

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 18

Artikel: Elektrische Triebfahrzeuge
Autor: Sachs, K. / Bodmer, C. / Giger, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060873>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.04.2025

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

die weitere konstruktive Entwicklung. Wirtschaftliche Berechnungen lassen erkennen, dass die Raumheizung grosser Gebäudekomplexe mittels der Wärmepumpe, besonders in Kombination mit dem Kühlbetrieb, zu Wertschätzungspreisen für die aufgewendete elektrische Energie führen kann, welche

jenen der industriellen Elektrowärme hochwertigen Anwendungszwecks nicht nachstehen. Es lohnt sich daher, den eingeschlagenen Weg weiter zu verfolgen, zumal die Luftkonditionierung im neuzeitlichen Bau von Grossegebäuden überhaupt an Bedeutung gewinnen wird.

Elektrische Triebfahrzeuge.

Von K. Sachs, Baden, mit C. Bodmer, Zürich, W. Giger, Zürich, F. Steiner, Bern, und H. Werz, Genf. 621.335

Es wird über die bisherigen Ergebnisse der modernen Zusammenarbeit der Betriebsfachleute und der Konstrukteure in der Entwicklung der Triebfahrzeuge berichtet, wobei gewissermassen durch Extrapolation Schlüsse auf die mutmassliche Weiterentwicklung gezogen werden. Zunächst wird die moderne Betriebspolitik betrachtet, die eine Auflockerung des Fahrplanes und erhöhte Bequemlichkeit und Geschwindigkeit zeitigte, um der Automobilkonkurrenz zu begegnen. Dann folgt eine Erörterung des mechanischen Aufbaues der neuen Triebfahrzeuge, der elektrischen Ausrüstung und der Bremsung, und zwar bei Vollbahntraktion, Strassenbahnen und Trolleybussen. Besonders behandelt werden die Zahnradbahnen und dieselektrischen Fahrzeuge.

Les rapporteurs exposent les résultats obtenus jusqu'à présent dans la construction des véhicules moteurs par la collaboration réfléchie entre les spécialistes de l'exploitation et les constructeurs. En procédant quelque sorte par extrapolation, ils prognostiquent du développement futur. Ils considèrent tout d'abord la politique moderne de l'exploitation qui a conduit à un assouplissement du trafic et à une augmentation de la vitesse et de la commodité, pour faire face à la concurrence de l'automobile. Ils passent ensuite à la partie mécanique des nouveaux véhicules moteurs, à l'équipement électrique et au freinage, tant pour les chemins de fer que pour les tramways et les trolleybus. Ils traitent spécialement les chemins de fer à crémaillère et les véhicules diesel-électriques.

Betriebspolitik und Auflockerung des Fahrplanes.

Den Transportmitteln der Schiene, unter die in diesem Zusammenhang die Strassen-, Ueberland- und Vollbahnen zu subsumieren sind, ist jahrzehntelang geradezu monopolartig der Grossteil der täglich oder jährlich zu leistenden Transportarbeit zugefallen. Die rapide Entwicklung von Automobil und Flugzeug aber, die einen Grossteil der gleichen Aufgaben für die Benützer wesentlich rascher und z. T. bequemer zu lösen vermögen, hat bekanntlich zu einer bedeutenden Abwanderung von den an die Schiene gebundenen Transportmitteln geführt, deren *Wirtschaftlichkeit* damit mehr oder weniger stetig abnahm. Man sah sich daher bei den Strassen-, Ueberland- und Vollbahnen ziemlich unvermittelt vor die Notwendigkeit versetzt, dem Publikum ein erhebliches Mehr an *Bequemlichkeit* (Komfort) und *Geschwindigkeit* bieten zu müssen, um wenigstens einen Teil des abgewanderten Transportvolumens wieder zurückzugewinnen und dadurch die *Wirtschaftlichkeit* dieser Transportmittel wieder zu heben. In verdienstvoller Zusammenarbeit zwischen den Betriebsfachleuten des urbanen und interurbanen Bahnverkehrs und den Konstrukteuren begann eine bauliche Umgestaltung der Triebfahrzeuge, die bei weitem noch nicht abgeschlossen ist, aber bis jetzt schon zu neuen, den geänderten Bedürfnissen besser angepassten Bauarten geführt hat. Dabei sind in den einzelnen Ländern im wesentlichen kaum divergierende Anschauungen und Tendenzen zum Durchbruch gekommen, abgesehen von den Einflüssen der von Land zu Land von einander verschiedenen demo- und geographischen Gegebenheiten und Lebensgewohnheiten.

Bei den elektrischen oder besser elektrifizierten *Vollbahnen* spielte sich die *betriebstechnische Entwicklung* in der Weise ab, dass die Dampflokomoti-

ven durch elektrische Lokomotiven einfach ersetzt wurden, deren grössere Leistungs- und Ueberlastungsfähigkeit dem Publikum von selbst eine Vergrösserung der Beschleunigung und Geschwindigkeit brachte und dem Betrieb die Zugsgewichte ohne weiteres zu steigern ermöglichte. Einzig im Vorortverkehr im Umkreis grosser Städte wurden die Vorteile des elektrischen Betriebes von vorneherein ausgenützt durch Einsatz von Triebwagenzügen, bestehend aus einem schweren, leistungsfähigen Triebwagen am Zugsanfang und einem gleichen Triebwagen oder nur einem Steuerwagen am Zugsende. Nötigenfalls können bei besonders starkem Verkehrsandrang zu den Stosszeiten zwei oder drei derartige Triebwagenzüge zu einer einzigen Einheit zusammengeschlossen werden. Die hierfür verwendeten Triebwagen, die vergleichsweise grosse Zuglasten der kurzen Haltestellenabstände wegen rasch beschleunigen mussten, sind mehrheitlich mit vier Tatzlagermotoren ausgerüstet, bei deren Dimensionierung man häufig bis zum Maximum dessen ging oder gehen musste, was die Einbauverhältnisse zuließen. Diese Triebwagen mussten eben wegen der grossen Anfahrzugkräfte relativ schwer ausfallen, dann aber auch deshalb, weil die gesamte elektrische Ausrüstung und die Bauart des Wagens z. T. unverändert von den Lokomotiven übernommen wurde; ihre Sitzplatztara (Gewicht pro Sitzplatz) lag bei 800 bis 1000 kg und darüber, namentlich wenn auch Abteile zweiter Klasse vorgesehen werden mussten.

Durch diese durch Aneinanderfügen jedem Verkehrsaufkommen gewachsenen Triebwagen- und Triebwagenzüge konnte in Verbindung mit besonderen tarifpolitischen Massnahmen der berufsständische Verkehr zu den bestimmten Tageszeiten der Bahn erhalten werden. Vor etwa zehn Jahren setzte der Bau von Leichttriebwagen ein, welcher sich zu-

nächst bei den SBB¹⁾ etwa folgendermassen entwickelte:

Zuerst wurden diese *Leichttriebwagen* als vierachsige *Alleinfahrer* ausgebildet (Serie Re 2/4 201), deren Motorleistung demnach ohne weiteres auf zwei Triebachsen beschränkt werden konnte. Es waren Fahrzeuge, mit denen man zunächst den Zubringerdienst von den kleineren zu den grösseren, von Schnellzügen bedienten Stationen und umgekehrt, und damit indirekt die ganzen, von den sogenannten Personenzügen bestrittenen Verkehrsleistungen, in häufigere Einzelfahrten aufgelöst, übernehmen zu können glaubte. Diese Erwartungen haben sich nicht erfüllt. Das Verkehrsaufkommen war zu variabel und überstieg vielfach das Angebot an Sitzplätzen. Die «Roten Pfeile», so lautet bei uns die landesübliche Bezeichnung, werden heute fast ausschliesslich für Reisen und Ausflüge geschlossener Gesellschaften oder für Verwaltungs-Sonderfahrten mit nach oben limitierter Teilnehmerzahl verwendet.

Zur Erhöhung des Platzangebotes wurden dann zwei leichte Triebwagen unter entsprechender Erhöhung der Motorzahl von zwei auf vier mit zwischengeschaltetem Anhänger zu einem *Dreiwagenzug* kombiniert, der abermals eine geschlossene Einheit bildet. Man glaubte zunächst, den beiden bis jetzt gebauten Dreifachtriebwagen dieser Art (Re 8/12 501 und 502) mit ihrem Sitzplatzangebot von 222 (entsprechend einer spezifischen Tara von 520 kg) und ihrer Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h die Ausführung der täglichen Städte-schnellkurse Zürich—Genf und umgekehrt übertragen zu können. Doch hat auch hier die unveränderliche Zahl der Sitzplätze, die von der Nachfrage zumeist erheblich übertroffen wurde, die Verwirklichung dieses Planes von vorneherein unmöglich gemacht und die beiden Dreiwagenzüge erwiesen sich nur für bestimmte Relationen und nur solange als wirklich zweckentsprechend, als die Nachfrage das Angebot an Sitzplätzen nicht überstieg, was bei den täglichen Eilverbindungen von Rorschach nach Bern eine Zeitlang der Fall war. Heute finden beide Einheiten auch meistens nur für grössere bestellte Gesellschaftsfahrten Verwendung, für die die vierachsigen Triebwagen (Rote Pfeile) der Serie Re 2/4 201 nicht ausreichen. Die gleiche Aufgabe wird dem *Doppeltriebwagen* Re 4/8 301 zufallen, der gewissermassen aus zwei Roten Pfeilen zu einer Einheit zusammengesetzt wurde und z. Zt. an der Landesausstellung zu sehen ist. Der beson-

¹⁾ *Verzeichnis der Abkürzungen:*

AEG Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin. BBC A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden. BLS Berner Alpenbahn-Gesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon. BN Bern-Neuenburg-Bahn. BSB Bern-Schwarzenburg-Bahn. BT Bodensee-Toggenburg-Bahn. BTB Burgdorf-Thun-Bahn. DRB Deutsche Reichsbahn. EB Emmentalbahn. FS Ferrovie dello Stato (Italien). GE Co. General Electric Company, Schenectady. GTB Gürbetalbahn. MFO Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon. Rh.B Rhätische Bahn. SAAS Société Anonyme des Ateliers de Sécheron, Genève. SBB Schweizerische Bundesbahnen. SLMW Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur. SMB Solothurn-Münster-Bahn. SNCF Société Nationale des Chemins de fer Français. SOB Schweizerische Südostbahn. SSW Siemens-Schuckert-Werke, Berlin.

ders komfortablen Ausstattung wegen weist dieser Doppeltriebwagen bei 92 t Dienstgewicht und 112 Sitzplätzen eine spez. Tara von 820 kg auf.

