

Neue Schnellzuglokomotiven Typ Bo-Bo der Löttschbergbahn

Autor(en): **Gerber, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **127/128 (1946)**

Heft 18: **Schweizer Mustermesse Basel, 4. bis 14. Mai 1946**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83831>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

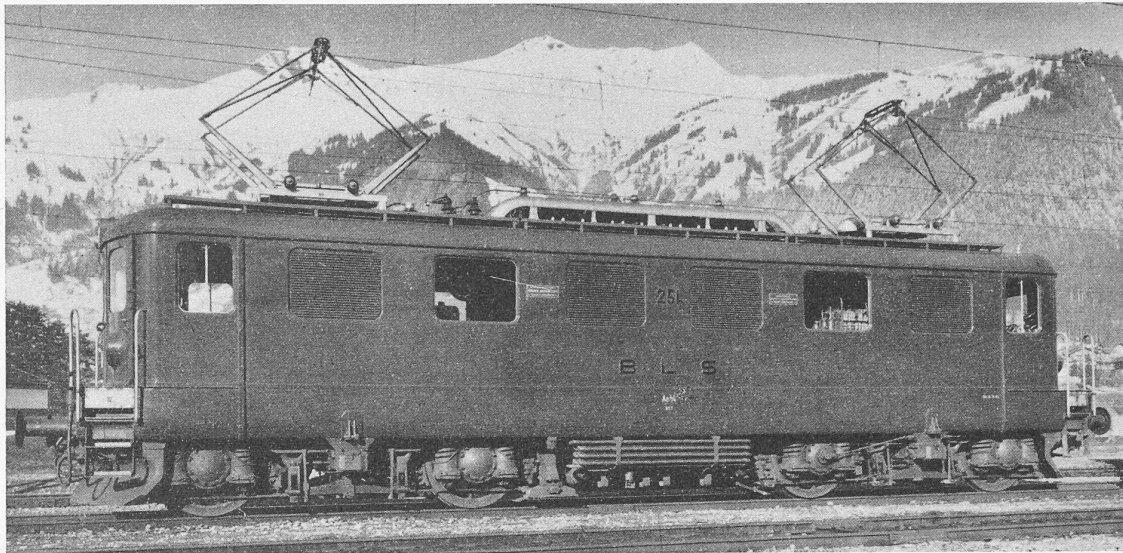


Bild 1. Schnellzuglokomotive Bo-Bo der Berner Alpenbahn-Gesellschaft von 4000 PS Stundenleistung und 125 km/h Höchstgeschwindigkeit

Neue Schnellzuglokomotiven Typ Bo-Bo der Lötschbergbahn

Von F. GERBER, Maschineningenieur der BLS, Bern

I. Grundlagen

Die Lötschbergbahn (BLS) hat im November 1944 und im März 1945 je eine Bo-Bo Schnellzuglokomotive in Betrieb genommen, deren neuartige Konstruktion besonderes Interesse bietet. Charakteristisches Merkmal ist die zweiachsige Drehgestellbauart ohne Laufachsen, wobei der Triebachsdruck den für schweizerische Hauptbahnen höchstzulässigen Wert von 20 t erreicht. Bei einer Stundenleistung der Triebmotoren von 4×1000 PS ergibt sich das ausserordentlich niedrige Leistungsgewicht von nur 20 kg/PS. Die Lokomotiven weisen folgende Hauptdaten auf:

Triebraddurchmesser	1250 mm
Lagertyp: Pendelrollenlager SKF	22 338 K/C3
Anzahl Triebmotoren	4
Uebersetzungsverhältnis	1 : 2,22
Dienstgewicht = Reibungsgewicht	80 t
Stundenzugkraft am Rad bei 75 km/h	14 200 kg
Stundenleistung am Rad bei 75 km/h	4 000 PS
Maximale Zugkraft beim Anfahren	22 000 kg
Maximale Geschwindigkeit	125 km/h

Bremsen: Elektrische Widerstandsbremse

- Automat. Westinghouse-Bremse
- Regulier-Bremse
- R-Bremse
- Schleuderschutzbremse

Druckluft

Am Bau im Wesentlichen beteiligte Firmen:

Schweiz. Lokomotiv- u. Maschinenfabrik Winterthur für den mechanischen Teil,

Brown Boveri & Cie. A.-G., Baden, für den elektrischen Teil und den elastischen Scheibenantrieb,

Signum A.-G., Wallisellen, für die Zugsicherung,

S.A. des Ateliers de Sécheron, Genf, für die Sicherheitssteuerung.

Die erste Lokomotive (Nr. 251) kam im November 1944, die zweite (Nr. 252) im März 1945 in Betrieb.

Den Betriebsbedürfnissen entsprechend sind die Lokomotiven für das Leistungsprogramm nach Tabelle 1 gebaut worden.

Die Steigung von 10‰ ist massgebend für die Strecke Bern-Münsingen-Thun der SBB, auf der die BLS einen Teil des Traktionsdienstes besorgt; 15‰ grösste Steigung kommen auf der Strecke Thun-Frutigen und 27‰ auf der eigentl. Bergstrecke Frutigen-Brig

vor. Die erwähnten Höchstgewichte des Wagenzuges bildeten die Berechnungsgrundlage. Im praktischen Betrieb wurden 600 bzw. 360 t als höchstzulässig festgesetzt, um ungünstigen Adhäsionsverhältnissen, erhöhtem Bahnwiderstand bei Neuschnee und ähnlichen Erschwernissen Rechnung zu tragen. Im weiteren schrieb das Pflichtenheft vor, dass ein Zug von 650 t Wagen-gewicht auf 15‰ Steigung bzw. von 400 t auf 27‰ Steigung in 5 Minuten vom Stillstand auf 75 km/h beschleunigt werden müsse. Schliesslich sollten drei Hin- und Herfahrten Bern-Brig-

Tabelle 1. Leistungsprogramm der Bo-Bo Lokomotive der BLS

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

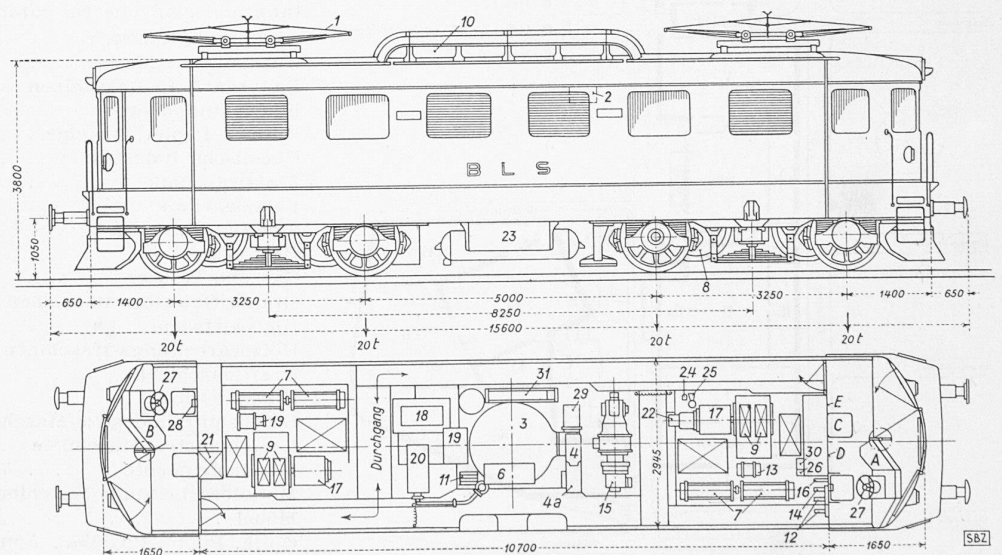


Bild 2. Typenskizze, 1:120. A/B Beleuchtungsschalttafel, C Wechselstromschalttafel, D Gleichstromschalttafel, E Relais-tafel, 1 Stromabnehmer, 2 Druckluft-Hauptschalter, 3 Stufentransformator, 4 Stufen-Schalter, 4a Funkenlöschschalter, 6 Ueberschaltwiderstand, 7 Wendeschalter, 8 Triebmotor, 9 Ohmscher Shunt, 10 Bremswiderstand, 11 4-poliger Trennhüpfen, 12 Heizhüpfen, 13 Transformator-Hilfsmotoren, 14 Hüpfen für den Kompressormotor, 15 Kompressor, 16 Hüpfen für die Ventilator-motoren, 17 Ventilator-motoren für Triebmotor-Belüftung, 18 Vorschaltwiderstand für Hilfsmotoren Pos. 17, 19 Beleuchtungsgenerator, 20 Ventilator und Ölpumpe für den Transformator, 21 Ölwärmeplatte, 22 Brems-generator, 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

Bern mit den maximalen Zuglasten und nach vorgeschriebenem Fahrplan in 24 Stunden ausgeführt werden können, wobei sechs auf die einzelnen Fahrten verteilte Anfahrten in 27‰ Steigung vorzunehmen waren. Dabei durfte kein Teil der Lokomotive Schaden nehmen, übermässige Abnutzung zeigen oder eine Uebertemperatur erreichen, die nach den einschlägigen Vorschriften des Internationalen Eisenbahnverbandes (IEV) unzulässig ist. Die in Frage kommenden höchstzulässigen Uebertemperaturen nach dieser Vorschrift betragen z. B. für die Transformatorenwicklung 75° C, das Transformatoröl (oben) 65° C, die Triebmotorwicklungen 105° C, die Triebmotorkollektoren 85° C (Wicklungstemperaturen mit Widerstandsmessung, Öl- und Kollektortemperatur mit Thermometer gemessen). Diese Uebertemperaturen durften auch auf den Prüffeldversuchen (Stundenlauf und Dauerlauf) nicht überschritten werden. Nur beim Dauerlauf der Triebmotoren war als Ausnahme eine Wicklungsübertemperatur von 120° C zugelassen, was auch den IEV-Vorschriften entspricht. Der Druckluft Hauptschalter musste Kurzschlüsse von 120 000 kVA Kurzschlussleistung in einem Schaltspiel «aus-ein-aus» von 10 Sekunden Intervall der Ausschaltungen ohne Störung bewältigen können. Schliesslich war verlangt, dass die Mindestlaufleistung der Lokomotiven zwischen zwei Ueberdrehungen der Triebmotorkollektoren 200 000 km betragen müsse, wobei die Durchmesser vermindert höchstens 1 mm betragen dürfe. Die Triebmotorkohlen durften sich im weitem höchstens 0,25 mm pro 1000 km abnutzen.

