Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 42 (1951)

Heft: 22

Artikel: Die Elektrifizierung der Österreichischen Bundesbahnen

Autor: Koci, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061032

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

selbst reparieren zu können; er vergass aber, die zugehörige Anschlußschnur von der Wandsteckdose abzutrennen. Nach dem Lösen der beiden Steckdosenhälften erfasste er die beiden blanken Steckbüchsen und erlitt durch den Stromdurchgang mit 220 V an der Hand Brandwunden, deren Heilung einige Wochen beanspruchte.

12 Elektromonteure zogen sich bei Arbeiten in Hausinstallationen durch die Hitzewirkung von Kurzschlussflammbogen mehr oder weniger ausgedehnte Verbrennungen zu, ohne mit spannungführenden Teilen in Berührung gekommen zu sein.

Unfälle unter besonderen Umständen

Zu erwähnen ist der Unfall eines Telephonmonteurs, dem in einer automatischen Zentrale ein Schraubenschlüssel aus den Händen fiel und zwischen die Hauptsammelschienen der 48-V-Speisebatterie geriet. Es entstand ein gewaltiger Kurzschluss, bei dem der Schlüssel abschmolz, ohne dass die vorgebauten 400-A-Sicherungen ansprachen. Die sehr grosse Hitze des Kurzschlussflammbogens verursachte ausgedehnte Verbrennungen an der rechten Hand des Monteurs, der während mehrerer Wochen seine Arbeit unterbrechen musste.

Auch ein Führer eines Elektromobils passierte ein ähnliches Missgeschick; beim Suchen einer Störung überbrückte er mit einer Zange die Klemmen der Speisebatterie und leitete einen heftigen Kurzschluss mit Flammbogen ein.

—

Wir schliessen diesen Bericht mit dem Wunsch, dass unsere zum Aufsehen mahnenden Zahlen und Erläuterungen über die vielen Unfälle des Jahres 1950 besonders die Organe der Elektrizitätswerke, aber auch die Installationsfirmen und ihr Monteurpersonal wieder zur vermehrten Vorsicht bei der Arbeit, sowie zu einer sorgfältigen und lückenlosen Überwachung der elektrischen Anlagen und Installationen veranlassen mögen.

Die Elektrifizierung der Österreichischen Bundesbahnen

Von *A. Koci*, Wien

621.331:625.1(436)

Die Bestrebungen zur Elektrifizierung gewisser Strecken der Österreichischen Bundesbahnen werden von ihrem Ursprung an geschildert. Der Verfasser legt die Gründe dar, weshalb die zwischen den beiden Weltkriegen begonnene Elektrifizierung vor allem der Hauptbahnstrecken im Westen Österreichs auszudehnen und systematisch nach Osten weiterzutreiben sei. Die wirtschaftliche Bedeutung elektrisch betriebener Strecken in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg wird hervorgehoben, und die Fortführung der Elektrifizierungsarbeiten nach dem zweiten Weltkrieg streckenweise angegeben. Schliesslich folgt die Schilderung der Bahnenergieversorgung, des Fahrleitungsbaus und des Traktionsmaterials.

Von besonderem Interesse sind die Erfahrungen des Verfassers, wonach die Verletzbarkeit des elektrischen Bahnbetriebes durch Kriegseinwirkungen kaum grösser ist als diejenige des Dampfbetriebes und dass sie mit Rücksicht auf die wesentlich grössere Leistungsfähigkeit der elektrischen Betriebsart nicht ins Gewicht fällt.

Historique de l'électrification de certaines lignes des Chemins de fer fédéraux autrichiens et exposé des raisons qui incitent à étendre, en Autriche occidentale, l'électrification des lignes principales, qui avait été commencée entre les deux guerres, et à prolonger systématiquement l'électrification vers l'est. Les lignes électrifiées ont eu une grande importance économique depuis la dernière guerre. Renseignements sur les tronçons électrifiés successivement ces dernières années. Description de l'alimentation des installations ferroviaires en énergie électrique, de la construction des lignes de contact et du matériel de traction.

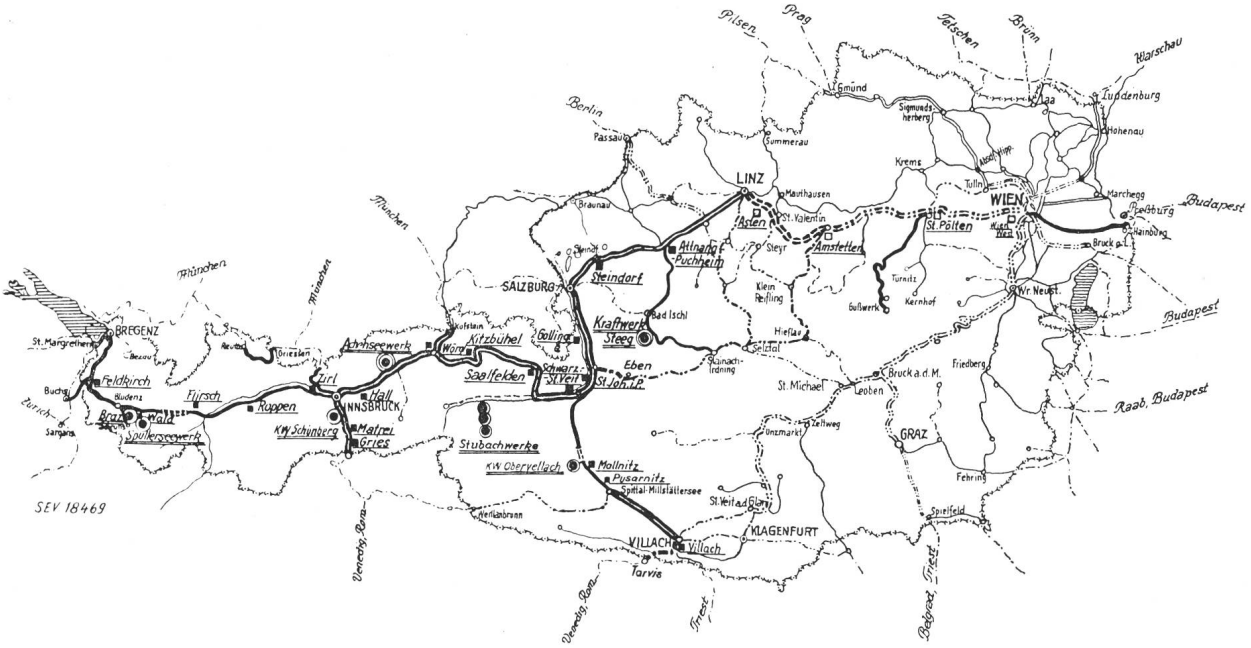
Selon l'auteur, la vulnérabilité des lignes de chemins de fer électrifiées n'est guère plus grande, en temps de guerre, que celle des lignes exploitées à la vapeur. En raison de la capacité de transport sensiblement plus grande des lignes électrifiées, cette vulnérabilité est sans importance.