Bei den SBB hat sich also eindeutig gezeigt, dass die unveränderliche Einheiten bildenden Alleinfahrer als einfache Triebwagen wie als Doppel- und Dreifachtriebwagen mit ihrem starren Sitzplatzangebot zu unelastisch sind, um sich in die Fahrordnungen mit ihrem von den Wochentagen, der Jahreszeit, der wirtschaftlichen Situation, dem Wetter und noch einer Reihe von Nebenumständen stark abhängigen Verkehrsaufkommen eingliedern zu lassen. Für Gesellschaftsfahrten, die sie rascher und unstreitig wesentlich bequemer als jeder Auto-car auszuführen vermögen, haben sich ihnen aber ganz neue Möglichkeiten erschlossen, an die noch vor wenigen Jahren niemand gedacht hat. Die Auflockerung des Personenverkehrs wird bei unserer Staatsbahn im innerschweizerischen Verkehr teils durch die älteren schweren Triebwagen gesucht und gefunden werden, die nicht nur Alleinfahrer sind, sondern eine Anzahl von Anhängern mitzuführen vermögen und mit diesen je nach Verkehrsaufkommen zu Triebwagenzügen in Vielfachsteuerung kombiniert werden können, teils aber durch leichte Gepäcktriebwagen Achsfolge B₀-B₀, von denen z. Zt. drei Stück als Serie RFe 4/4 601 im Bau sind, zunächst bestimmt für die Führung der Städte-Schnellzüge Zürich—Genf und umgekehrt und anderer Leichtzüge mit hohen Geschwindigkeiten. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Art von Fahrzeugen unseren Verhältnissen betriebstechnisch besonders gut entsprechen werden. Die Führung der schweren Schnellzüge wird nach wie vor ausgesprochenen Schnellzuglokomotiven mit vier einzeln angetriebenen, den zulässigen Achsdruck von 20 t bis zur Adhäsionsgrenze ausnützenden Radsätzen überlassen bleiben, wobei man aber in Zukunft mit zwei Laufachsen auskommen und auch bei uns zur symmetrischen Bauart Achsfolge 1 D₀ 1 kommen wird. Vier solche Lokomotiven Serie Ae 4/6 10801 wurden vor kurzem in Auftrag gegeben.

Bei unseren in diesem Zusammenhang zu erwähnenden Privatbahnen liegen die betriebstechnischen Anforderungen und Entwicklungen vor allem des kleineren Netzes wegen nicht ganz gleich. Ausgesprochene Alleinfahrer wurden dort von Anfang an nicht eingesetzt. Die BLS beschaffte in den letzten Jahren speziell für die Linien der ihr angeschlossenen Gesellschaften BSB, BN und GTB für den Zubringerdienst nach und von Bern eine Anzahl von vierachsigen Triebwagen Typ Ce 2/4, die als «Blaue Pfeile» den «Roten Pfeilen» der SBB entsprechen, im Gegensatz zu diesen aber nicht nur Alleinfahrer sind, d. h. eine gewisse Anhängelast mit führen können, dabei bei einem Angebot von 93 Sitzplätzen 34,7 t, also 373 kg/Sitzplatz wiegen²⁾. Auch die Doppeltriebwagen der gleichen Bahnverwaltung, Typ BCFZe 4/6, von denen einer an der Landesausstellung zu sehen ist (Fig. 1), und Typ CFZe 2/6 mit 139, bzw. 101 Sitzplätzen, 72, bzw.

²⁾ Die Angaben beziehen sich auf den Triebwagen Ce 2/4 726.

46,6 t Gewicht und 517, bzw. 460 kg spezifischer Tara sind nicht nur Alleinfahrer.

Die SOB und die Rh. B. konnten bei ihren Triebwagen schon gar nicht auf die Mitnahme von Anhängewagen verzichten. Die 50 t schweren Triebwagen der SOB, Typ CFZe 4/4, sollen fast den gan-

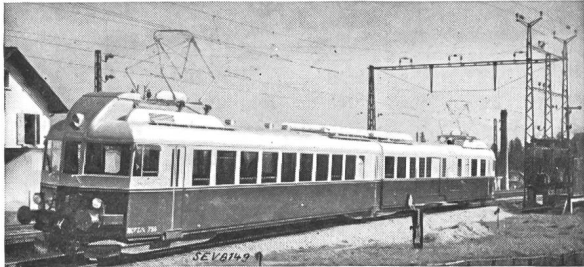


Fig. 1.
Leichttriebzug Typ BCFZe 4/6 der BLS.
Zugkraft einständig 3320 kg bei 68,5 km/h.
Höchstgeschwindigkeit 110 km/h.

zen, vor dem Fahrplanwechsel 1939 von Dampflokomotiven bewältigten Verkehr übernehmen, während bei der meterspurigen Rh. B. die 35 t schweren Triebwagen mit der Achsfolge B₀-B₀, 51 Sitzplätzen und 312 kg spezifischer Tara mit drei leichten Anhängern auf der Strecke Landquart—Davos (45 ‰ Steigung) mit einem totalen Taragewicht von 65 t 215 Reisende werden befördern können, bei einer spezifischen Tara von 320 kg pro Sitzplatz, während mit einer der vorhandenen C-C Lokomotiven der Serie 401 von 68 t Gewicht bei gleicher Sitzplatzkapazität des Zuges ein Taragewicht von 129 t befördert werden musste bei einem Aufwand von 600 kg pro Sitzplatz.

Die betriebspolitische Entwicklung bei den in Frage kommenden ausländischen Bahnverwaltungen folgt den gleichen Linien, abgesehen vielleicht davon, dass die Leichtbautendenz wenigstens speziell im elektrischen Triebwagenbau kaum so stark betont wurde wie bei uns. Bei der DRB (*Deutsche Reichsbahn*) wurden im Nah- und Fernverkehr Doppel- und Dreifachtriebwagen, darunter auch solche für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit, in Dienst gestellt. Die *Niederländischen Eisenbahnen* setzten auf den neu elektrifizierten Linien Zwei und Dreiwagenzüge mit der Achsanordnung 4/6 bzw. 8/12 für 120 km/h Maximalgeschwindigkeit ein. In Italien schufen die *Ferrovie dello Stato* (FS) zunächst zwischen Bologna und Neapel, seit 1938 zwischen Mailand und Neapel, mit den einzigen Zwischenhalten in Bologna, Florenz und Rom, mit ihren Dreiwagenzügen «Elettrotreni» der Serie ETR 201 die längste und schnellste direkte elektrische Bahnverbindung der Welt mit höchster Reisegeschwindigkeit. In Frankreich wurden bei der *Région de l'Ouest* der *Société Nationale des Chemins de fer Français* (SNCF) zwischen Paris und Le Mans einerseits Doppeltriebwagen aus nichtrostendem Stahl mit drei Drehgestellen zu zwei Triebachsen und, speziell für den Zubringerdienst, vierachsige Triebwagen (*Automotrices de ramassage*) je für 130 km/h Maximalgeschwindigkeit eingesetzt.

Mechanischer Aufbau.

Die Steigerung der Höchstgeschwindigkeit der *Triebwagen* in den Bereich zwischen 100 und 175 km/h musste auch bei diesen Fahrzeugen das Antriebsproblem neuerdings zur Diskussion stellen, das man jahrzehntelang durch den Tatzenlagermotor für diese Verhältnisse als gelöst anzusehen sich gewöhnt hatte.

Die *schweizerische* Praxis will den Tatzenlagermotor auf den Bereich kleiner und allenfalls mässiger Höchstgeschwindigkeiten beschränkt wissen. Die SAAS (S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève) hat bereits früher die Triebwagen der BT, dann der BTB, SMB und EB für nur 80, bzw. 75 km/h Höchstgeschwindigkeit wohl auch mit Rücksicht auf den schwächeren Oberbau dieser Nebenbahnlinien mit Sécheron-Federantrieb ausgerüstet. Bei den erwähnten Re 2/4-Triebwagen der SBB wendete BBC einen Federantrieb an, bei dem die immer nur auf Druck beanspruchten Federn samt den Druckstellen mit ihren Reibflächen unmittelbar ins grosse Zahnrad eingebaut sind, um erstere an der Zahnradschmierung teilhaben zu lassen, während die SAAS und die MFO für die Dreifachtriebwagen Re 8/12 501 und 502 der SBB modifizierte Federtopftriebe entwickelten, wobei die Federtöpfe auf einem besonderen, auf die Hohlwelle an deren der Antriebsseite abgekehrten Ende aufgedrückt sind und von dort aus entweder direkt (MFO) oder unter Zwischenschaltung von Stösseln mit sphärisch ausgebildeten Enden auf einen Mitnehmerstern drücken, der auf die Nabe des unmittelbar benachbarten Triebrades aufgezogen ist (SAAS).