Das Pflichtenheft enthielt für den mechanischen Teil u. a. die Vorschrift, dass womöglich nur Schweissverbindungen angewendet werden dürfen. Beanspruchte Nietverbindungen waren nur in zu begründenden Ausnahmefällen gestattet. Teile, die im normalen Unterhalt aus- und eingebaut werden müssen, waren mit Schrauben, nötigenfalls mit Passschrauben zu befestigen. An Teilen, die erfahrungsgemäss im Betrieb leicht beschädigt werden, mussten sich die Schweissnähte leicht öffnen lassen.

Die BLS hat begreiflicherweise diesen neuartigen Lokomotivtyp erst nach gründlicher Prüfung gewählt. Eingehende Ueberlegungen über die zu erwartenden Wirkungen auf den Gleisoberbau führten zur Erkenntnis, dass bei der vorgesehenen Bauart der Bo-Bo Lokomotiven weder die statischen noch die dynamischen Kräfte in horizontaler und in vertikaler Richtung das Gleis in höherem Mass beanspruchen werden, als es bei Lokomotiven vorhandener Bauart der Fall ist. Berichte befreundeter ausländischer Bahnverwaltungen, die Erfahrung mit elektrischen Triebfahrzeugen des Bo-Bo Typs besaßen, schienen diese Erkenntnis zu bestätigen. Man erwartete, dass beim Befahren der Kurven an den Radsätzen keine unzulässig grossen Spurkränze auftreten werden, namentlich, wenn die Drehgestelle durch besondere Lenkvorrichtungen (Querkupplung) in Richtung der Kurventangente eingeschwenkt werden. Um bei hoher Geschwindigkeit im geraden Gleis einen schlingerungsfreien Lauf zu erzielen, waren Schlingerbremsen vorgesehen. Solche

einfache Apparate hatten sich bei den 144 t schweren 1 Co-Co 1 Drehgestell-Lokomotiven mit Laufachsen gut bewährt!).

Das Leistungsprogramm nach Tabelle 1 erforderte ein Adhäsionsgewicht von mindestens 80 t und eine Triebmotorenleistung von 4000 PS bei 75 km/h Fahrgeschwindigkeit. Vorstudien liessen erkennen, dass diese Leistung mit einer Lokomotive von nur 80 t Gesamtgewicht zu erreichen war, so dass Laufachsen als Gewichtsträger überflüssig wurden. Auch in lauftechnischer Hinsicht glaubte man auf solche Achsen verzichten zu können, und so entschloss man sich zu dem technisch und wirtschaftlich interessanten Wagnis, das auf Grund umfassender, wissenschaftlich und technisch wohlfundierter Vorstudien der Lieferfirmen sowie von eigenen Erfahrungen verantwortet werden konnte. Es mag noch erwähnt werden, dass das Wegfallen der Laufachsen nach durchgeführten Berechnungen eine jährliche Ersparnis an Traktionsenergiekosten von etwa 6000 Fr. pro Lokomotive bringt.

Die Firma Brown Boveri & Cie in Baden (BBC), die den Bo-Bo Lokomotivtyp vorgeschlagen und dafür das Vorprojekt erstellt hatte, übernahm die Lieferung als Generalunternehmer. Sie übertrug die Konstruktion und Herstellung des mechanischen Teils mit Ausnahme der elastischen Kupplungen der Antriebe der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur (SLM). Trotz den nötigen umfangreichen Studien und Vorarbeiten, der grossen Zahl von Berechnungen und der gewaltigen konstruktiven Arbeit, die die Neukonstruktion aller Teile erforderte, und obschon materielle und personelle Schwierigkeiten Hemmungen aller Art verursachten, konnte die erste der beiden Lokomotiven schon 20 Monate nach Beststellungsabgabe in Betrieb genommen werden.

II. Mechanischer Teil

Die Drehgestelle und die Kastenabstützung sind von der SLM besonders entwickelt worden. Sie sind auf Bild 3 im Schnitt dargestellt, gemeinsam mit dem Untergestell des Lokomotivkastens. Man erkennt die kastenförmigen seitlichen Längsträger 1 mit ebenfalls kastenförmigen Querverbindungen des Untergestells des Lokomotivkastens. Diese seitlichen Längsträger übertragen alle über die Puffer und Zughaken der Lokomotive gehenden Zug- und Druckkräfte. In Bild 3 ist der Verlauf der in Richtung der Gleisaxe wirkenden, von der Lokomotive herrührenden Kräfte gestrichelt eingezeichnet. Diese Kräfte finden bekanntlich ihre Reaktion an den Berührungspunkten der Räder mit den Schienen. Von dort werden sie über das Triebachslagergehäuse, die Gleitführungen, den Drehgestelllängsrahmen 2, die mittlere Drehgestelltraverse 3, den in diese mit konischem Sitz eingezogenen Drehzapfen 4, das Drehzapfenlager 5, den Wiegebalken 6 und den damit verschraubten Kastenstützfuss 9 auf die seitlichen Längsträger des Untergestells des Lokomotivkastens übertragen. Kräfte senkrecht zur Gleisaxe, von horizontalen Impulsen des Gleises herrührend, werden auf dem gleichen Weg auf den Drehzapfen übertragen. Sie können jedoch nicht auf den Wiegebalken übergehen, weil das Drehzapfenlager seitlich Spiel hat, sondern werden über den Abschlussflansch mit Mitnehmerzapfen 7 auf die Verbindungstraverse 8 und die Kastentragfedern 11 übertragen. Diese sind über Schrägpendel 12 am Drehgestelllängsrahmen 2 aufgehängt. Während der Wiegebalken 6 nur parallel zur Gleisaxe liegende Zug- und Stosskräfte überträgt, vermittelt die Verbindungstraverse 8 nur Kräfte quer zum Gleis. Die aus diesen entstehenden Bewegungen pendeln in den Schrägpendeln 12 zum Teil aus. Die Lenker 13 vermeiden Längskräfte über die Tragfedern 11. Der Lokomotivkasten ruht über Stützfüss 9, Wiegebalken 6 und Stützlager 10 auf den Kastentragfedern 11. Stützlager 10 und Drehzapfenlager 4 liegen in geschlossenem Oelbad. Konstruktiv neuartig sind namentlich auch die Anordnung des Wiegebalkens unter dem Drehgestellrahmen und die tiefe Vierpunktlagerung des Lokomotivkastens, die wegen der

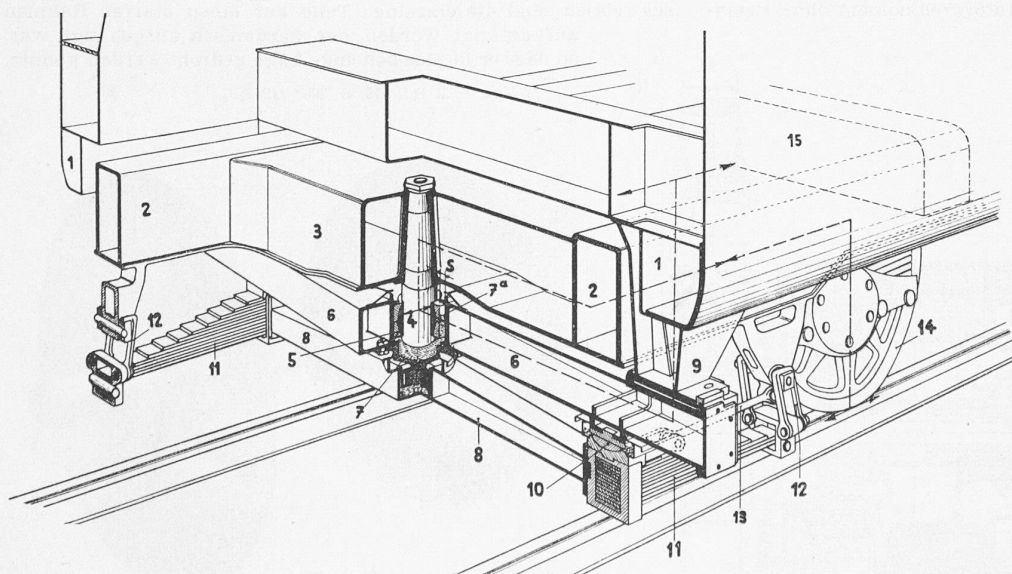


Bild 3. Drehgestell. Spezialkonstruktion der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur.

1 Hohlträger des Lokomotivkastens, 2 Drehgestell-Längsrahmen, 3 Mittl. Drehgestell-Traverse, 4 Drehzapfen, 5 Drehzapfenlager, 6 Wiegebalken, 7 Abschlussflansch mit Mitnehmerzapfen, 7a Oelstand, 8 Verbindungstraverse der Tragfedern, 9 Kasten-Stützfüss, 10 Stützlager mit Oelfüllung, 11 Kasten-Tragfedern, 12 Pendel-Federaufhängung, 13 Lenker, 14 Triebrad, 15 Querrahmen Drehgestell, S Seitenspiel der Wiege 2 x 30 mm

1) Vgl. SBZ Bd. 89, S. 222* (1927).