Schon lange vor dem ersten Weltkriege beschäftigte sich die Verwaltung der Österreichischen Staatseisenbahnen sehr eingehend mit der Frage der Elektrifizierung ihrer Alpenstrecken. Sie errichtete zu diesem Zwecke bereits im Jahre 1905 anlässlich des Baues der Tauern- und Karawankenbahn ein eigenes Studienbureau, das in der Folge wichtige Entwicklungsarbeit leistete und baureife Elektrifizierungsentwürfe für einige Strecken ausarbeitete. Eine besonders wichtige und erfolgreiche Arbeit dieses Studienbureaus war die systematische energiewirtschaftliche Durcharbeitung der österreichischen Alpenwasserkräfte, als deren Ergebnis der erste Österreichische Wasserkraftkataster entstand.

Zur Einführung des elektrischen Zugbetriebes auf einer Hauptstrecke des österreichischen Bahnnetzes kam es damals allerdings noch nicht, weil bei dem Kohlenreichtum des Wirtschaftsgebietes der ehemaligen Monarchie hiefür keine wirtschaftliche Notwendigkeit vorlag, so dass die gegen die neue, noch unerprobte Traktionsart von den verschiedensten Seiten vorgebrachten Einwände den Ausschlag gaben. Die intensiven Untersuchungen über den elektrischen Bahnbetrieb waren aber die Veranlassung dafür, dass in dieser Zeit wenigstens auf einigen damals noch privaten Lokalbahnen, die besonders schwierige Betriebsverhältnisse aufwiesen, die elektrische Zugförderung eingerichtet wurde. Es waren dies die schmalspurige Mariazellerbahn von St. Pölten nach Gusswerk, auf der im Jahre 1911, also vor gerade 40 Jahren, der elektrische Betrieb mit Einphasenwechselstrom von 25 Hz bei 6,6 kV Fahrdrahtspannung aufgenommen wurde; dieser Betrieb wird seither ohne Unterbrechung mit den damals errichteten Anlagen und Lokomotiven befriedigend geführt. Dieser ersten elektrischen Lokomotivbahn Österreichs folgte im Jahre 1912 die Karwendel- und Ausserfernerbahn in Tirol, die von Innsbruck nach Scharnitz und von dort durch Verbindung über die bayrische Mittenwaldbahn von Griesen nach Reutte führt; diese Bahn verwendete als erste in Österreich Einphasenwechselstrom von 15 kV mit zunächst 15 Hz, später $16^2/_3$ Hz. Als dritte Bahn kam im Jahre 1914 die Lokalbahn

Wien—Pressburg in elektrischen Betrieb, die in den beiden über Stadtstrassen führenden Endstrecken mit Gleichstrom von 600 V, in der Überlandstrecke mit Einphasenstrom von 15 kV und 16²/₃ Hz betrieben wurde. Die Gesamtlänge dieser drei Bahnen in Österreich beträgt 216 km.

Der Ausgang des ersten Weltkrieges änderte die Lage der Energiewirtschaft in Österreich von Grund auf. Der neue, klein gewordene Staat war arm an Kohle, und seine bedrängte wirtschaftliche Lage erforderte gebieterisch die Verminderung der Kohleneinfuhren. Da erinnerte man sich des bisher ungehobenen Schatzes der Wasserkräfte und begann zu ihrer Verwertung die Elektrifizierung des Landes in grossem Umfange. Eine besondere Rolle spielte dabei von Anfang an die Elektrifizierung der Bundesbahnen. Dank der wertvollen Vorarbeiten des Studienbureaus und gestützt auf die guten Erfahrungen, die auf den bisher elektrisch betriebenen Bahnen gemacht worden waren, konnten die Arbeiten sofort in Angriff genommen werden. Schon im Sommer 1919, also nur wenige Monate nach dem Ende des Krieges, war die Eisenbahnelektrifizierung im vollen Gange. Bis zum Jahre 1930 war die Hauptstrecke der Westbahn von Salzburg über Innsbruck nach Bregenz, mit den Abzweigungen nach Kufstein, Brenner und Buchs, sowie die Salzkammergutbahn von Attnang-Puchheim über Bad Ischl nach Stainach-Irdning auf den elektrischen Betrieb umgestellt. Dann trat unter dem Einfluss wirtschaftlicher Gegenkräfte, wie sie gerade gegen die Bahnelektrifizierung in vielen Ländern zeitweise zur Wirkung kamen, eine gewisse Stockung in den Arbeiten ein. Lediglich die Elektrifizierung der Tauernbahn, die in den vorhergehenden Jahren schon weitgehend vorbereitet worden war, konnte in dieser Zeit fertiggestellt werden. Die Weiterführung der Arbeiten auf der Hauptstrecke der Westbahn wurde dagegen erst gegen Ende des Jahres 1936 wieder möglich. Damals wurde die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Strecke Salzburg—Linz—Wien beschlossen und auch sofort begonnen.