Bei den *italienischen* Triebwagen ist gleichfalls der Tatzenlagermotor durchwegs vermieden und die von Bianchi herrührende Kupplung mit sechs radial gestellten Blattfederbündeln zur Anwendung gekommen, wobei diese, im Gegensatz zu den 2 C₀ 2- und 2 B₀-B₀ 2-Lokomotiven der Gruppen E 326 und E 428, mit den Triebrädern fest verbunden sind und innerhalb von sechs mit Rollen versehenen Klauen spielen, in die die Hohlwelle ausmündet. Die Motoren sind fest im Drehgestellrahmen befestigt und arbeiten mit ihren Ritzeln über ein Transportrad auf das auf der Hohlwelle sitzende Grosszahnrad.

Im Gegensatz hierzu scheint die *deutsche*, *französische* und *amerikanische* Praxis am Tatzenlagermotor auch für hohe Geschwindigkeiten festhalten zu wollen, was ausser den schnellfahrenden diesel-elektrischen Triebwagenzügen («Fliegender Hamburger», «Fliegender Kölner» etc.) auch der elektrische Doppel-Schnelltriebwagen el T 1901 für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit (SSW) zu bestätigen scheint, während die Doppelschnelltriebwagen el T 1902 (AEG) und el T 1900 (BBC) gleicher Höchstgeschwindigkeit mit Federtopftrieb Bauart AEG-Kleinow, bzw. BBC-Gelenkhebel-Einzelachsenantrieb ebenso Ausnahmen zu bilden scheinen, wie ein vierteiliger Diesel-elektrischer Triebwagenzug für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit mit dem eben erwähnten BBC-Federantrieb.

Bei den *Triebwagen städtischer Strassenbahnen* wird bekanntlich schon länger der Tatzenlagermotor nicht mehr ausschliesslich angewandt. Raschfahrende, für das Publikum komfortablere vierachsige und alleinfahrende Grossraumwagen, die in jeder Beziehung auch hinsichtlich Personalaufwand zweiachsigen Triebwagen mit Anhängern vorzuziehen sind, verlangten nach Motoren immer grösserer Leistung, die sich als Tatzenlagermotoren mittlerer Drehzahl, beengt durch die Spurweite, Raddurchmesser und Einstieghöhe, Zentrale und Abstand von Schienenoberkante kaum mehr ausführen liessen. Bemerkenswerte Neuerungen in dieser Richtung sind die Winkel-Stirnradantriebe sowie die Kardanantriebe, wobei der mit dem Getriebekasten fest verschraubte, bzw. fest im Rahmen sitzende hochtourige und damit in seinen Abmessungen kleine Motor entweder wie bisher üblich senkrecht zur Fahrtrichtung oder in deren Richtung angeordnet ist.

Rücksichten auf den *Lauf der Triebwagen* zwingen dazu, dem Problem des zweiachsigen Drehgestells neuerdings besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Als Erfolg dieser Studien gelangen speziell der schweizerischen Praxis in letzter Zeit sehr interessante Neukonstruktionen. *H. Liechty* erreicht durch einen sinnreichen, aber nicht gerade einfachen, vom Hauptkasten gesteuerten Hebelmechanismus individuelle Radialeinstellung der Radsätze, die entweder wieder nur Laufachsen oder aber motorisch angetrieben sein können. Der Zweck der Anordnung ist die völlige Eliminierung des statischen Führungsdruckes und die starke Verminderung dessen dynamischen Anteils. BBC entwickelte eine unter dem Namen *Simplex-Drehgestell* bekannte Konstruktion, unter Benützung des von der Waggonfabrik Uerdingen herrührenden Gedankens, das in Fahrtrichtung angeordnete Motorgehäuse selbst den Drehgestellrahmen bilden zu lassen.

Im *Lokomotivbau* ist der Stand der heute erreichten Entwicklung etwa folgender. Der Gesamtaufbau ist eindeutig bestimmt durch die Art des Antriebs. Als solcher kommt heute nur der individuelle Antrieb der Triebachsen, d. h. der Einzelachs Antrieb in Frage, wobei auch hier die einfachste und billigste Form, der Antrieb durch Tatzenlagermotoren, den Lokomotiven für geringe und mässige Höchstgeschwindigkeit zuzuordnen ist, während für ausgesprochene Schnellzugslokomotiven halbhoch und fest im abgefederten Rahmen gelagerte Motoren verwendet werden, die unter Zwischenschaltung allseitig beweglicher Kupplungen auf die Triebräder arbeiten. Unter diesen scheint die neuere Praxis gegenüber den vielgliedrigen Gelenkhebelmechanismen ziemlich eindeutig den Federkupplungen den Vorzug geben zu wollen. Unter den letzten dominieren ebenso eindeutig die Kupplungen, bei denen die Federn weder mit der Hohlwelle, an die alle diese Antriebe ebenso wie an den Aussenrahmen gebunden sind, noch mit den Speichen der Triebräder fest verbunden sind, sondern auf einem mehr oder weniger grossen Teil ihrer Länge von Federköpfen geführt werden, durch die einerseits die Fe-

dern, unabhängig von der Drehrichtung, nur auf Druck beansprucht werden, aber auch bei Schiefstellung der Radsätze Torsionsbeanspruchungen von den Federn — immer die Ursache der nach längerer Betriebsdauer auftretenden Ermüdungsbrüche — fast gänzlich ferngehalten werden. Eine u. U. vielversprechende Neuerung schweizerischer Provenienz kann der von BBC für grössere Raddurchmesser, also ausgesprochene Schnellzugslokomotiven, entwickelte *Federscheibenantrieb* bedeuten, der erstmalig versuchsweise auf einer 2 C₀ 1 Lokomotive der SBB eingebaut ist.

Um unter dem Gewicht des Rahmens mit seinen Aufbauten ein zu starkes Einsenken der Kupplungsfedern zu vermeiden, die mit den Radsatz-Tragfedern parallelgeschaltet sind, müssen die Tragfedern härter als sonst bemessen werden. Das bedeutet einen gewissen, allerdings nicht zu überschätzenden Nachteil, der mit dazu beigetragen haben mag, dass die französische Praxis neben Federtopf antrieben, in Fortsetzung bestehender Lokomotivreihen, auch weiterhin Gelenkhebelmechanismen verwendet, und zwar in Form des hier beidseits angewendeten BBC-Antriebes oder in Form des Lenkerparallelogramms der Alsthom, wobei je ein Drillingsmotor mit drei Armaturen auf je zwei Triebachsen arbeitet. Auch die SBB haben den «Universalantrieb Winterthur» in Verbindung mit einem trapezoidförmigen Rahmen als allseits bewegliche Kupplung bei einer weiteren 1B₀1B₀1 + 1B₀1B₀1-Lokomotive Nr. 11852, die an der Landesausstellung zu sehen ist (Fig. 2), sowie bei den bereits erwähnten vier 1 D₀ 1-Schnellzugslokomotiven Serie 10801 wieder verwenden lassen.

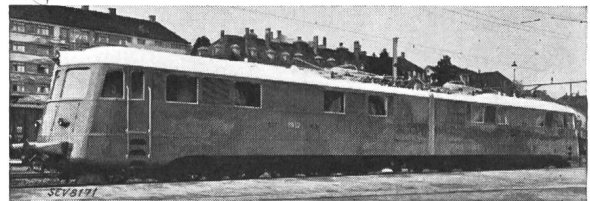


Fig. 2.

1 B₀ 1 B₀ 1 + 1 B₀ 1 B₀ 1-Lokomotive Nr. 11 852 der SBB.
Zugkraft einstündig 44 000 kg bei 72 km/h.
Höchstgeschwindigkeit 110 km/h.

Beim *Laufwerk* hat die Verwendung von Tatzenlagermotoren sowie die Notwendigkeit, bei allen Federantrieben Hohlwellen verwenden zu müssen, die die Triebachsen unzugänglich machen, zur Ausbildung besonderer, wohl geistreicher aber nicht einfacher Abarten der auslenkbaren Laufachse (Henschel & Sohn in Kassel) bzw. des Krauss-Helmholtz'schen Drehgestells (AEG-Kleinow) geführt. Die schweizerische Praxis beschritt hier schon vor Jahren den einfacheren Weg, durch Ausbildung des sogenannten Java-Drehgestells, das ohne Rücksicht auf den Antrieb, also auch bei Hohlwellenantrieben, wie bei dem bereits erwähnten Universalantrieb der SLMW, Laufachse und Triebachse wesentlich einfacher zu einem effektiven Drehgestell mit Radialeinstellung der Triebachse in der Kurve zu vereinen gestattet. Ausserdem bleibt aber bei Verwendung

des BBC-Federantriebs, bei Ausführung mit einem oder bei beidseitigem Antrieb mit zwei von einander unabhängigen, feststehenden Hohlwellenstummeln zwischen denselben die Triebachse frei zugänglich und würde damit die ungehinderte Ausbildung des Krauss-Gestells in der üblichen Weise gestatten, ohne dass die Triebachse von aussen her an ihren Enden gefasst werden müsste. Uebrigens aber scheint es im Hinblick auf die bereits erreichte Gewichtsverminderung beim elektrischen Teil schon heute durchaus möglich, dass man relativ leichte Lokomotiven beträchtlicher Leistung und hoher Geschwindigkeit in der Bauart von Gepäcktriebwagen, mit vier Triebachsen, also ohne Laufachsen zu bauen sich wird entschliessen können, eine Entwicklung, die durch die im Bau befindlichen Gepäcktriebwagen RFe 4/4 601 der SBB bereits eingeleitet wurde.