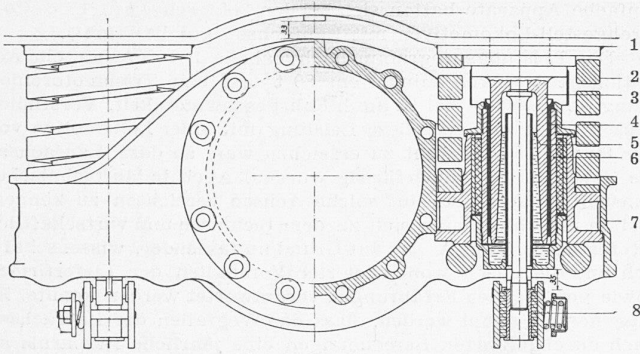


Bild 4. Achslagergehäuse mit Achsbüchsfeder und -Führung.
1 Drehgestellrahmen, 2 Schraubenfeder, 3 Achsbüchsführung, 4 Führungsbüchse (Bronze), 5 Oelstand, 6 Silentblock, 7 Achslagergehäuse, 8 Reibungsbremse

weichen Federung und der verwindungsfreien Konstruktion des Lokomotivkastens zulässig ist. Die weiche Federung und die tiefe Lage des Wiegebalkens haben den Vorteil, dass die störenden Bewegungen des Drehgestells weitgehend vom Lokomotivkasten ferngehalten werden. Zum Verhindern von Schlingerbewegungen des Drehgestells ist in den Kopf des Wiegebalkens 6 eine einfache Schlingerbremse eingebaut. Sie erzeugt nur eine geringe Bremskraft, die jedoch zusammen mit der Reibungskraft der Gleitlager 10 genügt, das Schlingern zu verhindern.

Die zweireihigen fettgeschmierten SKF-Pendelrollenlager für die Triebachsen ruhen in Lagergehäusen, die über je zwei Schraubenfedern das Drehgestell tragen (Bild 4). Im Innern dieser Federn befinden sich die zylindrischen Achsführungen. Sie bestehen im wesentlichen aus den im Drehgestellrahmen eingepressten hohlen Führungszapfen 3 und der Bronzebüchse 4 mit darüber gepresstem Silentblock (Gummihülse mit äusserer und innerer verkupfelter Rohrmarmierung). Die spielfreien zylindrischen Führungsflächen liegen in einem nach aussen abgeschlossenen Oelbad. Ein zentraler durchgehender Bolzen trägt am untern Ende einen kleinen Reibungsdämpfer zur Dämpfung der praktisch reibungsfreien Schraubenfeder. Der Radsatz hat in axialer Richtung praktisch kein Spiel. Horizontale Impulse des Gleises auf den Radsatz werden durch die Silentblöcke gedämpft. Die Dämpfung erweist sich trotz des sehr kleinen Dämpfungsweges als wirksam.

Die *Triebmotoren* sind in den Drehgestellen fest gelagert. Um die grosse Leistung von 1000 PS pro Motor unterbringen zu können, musste der ganze zur Verfügung stehende Raum ausgenutzt werden. Im besondern beschränkten die nur 1360 mm voneinander entfernten Triebräder die axiale Ausdehnung des Motors, da noch genügend Platz für das Getriebe, dessen Zahnweite 170 mm beträgt, frei bleiben musste. Für eine *elastische Kupplung* fand sich fast kein Raum mehr vor. Diese Kupplung hat bekanntlich die Aufgabe, das Motordrehmoment ohne Beeinträchtigung des Federspiels des Radsatzes auf die Triebachse zu übertragen. Sie soll gleichzeitig eine Drehfederung enthalten. Diese ist zur Kommutation beim Ingangsetzen schwerer Züge nötig, ferner zur Dämpfung harter Festbremsungen, sowie zum Ausgleichen momentaner kleiner Aenderungen der Winkelgeschwindigkeit zufolge des vertikalen Spielens des Radsatzes. Die sehr schwierige konstruktive Aufgabe wurde einerseits dadurch erleichtert, dass die Radsätze kein axiales Spiel aufweisen, andererseits jedoch durch die gedrängten Platzverhältnisse und das grosse zu übertragende Drehmoment erschwert. BBC

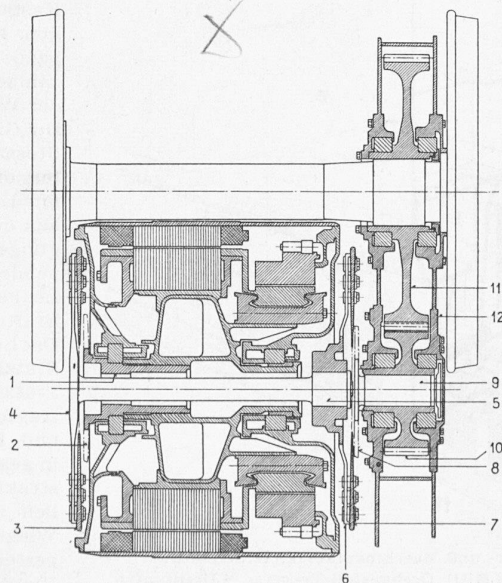


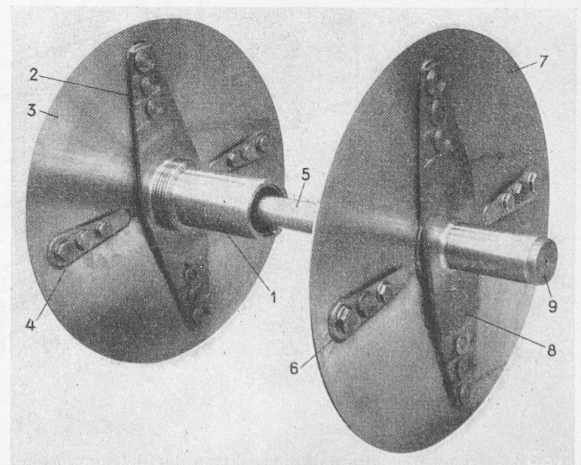
Bild 5a. Schnitt durch Triebmotor, Masstab 1:25. — Bild 5b. Scheibenantrieb. 1 Hülse, 2 Mitnehmer, bildet mit 1 ein Stück, 3 elastische Scheibe, 4 Mitnehmer, mit Torsionswelle 5 verschweisst, 6 Mitnehmer, auf Welle 5 aufgekeilt, 7 Scheibe, 8 Mitnehmer zur Ritzelwelle 9, 10 Ritzel, 11 grosses Zahnrad, 12 Getriebekasten

löste sie mit einem *Scheibenantrieb*. Eine grundsätzlich gleiche Konstruktion, jedoch für viel kleinere Verhältnisse, ist bei den Zürcher Strassenbahnen erstmals angewendet worden und hat sich dort gut bewährt²⁾. Der Scheibenantrieb besteht im wesentlichen aus zwei federnden, dünnen Stahlscheiben beidseits des Motors und einer als Torsionsstab wirkenden Welle, die mit den beiden Scheiben durch Mitnehmer verbunden ist. Wie aus Bild 5 ersichtlich, wird das Rotordrehmoment von der in der hohlen Motorwelle festsitzenden und durch Keil gegen Drehung gesicherten Hülse 1 über den Mitnehmer 2 auf die Scheibe 3 und von hier mit dem um 90° versetzten zweiten Mitnehmer 4 nach der Torsionswelle 5 übertragen. Auf dem andern, verdickten Ende dieser Welle ist der Mitnehmer 6 aufgekeilt, der in analoger Weise das Drehmoment über Scheibe 7 und Mitnehmer 8 an die Ritzelwelle 9 weiterleitet. Das Ritzel ist auf die Welle 9 aufgekeilt und an seiner Nabe im Getriebekasten gelagert. Dieser ist sehr kräftig gebaut und stützt sich einerseits über Pendelrollenlager auf der Nabe des grossen Zahnrades, also auf der Radachse ab, andererseits ist er an einem Hebel (Drehmomentstütze) über einen Silentblock am mittleren Querträger des Drehgestellrahmens aufgehängt. Die verwendeten Pendelrollenlager sind durch mehrfache Labyrinthgegendichtungen abgedichtet. (Sie sind auf Bild 5a durch Schraffur angedeutet.)

Die kräftige, starre Bauart des Getriebekastens gewährleistet jederzeit einen einwandfreien Zahneingriff. Bewegt sich der Triebradsatz im Federspiel in vertikaler Richtung gegenüber dem Drehgestell, so steigt und sinkt auch das Ritzel und zwar in einem um das Verhältnis der Abstände beider Zahnräder zum Aufhängepunkt des Radkastens verminderten Mass. Die Torsionswelle macht diese Bewegung auf der Antriebsseite mit, während sie auf der andern Seite zentrisch bleibt. Die dadurch bewirkte Schrägstellung erzeugt eine Verwindung der federnden Scheiben. Sie ist im Betrieb am leicht schwankenden Lauf dieser Scheiben gut feststellbar. Die Welle 5 dient im weitem als Torsionsfeder; sie wirkt also wie eine elastische Kupplung zwischen Motor und Triebradsatz. Das Getriebe und seine Lager werden mit Mechanismusöl, die Motorlager mit Dynamoöl geschmiert. Der Scheibenantrieb hat keine gleitenden oder reibenden Teile und bedarf daher keiner Schmierung. Die federnden Scheiben bestehen aus hochwertigem Stahl; sie sind aussen 7 mm, innen 2 mm dick, ihr Aussendurchmesser beträgt 1065 mm.