Pilsen
Prag
Teschen
Brünn
Warschau
Berlin
Passau
Gmünd
Sigmundsherberg
Laa
Zuaimdenburg
Hohenau
Gummerau
Kremsmünster
Kremsmünster
Mauthausen
LINZ
Braunau
St. Valentin
Asten
Steyr
Amstetten
Tulln
WIEN
St. Pölten
Marchegg
Preßburg
Budapest
Hainburg
Bruck a. L.
Wr. Neust.
Turnitz
Kernhof
Gußwerk
Klein Reifling
Hieflau
Selztal
Steinach-Irdning
Bad Ischl
Attnang-Puchheim
Steindorf
SALZBURG
Kraftwerk Steeg
Golling
Kitzbühel
Wörgl
Achensee-werk
Saalfelden
Schwarzach-St. Veit
St. Johann i. P.
Eben
St. Michael
Leoben
Bruck a. d. M.
Friedberg
Tauernmarkt
Zeltweg
GRAZ
Feldbach
Spielfeld
Mürzzuschlag
Mürzsteg
Kapfenberg
Mürzzuschlag
Brixlegen
Jenbach
Innsbruck
Hall
Maiter
Gries
Rattenberg
Kufstein
Wörgl
Kufstein
Brixen
Bozen
Rosenheim
München
Bregenz
St. Margrethen
Feldkirch
Buchs
Bludenz
Sargans
Landeck
Fiss
Ried
Rattenberg
Kufstein
Innsbruck
Rattenberg
Kufstein
Landeck
Fiss
Rappen
Kw. Schönberg
Spullersee-werk
Stubachwerke
Kw. Obervellach
Mallnitz
Pusarnitz
Spittal-Millstättersee
St. Veit a. d. Glan
Kerkinbrunn
VILLACH
Villach
KLAGENFURT
Tarvis
Fehring
Graz
Wien
Budapest
Raab, Budapest
Budapest
Triest
Triest
Budapest
Triest
Budapest
Triest
Budap

Bundesbahnen wohl begonnen, doch konnte kein Bau zu einem Abschluss gebracht werden.

Als die Österreichischen Bundesbahnen nach dem Ende des zweiten Weltkrieges im Mai 1945 ihre Tätigkeit wieder aufnahmen, fanden sie in einem Gesamtnetz von rund 6000 km Länge fast genau 1000 km elektrisch betriebener Strecken vor (Fig. 1). Davon bildeten rund 820 km ein zusammenhängendes Netz im westlichen, wasserkraftreichen Österreich, während die übrigen Strecken auf drei elektrisch getrennt liegende Linien entfallen. Die Anlagen für die elektrische Zugförderung hatten unter Kriegseinwirkungen verhältnismässig wenig gelitten; sie konnten mindestens ebenso rasch wieder betriebsbereit gemacht werden, wie etwa die Oberbauanlagen. Die vorher immer befürchtete besondere Empfindlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes gegen Kriegsschäden hatte sich also nicht bewahrheitet. Lediglich etwa 20 km am Oberbau schwer kriegsbeschädigte, früher elektrisch betriebene Strecken sollen nicht mehr in Betrieb genommen, sondern durch andere Strecken ersetzt werden.

Als besonders wichtiger Vorteil des elektrischen Betriebes zeigte sich in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg seine ganz ausserordentliche Krisenfestigkeit. Als Folge der Zerrüttung der gesamten europäischen Wirtschaft durch den Krieg trat eine Kohlenkrise allergrössten Ausmasses ein. Alle europäischen Staaten litten damals unter dem Kohlenmangel und mussten sich eine Kontingentierung der Kohlenzuweisungen gefallen lassen. Für Österreich kamen noch die Schwierigkeiten der Bezahlung der Kohlenbezüge aus dem Auslande dazu, wofür die durch das Kriegsende völlig in Unordnung geratene Wirtschaft die Mittel nicht aufbringen konnte. In Österreich führte daher der Kohlenmangel zu einem Zusammenbruch der gesamten Wirtschaft und insbesondere des Verkehrswesens; dadurch war aber ein verhängnisvoller Kreislauf geschlossen: das darniederliegende Verkehrswesen verhinderte das Wiederaufleben der Industrie, welche die Devisen für die im Bahnverkehr benötigte Kohle hätte beschaffen sollen. Hier zeigte sich der unschätzbare Vorteil des elektrischen Betriebes. Im elektrisch geführten Streckennetz im westlichen Österreich erholte sich der Verkehr nach Behebung der Kriegsschäden an den Bahnanlagen sehr rasch und erreichte, ungestört durch Kohlenmangel und Devisennot, schon im Jahre 1946 durchschnittliche Verkehrsleistungen, die jene des Jahres 1937 — des letzten ungestörten Friedensjahres — beträchtlich übertrafen. Seither hat sich der Verkehr in diesem Netzteil weiter gehoben und war bereits im Jahre 1949 um zwei Drittel grösser als 1937. Auf den dampfbetriebenen Strecken im östlichen Österreich konnte der Verkehr im Jahre 1946 trotz des vorhandenen wesentlich grösseren Verkehrsbedürfnissen nur knapp über die Hälfe von 1937 erreichen und hat den Wert des Jahres 1937 erst im Jahre 1949 um ein Geringes überschritten. Diese Entwicklung ist aus Fig. 2 deutlich zu ersehen.

