Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 69 (1951)
Heft: 2

Artikel: Betriebserfahrungen mit B0-B0-Lokomotiven
Autor: Gerber, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58791

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: 16.12.2025

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

69. Jahrgang

Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich

Nummer 2

Betriebserfahrungen mit B_0-B_0-Lokomotiven

DK 621.335.2(494)

Von F. GERBER, Masch.-Ing. der Lötschbergbahn, Bern

Die Berner Alpenbahn-Gesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon (BLS) hat im November 1944 und im März 1945 je eine B_0-B_0-Schnellzuglokomotive in Betrieb genommen, deren charakteristische Merkmale die zweiachsige Drehgestellbauart ohne Laufachsen sowie die Höchstgeschwindigkeit von 125 km pro h bildeten[1]). Der Triebachsdruck weist den für schweizerische Hauptbahnen höchst zulässigen Wert von 20 t auf. Bei einer Stundenleistung der Triebmotoren von 4×1000 PS ergab sich bei 80 t Lokomotivgewicht das ausserordentlich niedrige Leistungsgewicht von 20 kg/PS. Für elektrische Lokomotiven mit im normalen Betrieb voll beanspruchter elektrischer Ausrüstung war dieser kleine Leistungsgewichtswert meines Wissens noch nicht erreicht worden.

Die beiden Lokomotiven versahen praktisch ununterbrochen Schnellzugsdienst auf der Strecke Bern-Brig durch den Lötschberg. Die gründliche Garantieuntersuchung aller Teile anfangs 1946 nach je 150 000 bis 200 000 km Parcours hatte, mit einigen unbedeutenden Ausnahmen, absolut normales Verhalten aller Teile gezeigt. Grössere Nacharbeiten waren nicht notwendig. Im Frühjahr 1949 wurden die beiden Lokomotiven total revidiert, nachdem sie in rund vierjährigem schwerem Bergdienst zusammen über eine Million Kilometer zurückgelegt und dabei eine totale Steigungshöhe von rund 6000 km überwunden hatten.

Der eingangs erwähnte Aufsatz[1]) enthält einige Bemerkungen über den ersten Probebetrieb; über die seitherigen Erfahrungen und Beobachtungen mögen die nachstehenden kurzgefassten Angaben dienen. Den allgemeinen Aufbau und die Hauptabmessungen zeigt die Typenskizze mit Legende Bild 1; die wichtigsten Daten sind daneben angegeben. Entwurf und Lieferung des elektrischen Teils: Brown, Boveri & Cie., A.-G., Baden; Lieferung des mechanischen Teils: Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur.

Mechanischer Teil

Die Laufeigenschaften sind bis heute unverändert gut geblieben. Man darf sagen, dass das betriebsmässige Hohllaufen der Laufflächen der Radreifen und die Abnützung der Spurkränze keinen merkbaren Einfluss auf die Laufeigenschaften ausgeübt haben. Nach 485 000 km Parcours mussten an der ersten Lokomotive erstmals die Radreifen abgedreht werden, weil die Spurkränze das minimal zulässige Dickenmass erreicht hatten und die Laufflächen stark hohl gelaufen waren. Dabei ist zu erwähnen, dass die Spurkränze nur noch während der kalten Jahreszeit geschmiert werden.

Dank der guten Laufeigenschaften konnte man die betriebsmässige Fahrgeschwindigkeit in den Kurven auf der Strecke Spiez-Brig auf $V = 4{,}33\sqrt{R}$ erhöhen (R = Kurvenradius in m, V = Geschwindigkeit in km/h). Der minimale Kurvenradius beträgt 300 m. Durch diese Kurven wird nun mit einer Geschwindigkeit bis 75 km/h gefahren. Die Gleisanlage muss dabei der Güteklasse A, d. h. folgenden Bedingungen entsprechen[2]):

1. Maximale Abweichung des Kurvenradius — 10 %
2. Maximale Abweichung der Ueberhöhung — 15 mm
3. Minimale Länge der Uebergangsbogen 0,56 V_{max}
4. Maximale Steigung der Uebergangsrampe 1 : 300
5. Schwerer Oberbau (SBB I oder Stuhl)

(Auf der Strecke Frutigen-Brig sind vorwiegend Stuhlschienen von 12 oder 24 m Länge auf 17 bis 21 Holzschwellen pro 12 m verlegt. Schienengewicht 43 kg/m.)

Ferner darf die Geschwindigkeit den zulässigen Höchstwert betriebsmässig nicht um mehr als 2 km/h übersteigen.