In diesem Zusammenhang sei schliesslich noch auf den ersten auf Pneus laufenden elektrischen Triebwagenzug in Frankreich hingewiesen, der sein Entstehen der Pionierarbeit der Firma *Michelin* und wieder ausschliesslich dem Bedürfnis verdankt, dem Publikum ein Mehr an Bequemlichkeit zu bieten. Der Nachteil der wesentlichen geringeren Belastungsfähigkeit eines Pneuradsatzes mit nicht mehr als etwa 2 t wird gemildert durch den etwa doppelt so grossen Adhäsionskoeffizienten zwischen Gummi und Stahl, der mit grosser Beschleunigung und Verzögerung anzufahren und zu bremsen gestattet. Schienenstösse werden für die Fahrgäste unmerklich überfahren. Der erste bis jetzt gebaute Dreiwagenzug dieser Art wiegt bei 180 Sitzplätzen nur 32 t oder 178 kg pro Sitzplatz, während die Stundenleistung pro t Tara 17,5 kW beträgt³⁾.

Elektrische Ausrüstung.

Auch die Neuentwicklungen bei der *elektrischen Ausrüstung* werden durch die vereinigten Forderungen nach Steigerung der Geschwindigkeit, der Bequemlichkeit und der Wirtschaftlichkeit eindeutig beeinflusst.

Vollbahnen.

Bei den *Stromabnehmern* verlangte die Steigerung der Geschwindigkeit eine Verminderung der Masse, die aber mit Rücksicht auf den beträchtlichen Luftwiderstand nicht auf Kosten der Steifigkeit gehen durfte. Es wurden windschnittige Bauarten von Stromabnehmern für Geschwindigkeiten von 160 km/h mit 160 kg Eigengewicht entwickelt, während Stromabnehmer älterer Bauart 500 kg wogen. Kohleschleifstücke dürften je länger je mehr zur Verminderung von Radiostörungen die Regel werden.

Der *Hauptschalter* für grössere Wechselstromfahrzeuge wird heute häufiger als Pressluftschalter gebaut, dem auch Abschaltungen auf der Primärseite des Transformators zugemutet werden können, die man von dem Hauptölschalter bisheriger Bauart und höherem Gewicht glaubte fernhalten zu

sollen. Aber auch für Gleichstromfahrzeuge höherer Spannung liegen bereits Entwürfe für Schalter vor, bei denen Pressluft als Löschmedium für den Abschaltlichtbogen dient. Die bis jetzt verwendeten Gleichstrom-Hauptschalter mit ihrem erheblichen konstruktiven Aufwand zur magnetischen Lichtbogenlöschung wären damit ebenso vermieden wie die neben diesen viel verwendeten zu zwei bis drei in Serie geschaltete Hauptschütze, die man häufig nur hochohmige Dämpfungswiderstände vorschalten liess, um ihnen nicht die völlige Kurzschlussabschaltung zumuten zu müssen. Daneben aber wird neuerdings bei vielen Wechselstrom-Triebwagen, wie auch z. Zt. bei kleineren Lokomotiven als primärer Ueberstromschutz anstatt eines Hauptschalters eine Sicherung verwendet, in Form eines innerhalb eines geerdeten Rahmens ausgespannten oder eines in ein Rohr eingeschlossenen Schmelzdrahtes, während als Ueberstromschutz im Sekundärkreis Schütze dienen.

Die *Transformatoren* von Lokomotiven und Triebwagen werden heute in Europa einheitlich als Oeltransformatoren ausgeführt. Soweit als möglich, namentlich bei Triebwagen, sucht man die Verlustwärme durch Vergrösserung der Kastenoberfläche, durch Kühlflaschen oder Henkelrohre abzuführen. Bei grösseren Leistungen werden hingegen intensiv durchlüftete Oelkühler verwendet, die an den Oelkasten entweder unmittelbar angebaut oder getrennt angeordnet werden, ebenso wie die stopfbüchsenlos ausgeführte Oelpumpe. Bei Triebwagen baut man die Transformatoren zur Einhaltung einer geringen Bodenhöhe neuerdings oft in Vorbauten vor den Führerständen oder gemäss einem Vorschlag der SAAS ins Wagendach ein, eine Anordnung, bei der die Parteien mit der heissesten Oelschicht dem natürlichen, bei Fahrt entstehenden Luftzug ausgesetzt werden können; ausserdem bewirkt die höhere Schwerpunktslage vorteilhafterweise eine Verminderung des maximalen Seitendrucks zwischen Rad und Schiene bei den Schlingerbewegungen um die durch den Schwerpunkt gehende Fahrzeuglängsachse.

Eine interessante Weiterentwicklung macht die *Steuerung* durch. Von Amerika her setzte sich die Erkenntnis durch, dass nicht der absolute Höchstwert der Beschleunigung, sondern dessen Aenderung von den Fahrgästen unangenehm empfunden wird. Kann dieser Höchstwert oder, was auf dasselbe herauskommt, die Anfahrzugkraft vom Stillstand weg über die ganze Beschleunigungsdauer bis zum Erreichen der vollen Geschwindigkeit unverändert aufrecht erhalten werden, dann kann wesentlich rascher als bisher üblich beschleunigt werden. Bei Lokomotiven für Schnell- und Güterzüge mit grossen Stationsentfernungen genügt dieser Forderung eine Steuerung mit vielen Stufen, die die deutsche Praxis bei Einphasen-Lokomotiven durch Einfügung eines Feinreglers zwischen die Hauptstufen geschaffen hat. Die schweizerische Praxis vermeidet die Verwendung dieses zusätzlichen Apparates mit Schleifringen und kollektorartig ausgebildeter Kontaktbahn und darüber hinaus die massiven Hoch-

³⁾ Es wird hier überall die internationale Einheit der Leistung, das Kilowatt (kW) verwendet, nicht das PS.

stromanzapfungen auf der Unterspannungsseite des Transformators, indem die Steuerung auf dessen Oberspannungsseite verlegt wird. Regulier- und Haupttransformator, die damit erforderlich werden, baut BBC in ein dreisäuliges Gestell zusammen, wovon die eine Säule den Reguliertransformator, die andere den Haupttransformator und die dritte unbewickelte den magnetischen Rückschluss für beide bildet. Die MFO führt Regulier- und Leistungstransformator getrennt aus und baut diesen aus zwei Transformatoren mit je einer bewickelten und einer unbewickelten Säule zusammen, um in differentieller Spannungssteigerung beim Aufwärtsschalten bald der einen, bald der anderen Säulenwicklung vom Reguliertransformator her die höhere Spannung aufdrücken zu können. Nachdem man bis vor kurzem mit der Stufenzahl, um Anzapfungen am Transformator und Schaltelemente zu sparen, entschieden zu tief ging, erhöhte man neuerdings die Stufenzahl derart, dass die Stufensprünge fast oder gar nicht mehr bemerkbar werden. Der bei Ueberschaltspulen im Schaltmoment auf den unteren Stufen auftretende Spannungsabfall wurde durch passende Anzapfungen nahezu beseitigt (MFO). Bei Fahrzeugen mit gestuften Bremswiderständen können diese zur Erhöhung der Fahrstufen praktisch ohne Mehraufwand herangezogen werden (MFO bei den Gepäcktriebwagen RFe 4/4 601). Eine völlig stufenlose Steuerung, für die speziell bei grösseren Triebwagen und Triebwagenzügen ein Bedürfnis vorliegt, entwickelte BBC, wobei die Transformator-Unterspannungswicklung ohne Anzapfungen, dafür aber blank ausgeführt wird, um von einem auf Rollen laufenden Stromabnehmer bestrichen zu werden. Beim Anfahren wird damit die den Motoren aufzudrückende Spannung von einem Minimalwert ausgehend absolut stetig gesteigert.

Die *deutsche Praxis* bevorzugt auch bei den Triebwagen das Nockenschaltwerk zuerst ohne Feinregler in Form sogenannter «Schaltmaschinen», die überwacht von einem Strombegrenzungsrelais bis zur Endstellung aufwärts schalten. Die Schaltmaschinen werden betätigt entweder durch einen Drehmagneten (BBC), oder von einem kleinen durchlaufenden Gleichstrommotor über eine kinematische Getriebekupplung (AEG), die eine fortlaufende Drehbewegung in eine taktmässige Schaltbewegung umwandelt, oder durch rein elektromotorischen Antrieb über ein Vorgelege (SSW).

Ausserdem sind nach wie vor die Schützensteuerungen zahlenmässig stark vertreten, sowohl für Lokomotiven als für Triebwagen. Neben den Steuerungen mit elektropneumatischen Schützen ist es besonders die mechanisch-pneumatische Steuerung der SAAS für unmittelbaren Handantrieb, die sich in neueren Leichttriebfahrzeugen ebenso sehr bewährt hat wie bei den 1 Co-Co 1-Lokomotiven der Serie 201 der BLS und bei zahlreichen Gleichstrom-Fahrzeugen.

