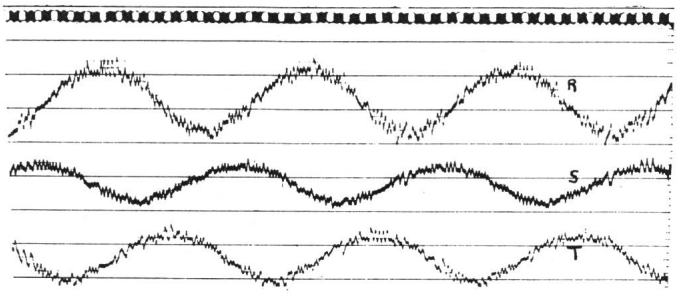


Fig. 16
Oszillogramm des Statorstromes der drei Phasen eines Asynchronmotors, der von einem 500-V-Gleichstromnetz über einen statischen Umformer gespeist wird
$f = 16^2/_3$ Hz

zu ersetzen, welche entweder eine regulierbare Gleichspannung oder Drehstrom mit regulierbarer Frequenz abgeben. Im zweiten Fall besteht die Möglichkeit, als Fahrmotor einen Asynchronmotor zu verwenden. Der Vorteil des Asynchronmotors, der in diesem Falle das gleiche Anfahrmoment wie der Seriemotor entwickelt, besteht darin, dass er für sehr hohe Drehzahlen — z. B. 5000 U/min — ausgelegt werden kann, wodurch Abmessungen und Preis verringert werden. Fig. 15 zeigt das Prinzipschema eines solchen statischen Umformers und Fig. 16 die Form des Stromes, welcher in den drei Phasen des Asynchronmotors fliesst.

Damit kommen wir zur wichtigen Rolle, welche die Zusammenarbeit zwischen Unternehmer und Konstrukteur spielt. Auf dem Gebiet der elektrischen Traktion steht diese Zusammenarbeit am Anfang jeder Neuentwicklung, die ohne die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewonnene Erfahrung des Unternehmers nicht möglich wäre.

Darum gebührt den in diesem Artikel aufgeführten Verwaltungen der Dank der Allgemeinheit, denn ihre Unterstützung war entscheidend, sei es um die ersten Ausrüstungen auszuprobieren, um neue Wege zu beschreiten oder um die Fabrikation von elektronischen Steuerungen, dank der relativ grossen Serien, die bestellt wurden, auszudehnen und zu normen. Es ist zu wünschen, dass diese Gemeinschaftsarbeit zwischen Konstrukteuren und Unternehmern im Interesse der Allgemeinheit weitergeführt werde.

Adresse des Autors:
R. Germanier, Oberingenieur der Bahnabteilung der S. A. des Ateliers de Sécheron, Case postale 40, 1211 Genève 21.

Berichtigung. Wie uns T. Praehauser, Autor des Artikels «Messung von Ionisation an Kondensatoren» mitteilt, sind in seinem, im Bulletin des SEV Nr. 16/1966 veröffentlichten Artikel mehrere Fehler enthalten:

Seite 703, linke Spalte, Zeile 22 soll heissen: «... infolge der *kleineren* Dielektrizitätskonstante ...» (statt: höheren);
Seite 704, Tabelle I, unterste Zeile: In allen drei Spalten gehört vor dem Klammerausdruck das Zeichen «>» (statt des Faktors «2»);
Seite 705, linke Spalte, 2. Absatz, letzte Zeile: «... übersteigt sogar deren *Zwei*faches ...» (statt: Vierfaches);
Seite 706, linke Spalte, 2. und 3. Zeile: «... nach VDE *(12b, § 6) mittels Sinusspannungs-Generator* ...» [statt: nach VDE-Entwurf (126, § 6)].