1948 kamen zwei weitere gleiche Lokomotiven in Dienst. Mit diesen vier Lokomotiven besorgen wir seither fast den gesamten Schnellzugdienst auf der Strecke Spiez-Brig. Es war daher dort möglich, den Einfluss der B_0-B_0-Lokomotiven auf den Gleiszustand festzustellen. Es zeigte sich, dass sowohl die Schienenabnützung an den Fahrkanten des äussern Stranges der Kurve, wie auch die allgemeine Zustandsänderung des Oberbaues infolge der Verkehrslasten (vertikale Beanspruchung) geringer waren als vor dem Einsatz der B_0-B_0-Lokomotiven, und zwar trotz der gesteigerten Zahl der Schnellzüge, der kürzeren Fahrzeiten und der, wie erwähnt, erhöhten Kurvengeschwindigkeiten. Die Beobachtungen am Oberbau lassen den bestimmten Schluss zu, dass die vier

[1]) Eine ausführliche Beschreibung dieser Lokomotiven befindet sich in SBZ Bd. 127, S. 218* (4. Mai 1946).

[2]) Vgl. Die Gestaltung der Schienen-Fahrbahn. Von H. Peter. SBZ 1949, Nr. 18, S. 245*.

Triebraddurchm.	1250 mm
Dienstgewicht .	80 t
Stundenzugkraft am Rad bei 75 km/h . . .	14,2 t
Stundenleistung am Rad bei 75 km/h . .	4000 PS
Maximale Anfahr-Zugkraft am Rad . .	22 t
Maximale Geschwindigkeit	125 km/h

Tabelle 1. Leistungsprogramm

Steigung ‰	Wagengewicht t	Geschwindigkeit km/h
10	650	90
15	650	75
27	400	75

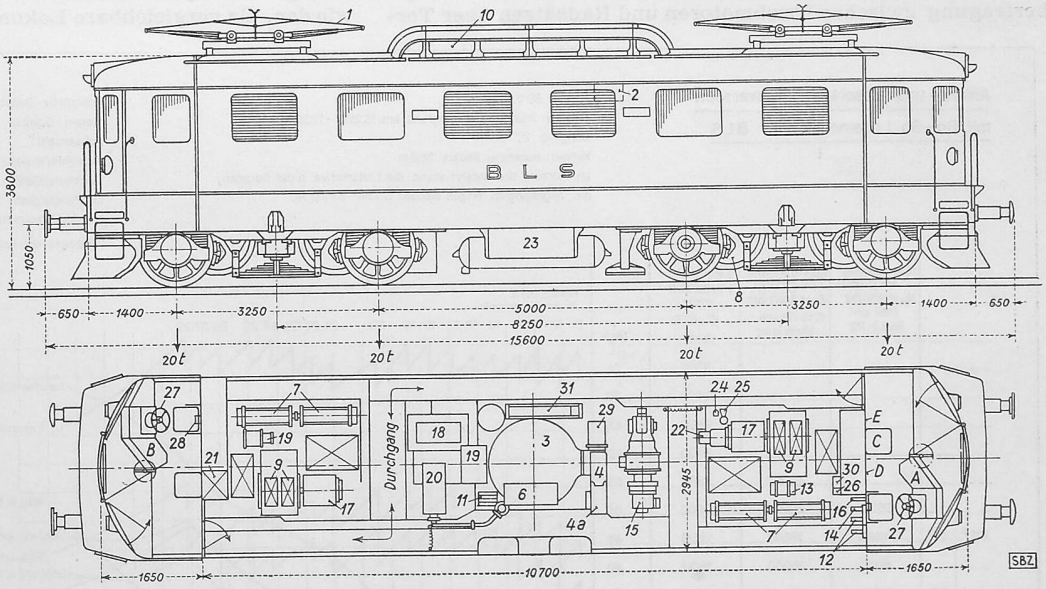

Bild 1. B_0-B_0-Lokomotive der BLS, Typenskizze 1 : 120

Legende: A, B Beleuchtungsschalttafel, C Wechselstromschalttafel, D Gleichstromschalttafel, E Relaistafel, 1 Stromabnehmer, 2 Druckluft-Hauptschalter, 3 Stufentransformator, 4 Stufenschalter, 4a Funkenlöschschalter, 6 Ueberschaltwiderstand, 7 Wendeschalter, 8 Triebmotor, 9 Ohmscher Shunt, 10 Bremswiderstand, 11 vierpoliger Trennhüpfer, 12 Heizhüpfer, 13 Transformator-Hilfsmotoren, 14 Hüpfer für den Kompressormotor, 15 Kompressor, 16 Hüpfer für die Ventilatormotoren, 17 Ventilatormotoren für Triebmotorbelüftung, 18 Vorschaltwiderstand für Hilfsmotoren Pos. 17, 19 Beleuchtungsgenerator, 20 Ventilator und Oelpumpe für den Transformator, 21 Oelwärmeplatte, 22 Bremsgenerator, 23 Akkumulatoren-Batterie (36 V, 90 bis 100 Ah), 24 el. pneum. Ventil für Stromabnehmer, 25 Handluftpumpe, 26 Einschaltrelais für Hauptschalter, 27 Steuerkontroller, 28 Stufenschalterhandantrieb, 29 Stufenschaltermotor, 30 Verzögerungsrelais, Bremsrelais, Hilfsrelais (für die Sicherheitssteuerung), 31 Pneumatische Apparate

B_0-B_0-Lokomotiven das Gleis weniger beanspruchen als die vorher im Schnellzugdienst verwendeten 1 C_0-C_0 1- und 1 E 1-Lokomotiven mit Laufachsen.