Die Dimensionierungstechnik der *Wechselstrom-Motoren* hat im Verein mit der Durchforschung des Kommutationsvorganges zu Maschinen geführt, die

im Betriebsverhalten den Gleichstrommotoren praktisch gleich sind. Die verlust- und die kühltechnische Entwicklung sowie die baulich gewichtsparenden Fortschritte verkleinerten den Motor ständig und verminderten auch dessen Gewicht. Ein Vergleich der ausländischen Konstruktionen mit den schweizerischen ergibt, dass die schweizerische Praxis bei ihren Entwürfen hinsichtlich Gewicht und Kühltechnik stets um mehrere Jahre voraus war. Die Umfangsgeschwindigkeiten dagegen waren bei den deutschen Motoren zeitweise höher. Das Motorgewicht pro kW Dauerleistung ist innerhalb weniger Jahre von 100 auf rund 70 % gesunken. Da die Umfangsgeschwindigkeiten der kleineren Leichttriebwagenmotoren gegenüber den grossen Lokomotivmotoren beibehalten wurden, sind jene hochtourig. Schweisskonstruktionen finden mehr und mehr Eingang, mindestens für die Gehäuse.

Die Hilfseinrichtungen wurden vor allem weitgehend vereinfacht, wobei in einer Summe von Kleinarbeit interessante Neuerungen geschaffen wurden. Eine endlich zweckmässige und vor allem völlig ungefährliche, als Antenne wirkende Anzeigevorrichtung für das Vorhandensein von Spannung am Fahrdraht besteht in dem von der MFO entwickelten «magischen Auge».

Strassenbahnen.

Bei den *Strassenbahntriebwagen*, bei denen eine wesentliche Steigerung der Höchstgeschwindigkeit im dichten Stadtverkehr ohnehin kaum in Frage kommt, kann eine Erhöhung der Reisegeschwindigkeit nur durch Schnellanfahrt bzw. Schnellbremsung, d. h. durch grössere Beschleunigung und Verzögerung erzielt werden. Schnellbremsung wurde früher nur im Notfall angewendet, Schnellanfahrt unterblieb jedoch ganz. Diese ist aber im Grossstadtverkehr dringend nötig, weil die Zahl der Fahrthindernisse (gesperrte Strassenkreuzungen etc.) ständig zunimmt. Auch muss vermieden werden, dass die Strassenbahn infolge mangelnden Beschleunigungsvermögens zurückbleibt, wenn alle wartenden Verkehrsmittel nach der Freigabe einer Strassenkreuzung gleichzeitig losfahren. Auf diese Entwicklungen im städtischen Verkehr ist die Entstehung der Kontroller mit Hunderten von Fahrstufen zurückzuführen, die als Zentralkontroller unter dem Kastenboden angeordnet werden und deren Kontaktapparat von den Führerständen aus mechanisch betätigt wird. Die Anzapfungen des Anfahrwiderstandes sind zu ebenausgestreckten oder in Zylinderform (kollektorartig) ausgebildeten Kontaktbahnen geführt. Diese Feinstufenkontroller, bei denen gelegentlich auch unter Verzicht auf die energiesparende Serie-Parallelgruppierung der Motoren gleich in Parallelschaltung oder sogar Feldschwächung angefahren wird, fanden von Amerika her auch in Europa Eingang, neuerdings auch in der Form, dass ein feinstufiger Regelwiderstand mit kollektorartiger Kontaktbahn zu einem aus wenigen Gruppen bestehenden Hauptwiderstand mehrmals parallel geschaltet wird (AEG). Doch beginnt man, wenigstens in Europa, den empfindlichen Feinstufenkontroller

für eine zu weitgehende Lösung zu halten, zumal die Steigerung der Fahrstufenzahl über 25 bei den üblichen Reisegeschwindigkeiten der Strassenbahnen hinsichtlich Stromstossverminderung überflüssig ist und keine wesentliche Ersparnis im Energieverbrauch mehr bringt. Glaubt man mehr als 25, also beispielsweise 38 bis 40 Fahrstufen (etwa 21 Serie- und 17 Parallel-) und vielleicht 20 Bremsstufen anwenden zu sollen, was bei Strassenbahnen, Trolleybussen, Stadt-, Untergrund und Vorortbahnen manchmal verlangt und nach Ansicht der schweizerischen Praxis sicher ausreichen wird, dann können Schaltelemente mit individueller Blasung, die eine eindeutige Rastierung verlangen, nicht mehr verwendet werden, ganz abgesehen von ihrem höheren Raumbedarf. Es wird in solchen Fällen zuverlässigerweise der amerikanischen «line-switch»-Steuerung der Vorzug zu geben sein, bei der Einzelschalter mit einem Netzschalter so zusammenarbeiten, dass Leistung ausschliesslich und zuerst vom Netzschalter abgeschaltet wird, während die Einzelschalter Stromkreise schliessen, jedoch nicht unter Strom öffnen. Der Verzicht auf stufenweises Abschalten muss dann in Kauf genommen werden und ist betriebstechnisch zulässig. Die Schaltelemente können infolgedessen ohne Blasspulen ausgeführt werden und beanspruchen daher in der Höhe wenig Platz.

Die Motoren werden sehr hoctourig gebaut, mit kleinen äusseren Abmessungen. Shuntstufen sind in jeder Gruppierung die Regel, mit maximal 50 % Feldschwächung. Den wohl teureren aber betriebstechnisch wesentlich vorteilhafteren induktiven Shunts wird der Vorzug gegeben.

Trolleybusse.

In sehr rascher Zunahme ist die Verbreitung des *Trolleybus*. Auch hier war es das Bedürfnis, dem Publikum ein gegenüber der Strassenbahn, wie gegenüber dem Benzinbus bequemes und rasches Vehikel zur Verfügung zu stellen, das zur Entwicklung dieses an sich längst bekannten Fahrzeuges führte, die in England und Amerika zu Anfang der Zwanzigerjahre, auf dem europäischen Kontinent im wesentlichen volle zehn Jahre später einsetzte. Diese verhältnismässig kurze Entwicklungsdauer erklärt die heutige Verschiedenheit der bestehenden Konstruktionen und Anschauungen.

Auf dem *Kontinent* herrschen zweiachsige und einstöckige Fahrzeuge vor, die bis zu 50 Fahrgäste zu fassen vermögen; wesentlich seltener sind dreiachsige Wagen mit einem Fassungsraum von 70 Personen, die sich nur in Italien in grösserer Zahl finden. Zur Kraftübertragung werden bis jetzt vorwiegend Kegel- und Stirnradgetriebe, seltener Schneckengetriebe verwendet. In England dominiert der dreiachsige und doppelstöckige Wagen, wobei ausschliesslich Schneckenradgetriebe zur Anwendung kommen. Die *amerikanische Praxis* baut vorwiegend einstöckige und zweiachsige Wagen, wobei bei zweimotorigem Antrieb Schneckengetriebe, bei einmotorigem Antrieb auch doppelte Zahnradgetriebe zur Anwendung kommen.

Als *Stromabnehmer* dienen zwei Stangen mit Rollen oder aber kurzen, allseits drehbaren Schuhen, wobei u. A. Kohlschleifstücke verwendet werden.

Die *Motoren* sind sehr raschlaufend, wobei Drehzahlen von 3000/min und darüber (entsprechend der Höchstgeschwindigkeit) die Regel sind. Ein solcher schnelllaufender Motor — auch in der Ausführung als Doppelmotor oder Doppel-Kollektormotor — wird in Wagenmitte innerhalb der Fahrgestell-Längsträger unter dem Wagenfussboden angeordnet und treibt über Kardanwelle, Hinterachs- und Ausgleichgetriebe die Hinterräder an. Zwei Motoren bieten den Vorteil der wirtschaftlichen Reihenparallelschaltung auf Kosten des Gewichtes und einer komplizierteren Apparatur. An *Steuerungen* findet man unmittelbar betätigte Controller oder selbsttätig, d. h. stromabhängig, oder nicht selbsttätig arbeitende Schaltwerke oder Schützensteuerungen, wobei die selbsttätigen Steuerungen nur für den Betrieb auf ebener Strecke verwendet werden sollten. Die englische Praxis verwendet bei ihren einmotorigen Wagen soviel wie ausschliesslich nicht selbsttätig schaltende Schützensteuerungen. Allerdings entwickelt die amerikanische Praxis die *veränderliche selbsttätige Schützensteuerung*, die den Mangel der Nichtanpassungsfähigkeit der selbsttätigen Steuerung an wechselnde Streckenneigung und Fahrzeug-Gewicht bis zu einem gewissen Grade beseitigt und eine Auswahl von Anfahrbeschleunigungen zwischen 0,5 und 1,5 m/s² ermöglicht. Die *englische* und z. T. die schweizerische Praxis gleicht die geringere Wirtschaftlichkeit der einmotorigen Anordnung durch Verwendung einer relativ grossen Zahl von (wirtschaftlichen) Feldschwächungsstufen aus. Das Bedürfnis nach feinstufigen Steuerungen ist also auch hier vorhanden, das beispielsweise die AEG durch ihren Schwingregler befriedigt. Seit dem Jahre 1931 beteiligt sich die MFO am Bau der Trolleybusse in England.