Die Elektrifizierung der Bundesbahnen ist also für die gesamte österreichische Wirtschaft von allergrösster Bedeutung, weil sie einerseits die Devisen für die Kohleneinfuhr ersparen lässt, andererseits der Wirtschaft ein von Kohlenkrisen im Auslande unabhängiges und sicheres Verkehrswesen gewährleistet. Diese Erkenntnis und die auch unter den schwierigsten Verhältnissen guten Erfahrungen mit dem elektrischen Zugbetrieb veranlassten die Ver-

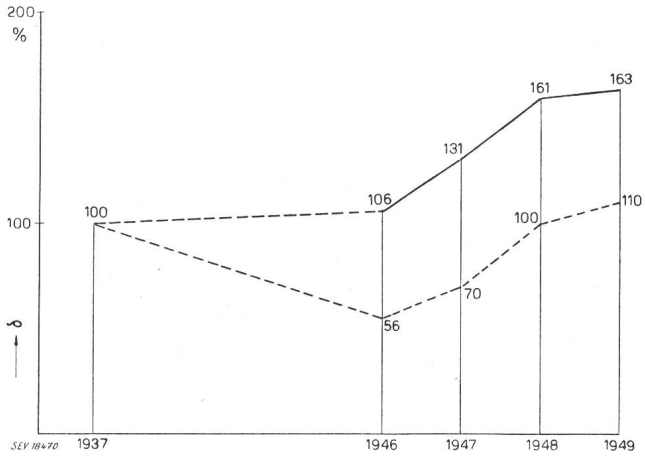


Fig. 2
Entwicklung des Verkehrs auf elektrisch und mit Dampf betriebenen Strecken der ÖBB 1937 bis 1939
δ Betriebskilometer/km (1937 = 100 %)

waltung der Österreichischen Bundesbahnen, die Wiederaufnahme der Elektrifizierungsarbeiten als ihre dringendste technische Aufgabe neben der Beseitigung der Kriegsschäden an den Bahnanlagen zu betrachten. Daher stellte sie schon im Jahre 1945 ein umfangreiches Elektrifizierungsprogramm auf, das die Umstellung von rund 2000 km Strecke auf elektrischen Betrieb vorsah. In dieses Programm wurden alle wichtigen, bis heute noch mit Dampf betriebenen Alpenstrecken sowie die Linien des Wiener Lokal- und Ausflugsverkehres der Bundesbahnen aufgenommen. Das Programm umfasst die Ausrüstung von über 4000 km Geleise mit einer Fahrleitung, die Errichtung der zur Speisung dieser Strecken erforderlichen Unterwerke samt den zu ihrer Energieversorgung und zur Verbindung der Kraftwerke untereinander notwendigen Übertragungsleitungen für 110 kV, den Bau der Kraftwerke und die Beschaffung der benötigten elektrischen Triebfahrzeuge. Als Energiequellen sollen die bereits vorhandenen bahneigenen Kraftwerke weiter ausgebaut werden. Ausserdem ist der Bau von Gemeinschaftswerken mit der Landesversorgung vorgesehen, die einen verlustlosen Energieaustausch zwischen dem Einphasennetz der Bundesbahnen und dem Drehstromnetz durch die gemeinsamen Wasseranlagen ermöglichen. Endlich soll im Schwerpunkt dieser beiden Grossnetze, im Raume von Wien, ein grosses Umformerwerk aufgestellt werden, das dem Energieausgleich und der Störungshilfe zwischen den beiden Netzen dienen soll.

Für die Durchführung dieses Programmes wurde anfangs ein Zeitraum von 12 Jahren in Aussicht genommen. Danach sollen die Streckenarbeiten, ausgehend von den derzeit bereits elektrisch betriebenen Linien im westlichen Österreich, schrittweise gegen Osten vorgetrieben werden. Dadurch wird es

möglich, jeden fertiggestellten, betrieblich dazu geeigneten Streckenabschnitt im Anschluss an das bestehende Netz sofort in elektrischen Betrieb zu nehmen, wodurch die durch die Umstellung des Betriebes erzielbare Kohlenersparnis am raschesten wirksam gemacht werden kann. Ausserdem wird dadurch die günstigste Ausnützung der vorhandenen Kraftwerke und der elektrischen Triebfahrzeuge sowie die Anpassung des Baufortschrittes der Streckenausrüstung an den der Energieversorgungsanlagen und der Fahrzeugbeschaffung möglich. Nach der Fertigstellung dieses Programmes wäre die Hälfte des Gesamtnetzes der Bundesbahnen elektrisch betrieben; damit könnten aber mehr als drei Viertel des Verkehrsvolumens der Bundesbahnen elektrisch gefahren werden.

Trotz aller Schwierigkeiten der Nachkriegszeit wurden die Arbeiten nach diesem Plane schon im Frühjahre 1946 an allen drei in Betracht kommenden Ansatzpunkten an das bestehende elektrische Bahnnetz, nämlich in Attnang-Puchheim, in Spittal-Millstättersee und in Bischofshofen begonnen. Ausserdem wurden die Bauarbeiten an dem bahneigenen Kraftwerk Uttendorf, an den benötigten Unterwerken und Übertragungsleitungen sowie der Bau neuer Elektrolokomotiven in Angriff genommen. Bald aber machten sich die zeitbedingten Hindernisse sehr hemmend bemerkbar. Die Verminderung der Erzeugungskapazität der Industrie als Folge der Kriegseinwirkungen, der hohe Bedarf für die Behebung der Kriegsschäden und der katastrophale Kohlenmangel brachten es mit sich, dass alle Baustoffe, wie Stahl, Zement, Holz, Ziegel usw., bei weitem nicht in genügender Menge verfügbar waren. Die in dieser Zeit völlig unzureichende Zuteilung der bewirtschafteten Baustoffe, die Devisenzuweisung für die Beschaffung gewisser Rohstoffe im Auslande und die Bereitstellung der Arbeitskräfte — besonders an fachkundigen Arbeitern herrschte damals grosser Mangel — bestimmten zunächst das Bautempo. Wider Erwarten rasch verminderten sich diese Schwierigkeiten und bereits im Jahre 1948 war eine gewisse Normalisierung eingetreten. Aber in dem Masse, als dieser Engpass verschwand, trat die Geldknappheit an seine Stelle und bremste nun ihrerseits alles Bauwollen ab. Das von Anfang an erstrebte rasche Bautempo der Elektrifizierungsarbeiten konnte also auch jetzt nicht erreicht werden; man musste sich mit weit geringerem Fortschritt begnügen.