Alle Lager der Motoren, Getriebe und Radsätze sind Wälzlager. Anfänglich traten Alterungserscheinungen an den mit 10 t Raddruck belasteten Pendelrollenlagern der Triebradsätze auf, verursacht durch Stromübergang, schlechtes Fett und ungeeignetes Material der Rollenkäfige. Die beiden letztgenannten Ursachen waren kriegsbedingt; ihre Beseitigung bot nach Kriegsende keine Schwierigkeiten. Schäden infolge Stromübergang (Strommarken an den Laufringflächen) waren bei Wechselstrombahnen meines Wissens vorher nicht beobachtet worden. So besassen z. B. die weitgehend mit Wälz-Triebachslagern ausgerüsteten Lokomotiven der schwedischen Staatsbahnen keine Erdungsbürsten. Wenn solche fehlen, fliesst bekanntlich der Fahrleitungs- und zum Teil auch der Zugheizungsstrom über die Achslager in die Schienen. Bei den leistungsfähigeren B_0-B_0-Lokomotiven der BLS mit entsprechend hohen Werten des Primärstroms und des Zugheizungsstroms im Winter zeigten sich starke Strommarken, die in wenigen Jahren die Lager unbrauchbar gemacht hätten. Man behob diesen Mangel durch isolierte Leitung des Stromes vom Transformator bis zu den konstruktiv verbesserten Erdungsbürsten aus Broncekohle. Die Isolierfähigkeit des Fettfilms zwischen Rollen und Gleitbahnen in den Pendelrollenlagern (entsprechend etwa 5 Volt Spannungsabfall) genügt nunmehr, um jeglichen Stromfluss durch diese Lager zu verhindern. Seither zeigen die Lager weder Spielzunahme noch andere Alterungserscheinungen.

Hingegen alterten die Pendelrollenlager des kleineren Getrieberades (Motorritzel) rascher als erwartet. In drei Fällen kamen sogar Schäden vor. Die Ursache dürfte in der Verschmutzung des Schmieröls durch den Abrieb der grossen Zahnräder liegen. Im Gegensatz zu den Ritzeln sind die Zähne dieser Räder nicht oberflächenhart. Obschon ihre Zahnflanken keine wesentliche Abnützung zeigen, sättigte sich das Schmieröl nach und nach mit sehr kleinen Metallteilchen. Das so verunreinigte Schmieröl genügte offenbar für die verhältnismässig hoch belasteten Ritzellager nicht mehr. Man half sich durch periodischen Oelwechsel, mit Auswaschen der Lager, und verbesserte die Schmierung. Bei den gegenwärtig im Bau befindlichen zwei weiteren Lokomotiven genau gleicher Bauart werden die Zähne der grossen Zahnräder der Getriebe ebenfalls oberflächengehärtet.

Das für Lokomotiven neuartige System der Leistungsübertragung zwischen Triebmotoren und Radsätzen über Torsionswelle, federnde, rotierende Scheiben und einerseits auf der Triebachswelle lagerndem, anderseits im Drehgestellrahmen über Silentblocks aufgehängtem Getriebe bewährte sich gut. Nach kurzer Betriebszeit hatten sich an zwei Mitnehmerarmen, die das Drehmoment von der Torsionswelle auf die federnden Scheiben übertragen, Anrisse gezeigt. Ihre Ursache bestand in einem Herstellungs- und Materialfehler (Kerbe und Lunker). Der Mangel konnte rasch behoben werden. Seither haben die Antriebsmechanismen ohne irgendwelche Störung gearbeitet. Abnützungen oder Veränderungen konnten nicht festgestellt werden. Unterhaltarbeiten waren nicht notwendig. Der ganze Mechanismus benötigt weder Schmierung noch Wartung.

Da alle reibenden, der Abnützung unterworfenen Gleitflächen im Oelbad liegen, blieb die Abnützung äusserst gering. Dies trifft besonders auch zu für die zylindrischen Achslagerführungen, die alle Zug- und Bremskräfte sowie auch die vom Gleis herrührenden horizontalen Reaktionen übertragen.

Die sorgfältige, verschleissfeste Konstruktion und reichliche Dimensionierung aller übrigen Teile, wie Bremsgestänge, Querkupplung, Zug- und Stossapparate usw., macht sich durch geringen Schmiermaterialverbrauch und kleine Abnützung im Betrieb günstig bemerkbar. Der gesamte Schmiermaterialverbrauch, einschliesslich elektrischer Teil, betrug nur 1,3 g/km, gegenüber 13,8 g/km bei der Lokomotive 1 C_0-C_0 1 von 144 t, 6000 PS (Baujahr 1926/42) und 27,5 g/km bei der Lokomotive 1 E 1 von 107 t, 2500 PS (Baujahr 1912).