Bild 6 zeigt das Drehgestell mit den eingebauten Motoren. Man erkennt im besondern die elastischen Scheiben, die Befestigung der Triebmotoren und die gelenkige Aufhängung des vordern Getriebekastens. Der Drehgestellrahmen besteht aus geschlossenen Hohlprofilen, die durch Abkanten und Verschweissen von Stahlblechen (Stahl 37.11) hergestellt wurden. Der Rahmen hat keine vertikale Kröpfung. Die Ecken sind gerundet. Die Schweissnähte befinden sich möglichst in der neutralen Zone der Querschnitte. Bei der Konstruktion und der Ausführung der Schweissungen wurden alle theoretischen und praktischen Erkenntnisse der modernen Schweissttechnik berücksichtigt. Zum Zusammenschweissen sind die einzelnen Teile auf einen starren Rahmen aufgespannt worden, der kardanisch aufgehängt war, so dass er in jede beliebige Lage gedreht werden konnte.

²⁾ Vgl. SEZ Bd. 119, S. 266* (1942).



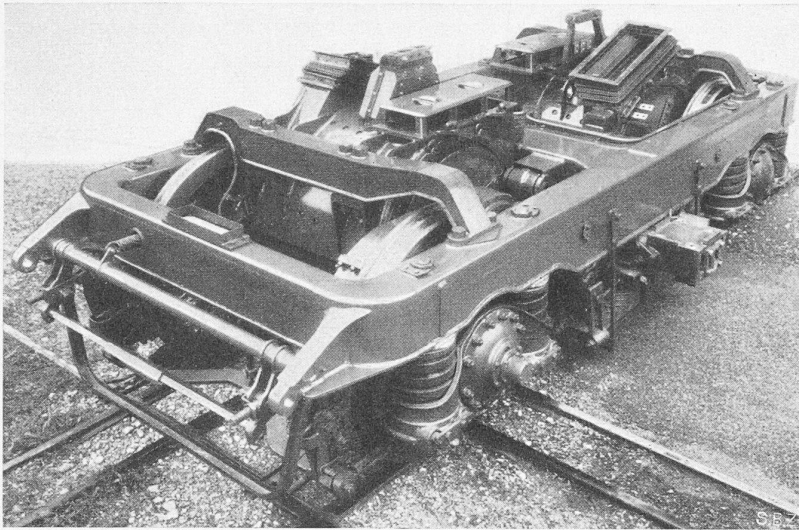


Bild 6. Drehgestell mit eingebauten Motoren

Dies ermöglichte, alle Schweissungen horizontal auszuführen. Der fertiggeschweisste Drehgestellrahmen wurde nicht geblüht, da seine konstruktive Anordnung und das Vorgehen beim Schweißen eine genügende Spannungsfreiheit gewährleisten.

Um die nötigen Umlenkkräfte bei der Fahrt in und aus Kurven möglichst gering zu halten, sind die Triebmotoren nahe an den Schwerpunkt des Drehgestells herangerückt worden. Eine sog. *Querkupplung* gewährleistet im weitern die tangentielle Einstellung der Drehgestelle in den Kreisbogenkurven und damit eine wesentliche Verminderung der seitlichen Führungskräfte. Die Querkupplung, Bild 7, besteht aus Deichseln, die an den inneren Ecken der Drehgestellrahmen gelenkig angreifen und in der Mitte der Lokomotive auf einen gemeinsamen Punkt führen. Zwischen den beiden, im geraden Gleis von der Längsmittelaxe der Lokomotive gleich weit abstehenden Deichseln befindet sich die federnde Querverbindung. Das Kupplungsspiel und die Vorspannung der Feder dieser Verbindung sind im Betrieb auf geeignete Werte eingestellt worden.

Die Konstruktion des *Lokomotivkastens* gleicht im Prinzip der eines Leichtstahlwagens der SBB. Das Untergestell besteht, wie bereits beschrieben, aus zwei seitlichen Längsträgern aus geschlossenen, abkanteten Stahlprofilen, die durch Querverbindungen versteift sind. Die Längsträger gehen an den Enden in einen kastenförmigen Stossbalken über, der einen prallfesten Abschluss bildet. Die gefederte Zugvorrichtung kann als Ganzes in den Stossbalken eingefahren und mit ihm verschraubt werden. Das Untergestell des Lokomotivkastens und die Seitenwände des Maschinenraums sind verschweisst und bilden zusammen mit dem Dach eine verwindungsfeste und tragkräftige Rohrkonstruktion aus Stahlblech. Drei grosse Oeffnungen im Dach gestatten den Ein- und Ausbau der im Maschinenraum befindlichen Einrichtungen. Wände und Dach der Führerstände bestehen aus Aluminium. Die äussere Form des Lokomotivkastens ist bewusst einfach und schlicht gehalten.