Seit der Wiederaufnahme der Elektrifizierungsarbeiten im Frühjahr 1946 konnten bis zum Beginn des Jahres 1951 folgende Anlagen für den elektrischen Bahnbetrieb fertiggestellt und in Betrieb genommen werden: Am 12. Januar 1949 wurde die zwar nur etwa 10 km lange eingeleisige, als zweite Verbindung zwischen Österreich und der Schweiz aber immer wichtiger gewordene Linie Bregenz—St. Margrethen, am 12. Mai 1949 dann die rund 55 km lange doppelgeleisige Strecke Attnang-Puchheim—Linz, die derzeit stärkstbelastete Strecke des gesamten Bundesbahnnetzes, und am 17. Mai 1950 die etwa 40 km lange doppelgeleisige Strecke Spittal-Millstättersee—Villach in den elektrischen Betrieb genommen. Weiter wurden die Unterwerke St. Johann im Pongau und Mallnitz, die infolge der Kriegsereignisse nicht vollendet worden waren, endgültig fertiggestellt und die Unterwerke Attnang und Villach neu errichtet; alle diese Unterwerke sind inzwischen in Betrieb gegangen. An Übertragungsleitungen für 110 kV wurden bisher die Abschnitte Uttendorf—Zirl und Pusarnitz—Villach mit zusammen etwa 200 km Baulänge erbaut und in Betrieb gesetzt. Ausserdem wurde das durch die Kriegsereignisse halbfertig liegengebliebene Druckgaskabel für 110 kV durch den Tauerntunnel fertiggestellt. Am 24. November 1950 wurde im neuerbauten Bahnkraftwerk Uttendorf der erste Hauptmaschinensatz in Betrieb genommen; inzwischen ist auch schon der zweite Maschinensatz in Betrieb gegangen, während der dritte und letzte Satz noch in Montage ist. Endlich wurden bis zum Ende des Jahres 1950 die ersten vier nach 1945 neuerbauten Elektrolokomotiven in Dienst gestellt.

Der Umfang des elektrischen Zugbetriebes der Österreichischen Bundesbahnen ist daher augenblicklich durch folgende Angaben umschrieben: Es stehen derzeit 1107 km, das sind 18,3 % des Gesamtnetzes, im elektrischen Betrieb; auf diesen Strecken wurden im Jahre 1950 fast 30 % der gesamten Verkehrsleistungen der Bundesbahnen gefördert. Hiefür wurden insgesamt rund 283 GWh verbraucht, was eine jährliche Ersparnis von etwa 530 000 t Steinkohle bedeutet, die andernfalls nach Österreich hätten eingeführt werden müssen. Der spezifische Energieverbrauch betrug im zusammenhängenden westlichen Streckennetz etwa 50 Wh je Bruttotonnenkilometer (gerechnet ohne Lokomotivgewicht ab Kraftwerk) oder 306 MWh je Streckenkilometer. Die elektrische Energie wurde zum grössten Teil aus den den Bundesbahnen gehörenden und von ihnen selbst betriebenen Wasserkraftwerken Spullersee, Schönberg, Obervellach, Enzingerboden, Schneiderau und Uttendorf, zu einem geringeren Teil aus Einphasenmaschinen in den bahnfremden Kraftwerken Achensee, Steeg, Wienerbruck (für die Mariazellerbahn), Simmering (für die Pressburgerbahn) und endlich aus dem Netz der Deutschen Bundesbahn (für die Ausserfernerbahn) geliefert. Zur Lenkung des Netzbetriebes und der Energiewirtschaft dieser Kraftwerke besitzen die Bundesbahnen einen gut ausgestatteten Lastverteiler, der seinen Sitz in Innsbruck hat. Im Netz der Österreichischen Bundesbahnen stehen derzeit 268 betriebsfähige elektrische Triebfahrzeuge im Dienst, wovon 245 Stück, nämlich 233 Elektrolokomotiven und 12 Elektrotriebwagen im Verbundnetz eingesetzt sind. In diesem Netz verbraucht daher jedes betriebsfähige elektrische Triebfahrzeug im Durchschnitt rund 1,2 GWh jährlich (gemessen ab Kraftwerk).

Die Elektrifizierungsarbeiten gehen indessen planmässig weiter. Der Fahrleitungsbau ist auf der Strecke Bischofshofen—Eben, einer etwa 18 km langen eingeleisigen Rampenstrecke, die durch ihre Steigung die Leistungsfähigkeit der Gesamtstrecke Bischofshofen—Selzthal bei Dampfbetrieb sehr fühlbar einschränkt, im wesentlichen fertiggestellt;

die Aufnahme des elektrischen Betriebes wird derzeit aber noch durch Umbauarbeiten in einem Tunnel der Strecke verzögert, die vor der Unterspannungssetzung abgeschlossen werden sollen. Der elektrische Betrieb der rund 64 km langen doppelgeleisigen Strecke Linz—Amstetten ist am 28. Juni 1951 aufgenommen worden. Die Ausrüstung der Strecken Amstetten—Wien (125 km Doppelspur) und Villach—Tarvis (28 km eingeleisig) ist vor kurzem in Angriff genommen worden. Diese beiden Strecken sollen bis Ende des Jahres 1952 betriebsbereit sein; damit wird dann die wichtigste Linie des Bundesbahnnetzes, die Westbahnstrecke von Wien über Linz, Salzburg, Innsbruck und den Arlberg bis Bregenz, durchgehend elektrisch zu befahren sein. In Tarvis wird der zweite Hauptanschluss der Bundesbahnen an das italienische Bahnnetz elektrisch betrieben werden.