Die fast ausschliessliche Anwendung der elektrischen Schweissverbindung hat sich bewährt. Es sind keine Risse oder Mängel anderer Art an den geschweissten Konstruktionsteilen aufgetreten. Hingegen hat sich die in Aluminiumblech hergestellte, genietete Dachhaut nicht bewährt. Die Nietverbindungen wurden zum Teil undicht; anschlagende Eiszapfen verursachten Schäden, und durch Kurzschlusslichtbogen entstanden Löcher. Die nachgebauten Lokomotiven erhielten daher Stahlblechdächer in Schweisskonstruktion. Der Anschluss an die übrigen Konstruktionsteile und der Aufbau der Stromabnehmer, Brems- und Shuntwiderstände wurde dadurch vereinfacht. Obschon das Gewicht praktisch gleich blieb, ist das geschweisste Stahlblech-Dach bedeutend solider und stabiler, so dass der Lokomotivkasten nun ein biegungs- und verwindungsfestes Rohr bildet.

Man hatte erwartet, dass die Lokomotiven wegen ihrer Drehgestellbauart schlechtere Adhäsionsverhältnisse haben würden, als vergleichbare Lokomotiven üblicher Konstruktion

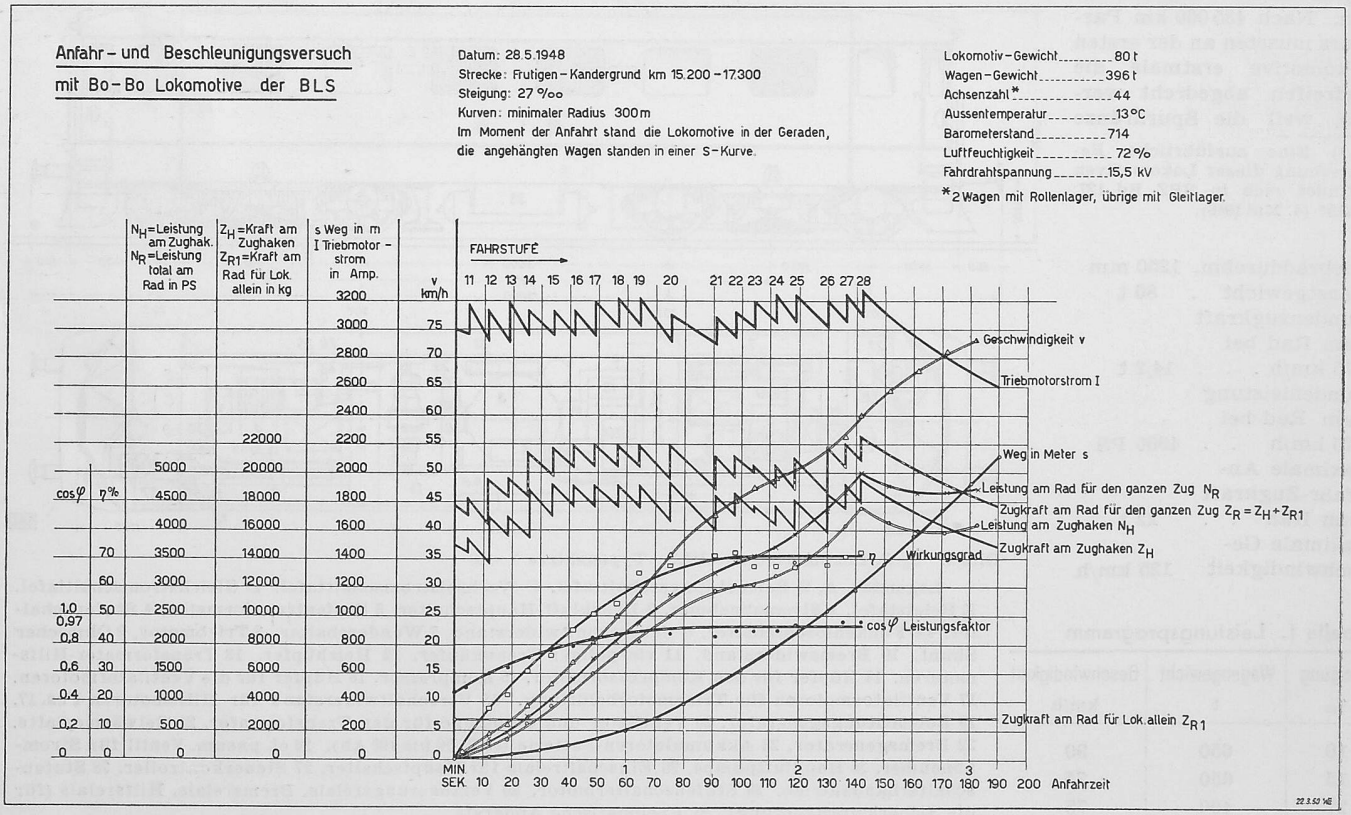

Bild 2. Ergebnisse des Anfahr- und Beschleunigungsversuchs vom 28. Mai 1948

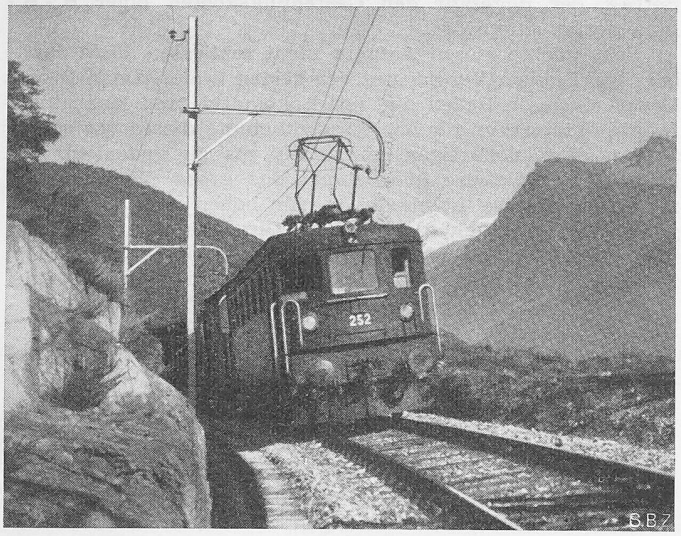

Bild 3. Schnellzug mit B_0-B_0-Lokomotive bei Eggerberg

mit im starren Rahmen eingebauten Triebradsätzen. Durch die Zugkraft tritt bekanntlich insbesondere bei kurzen Drehgestellen eine Entlastung der vorlaufenden Radsätze auf. In unserem Fall erreicht diese Achsentlastung bei Stundenzugkraft rund 10 % des statischen Gewichts. Die pneumatische Achsdruck-Ausgleichvorrichtung, mittels welcher dieser Achsentlastung entgegengewirkt werden konnte, erwies sich jedoch im praktischen Betrieb als nicht nötig, so dass sie später weggelassen wurde. Demgegenüber zeigte sich die Schleuderschutzbremse als eine wertvolle Hilfe. Bei Betätigung eines elektro-pneumatischen Ventils werden die Triebräder kurzzeitig mechanisch leicht gebremst, wodurch der schleudernde Radsatz beruhigt wird. Die Schleuderschutzbremse ersetzt weitgehend die Sander. Deshalb konnten die auf die mittleren Triebräder wirkenden Sandstreuapparate mit den zugehörigen Sandbehältern ausgebaut werden. Der Sandverbrauch beträgt trotz des schweren Bergdienstes nur noch 7 kg/1000 km (einschliesslich Sanderproben).