Die erste moderne Trolleybuslinie unseres Landes war die von *Lausanne* nach *Ouchy*, die am 1. November 1932 dem Betrieb übergeben wurde. Hier benützte BBC für den Antrieb der drei zweiachsigen Wagen einen einzigen Seriomotor gewöhnlicher Bauart und nicht selbsttätige Schützensteuerung durch zwei durch Pedale betätigte Meistercontroller. Gelegentlich der Ausdehnung des Trolleybusbetriebes in Lausanne wurden in den Jahren 1937/1938 insgesamt 33 Trolleybusse beschafft, die mit Rücksicht auf Nutzbremmung je mit einem Compoundmotor und einem durch ein Fahr- und Bremspedal unmittelbar betätigten Nockencontroller ausgerüstet wurden.

Ferner wurde die Strecke *Winterthur-Wülflingen* auf Trolleybus-Betrieb umgestellt. Seit Anfang dieses Jahres verkehren dort gleichfalls zweiachsige Wagen, ausgerüstet mit einem Serie-Motor, wobei BBC erstmalig eine feinstufige «line-switch»-Steuerung mit 21 Fahr- und 21 Bremsstufen zur Anwendung brachte.

In *Zürich* wurde gleichzeitig mit der Eröffnung der fünften Schweiz. Landesausstellung die bisher

von Autobussen befahrene Strecke *Bezirksgerichtsgebäude-Bucheggplatz* auf Trolleybusbetrieb umgestellt. Hier rüsten die MFO drei der insgesamt sechs zweiachsigen einmotorigen Wagen mit Reihenschlussmotoren und drei mit Compoundmotoren aus, so dass sich Gelegenheit geben wird, beide Motorarten für Trolleybusbetrieb unter genau gleichen Bedingungen hinsichtlich ihrem Betriebsverhalten zu vergleichen und eine heute noch umstrittene Frage eindeutig zu beantworten. Haupt- und Widerstandsschalter des Hauptstromkreises sind bei diesen Wagen elektromagnetisch betätigte Schützen.

Im Bau befinden sich z. Zt. bei uns die Trolleybus-Strecken *Neuenburg-Serrières* mit drei zweiachsigen Wagen und der erwähnten «line-switch»-Steuerung von BBC. Ferner stellen die *Rheintalischen Strassenbahnen* die Strecke *Altstätten-Heerbrugg-Berneck* auf Trolleybusbetrieb um, wobei zum erstenmal bei einer Trolleybus-Anlage eine Fahrdrachtspannung von 1100 V zur Anwendung kommt. Die SAAS verwendet beim Antrieb der fünf zweiachsigen Wagen einen Doppelanker-Seriemotor, wegen der hohen Fahrdrachtspannung in dauernder Reihenschaltung, und zur Steuerung elektro-pneumatische Schützen.

Als Ueberstromschutz werden entweder elektromagnetisch gesteuerte Nockenschalterschütze, sog. Leistungsunterbrecher, auf dem Wagendach in der Plus- und Minusleitung oder aber durch Ueberstromrelais gesteuerte Hüpfervorgesehen.

Bremung.

Die Steigerung der Höchstgeschwindigkeit führte bei allen diesen Fahrzeugen zur Forderung nach besseren Bremsen, sei es zur längeren Ausnutzung der Höchstgeschwindigkeit, sei es zur Verkürzung der Bremswege bei Gefahrenbremsung, sei es zur Beibehaltung der bestehenden Signalabstände. Das Bremsproblem erlangte daher neuerdings grosse Bedeutung.

Da der Reibungskoeffizient der gusseisernen Bremsklötze auf den stählernen Radreifen bei hohen Geschwindigkeiten etwa 0,065 beträgt, um bei Geschwindigkeiten von ca. 70 km/h abwärts erst langsam, dann immer schneller zu wachsen, so müsste bei Steigerung der Bremsung auf höhere Werte als 80 % des Achsdruckes bei einer bestimmten Geschwindigkeit während der Verzögerung der Haftwert überschritten werden, d. h. die Räder würden festgebremst werden und das Fahrzeug ins Gleiten kommen; besondere Vorrichtungen müssen daher vorher die Abbremsung vermindern. Solche Vorrichtungen, die auch die Aufgabe erfüllen müssen, jeweils vorlaufende Laufachsen wesentlich geringer abzubremsen als die jeweils nachlaufenden, wurden erstmalig bei den 1D₀1-Lokomotiven der Serie E 18 der DRB angewendet; sie sind noch recht kompliziert und ausserdem insofern noch nicht befriedigend, als die Verminderung der Abbremsung nur zweistufig erfolgt, während sie feinstufig oder wenn möglich stetig erfolgen sollte. Die schweizerische Praxis arbeitet an einer befriedigenden Lösung dieses schwierigen Problems.

Bei der bereits erwähnten 1D₀1-Lokomotive Serie E 19 der DRB wird mit der mechanischen eine elektrische Widerstands-Bremse kombiniert. Die elektrische Bremse setzt bei 180 km/h mit insgesamt 9500 kg ein, lässt in ihrer Wirkung mit abnehmender Geschwindigkeit schnell nach und erzeugt bei 60 km/h nur noch 1000 kg, um unter dieser Geschwindigkeit durch einen Fliehkraftschalter abgeschaltet zu werden.

Während bei diesen ausgesprochenen Flachlandlokomotiven die elektrische Bremsung lediglich die Funktion hat, die Druckluftbremse bei der Verzögerung bis zum Stillstand zu unterstützen, ist ihre Aufgabe wesentlich bedeutungsvoller, wenn mit ihrer Hilfe zur Schonung der Bremsklötze und der Triebadreifen lange Gefällstrecken mit konstanter Geschwindigkeit durchfahren werden sollen. Während sowohl Nutz- wie Widerstandsbremsung für Gleich- und Wechselstromfahrzeuge als Gefällsbremse angewendet werden, tritt als Verzögerungsbremse die Widerstandsbremsung vorwiegend auf. Bei der Widerstandsbremsung für Einphasenfahrzeuge können die von den Radachsen angetriebenen und damit zu Generatoren werdenden Motoren entweder selbsterregt oder vom Netz her mittels Wechselstrom oder von einer mit einer Batterie zusammenarbeitenden Umformergruppe mit Gleichstrom erregt werden. Alle drei Formen in allen Varianten wurden von der schweizerischen Praxis entwickelt und erstmalig ausgeführt, wobei die Gleichstromerregung mit Regulierung im Erregerkreis der Erregermaschine der Umformergruppe eine sehr weitgehende und feinstufige Anpassung des Bremsmomentes an Zugsgewicht und Gefälle ermöglicht. Aber auch unmittelbare Regulierung des Bremswiderstandes ist möglich und bei den Triebwagen Re 2/4 Serie 201, Re 8/12 501 und RFe 4/4 601 ausgeführt worden.

Vollbahnen.

Bei den *Triebwagen* und *Triebwagenzügen* der Vollbahnen kann die elektrische Bremsung die gleiche Funktion erfüllen, wengleich hier die rasche Verminderung der Geschwindigkeit etwa auch vor Einfahrt in eine Kurve, um bei Ausfahrt rasch wieder aus derselben beschleunigen zu können, ebenfalls bedeutungsvoll ist. Bei den «Roten Pfeilen» der SBB (Re 2/4 Triebwagen der Serie 201) ist eine Widerstandsbremsung mit Gleichstromvorerregung und, wie erwähnt, stufenweiser Regulierung des Bremswiderstandes vorgesehen, wobei in den letzten Bremsstufen gleichzeitig auch eine Druckluft-Bremse der beiden Laufachsen einsetzt. Bei den Dreiwagenzügen Re 8/12 501 und 502 der SBB ist die Bremsung analog. Hingegen arbeiten beim Doppeltriebwagen Re 4/8 301 der SBB die vier Triebmotoren unter Fremderregung von einer besonderen Erregermaschine je zu zwei in Reihe auf einen konstanten Bremswiderstand. Beim Ausbleiben der Netzspannung wird der auf der gleichen Welle sitzende Beleuchtungsgenerator unter Speisung von der Batterie aus zum Antriebsmotor der Gruppe, so dass bis zum Erschöpfen der Batterie

auch Bremsung unabhängig vom Fahrdrabt möglich ist. Die Bremsung der vier Achsen der beiden Laufgestelle erfolgt entweder jederzeit willkürlich oder nach entsprechender Manipulation des Führers selbsttätig im Bereich über 50 km/h mit gleichzeitigem Sanden. Unterhalb 50 km/h tritt zur elektrischen Bremsung der Triebachsen noch eine mittels elektro-pneumatischen Ventilen gesteuerte Druckluft-Zusatzbremse der Laufachsen in Tätigkeit. Gleichstrom-Fremderregung kommt auch bei den neuen Leichttriebwagen der Rh.B zur Anwendung, in gleicher Art wie bei den älteren C-C-Lokomotiven Serie 401 der gleichen Bahnverwaltung.

Die SAAS bevorzugt konsequenterweise auf den neuen Triebwagen und Triebwagenzügen der BLS und der ihr angeschlossenen Bahnverwaltungen bei der elektrischen Bremsung die im schaltungstechnischen Aufbau sicherlich einfachere Wechselstrom-Fremderregung, unter bewusstem Verzicht auf Unabhängigkeit von der Netzspannung.

Bei den sehr häufig anhaltenden vierachsigen Triebwagen (Automotrices de ramassage⁴) der Région de l'Ouest der SNCF wird eine von einem und demselben Handhebel bediente kombinierte mechanisch-elektrische Bremsung angewendet, so zwar, dass zunächst bis zur ersten Stufe nur die mechanische Bremsung mit 20 % Abbremsung wirkt, auf die sich zwischen der zweiten und dritten und dritten und vierten Stufe die elektrische Bremsung in zwei Stufen darüberbaut. Nach der vierten Stufe wird die elektrische Bremsung abgeschaltet und die mechanische Bremse bis zur fünften Stufe auf ihren Höchstwert gebracht. Bei elektrischer Bremsung werden die vier Motoren in Reihe auf einen unveränderlichen Widerstand geschlossen und von einer Erregermaschine fremderregt; die Regulierung erfolgt in zwei Stufen im Erregerkreis.