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

31. Haupttagung in Tel Aviv vom 2. bis 14. Oktober 1966 [1])

Conseil

Der Conseil hielt unter dem Vorsitz von Prof. Dr. R. Radulet (Rumänien) am 11. Oktober 1966 eine Sitzung ab. Zu Beginn gedachte Dr. P. Dunsheath als Altpräsident der seit der letzten Tagung verschiedenen Dr. Ivar Herlitz, Schweden, und Prof. R. Kapp, Vereinigtes Königreich. Dr. Herlitz war Präsident der CEI von 1959 bis 1961, Prof. Kapp Präsident des CE 14, Transformateurs, der CEI.

Nach der Genehmigung des Geschäftsberichtes, über den Generalsekretär L. Ruppert kurz referierte, beschäftigte sich der Conseil eingehend mit den Problemen, welche einerseits der Beitritt neuer Nationalkomitees zu der CEI, anderseits die Aufnahme neuer Aufgaben, welche sich in der Bildung weiterer Comités d'Etudes auswirkt, stellt. Das Selbständigwerden von Staaten in Entwicklungsgebieten, welche noch kein Nationalkomitee für Normung besitzen, aber über die Arbeit der CEI orientiert werden möchten, führte zu einem Vorschlag des Trésoriers der CEI, J. O. Knowles, in Zukunft ein Monatsbulletin der CEI herauszugeben. Dieses Monatsbulletin soll in der Hauptsache über die laufende Tätigkeit der CEI informieren, ferner alle neu herausgegebenen Empfehlungen kurz beschreiben, sowie ein Verzeichnis der Entwürfe zu Empfehlungen der CEI enthalten, welche unter der 6-Monate-Regel oder allenfalls dem 2-Monate-Verfahren die Zustimmung der Nationalkomitees erlangt haben. Der Conseil genehmigte den Vorschlag des Trésorier. Die schweizerische Delegation hatte sich zur Unterstützung des Vorschlages entschlossen und liess ihre weitergehende Anregung, in der CEI eine Kategorie von «membres associés» zu schaffen, fallen.

Die Genehmigung der Jahresrechnung 1965 und des Budgets für 1967 zeigte an sich ein befriedigendes Bild, doch bereitet das ständige Steigen des Aufwandes, welcher auf Grund des geltenden Verteilungsschlüssels automatisch eine Erhöhung der Mitgliederbeiträge zur Folge hat, namentlich denjenigen Nationalkomitees Sorgen, deren Betriebsrechnung durch den Jahresbeitrag an die CEI wesentlich belastet wird.

Der Conseil fasste Beschluss über den Ort der Abhaltung der Réunion générale in den Jahren 1968 und 1969. Danach sind folgende Tagungsorte vorgesehen:

Prag	11. bis 24. Juli 1967
London	2. September 1968 (Beginn)
Teheran	15. Oktober 1969 (Beginn)

Ferner nahm er Kenntnis von einer Einladung der Delegation der USA, die Réunion générale 1970 in Washington abzuhalten, voraussichtlich in den letzten beiden Wochen des Monats Mai. Ein formeller Beschluss darüber wird später gefasst.

Der Conseil hatte anschliessend verschiedene Berichte zur Kenntnis zu nehmen, welche von gemeinsamen Gremien ISO/CEI oder der CEI allein stammten. Darunter befanden sich: ein Bericht über die Arbeit des Comité de développement der ISO (ISO/DEVCO); Resolutionen des Comité permanent pour l'étude des principes scientifiques de la normalisation (ISO/STACO); ein Bericht der Groupe de Travail mixte ISO/CEI pour les brevets; ein Bericht über die Tätigkeit der ISO in Konsumentenfragen; ein Auszug aus den Empfehlungen der Conférence asiatique pour l'industrialisation.

Den Abschluss der Sitzung bildete die Wahl von drei Mitgliedkomitees in das Comité d'Action an Stelle der statutengemäss ausscheidenden Komitees von Spanien, der USA und der Sowjetunion. Die geheim durchgeführte Wahl ergab, dass die Komitees

[1]) Wir veröffentlichen hier die erste Reihe der Berichte; weitere werden folgen.