Zusammen mit der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (SLM) führten wir eingehende Untersuchungen über die Laufeigenschaften durch. Unter anderem bestimmte man den Einfluss der Querkupplung auf den Lauf und die Einstellung der Drehgestelle in den Kurven, ferner die Wirkung der Schlingerbremse, der Reibungsdämpfer zur Drehgestellfederung und schliesslich den Einfluss der Schrägpendel auf die Führung des Kastens bei Fahrt in Kurven. Alle diese konstruktiven Massnahmen wurden als zweckmässig festgestellt. Es gelang, die Wirkung der einzelnen Einrichtungen auf günstigste Arbeitsbedingungen einzustellen, so dass in jeder Beziehung und bei allen Geschwindigkeiten bis 135 km/h sehr gute Laufeigenschaften erreicht wurden. Für die Dämpfungs- und Richtkräfte begnügte man sich mit den minimal notwendigen Werten, um unnötige dynamische Beanspruchungen zu vermeiden.

Elektrischer Teil

Weil die Wagen der von den B_0-B_0-Lokomotiven geführten Züge die Rapidbremse in der Regel nicht besitzen, ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit heute noch auf 100 km pro h beschränkt. Bis zu dieser Geschwindigkeit gleiten die Stromabnehmer einwandfrei am Fahrdraht. Die Stromabnahme ist auch bei der raschen Fahrt durch die Kurven und in den nicht ausgemauerten Tunneln der Rampen gut. Die starken und raschen Veränderungen des statischen Luftdrucks und der Luftströmung in dem vom Stromabnehmer bestrichenen Raum infolge der unegalen Kalottenoberfläche in den erwähnten Tunneln sind also ohne merkbaren Einfluss auf die Gleiteigenschaften des Schleifstücks der Stromabnehmer. Bei elektrischer Bremsung durch Stromrückgewinnung wäre die Stromübertragung an den Fahrdraht heikel; sie spielt in unserem Fall keine Rolle, weil der beim elektrischen Bremsen erzeugte Gleichstrom in Widerständen vernichtet und nicht ans Netz zurückgegeben wird.