Nutzbremung ist bei *Vollbahntriebwagen* ebenfalls anwendbar. Bei den Triebwagen der SOB wird eine Schaltung angewendet, bei der im Erregerkreis ein Kondensator eingeschaltet ist, dessen Kapazität, um Erregerstrom und Ankerstrom miteinander in Phase zu halten, durch ein auf Phasenverschiebung zwischen beiden Strömen ansprechendes Regelorgan verändert wird (BBC). Die Einphasen-Regenerationsbremse System Behn-Eschenburg der MFO eignet sich infolge ihrer Einfachheit gleich gut für Lokomotiven und Triebwagen, besonders auch deshalb, weil sie Abbremsung eines Fahrzeuges bis zum Stillstand gestattet.

Strassenbahnen und Trolleybusse.

Bei den *Triebwagen* städtischer *Strassenbahnen* wird die Widerstandsbremung, beeinflusst von der amerikanischen Praxis, gelegentlich feinstufig ausgeführt. Doch setzt sich in Europa immer mehr die Erkenntnis durch, dass eine vielstufige Regulierung vollkommen ausreicht. So weisen moderne Führerstands-Nockenkontroller, wie erwähnt, ca. 23 Fahr- und ca. 17 Bremsstufen auf, was allenfalls unter Zuhilfenahme von Schienenbremsen vollauf genügt, um die Bremsverzögerung heute in der Grössen-

ordnung von 2,1 bis 2,7 m/s² ziemlich unverändert zu halten.

Nutzbremung blieb bei Strassenbahntriebwagen bis jetzt auf Einzelfälle beschränkt.

Beim Ueberbremsen tritt ein Gleiten der Räder mit Verlust der Bremswirkung auf, wobei der Bremsstrom vom erreichten Höchstwert auf Null abfällt. Infolge der wesentlich grösseren Reibung zwischen Gummirad und Strassendecke gegenüber Stahlrad und Schiene ist dieser maximal auftretende Bremsstrom beim *Trolleybus* wesentlich höher, d. h. es können beim Bremsen bei etwa zweifacher Betriebsspannung Stromstärken bis zum 5 bis 6fachen des der Stundenleistung entsprechenden Stromes und Bremsmomente von 6 bis 8fachem Normalwert auftreten. Uebermässige Ströme werden durch Schaltung oder Auslösung vermieden.

Um diese Verhältnisse zu verbessern und auch um die Vorteile der Nutzbremung auszunützen, verwendete die schweizerische Praxis (BBC und MFO) in zwei bereits erwähnten besonderen Fällen (Lausanne und Zürich) den namentlich im englischen Trolleybusbetrieb sehr viel verwendeten Compoundmotor. Da aber trotz Verwendung eines entsprechend grösseren Motors Nutzbremung nur bei Geschwindigkeiten bis etwa 20 km/h herunter praktisch möglich ist, bleibt die Widerstandsbremung für tiefere Geschwindigkeiten beibehalten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Steigerung der Höchstgeschwindigkeit zu intensiver Entwicklungsarbeit auf dem Gebiete der Bremsen Anlass gegeben hat, die aber noch keinen Abschluss erkennen lässt. Es steht zu erwarten, dass die Kombination von mechanischer und elektrischer Bremsung noch interessante Lösungen zeitigen wird.

Zahnradfahrzeuge.

Auch bei den Zahnradfahrzeugen treten die *Triebwagen* leichter Bauart immer mehr in den Vordergrund und werden schon heute überall dort vorgesehen, wo nur Personenbeförderung in Frage kommt, eine Entwicklung, die wieder ganz eindeutig durch die Forderung nach Erhöhung der Geschwindigkeit, Bequemlichkeit und Wirtschaftlichkeit bedingt ist. Die schweizerische Praxis, die auf diesem Gebiete wohl über die grösste und älteste Erfahrung verfügt, brachte auch die ersten Zahnradleichttriebwagen heraus, und zwar zunächst die zweiachsigen Triebwagen der wegen ihrer extrem hohen Steigung von maximal 480 ‰ wie infolge der Locherschen Zahnstange mit seitlichem Zahneingriff besonders beachtenswerten *Pilatusbahn*, bei denen äusserste Gewichtsökonomie besonders wichtig war. Zwei talseitig in der Fahrzeuglängsachse angeordnete und gleichzeitig innerhalb des Wagenuntergestells als Querversteifung vereinigte Motoren arbeiten je über eine Kegelrad- und eine Stirnradübersetzung (total 1:18) auf je ein Triebzahnrad. Es sind 40 Sitzplätze vorhanden, was bei einer gesamten Tara von 9,6 t einem Gewicht von 240 kg pro Sitzplatz entspricht. Bei der *Rigi-Bahn* konnte wegen der für Bergbahnen ungewöhnlich gewordenen Normalspur die ganze Leistung in den zwei Motoren

⁴) Elektrische Ausrüstung MFO-Alsthom.

des hier erstmalig bergseitig angeordneten Drehgestelles untergebracht werden, die je über Doppelvorlege auf die ihnen zugeordneten Triebzahnäder arbeiten, die fest auf den Radachsen sitzen. Der Triebwagen der Rigi-Bahn wiegt nur 16,7 t, d. h. nur 210 kg pro Sitzplatz.

Die Triebwagen der Bahn *Glion-Rochers de Naye* sind Alleinfahrer von 14,7 t Gewicht und 210 kg spezifischer Tara. Hier sind beide Drehgestelle je mit einem Motor ausgerüstet, der wegen der kleinen Spurweite von nur 800 mm je in der Fahrzeuglängsrichtung angeordnet ist und daher über ein Stirnradvorlege, eine Kardanwelle und eine Kegellradübersetzung je auf eine mit einem Triebzahnrad versehene Radachse arbeitet.

Bei allen diesen drei Bergbahnen beträgt die Fahrdrachtspannung 1500 V. Bei Talfahrt kommt Widerstandsbremung zur Anwendung.

Dieselelektrische und Gasturbinen-Fahrzeuge.

Die *dieselelektrische* Traktion gewinnt immer mehr an Bedeutung und nimmt einen stets grösseren Umfang an, wobei in der letzten Zeit diesseits wie jenseits des Ozeans Grosslokomotiven im Vordergrund des Interesses standen. Unter diesen seien die beiden Lokomotiven $2C_02 + 2C_02$ mit 3280 kW Dieselmotorleistung für die *Région Sud-Est* der SNCF genannt, von denen eine mit elektrischer Ausrüstung, Bauart Sécheron, und mit dem bereits erwähnten Einzelachsenantrieb Meyfarth-Sécheron versehen ist. Etwa gleichzeitig entstand die $2D_01 + 1D_02$ -Lokomotive der *Rumänischen Staatsbahnen* mit 3240 kW und elektrischer Ausrüstung von BBC, von der auch die Abgasturbogebälse zur Aufladung der Dieselmotoren geliefert wurden. Das Gegenstück zu diesen europäischen Schöpfungen bilden die *amerikanischen* Grosslokomotiven, die mit ihren aus rostfreiem Stahl aufgebauten, mit raffiniertem Luxus ausgestatteten Wagen in sich geschlossene Stromlinienzüge bilden, die für sehr grosse Entfernungen eingesetzt werden. Schon etwas älteren Datums sind die Diesel-Schnellzüge der Chicago-Burlington & Quincy Rly, die für den Nachtverkehr zwischen Chicago und Denver als Schlafwagenzüge unter dem Namen «Zephyrzüge» eingesetzt werden. Aus jüngster Zeit stammen die Dieselizege der *Union Pacific Co.*, die den Namen «City of Los Angeles» und «City of San Francisco» führen und den Schnelldienst zwischen Chicago und der pazifischen Küste versehen. Geführt werden diese Züge von dreiteiligen Lokomotiven mit 18 Achsen, von denen 12 Triebachsen sind. Die gesamte eingebaute Dieselmotorleistung dieser Züge beträgt 4000 kW. Auch die *Santa-Fé Ry.* setzte eine zweiteilige Diesel-elektrische Lokomotive mit 2650 kW zur Beförderung ihres Zuges «Super Chief» zwischen Chicago und Los Angeles ein.

Bei den französischen Bahnen hat die Schweizer Industrie auch hervorragenden Anteil an der Entwicklung diesel-elektrischer Triebwagen genommen. Es sind heute in Frankreich und Algier zwölf 450-kW-diesel-elektrische Triebwagen in Betrieb, deren elektrische Ausrüstungen von der MFO geliefert

wurden, während sich 14 weitere Wagen ähnlicher Konstruktion bei obiger Firma im Bau befinden.

Immer mehr zeigt sich bei den verschiedenen, in den Entwicklungsjahren dieser Traktionsart zur Anwendung gekommenen Schaltungen die Ueberlegenheit der drehzahlunabhängigen Leistungssteuerung, der auch die schweizerische Praxis den Vorzug gibt; sie wurde auch bei den diesel-elektrischen Lokomotiven Am 4/4 1001 und 1002 der SBB verwendet. Das Gewicht von 65,5 t im Verhältnis zur diesel-motorischen Dauerleistung von 880 kW ist bemerkenswert. Eines dieser Fahrzeuge ist an der Landesausstellung zu sehen (Fig. 3).