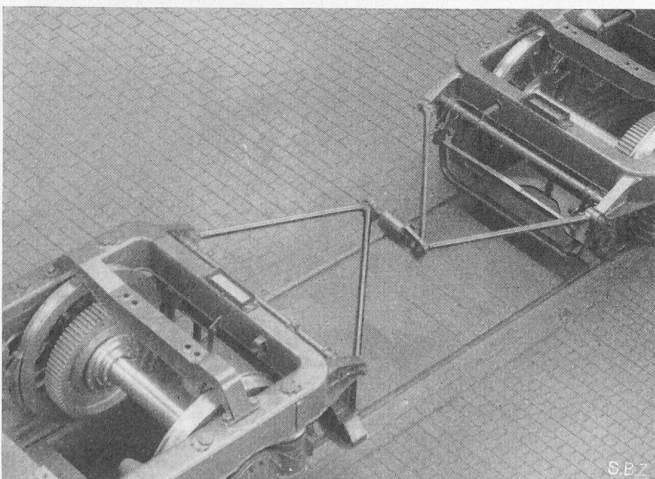


Bild 7. Drehgestelle mit Querkupplung

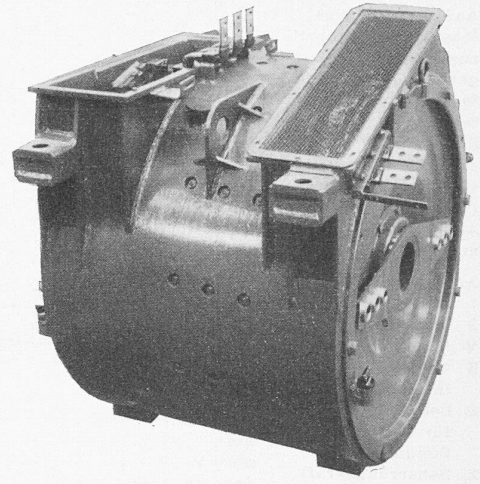


Bild 8. Triebmotor von 1000 PS Stundenleistung bei 720 U/min

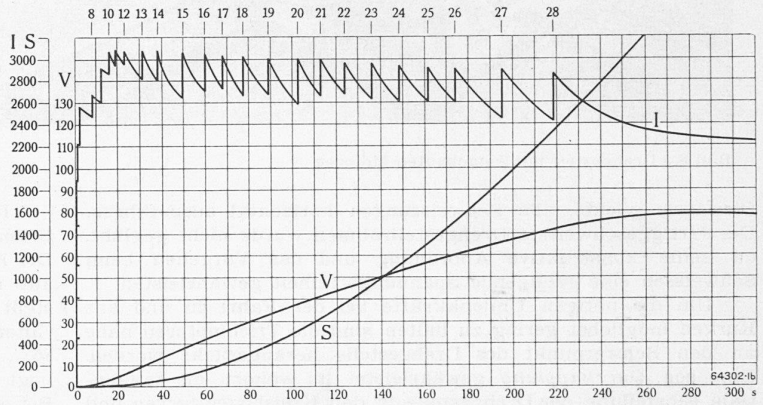
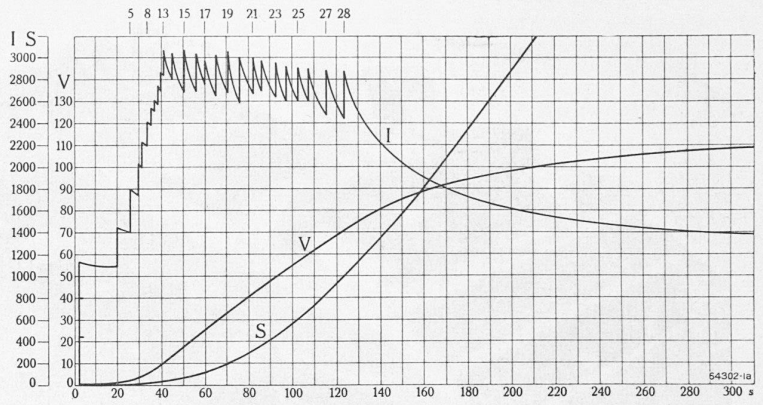
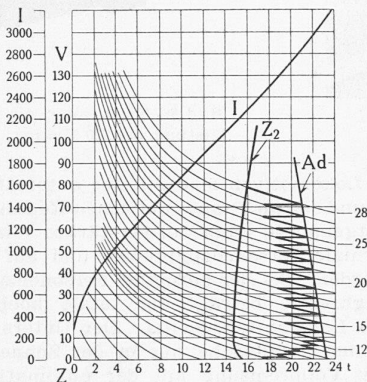
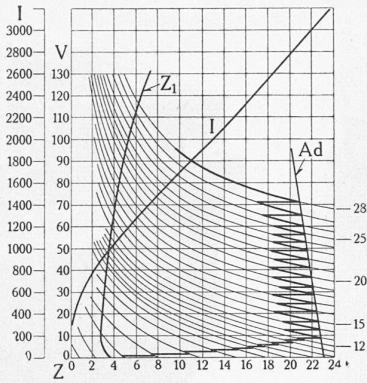
Die Lokomotiven sind mit der automatischen *Westinghouse-Bremse* und der nicht-automatischen *Regulierbremse* ausgerüstet. Die Erstgenannte kann auf verstärkte Wirkung (*Rapidbremse*), auf normale Personenzugbremse und auf Güterzugbremse gestellt werden. Bei der normalen Personenzugbremse und bei der Güterzugbremse beträgt der totale höchste Bremsklotzdruck 85% des Lokomotivgewichts. Der Unterschied beider Systeme liegt in der Hauptsache nur in der Schnelligkeit der Wirkung. Bei einer Vollbremsung mit der automatischen Westinghouse-Personenzugbremse wird in 6 bis 8 Sekunden ein Klotzdruck von 95% des Enddrucks erreicht; bei der Güterzugbremse ist die Wirkung etwa 6 mal langsamer. Die Rapidbremse unterscheidet sich von der normalen Personenzugbremse hauptsächlich durch die höhere Bremskraft: Der totale grösste Klotzdruck beträgt hier etwa 150% des Lokomotivgewichts. Diese verstärkte Bremskraft darf bei kleinen Geschwindigkeiten nicht angewendet werden, weil die Radsätze wegen des mit abnehmender Gleitgeschwindigkeit wachsenden Reibungskoeffizienten festgebremst würden. Die Rapidbremse muss daher geschwindigkeitsabhängig sein; sie wirkt wie folgt: Erreicht die ansteigende Geschwindigkeit 80 km/h, so schaltet ein Kontakt im Geschwindigkeitsmesser über ein pneumatisches Ventil ein sog. Druckübersetzerventil ein. Dieses zapft beim Bremsen Luft aus dem mit Druckluft von 7 bis 8 atü gefüllten Bremsluftbehälter der Lokomotive ab und verstärkt die normale Bremswirkung der Personenzugbremse im Verhältnis der grössern prozentualen Abbremsung. Sinkt die Geschwindigkeit, so wird die Rapidbremswirkung bei 40 km/h mit einem zweiten Kontakt im Geschwindigkeitsmesser ausgeschaltet, so dass nur noch die gewöhnliche Personenzugbremswirkung auftritt. Im weitern ist noch eine sog. *Schleuderschutzbremse* vorhanden, mit der das Schleudern verhindert werden kann. Durch Drücken eines Knopfs wird über ein elektrisches Ventil Druckluft von etwa 1 atü in die Bremszylinder eingelassen. Befürchtet der Lokomotivführer bei schweren Anfahrten und schlechten Adhäsionsverhältnissen ein Schleudern, so betätigt er kurzzeitig diese Bremse, die wie eine Vermehrung der Adhäsion wirkt. Der Lokomotivführer stellt beginnendes Schleudern am Schwanken des Ampèremeters zum betreffenden Triebmotor fest. Die Bremse ist bei kleinen Geschwindigkeiten ebenso wirksam wie das Sanden; bei höheren Geschwindigkeiten ist sie ihm sogar überlegen.

Unter dem Einfluss der Zugkraft entlastet sich die vorlaufende Achse der Drehgestelle bei maximaler Zugkraft bis zu rd. 10% des Achsdrucks. Diese Wirkung kann mit einem Druckkolben ausgeglichen werden, der einen zusätzlichen Druck auf die in Fahrtrichtung vorderen Triebachsen der Drehgestelle erzeugt. Der Lokomotivführer betätigt hierzu den Hebel 11 (Bild 15), der rechts neben dem Triebmotorampèremeter angebracht ist. Ungefährer Gewichtsausgleich ist vorhanden, wenn der mit dem Hebel verbundene Zeiger den Ampèremeter gegenübersteht. Die bisherige Erfahrung zeigt, dass der Achsdruckausgleich nur bei schweren Anfahrten mit ungünstigen Adhäsionsverhältnissen nötig ist.

Die zahlreichen pneumatischen Apparate und Hahnen sind, soweit tunlich, zusammengefasst und in ein Gestell sinngemäss geordnet eingebaut. Die Rohrleitungen wurden nach detaillierten Plänen übersichtlich und unter besonderer Berücksichtigung der

Bild 9. Berechnete Anfahrtdiagramme (oben) eines Schnellzuges von 730 t Zuggewicht (Lokomotive 80 t, Anhängergewicht 650 t) auf ebener Strecke und (unten) eines Schnellzuges von 480 t Zuggewicht (Lokomotive 80 t, Anhängergewicht 400 t) auf 27‰ Steigung

Ad Adhäsionsgrenze
 I A pro Motor
 S Weg in m
 V km/h
 Z Totale Zugkraft intam Radumfang
 Z₁ Beharrungskraft für Zug auf 0‰ Steigung
 Z₂ Beharrungskraft für Zug auf 27‰ Steigung
 Leerlaufspannung
 Stufe 1 = 26 V
 Stufe 26 = 451 V
 Dank der Hochspannungssteuerung geringe Zugkraftschwankungen während der Anfahrt, daher weitgehende Ausnützung d. Reibungsgewichtes bis zur Adhäsionsgrenze



Frostgefahr so montiert, dass alle Verbindungen gut zugänglich sind.

III. Elektrischer Teil

Angepasst an die eingangs angegebenen Leistungsdaten wählte BBC einen 14poligen *Triebmotor* (Bild 8) für 1000 PS Stundenleistung, der bei einem Uebersetzungsverhältnis des Getriebes von 1:2,22, bei 720 U/min, 395 Volt Klemmenspannung und 2100 Amp. ein Stundendrehmoment von 1000 mkg entwickelt. Die entsprechende Fahrgeschwindigkeit beträgt 76 km/h und die totale Zugkraft der Lokomotive am Radumfang rd. 14 t. Die vier Triebmotoren sind parallel geschaltet. Die höchste Anfahrzugkraft beträgt 22 t; dabei nimmt jeder Motor rd. 3000 Amp. auf. Das Motorgehäuse ist eine reine Schweisskonstruktion aus Stahlblech, mit angeschweisstem Lüftungsstutzen und Revisionsöffnungen zum Kollektor. Die Lagerschilder bestehen aus Stahlguss. Die Kupferwicklungen sind mit Seidenglimmer isoliert. Auf Bild 8 erkennt man den dem Zahnradgetriebe gegenüberliegenden zweiarmligen Mitnehmer zum Scheibenantrieb. Die Triebmotoren werden durch Ventilatoren, die im Maschinenraum eingebaut sind, belüftet. Die Kühlluft strömt durch Jalousien in den Seitenwänden des Lokomotivkastens in den Maschinenraum ein. In längeren Versuchen wurden die günstigste Form eines Prallblechs und die Maschenweite eines diesem vorgeschalteten feinen Drahtsiebes gefunden, die Regen und Schnee an den Jalousien zurückhalten.

Auf Grund der Motordaten und des bekannten spezifischen Fahrwiderstandes³⁾ von 5 kg/t, bei 50 km/h und 6,5 kg/t bei 75 km/h berechnete BBC die Anfahrtdiagramme. Bild 9 stellt zwei dieser Diagramme dar.

Zufolge der hohen Motorstromstärke war es gegeben, die Spannungsregulierung auf der Oberspannungsseite (15 kV) durchzuführen. Bild 10 zeigt den an den Transformator angebauten *Regulierapparat für 28 Schaltstufen*. Diese Hochspannungsregulierung hat sich auf einer grösseren Zahl von Lokomotiven und Triebwagen der SBB seit Jahren bewährt. Ihr Gewicht ist klein, weil der Regulierapparat nur für die verhältnismässig kleine Primärstromstärke bemessen sein muss. Diese beträgt im vorliegenden Fall höchstens etwa 280 Amp., die grösste Sekundärstromstärke dagegen etwa 12000 Amp. Da der Anzapfschalter unter Oel liegt und so nur kleine Isolierdistanzen nötig sind, lässt sich eine hohe Zahl von Schaltstufen ohne Schwierigkeit ausführen. Dies ist besonders für schwere Anfahrten notwendig, damit die Zugkraft während der Beschleunigung dauernd

nahe der Adhäsionsgrenze gehalten werden kann. Als Gegenbeispiel seien die im Jahre 1913 gebauten 1E1 Lokomotiven der BLS mit 85 t Adhäsionsgewicht erwähnt, bei denen das höchstzulässige Wagengewicht der Züge auf 27‰ Steigung nur 315 t