Fig. 3
Fahrleitung der Einheitsbauart der ÖBB
Strecke Linz—Amstetten

Die Fahrleitungen werden durchwegs in der Einheitsbauart der Bundesbahnen ausgeführt. Hiebei werden Fahrdraht und Tragseil durch Gewichte gespannt und an Drehauslegern befestigt. Als Isolation werden Vollkernisolatoren mit einem oder zwei Schirmen verwendet. In Bahnhöfen werden die Fahrleitungsketten vielfach an Querseilen befestigt; auch hier werden Fahrdraht und Tragseil durch Gewichte nachgespannt. Als Masten werden auf der Strecke grösstenteils Stahlbetonmasten, in den Bahnhöfen Stahlgittermasten verwendet.

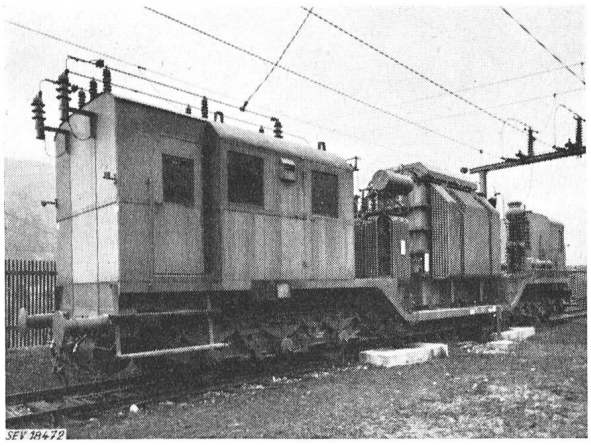


Fig. 4
Fahrbares Unterwerk der ÖBB

Zur Energieversorgung der genannten Strecken sind derzeit die Unterwerke Asten, Amstetten und St. Pölten im Bau. Diese Unterwerke werden in der Einheitsbauform der Bundesbahnen als Halbfreiluftanlagen errichtet. Lediglich der Kommandoraum, die 16-kV-Schaltanlage und die Hilfsbetriebe des Unterwerkes sind in einem kleinen, eingeschossigen Gebäude untergebracht. Jedes Unterwerk erhält in der Regel zwei Transformatoren 110/16,5 kV mit je 6500 kVA Dauerleistung und eine Anschlussstelle für ein «fahrbares Unterwerk», einen Transformator für 6500 kVA, der mit seinen ober- und unterspannungsseitigen Leistungsschaltern und einem kleinen Kommandoraum auf einem sechsachsigen Fahrgestell montiert ist und als Reserve für gestörte Haupttransformatoren und zur Verstärkung an jedem Punkte des Gesamtnetzes eingesetzt werden kann.

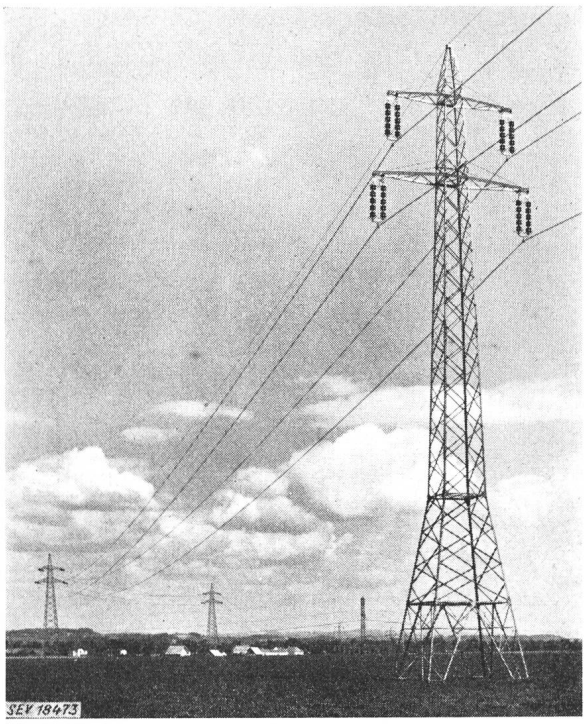


Fig. 5
Einphasen-Übertragungsleitung der ÖBB für 110 kV bei der Einführung ins Unterwerk Asten

Zur Verbindung der Unterwerke untereinander und mit den speisenden Kraftwerken sind derzeit die Übertragungsleitungen für 110 kV von Attnang über Asten, Amstetten und St. Pölten bis nach Wien und von Zirl über den Arlberg bis nach Braz bei Bludenz im Bau. Dieses Leitungsnetz für 110 kV ist derzeit dem alten Netz für 55 kV überlagert und wird allmählich ganz an seine Stelle treten. Die Leitungen sind durchwegs doppelsträngig ausgeführt und mit Stahl-Aluminium-Seilen von 300 mm² Querschnitt und einem Stahl-Erdseil von 50 mm² belegt.