Die Druckluft-Hauptschalter stellten Neukonstruktionen dar. Sie zeigten sich anfänglich den schwierigen Betriebsbedingungen (Staub, Feuchtigkeit, rascher Temperaturwechsel, Erschütterungen usw.) nicht voll gewachsen. Nach entsprechenden Verbesserungen der Schalter traten seit rund vier Jahren keine Störungen mehr auf. Im Vergleich zum Oelschalter erwies sich der Druckluftschalter besonders aus folgenden Gründen vorteilhaft: 1. Rasche Kurzschlussabschaltung und daher keine thermischen Schäden am Kurzschlussort. 2. Kurzschluss-Sicherheit. Von der Leerlaufleistung des Transformators bis zur höchst vorkommenden Kurzschluss-Leistung am Fahrdraht von gegen 100 MVA wird jeder Kurzschluss nach ein bis zwei Halbwellen Lichtbogendauer abgeschaltet. 3. Keine Explosions- und Brandgefahr. 4. Keine Umtriebe mit Oel. Praktisch kein Unterhalt und kein Betriebsstoffverbrauch.

Die Transformatoren mit radial geschachteltem Kern bewährten sich von Anfang an gut. Sie wurden anlässlich der Hauptrevision nicht geöffnet. Man darf annehmen, dass diese für Bahnfrequenz hier erstmals angewendete, stark Gewicht sparende Konstruktion sich auch weiterhin gut bewähren wird. Der Oelkühler zum Transformator der beiden ersten Lokomotiven erwies sich als etwas knapp. Er ist durch einen Zusatzkühler ergänzt worden. Bei den nachgebauten Lokomotiven gelangte ein grösserer Kühler zur Anwendung. Er wurde an eine Jalousie der Seitenwand angebaut. Der zugehörige Ventilator, verbunden mit Oelpumpe, saugt die Kühlluft durch die Jalousie und den Oelkühler und presst sie nach unten ins Freie. Im Gegensatz dazu wurde die Kühlluft bei den ersten zwei Lokomotiven dem Maschinenraum entnommen. Der Kühlluftbedarf in diesem Raum war deshalb um rund 40 % grösser, entsprechend auch der Unterdruck und damit der Staubgehalt, indem durch alle Oeffnungen, insbesondere im Boden des Lokomotivkastens, staubige Luft in den Maschinenraum gesaugt wurde. Dadurch verstaubten u. a. die Wendeschalter, Hüpfer usw., so dass sie allmonatlich gereinigt werden mussten.

Der Stufenschalter der 28-stufigen Hochspannungssteuerung hat sich ebenfalls bewährt. Die Unterhaltarbeiten beschränkten sich in der Hauptsache auf die zwei Funkenschalter. An den in Oel liegenden, stromlos schaltenden Anzapfschaltern wird gegenwärtig eine kleine Aenderung durchgeführt, durch die die festgestellte, langsame Kriechwegbildung über die Isolierstücke zwischen den einzelnen Kontakten verunmöglicht werden soll.

Ueberraschend gut verhielten sich die 1000 PS-Triebmotoren. Bisher mussten nur ein einziger Kollektor überdreht und zwei Kollektoren leicht überschliffen werden. Die Ursache war im ersten Fall schlechte Kommutation infolge Unterbruchs im Shunt-Stromkreis, im zweiten Fall unegale Kollektoroberfläche durch einzelne unzulässig harte Kohlebürsten. Abgesehen von diesen Kollektorbehandlungen blieben alle Kollektoren unberührt, obschon die Motoren der ersten Lokomotive nunmehr gegen 1 Mio km Laufleistung aufweisen. Es werden Triebmotor-Kohlebürsten verschiedener Lieferanten verwendet. Die Abnützung beträgt zwischen 0,08 und 0,18 mm pro 1000 km. Diese Werte sind ausserordentlich klein.

Die Führerstandeinrichtung und die räumliche Anordnung aller Schalter, Hebel und Apparate, die der Lokomotivführer während der Fahrt zu bedienen hat, haben sich bewährt. Bei den nachgebauten Lokomotiven ist hier nichts geändert worden. Das Lokomotivpersonal anerkennt die bequeme, einfache Bedienungsweise. Alle während der Fahrt zu beachtenden Apparate und Instrumente liegen möglichst in der Blickrichtung auf die Strecke. Der Dienst des Lokomotivführers wird nebstdem auch durch die guten Laufeigenschaften und die sitzende Arbeitsweise erleichtert. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass Konstruktion, Lagerung und Schalter der Sicherheitspedale so weit verbessert werden konnten, dass der Pedaldruck durch Lagerreibung und Kontaktdruck nicht mehr spürbar vergrössert wird. Die Sicherheit des Ansprechens bei Versagen des Lokomotivführers dürfte nun mindestens ebenso hoch sein wie bei der Anordnung für stehenden Führer.