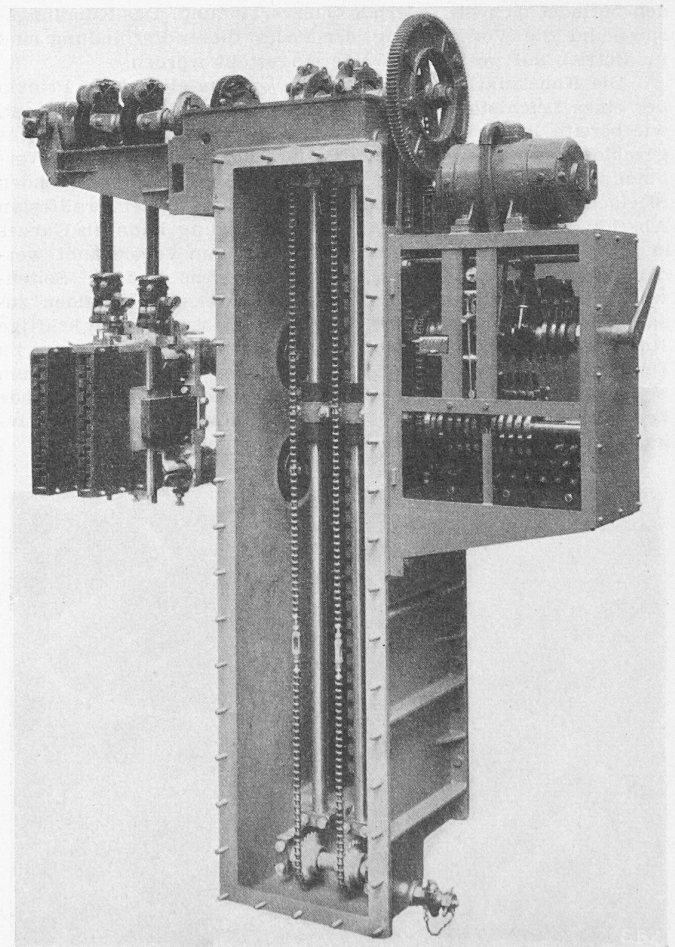


Bild 10. Stufenschalter für 28 Fahrstufen zum direkten Anbau an den zylindrischen Transformatorkasten

³⁾ Der spezifische Fahrwiderstand ist die Zugkraft pro t Wagengewicht, die nötig ist, um den Wagenzug auf ebener, gerader Bahn mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu bewegen.

beträgt (gegenüber 360 t bei den neuen Bo-Bo Lokomotiven), weil sie nur 13 Schaltstufen aufweisen.

Auf Bild 10 sieht man die mit einem kleinen Gleichstrom-Nebenschlussmotor über endlose Ketten angetriebenen Anzapfschalter und die gekuppelten, ausser Oel liegenden Funkschalter. Beim Schaltvorgang von einer Stufe zur andern wird über die rechts liegende Kontaktbahn und den entsprechenden Funkschalter kurzzeitig ein Ueberschaltwiderstand eingeschaltet.

Als *Stufentransformator* fand erstmals für diese grosse Leistung eine Konstruktion mit radialgeblechtem Kern Anwendung. Bild 11a zeigt das Prinzip dieser Bauart. Man erkennt, wie je vier Bleche verschiedener Breite durch Punktschweissung zu einem Element des Kerns vereinigt sind. Diese Konstruktion ermöglichte dank der geringen Bauhöhe der radial und sternförmig um den Kern angeordneten Joche und der rein zylindrischen Form des Kerns und des Kastens eine Gewichtsverringerung von 16 t auf 9,5 t und damit in der Hauptsache den Verzicht auf Laufachsen als Gewichtsträger. Von den im Lokomotivkasten untergebrachten Teilen blieb der Transformator naturgemäss trotzdem noch das schwerste Stück. Er ist daher in der Mitte der Lokomotive aufgestellt, wo seine Masse den kleinsten Beitrag an die Umlenkraft bei der Fahrt durch Kurven ergibt.

Die elektropneumatisch gesteuerten *Wendesalter* sind ebenfalls eine interessante Neukonstruktion (Bild 12). Sie befinden sich unmittelbar über den Triebmotoren, damit die voluminösen Motorkabel möglichst kurz ausfallen. Sie weisen drei Stellungen auf: «Vorwärts», «Rückwärts» und «Bremsen». Eine Unterbrechungsstelle ist nicht vorhanden. Die Stromzufuhr zu jedem einzelnen Motor kann durch Abheben der entsprechenden Kontakte mit bezeichneten Hebeln unterbrochen werden.

Die Lokomotive lässt sich elektrisch bremsen, indem die Triebmotoren als Generatoren betrieben werden. Hierzu wird durch Linksdrehen des Steuerhandrades auf dem Führertisch die Erregung eines kleinen Bremserregergenerators variiert. Der in seinem Anker erzeugte Gleichstrom fliesst durch die in Serie geschalteten Feldwicklungen der Triebmotoren. Die in

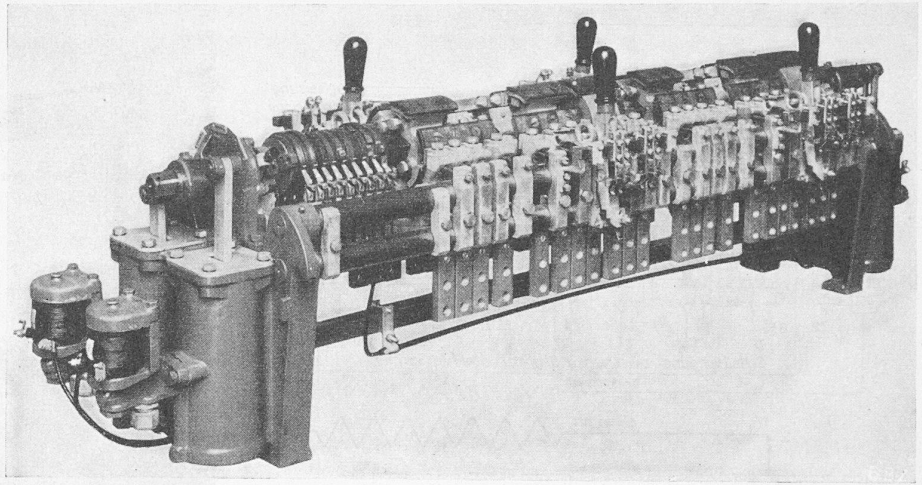


Bild 12. Elektropneumatisch gesteuerter Wendeschalter

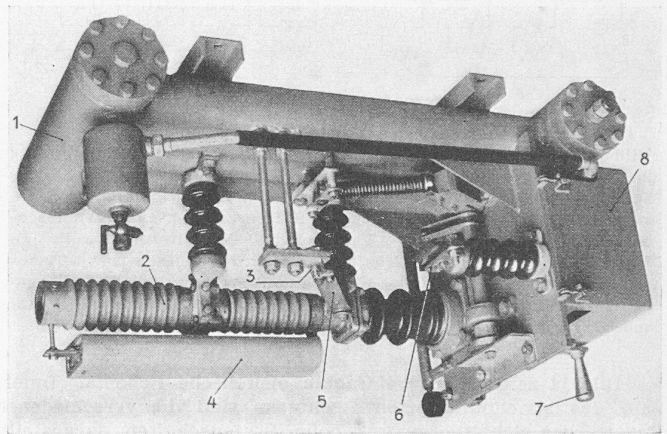


Bild 13. Hauptschalter. 1 Druckluftbehälter, 2 Löschkammer, 3 Erdkontakt, 4 Schutzwiderstand, 5 Schaltmesser, 6 Einschaltkontakt, 7 Handbetätigung, 8 Steuerblock (verschalt)

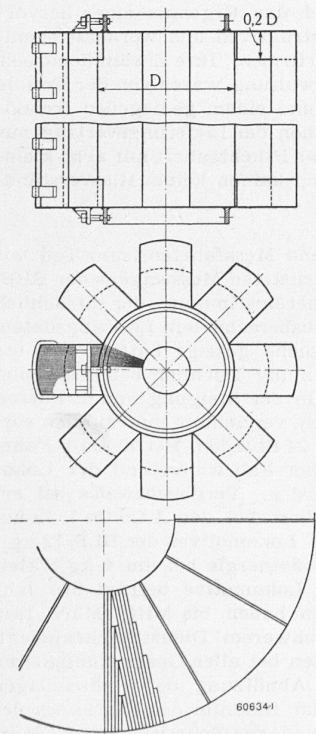


Bild 11a. Transformator für überspannungsseitige Regulierung, Leistung 2700 kVA. Prinzip der Radialblechung

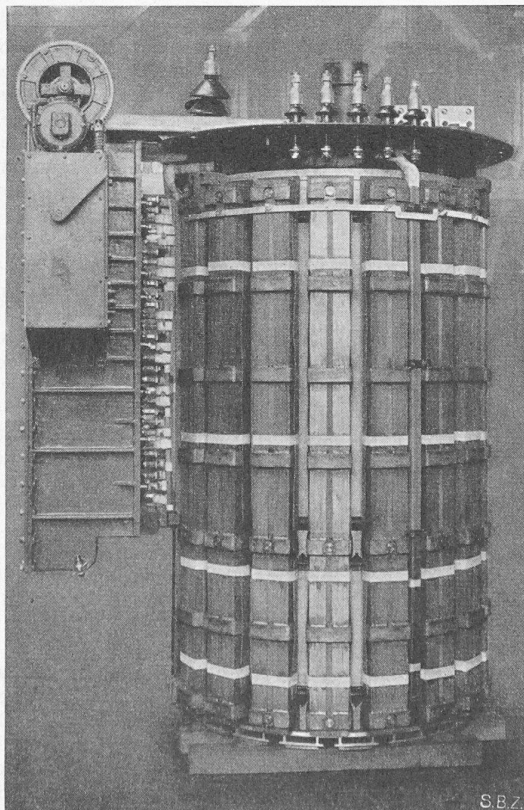


Bild 11b. Aktiver Teil mit angebaubtem Stufenschalter

den Rotoren der Triebmotoren induzierten Ströme werden in Widerständen vernichtet, die auf dem Lokomotivdach angeordnet sind. Eine Rekuperationsbremsung kam aus Gewichtsgründen nicht in Frage. Sie lässt sich auf dem verhältnismässig kleinen Netz der BLS, das von den Kraftwerken Kandergrund und Spiez der Bernischen Kraftwerke gespeist wird und von dem der SBB elektrisch getrennt ist, überhaupt nicht anwenden, weil in ihm häufig kurze Zeiten ohne Leistungsverbrauch vorkommen. Die elektrische Bremse gestattet auf 27‰ Gefälle bei normaler Zuggeschwindigkeit das Lokomotivgewicht und weitere rd. 60 t Wagengewicht abzubremsen. Ist sie angelegt, so genügt erfahrungsgemäss zum Konstanthalten der Geschwindigkeit eines Zuges von 360 t Wagengewicht ein Bremszylinderdruck der Wagenbremsen von 0,8 atü, während ohne sie ein rd. doppelt so grosser Bremsdruck nötig ist.