Zur Sicherstellung der erforderlichen Energie für den elektrischen Bahnbetrieb wurden zunächst

die vorhandenen Bahnkraftwerke weiter ausgebaut. Im Stubachtale bei Zell am See, in dem schon zwei bahneigene Kraftwerke in Betrieb stehen, wurde das dritte und letzte Werk, Uttendorf, erbaut und bereits in Betrieb genommen. Dieses Werk wird bei rund 230 m Gefälle drei Maschinensätze mit Peltonturbinen von je 8840 kW (12 000 PS) und Einphasengeneratoren von 10 000 kVA Dauerleistung haben. Es wird jährlich ca. 75 GWh liefern können. Die Kraftwerkskette im Stubachtale besitzt derzeit einen Speicher, den Tauernmoossee, mit einem nutzbaren Inhalt von fast $22 \cdot 10^6$ m³; damit ist ein Winterarbeitsvermögen von einem Drittel der Jahresarbeit zu erreichen. Um die Winterarbeit zu vergrössern, wird derzeit in 2250 m Seehöhe im obersten Stubachtale der Weißsee durch Aufstau um etwa 50 m zu einem Vorspeicher von rund $15 \cdot 10^6$ m³ Nutzinhalt ausgebaut. Das Überleitungsbauwerk ist bereits fertiggestellt, im laufenden Jahre werden die beiden kleinen zusammen etwa 60 000 m³ Beton fassenden Staumauern aufgeführt. Um diese Baustelle und späterhin die dort entstehenden Betriebsanlagen zu jeder Jahreszeit rasch und sicher zugänglich zu machen, wurde im letzten Jahre eine Seilschwebebahn vom Kraftwerk Enzingerboden über den Tauernmoossee bis zum Weißsee erbaut. Späterhin soll die Speicherfähigkeit dieser Kraftwerksgruppe durch Erhöhung der Staumauer des Tauernmoossees um etwa 20 m auf das Doppelte erweitert werden.

Unterhalb des Bahnkraftwerkes Spullersee in Vorarlberg wird derzeit ein Bahnkraftwerk in Braz bei Bludenz gebaut. Dieses Werk wird das Speicherwasser des Spullersees in einer zweiten Stufe ausnützen können; ausserdem wird die durch das Klostertal fliessende, vom Arlberg kommende Alfenz in das Werk eingeleitet. Dieses Kraftwerk wird als erstes in Österreich als Kavernenanlage ausgeführt, weil in dem engen Tal ein Maschinenhaus nur schwer unterzubringen gewesen wäre. Die Verlegung des Maschinenhauses in den Berg ermöglichte ausserdem die Vergrösserung des Nutzgefälles von 280 auf 310 m. Auch dieses Kraftwerk wird drei Maschinensätze von je 11 000 PS Turbinenleistung erhalten und ein Jahresarbeitsvermögen von 75 GWh aufweisen. Um das Winterarbeitsvermögen der Kraftwerksgruppe Spullersee-Braz weiter zu erhöhen, haben die Bundesbahnen ausserdem die Vorarbeiten für die Erweiterung des Speicherraumes durch den Ausbau des Formarinsees als zweiten Speichersees dieser Werkgruppe begonnen, die dadurch vollkommen jahresausgeglichen werden kann.

Fig. 6
Kraftwerk Uttendorf der ÖBB im Bau

Zur Sicherstellung des Energiebedarfes im Osten und Süden Österreichs ist im Elektrifizierungsplan der Bundesbahnen die Errichtung von Gemeinschaftswerken mit der Landesversorgung (in der Art des Kraftwerkes Rupperswil-Auenstein) sowie der Bau eines grossen Umformerwerkes bei Wien vorgesehen. Da die wirtschaftlichen Grundlagen für ein Gemeinschaftswerk bisher noch nicht festliegen, wird nunmehr zunächst das Umformerwerk begonnen. Die Vergebungen hiefür sind im Gange.

Um den schon im vorhandenen Netz bestehenden Mangel an elektrischen Triebfahrzeugen zu beheben und für die Weiterelektrifizierung die ersten Triebfahrzeuge rasch zu erlangen, wurden bei der österreichischen Industrie zunächst 40 Elektrolokomotiven der Achsfolge B_0-B_0 bestellt, die sich im Aufbau und in der Ausrüstung im wesentlichen an die gleichartigen Lokomotiven anschliessen, die vor 1938 bestellt worden waren und sich seither gut bewähren. Durch weitgehende Anwendung der

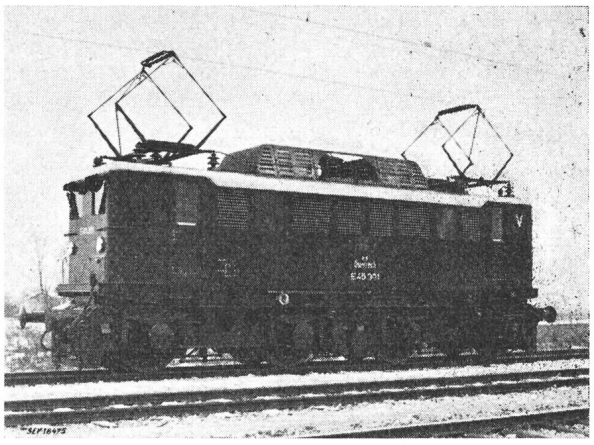


Fig. 7
Lokomotive der ÖBB
Achsfolge Bo-Bo; Baujahr 1950

Schweissung und durch Ausnutzung der seither gemachten Bau- und Betriebserfahrungen war es möglich, trotz geringfügiger Senkung des Gesamtgewichtes die Leistung um mehr als 30 % und die Geschwindigkeit um 12 % zu erhöhen. Die neue Lokomotivbauart hat bei 20 t Achsdruck 2360 kW (3200 PS) Dauerleistung und 90 km/h Höchstgeschwindigkeit. Während die elektrische Ausrüstung aller 40 Lokomotiven vollkommen gleich ist, wurde der mechanische Teil in zwei verschiedenen Ausführungen hergestellt, wobei im einen Fall der Séche-ron-Antrieb, im andern Fall der Federtopf-Antrieb verwendet wird. Die ersten vier Lokomotiven stehen bereits im Streckendienst, die weiteren folgen nunmehr in kurzen Abständen. Ausser diesen Lokomotiven sollen in nächster Zeit eine elektrische Schnellzugslokomotive mit etwa 130 km/h Höchstgeschwindigkeit, ferner eine elektrische Rangierlokomotive und endlich elektrische Triebwagen, und zwar eine als Ferntriebwagen verwendbare und eine für den Lokalverkehr bestimmte Bauart, vergeben werden. Die Gesamtzahl der derzeit zu beschaffenden elektrischen Triebfahrzeuge wurde mit 90 Stück (einschliesslich der schon bestellten 40 Lokomotiven) ermittelt.