Neben der kilometrischen Leistung stellen bekanntlich die Unterhaltkosten einen guten Gradmesser für die Bewährung eines Lokomotivtyps dar. Sie betrugen durchschnittlich 25 Rp./km einschliesslich aller Aufwendungen für Untersuchungen, Erprobungen usw. Nach Wegfall dieser zusätzlichen Kosten und nach Einführung eines vorgesehenen, stark verminderten Unterhaltprogramms dürften die reinen Unter-

haltkosten einschliesslich die Hauptrevisionen noch 10 bis 15 Rp./km betragen. Vergleichsweise betrugen die Unterhaltkosten für unsere 1 C_0-C_0 1-Lokomotiven im gleichen Zeitraum 37 Rp./km. (Die 1 E 1-Lokomotiven stellen Erstkonstruktionen dar, so dass der dort festgestellte Wert von 137 Rp./km nicht ohne weiteres mit den andern Zahlen verglichen werden kann.)

Man sieht aus diesen Zahlen die enorme wirtschaftliche Bedeutung der Senkung der Unterhaltkosten. Sind diese beispielsweise um 30 Rp./km kleiner als für eine ältere Lokomotivserie und beträgt der jährliche Parcours einer Lokomotive 150 000 km, so ergibt sich zu 3 % kapitalisiert ein Betrag, der ungefähr den Gestehungskosten einer B_0-B_0-Lokomotive entspricht.

Ich möchte diesen Aufsatz nicht schliessen, ohne dankbar des grossen Verdienstes der beiden Lieferfirmen Brown Boveri & Cie. in Baden und der Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur für die Verwirklichung dieses vor sieben Jahren ganz neuartigen Lokomotivtyps zu gedenken. Die beiden Konstrukteure übernahmen das grosse Wagnis, erstmals laufachslose Lokomotiven für hohen Achsdruck und grosse Geschwindigkeit zu bauen. Diese Pioniertat und der über alles Erwarten hervorragende Erfolg fanden und finden heute noch die uneingeschränkte Anerkennung der Fachleute.

Die Staumauern der Società Adriatica di Elettricità in Venetien

DK 627.82 (45)

Von Dr. Ing. CARLO SEMENZA, Direktor der SADE, Venedig*)

A. Allgemeine Bemerkungen zum Staumauerbau

Seit vielen Jahren ist in Italien ein umfangreiches Programm von Kraftwerkbauten in Ausführung begriffen, dessen Verwirklichung trotz der ausserordentlichen Erschwernisse, die der Krieg verursacht hatte, rasch vorwärts schreitet. So soll die Energieerzeugung für ganz Italien, die im Jahre 1947 rund 22 Mrd kWh betrug, im Jahre 1952, nach Verwirklichung der heute im Bau begriffenen Werke, auf nahezu 30 Mrd kWh gesteigert werden, und man hofft in einer weiteren Bauperiode von wenigen Jahren eine Erzeugungsmöglichkeit von 37 bis 38 Mrd kWh zu erreichen. An diesem Ausbau ist die Società Adriatica di Elettricità (SADE) massgeblich beteiligt. Ihr Versorgungsgebiet erstreckt sich gegenwärtig über 15 Provinzen des Veneto, der Venezia Giulia, Emilia und Romagna. Ihre jährliche Energieabgabe wird im Jahre 1951 rund 2,5 Mrd kWh betragen.

Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sind bei allen Ingenieurbauten die ersten Ziele, die der verantwortungsbewusste Ingenieur möglichst weitgehend zu erreichen trachtet. Sie spornen ihn zu steter Verbesserung der Projekte und der Ausführungen an und haben massgeblich zum hohen Stand des modernen Kraftwerkbaues beigetragen. Hohe Wirtschaftlichkeit ist in Italien im Hinblick auf seine sehr beschränkten finanziellen Mittel von entscheidender Bedeutung. Hierfür sind vor allem die Baukosten bestimmend. Sie hängen in erster Linie von der geschickten Anordnung der einzelnen Bauwerke ab, in zweiter Linie von den gewählten konstruktiven Lösungen für die einzelnen Anlageteile und in dritter Linie von der Organisation der Bauplätze und Transportanlagen sowie ihrer Ausrüstung mit technischen Hilfsmitteln.