Als *Hauptschalter* wurde der bewährte Druckluftschalter angewendet. Dabei gelangte erstmals eine zum Einbau in Lokomotiven besonders entwickelte Bauart zur Ausführung (Bild 13). Der Schalter ist liegend am Lokomotivdach aufgehängt. Seine Hauptvorteile gegenüber Oelschaltern sind: 1. rasche Abschaltung von Kurzschlüssen (Abschaltzeit etwa 0,05 s), daher praktisch keine thermische Zerstörung an der Kurzschlussstelle; 2. kein Oel, damit keine Brand- und Explosionsgefahr, sowie keine Umtriebe mit Oel; 3. hohe Abschaltleistung, mindestens die Kurzschlussleistung des Fahrleitungszuges; 4. geringes Gewicht (170 kg statt 480 kg).

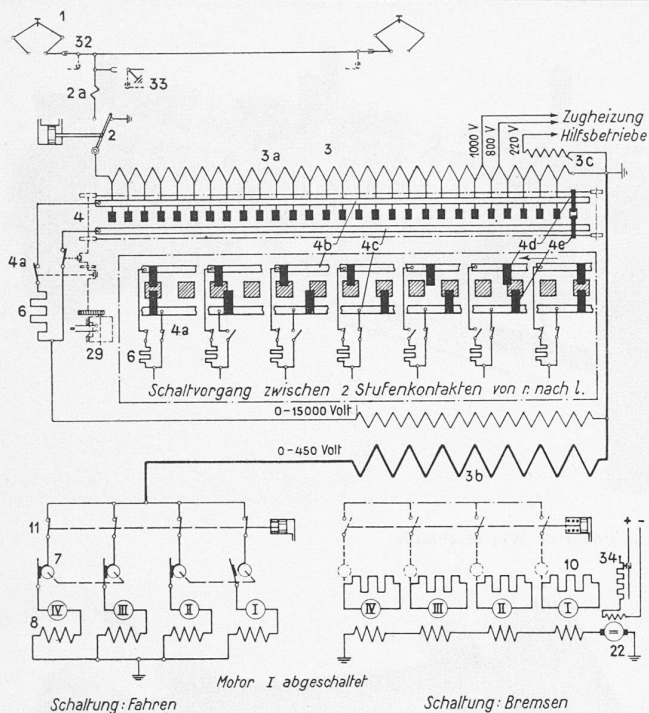


Bild 14. Schaltschema. Legende: 1 Stromabnehmer, 2 Hauptschalter, 2a Stromwandler für Hauptstrom, 3 Stufentransformator, 3a Hochspannungswicklung/Regulierwicklung, 3b Sekundärwicklung, 3c Hilfsbetriebswicklung für Hilfsbetriebe, 4 Stufenschalter, 4a Funkenlöschschalter, 4b Hilfsschiene, 4c Hauptschiene, 4d Hilfskontakttrolle, 4e Hauptkontakttrolle, 6 Ueberschaltwiderstand, 7 Wendeschalter, 8 Triebmotor, 10 Bremswiderstand, 11 Vierpoliger Trennhüpfen, 22 Bremsgenerator, 34 Erregerwiderstand für 22, 29 Stufenschaltermotor, 32 Trennmesser, 33 Erdungsschalter

Bild 14 zeigt das vereinfachte elektrische Schema. Innerhalb des strichpunktierten Rechtecks sind die verschiedenen Phasen des Schaltvorganges beim Stufenschalten dargestellt, nämlich:

1. Oeffnen des Funkenlöschschalters zur Hilfskontaktschiene.
2. Verschieben der Kontakttrolle der Hilfskontaktschiene auf den nächsten Kontakt,
3. Einschalten des Funkenlöschschalters zur Hilfskontaktschiene,
4. Oeffnen des Funkenlöschschalters zur Hauptkontaktschiene,
5. Verschieben der Kontakttrolle der Hauptkontaktschiene auf den nächsten Kontakt,
6. Einschalten des Funkenlöschschalters zur Hauptkontaktschiene.

Das ganze Schaltspiel vollzieht sich in rd. 0,4 Sekunden.

Schliesslich sei noch kurz die Gestaltung der Führerstände beschrieben (Bild 15). Alle seit 1935 von der BLS gebauten Triebfahrzeuge sind für sitzenden Lokomotivführer eingerichtet. Bis heute sind mit diesen Triebfahrzeugen insgesamt rd. 10 Mio km zurückgelegt worden, ohne dass sich eine Unregelmässigkeit wegen sitzender Zugführung ereignet hätte. Man will mit dem Sitz die körperliche Ermüdung des Lokomotivführers während der Fahrt vermindern und hofft dadurch, dass er mühelos aufmerksam bleibe. Die bisherigen Erfahrungen scheinen die Richtigkeit dieser einfachen Ueberlegung zu bestätigen.

Der Ausgestaltung des Führerstands wurde die denkbar grösste Aufmerksamkeit geschenkt, handelt es sich doch hier um den durchschnittlich 18 Stunden pro Tag besetzten Arbeitsplatz eines Mannes, dem grosse Verantwortung überbunden ist. BBC erstellte ein Holzmodell in natürlicher Grösse des ganzen Standes mit allen Instrumenten und Apparaten. Als endlich nach langem Hin- und Herprobieren mit Verschieben um cm und mm jedes Organ seinen Platz gefunden hatte, wurde die ganze Einrichtung genau dem Holzmodell entsprechend gebaut. Wie aus Bild 15 ersichtlich, sind alle Instrumente und Apparate übersichtlich im Kreisbogen nahe um den Lokomotivführer angeordnet. Die Instrumente, die während der Fahrt beobachtet werden müssen, befinden sich möglichst in der Blickrichtung auf die zu befahrende Strecke. Der Lokomotivführer muss während der Fahrt die Pedale der Sicherheitssteuerung (Totmanneinrichtung) treten. Die Pedalfeder ist so eingestellt, dass ein bewusster Druck der Fusspitzen nötig ist, ohne dass eine Ermüdung dadurch eintritt.

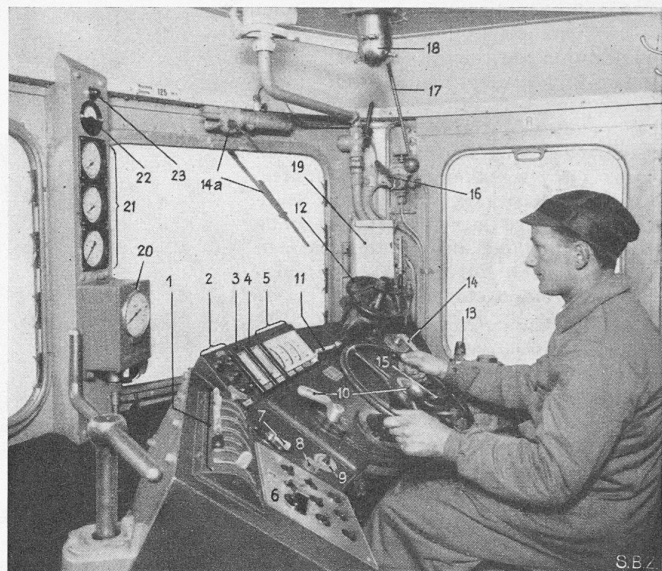


Bild 15. Führertisch in Pultform mit übersichtlicher Halbkreisordnung aller zu bedienenden Griffe

1 Steuerschaltkasten mit Schaltelementen für: Hauptschalter, Stromabnehmer, Steuerstrom, Kompressormotor, Ventilatormotoren, Beleuchtung, Zugheizung; 2 Meldelampen für Fahrdrachtspannung — Wendeschalter «Vorwärts» — Wendeschalter «Rückwärts» — Wendeschalter «Bremsung» und «Ventilatorlauf»; 3 Voltmeter für Fahrdrachtspannung; 4 Ampèremeter für Bremsstrom; 5 Vier Ampèremeter für Triebmotorstrom; 6 Tableau mit Schalter für Fensterheizung, Führerstandsheizung, Signallampen, Umschalter für Lichttagessignal, Schalter für Führerstandsleuchte und Geschwindigkeitsmesser, Wechselschalter für Innenlampen; 7 Verdunklungsschalter mit Abblendwiderstand; 8 Wachsamkeitstaste mit Signallampe für Zugsicherung; 9 Druckknopf zur elektropneumatisch betätigten Schleuderbremse; 10 Steuerkontrollen mit Handrad und Griff für Betätigungswalze zu Wende- und Bremschalter; 11 Einstellhebel zum Achsdruckausgleich; 12 Regulierbremsventil; 13 Führerbremsventil Kradolfer-Weibel; 14 Hahn zum Fensterwischer; 14a Fensterwischer; 15 Sanderhahn (verdeckt); 16 GPR Wechsel mit Hilfskontakten; 17 Signalpfeife; 18 Führerstandsleuchte; 19 Fahrplanhalter mit Lampe; 20 Geschwindigkeitsmesser; 21 Manometer für Regulierbremse, Doppelmanometer für Hauptluftbehälter und Hauptleitung der selbsttätigen Bremse, Doppelmanometer für Bremszylinder und Bremsventilluftbehälter; 22 Ampèremeter für Zugheizung; 23 Spannungsanzeigelampe für Zugheizung

Die beiden Lokomotiven sind das Ergebnis einer hervorragenden wissenschaftlichen, konstruktiven und werkstatentechnischen Arbeit der genannten Lieferfirmen. Ihre Zusammenarbeit und der Verkehr mit der Bahnverwaltung waren von der Freude am gemeinsamen, schönen Werk und einem gediegenen freundschaftlichen Geist getragen. Obschon der Lieferungsvertrag nur drei Schreibmaschinenseiten und das Pflichtenheft nur acht kleinformatige Druckseiten umfassten, kamen keine Missverständnisse vor.