Welche Elektrifizierungsarbeiten nach Fertigstellung des eben geschilderten Bauprogrammes, also etwa im Jahre 1953, begonnen werden sollen, hängt von den verfügbaren Mitteln ab. In erster Linie kommen hiefür die Südbahnstrecke von Wien über den Semmering nach Graz und Villach oder vielleicht noch vorher die Gesäusestrecke Amstetten—Selzthal—Eben (—Bischofshofen) sowie der Wiener Lokalverkehr in Betracht. Jedenfalls werden die Österreichischen Bundesbahnen bestrebt sein, die Elektrifizierung ihres Netzes zum Nutzen ihres Betriebes und der gesamten Wirtschaft Österreichs weiterzuführen.

Adresse des Autors:

Dipl. Ing. *Alexander Koci*, Ministerialrat, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen, Daffingergasse 4, Wien 3.

Einfache Anordnung zur Messung der Impedanz netzgespeister Verbraucher mit überlagerter Tonfrequenzspannung

Von *A. Farner*, Zürich

621.317.334.029.45

Im Zusammenhang mit den Netzkommandoanlagen steht das Problem der Verdrosselung von Kondensatoren. Nach einem Überblick über die sich dabei stellenden messtechnischen Aufgaben beschreibt der Verfasser eine Schaltung, welche gestattet, mit einfachen Hilfsmitteln und Instrumenten zuverlässige Messwerte zu erhalten.

Les installations de télécommande de réseaux soulèvent le problème de la neutralisation des condensateurs. Après un aperçu des problèmes que pose la technique des mesures, l'auteur décrit un couplage qui permet d'obtenir des indications correctes à l'aide de dispositifs et d'instruments relativement simples.

Die Einführung der Netzkommandoanlagen, welche der Netzspannung tonfrequente Impulse überlagern, stellte neue Anforderungen an eine bestimmte Kategorie von Verbrauchern. Zu diesen zählen sämtliche Apparate, welche mit dem Netz unmittelbar oder mittelbar parallel geschaltete Kapazitäten enthalten, sowie auch die Kondensatoren, die zur Verbesserung des Leistungsfaktors dienen. Die Kondensatoren stellen für tonfrequente Wechselströme eine um so kleinere Impedanz dar, je höher die Frequenz ist. Die damit aufgenommene kapazitive Blindleistung muss vom Tonfrequenzgenerator aufgebracht werden, wenn die Empfänger weiterhin sicher ansprechen sollen. Anderseits fordern die Elektrizitätswerke von ihren Energieabnehmern mit Recht, dass ein bestimmter Wert für den Leistungsfaktor, z. B. 0,85 induktiv, nicht unterschritten wird. Die vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein herausgegebenen «Leitsätze für Leistungsfaktor und Tonfrequenz-Impedanz bei Entladungslampen» (Publikation Nr. 199) empfehlen, um allen Forderungen gerecht zu werden, bestimmte Wertverhältnisse der Impedanz bei Tonfrequenz und bei Netzfrequenz. Kondensatoren dürfen demnach nicht mehr direkt, sondern müssen mit einer Sperrdrosselspule in Serie an die Netzspannung geschaltet werden. Die praktische Durchführung der dafür notwendigen Messungen stellt verschiedene Probleme, welche vorerst einer kurzen Erörterung bedürfen.

Betrachten wir zu diesem Zweck das einfache Beispiel einer in Serie mit einem Kondensator geschalteten Sperrdrosselspule (Fig. 1). Als einfachste Methode ist die direkte Messung der Impedanz mit Tonfrequenz im Vergleich mit den Werten bei Netzfrequenz bekannt. Die Meßspannungen sind dabei in der Grössenordnung der Tonfrequenzspannungen in Netzkommandoanlagen gewählt. Die

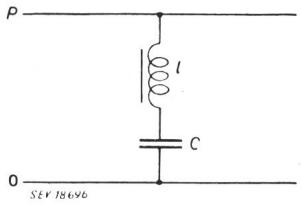


Fig. 1

Sperrdrosselspule in Serie geschaltet mit einem Kondensator

l Sperrdrosselspule für Tonfrequenz; *C* Kondensator zur Verbesserung des Leistungsfaktors; *P* Polleiter; 0 Nullleiter

Sperrdrosselspulen werden durchwegs mit ferromagnetischem Kern gebaut. Ihre Reaktanz ist somit von verschiedenen Faktoren abhängig, z. B. auch vom Magnetisierungsstrom und der Magnetisierungskurve des verwendeten Dynamobleches. Dadurch, dass an Stelle der reversibeln Permeabilität bzw. Impedanz die gewöhnliche gemessen wird, entstehen Fehler, welche, wie der Verfasser feststellen konnte, mit mehr als einem Faktor 10 behaftet sein können. Diese einfache Messmethode ist deshalb grundsätzlich abzulehnen.

Um die genannten Fehler zu eliminieren wird es unumgänglich, der zwischen 0 und P angeschlossenen Netzspannung U_N die Tonfrequenzspannung