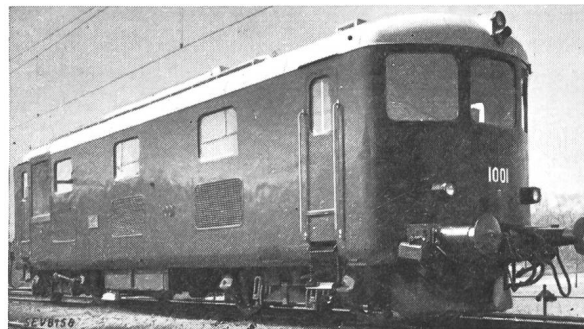


Fig. 3.
Dieselelektrische Lokomotive Am 4/4 1001 der SBB.
Dauerzugkraft am Radumfang 3090 kg bei 72,5 km/h.
Höchstgeschwindigkeit 110 km/h.

Zu den jüngsten Schöpfungen auf dem Gebiete der thermo-elektrischen Fahrzeuge gehört die gleichfalls für die Union Pacific Ry. bestimmte turbo-elektrische Doppel-Lokomotive von 3680 kW mit der Achsfolge $2C_0-C_02 + 2C_0-C_02$ und einem Gewicht von 235 t, die in diesem Jahre die Werkstätten der GECO. verlassen hat.

Eine ganz andere Bedeutung aber dürfte als Ergebnis der letzten Entwicklung auf diesem Gebiete der *Gasturbinen-Lokomotive* beschieden sein. Dabei fördert ein Kompressor Luft in die Brennkammer einer Gleichdruckturbine, wo sie durch eine Oelflamme auf rund 550° C erhitzt wird. Die heissen Gase strömen durch die Turbine, die den Kompressor und einen Gleichstromgenerator antreibt. Die noch heissen Abgase der Turbine fliessen durch einen Luftvorwärmer, wo die vom Kompressor kommende Luft vorgewärmt wird. Der von der Gasturbine angetriebene Gleichstromgenerator arbeitet wie bei der Diesel-Lokomotive auf die Gleichstrom-Triebmotoren. Die Hilfsbetriebe, d. h. Oelpumpe, Ventilatoren, Anlassmotor usw., werden von einem Hilfsdieselmotor gespeist. Die Gasturbinen-Lokomotive wird pro 1000 kW Leistung am Radumfang etwa 540 kg Masut und kein Wasser gegenüber etwa 1250 kg Kohle und 12 t Wasser einer Dampflokomotive benötigen. Eine erste Lokomotive dieser Art mit 1620 kW Dauerleistung an der Kupplung der Generatorwelle und etwa 1250 kW Leistung am Radumfang ist in den Werkstätten von BBC für die SBB im Bau.

In Amerika wurden schon vor mehreren Jahren auf Pneus laufende *dieselelektrische Omnibusse*

entwickelt und in grösserer Zahl in Betrieb gesetzt. Die schweizerische Praxis brachte bis jetzt zwei derartige Fahrzeugtypen heraus. In *Luzern* handelt es sich um zweiachsige Fahrzeuge für 34 Sitzplätze und 20 Stehplätze mit einer Tara von 8,2 t. Die elektrische Ausrüstung (BBC) umfasst den Generator mit gemischter Erregung und Gegenkompoundierung zur direkten Kupplung mit dem Dieselmotor von 75 kW und 1800 U/min, den fremderregten Triebmotor und die elektrische Apparatur. Im Fahr- und Bremsbetrieb wird eine selbsttätige Feldregulierung des Triebmotors verwendet. Auch in *Bern* wird ein dieselektrischer Omnibus mit elektrischer Ausrüstung der MFO mit im Heck quer zur Fahrtrichtung angeordneter Dieselmotorgeneratorkomplexe in Betrieb kommen. Der Führer hat bei beiden Ausführungen zum Anfahren nur auf ein Pedal zu treten, um die Anfahrt ohne Unterbrechung der Zugkraft völlig stoss- und stufenlos durchzuführen. Die mechanische Bremsung ist mit einer elektrischen kombiniert. Die Übertragungselemente sind die sonst üblichen: Kardanwelle, Winkelgetriebe und

Differential. Der Steuerung dienen drei Pedale: ein Fahrpedal, ein Bremspedal für die kombinierte elektrische und pneumatische Bremse und ein Notbremspedal für die Druckluftbremse allein. Gegenüber Benzin- oder Dieselmotornibussen weisen diese Fahrzeuge zweifellos mancherlei Vorteile auf, für unsere Verhältnisse kann ihnen jedoch nur eine sehr bedingte Berechtigung für Strecken mit schwachem Verkehr zugesprochen werden, wo doch der Trolleybus fahrtechnisch wesentlich grössere Vorteile bietet und dazu noch von ausländischem Brennstoff unabhängig ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die elektrischen Triebfahrzeuge nicht nur nicht am Ende ihrer Entwicklung stehen, sondern, wie hier nur in grossen Zügen angedeutet werden konnte, noch sehr bedeutende Entwicklungsmöglichkeiten besitzen, zu deren Verwirklichung die schweizerische Praxis kraft ihrer besonderen Erfahrung auf diesem Gebiete seit jeher einen sehr erheblichen Anteil zu leisten berufen war und ist.

Erz-Verhüttung und Elektrolyse.

Von G. Lorenz, Thuisis.

621.35

Die Frage «Roheisen und Stahl aus einheimischem Erz und einheimischer Wasserkraft» wird unter Bezugnahme auf frühere Veröffentlichungen im Bulletin SEV gestreift. Die Gewinnung von Leichtmetallen durch Schmelzelektrolyse, die Galvanotechnik und elektrische Oxydation des Aluminiums, verschiedene Salz-Elektrolysen, die elektrolytische Herstellung von Sauerstoff und Wasserstoff, die Erzeugung von Benzin aus Wasser und Kalkstein und die Herstellung synthetischer Speisefette werden kurz besprochen. Es handelt sich dabei zum Teil um Zukunftsprobleme, deren Lösung schwierig, aber nicht unmöglich scheint.

L'auteur touche tout d'abord au problème «fer brut et acier à partir des minerais et des forces hydrauliques indigènes», en se référant aux publications antérieures dans le Bulletin ASE. Il examine ensuite brièvement l'extraction de métaux légers par l'électrolyse de matières en fusion, la galvanoplastie et l'oxydation électrolytique de l'aluminium, l'électrolyse de différents sels, la production électrolytique d'oxygène et d'hydrogène, la synthèse de l'essence à partir d'eau et de calcaire, la fabrication de graisses comestibles synthétiques. Il s'agit là en partie de problèmes d'avenir, dont la solution est difficile, mais ne paraît pas impossible.

Etwa 5 % der Erdkruste werden vom Eisen, etwa 8 % vom Aluminium gebildet.

Erze sind metallhaltige Mineralien und Gesteine, aus denen Metalle lohnend gewonnen werden können. Die Metalle finden sich in den Erzen, entweder «gediegen», d. h. chemisch rein, wie z. B. die Edelmetalle Silber, Gold und Platin, oder in Form chemischer Verbindungen vor.

Mit der Reihe der dem Menschen nutzbar gemachten Metalle und dank der immer mehr entwickelten und verfeinerten Arbeitsmethoden ihrer Gewinnung ist die Zahl der als «Erze» zu bezeichnenden Mineralien und Gesteine immer grösser geworden. Wer weiss, ob die Zukunft unsere Kalkberge und Tonlager nicht auch noch zu Erz werden lässt?! Sicher ist die sprichwörtlich «steinreiche», aber «erzarme» Schweiz im Laufe der letzten Jahre immer «erzreicher» geworden.

Als *Verhüttung* bezeichnet man die Verarbeitung der Erze auf die in ihnen enthaltenen Metalle. Im Erz gediegen vorliegende Metalle können durch rein mechanische Verhüttung (Aufbereitung) gewonnen werden. Elektrische Energie findet dabei für Kraftantriebe ausgedehnte Verwendung.

Metallverbindungen erfordern ausserdem eine thermochemische oder elektrochemische Aufarbeitung.

Bei der *thermochemischen Verhüttung* spielt die elektrische Energie auch die Rolle des Wärmespenders und sie findet gelegentlich Verwendung als Magnetisierungsstrom zur Scheidung magnetischer Metalle und Metallverbindungen von der Gangart.

Elektrochemische Verhüttung ist Elektrolyse. Sie beruht auf der Trennung gelöster Metallverbindungen durch den elektrischen Strom (Gleichstrom). Dabei scheidet sich das elektrisch positive Metall-Ion an der negativen Elektrode (Kathode) und das elektrisch negative Sauerstoff- oder Säurerest-Ion an der positiven Elektrode (Anode) ab.

Für die Elektrolyse ist die elektrische Energie Wärmespendend und chemisches Agens (Reduktionsmittel) zugleich.

Aber nicht nur Metallverbindungen, sondern auch das metalloide Wasserstoffoxyd Wasser (H₂O) wird gewissermassen elektrolytisch «verhüttet» zu Wasserstoff und Sauerstoff.

Den heutigen Stand *der Erzverhüttung und Elektrolyse*, deren Entwicklungsmöglichkeiten und Zukunftsaussichten für die schweizerische Elektrotechnik halbwegs vollständig darzustellen, geht über den Rahmen eines kurzen Aufsatzes weit hinaus. Was hier folgt, ist deshalb auch kein ausgeklügeltes Buch, sondern es sind wenige Streiflichter und