Was nun die Konstruktion der Staumauern betrifft, so ist festzustellen, dass die italienischen Fachleute im allgemeinen reine Schwergewichtsmauern zu vermeiden suchen. Diese Bauart erlaubt nur eine sehr unbefriedigende Ausnützung der Festigkeitseigenschaften des Betons oder des Mauerwerks, ohne dass hierdurch die Sicherheit des ganzen Bauwerks nennenswert verbessert würde. Wenn auch hier die rechnungsmässigen oder durch Modellversuche bestimmbaren Beanspruchungen meistens nur klein sind, so bestehen schwer kontrollierbare Einflüsse wie Auftriebskräfte, Zwischenporendrücke und thermische Wirkungen, die das tatsächliche statische Verhalten im Innern des Bauwerks beträchtlich verändern können. Diese Einflüsse fehlen weitgehend bei Konstruktionen in aufgelöster Bauart, die ausserdem in den meisten Fällen eine wesentliche Einsparung an Betonvolumen und Kosten ergeben. Die hierdurch erzielbare technische Verfeinerung ist nur bei genauer Kenntnis des statischen Verhaltens zulässig, das durch eine angemessene Zahl analytischer und experimenteller Studien abzuklären ist.

Die italienische Verordnung über Staumauern, die gegenwärtig auf Grund der Vorschläge einer Expertenkommission revidiert wird, verlangt für jede Projektstudie eingehende analytische Untersuchungen. In Italien hat man aber in den letzten Jahren ausserdem mit besonderer Sorgfalt experimentelle Untersuchungen der Spannungszustände an Staumauermodellen in kleinem Massstab durchgeführt und hierfür interessante Methoden entwickelt. Alle grösseren Bogenstaumauern, die im letzten Jahrzehnt in Italien gebaut wurden, ferner auch einige Typen von aufgelösten Staumauern sind auf Grund von Modellversuchen im wasserbautechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule Mailand konstruiert worden, das speziell zu diesem Zweck eingerichtet ist. Ein neues Institut, versehen mit einer besonderen Ausrüstung für grosse Modelle, befindet sich in Bergamo im Bau. Es bildet die Erweiterung der Versuchsanlage, die seinerzeit für das Studium der Staumauer am Piave von der SADE erstellt wurde.

Man kann selbstverständlich weder auf Grund der analytischen Studien noch mit Modellversuchen ein absolut zutreffendes Bild der tatsächlichen Spannungen erhalten, da in beiden Fällen vereinfachende Annahmen getroffen und bestimmte Zahlenwerte zugrunde gelegt werden müssen, die mit den wirklichen Verhältnissen nicht genau übereinstimmen. Der Umstand aber, dass immer neue Staumauern gebaut

*) In einem Ende 1950 erschienenen Vorausdruck war der Name des Verfassers irrtümlicherweise mit M. C. Semenza angegeben.

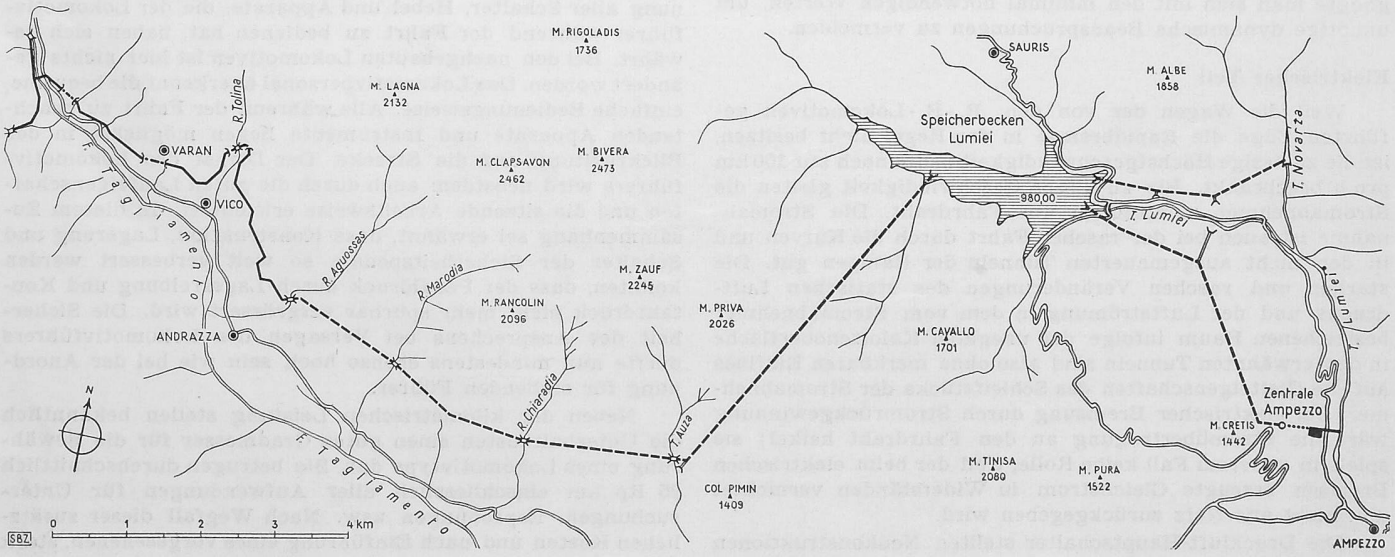

Bild 1. Uebersichtsplan des Kraftwerks Lumiei, Masstab 1:100 000