IV. Betriebserfahrungen

Eine grössere Zahl Probe- und Messfahrten, zum Teil mit Verwendung des vorzüglich ausgerüsteten Messwagens der SBB, ergaben die praktisch genaue Uebereinstimmung der tatsächlich gemessenen Werte mit den vorausgerechneten Leistungsdaten. Nachdem schon die Prüffeldversuche gezeigt hatten, dass die Triebmotoren hinsichtlich Erwärmung reichlich bemessen sind und mehrere schwere Anfahrten in der Steigung und in kurzen Zeitintervallen dies bestätigt hatten, verzichtete man auf den vorgesehenen Dauerversuch während 24 Stunden. Bei 50 km/h Fahrgeschwindigkeit ist ein spezifischer Fahrwiderstand der Lokomotive von 5 kg/t gemessen worden. Vergleichsweise sei erwähnt, dass der entsprechende Wert bei den 1 Co Co 1 Lokomotiven 9 kg/t und bei den 1 D 1 Lokomotiven der BLS 12 kg/t beträgt. Die Ersparnis an Traktionsenergie bei um 4 kg/t kleinerem Traktionskoeffizienten der Lokomotive beträgt pro Jahr rund 6000 Fr. Beide Lokomotiven haben bis Mitte März 1946 zusammen über 250 000 km in schwerem Dienst zurückgelegt. Die vorzüglichen Laufeigenschaften bei allen Geschwindigkeiten sind durch die betriebsmässige Abnutzung der Radbandagen nicht beeinträchtigt worden. Zum Studium des Einflusses der Querkupplung der Drehgestelle und der Schmierung der Spurkränze wurde die erste Lokomotive während rd. 20 000 km ohne diese beiden Einrichtungen betrieben. Die Spurkränze aller Triebäder nützten sich dabei ziemlich gleichmässig so stark ab, dass nach etwa 80 000 km die maximale Abnutzung erreicht worden

Wäre. Hierauf wurde die Querkupplung eingeschaltet. Die Abnutzung der Spurkränze verringerte sich dadurch auf $\frac{1}{4}$; nach rund 60 000 km baute man eine einfache Spurkränzschiemung mit Schmutzöl ein. Seither ist die Abnutzung der Spurkränze so gering, dass die Laufzeit der Radreifen nur noch durch das Hohllaufen der Laufflächen begrenzt sein wird. Die Gleitflächen der Kohlenbürsten auf den Kollektoren der Triebmotoren blieben einwandfrei. Es ist daher nicht möglich, den Kollektorparcours abzuschätzen. Die durchschnittliche Abnutzung der Kohlenbürsten der Triebmotoren wurde zu nur 0,177 mm pro 1000 km gemessen. Der Schmiermaterialverbrauch sank gegenüber den Lokomotiven bisheriger Bauart auf etwa den zehnten Teil.

Kinderkrankheiten sind vorgekommen. Dies war bei den vielen vollständig neuartigen und unerprobten Konstruktionen zu erwarten. Die aufgetretenen Mängel waren jedoch ausnahmslos nicht von grundsätzlicher Art. Sie sind behoben worden. Die bisherigen Betriebserfahrungen gestatten noch kein abschliessendes Urteil. Immerhin darf als erwiesen gelten, dass die in der Schweiz erstmals angewandte Drehgestellbauart ohne Laufachsen für hohen Achsdruck und grosse Geschwindigkeiten betriebsicher ist und keine unzulässigen Beanspruchungen des Oberbaus verursacht. Die BLS hofft, in absehbarer Zeit weitere Lokomotiven gleicher Konstruktion in Auftrag geben zu können. Bis heute liegt kein Grund vor, für solche Nachbestellungen wesentliche Änderungen an irgend einem Konstruktionsteil zu verlangen.

Ueber den Begriff «Imprägnierung» im Holzgewerbe

Von Prof. Dr. ERNST GAUMANN, E. T. H. Zürich

Nimmt man ein Lexikon zur Hand, so ist «Imprägnierung» definiert mit: «Durchdringung eines Gegenstandes mit hinzutretender Substanz»; dabei liegt der Nachdruck auf dem Wort *Durchdringung*, also auf einem bestimmten chemisch-physikalischen Vorgang. Beispiel: das Imprägnieren eines Regenmantels, d. i. das *Tränken* desselben mit einer wasserabweisenden Substanz.

Im Sprachgebrauch des Holzgewerbes hat sich jedoch der Inhalt des Wortes «Imprägnierung» verschoben. Im Vordergrund steht nicht mehr das *Verfahren* (d. i. die Tränkung bzw. Durchdringung des Holzes mit einer schutzbringenden Lösung), sondern das *Ziel* der Massnahme; nämlich der «Schutz des Holzes gegen pilzliche und tierische Schädlinge», neuerdings auch gegen Feuer, ohne dabei das angewendete *Verfahren* näher festzulegen. Die einen pinseln das Holz mit der in Frage kommenden Lösung an; andere tauchen es kürzere oder längere Zeit in die pilztötende Flüssigkeit ein, und die Dritten pressen die schutzbringende Lösung mit niederem oder höherem Druck in das Holz *hinein*.

*

Das *Anstrichverfahren* bedeutet eine rein *oberflächliche* Behandlung des Holzes: die Lösung wird an der Oberfläche und in den Randschichten der Holzkörper festgehalten; dieses Verfahren entspricht somit dem ursprünglichen Sinne des Wortes «Imprägnierung» nicht mehr.

Unsicher und z. T. fragwürdig ist auch seine Schutzwirkung. Es tötet zwar die an der Oberfläche haftenden Infektionskeime und schützt überdies das Holz unter *günstigen* Verhältnissen meist auch gegen die *nachträglich* hinzutretenden pilzlichen und tierischen Schädlinge. Unter *günstigen* Verhältnissen, so beim Innenausbau, wenn das Holz abgesichert und in verhältnismässig trockener Luft verwendet wird, mag deshalb ein derartiger Schutzanstrich genügen, vorausgesetzt, dass *fehlerfreies und gut gelagertes Holz* zur Verwendung gelangt.

Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, dass eine Schutzbehandlung, d. i. eine «Imprägnierung», meist dann vorgeschrieben wird, wenn *ungünstige* Verhältnisse vorliegen, so bei behelfsmässigen Luftschutzbauten in feuchten Kellern, bei unterirdischen Magazinen usw. Hier genügt der «Schutzanstrich» nicht. Derartige Räume wimmeln ja geradezu von Infektionskeimen; diese dringen durch die Schwundrisse *hinter* die durch Anstrich geschützte Randzone, finden dort einen optimalen Nährboden und vermorschen das Holz in kurzer Zeit.

Man darf sich deshalb bei der Bewertung des «Schutzanstriches» keinen Illusionen hingeben. Er ist zwar billig; denn er benötigt keinerlei Installationen und verbraucht nur wenig Schutzstoff; aber seine Wirkung ist unter Umständen mehr psychologischer als tatsächlicher Natur.

*

Das *Tauchverfahren* bedeutet gegenüber dem Schutzanstrich schon eine gewisse Verbesserung, vor allem dann, wenn zweckentsprechende, leicht diffundierende Lösungen verwendet werden

und das Holz genügend lange eingetaucht bleibt. In diesem Falle dringt die schutzbringende Lösung sowohl radial (vor allem durch die Trockenrisse) als auch von den Stirnseiten her bis zu einer gewissen Tiefe ein (besonders bei Kiefernspint und bei Buchenholz) und bietet deshalb auch bei spätern Schwundrisen einen nachhaltigeren Schutz als der bloss oberflächliche Anstrich.

Seine Kosten sind jedoch erheblich höher als bei diesem; denn das Tauchverfahren bedingt schon eine gewisse Installation wie Pumpen, Behälter usw., und auch der Verbrauch an Schutzlösung ist bereits etwas grösser. Leider sind seine Anwendungsmöglichkeiten aus technischen Gründen sehr beschränkt. Bauhölzer (Balken, Bretter usw.) können wegen des Verziehens nicht im Tauchverfahren behandelt werden, sodass sich praktisch für diese Arbeitsmethode nur Rebstickel, Gartenpfähle usw. eignen.

*

Das vollkommenste der drei Verfahren ist die *Kesseltränkung* unter Vakuum und Druck. Hier unterscheidet man zwei Abarten: die *Volltränkung* mit Imprägniersalzlösungen und das *Rüping-Sparverfahren* mit Steinkohlenteeröl.

Bei der Kesseltränkung braucht nicht mehr in erster Linie auf die *Diffusionsfähigkeit* der schutzbringenden Substanzen Rücksicht genommen zu werden (denn es lassen sich bei diesem Verfahren auch hochmolekulare, schwer diffundierbare Stoffe in das Holz hineinpresse), sondern die Wahl des zu verwendenden Stoffes kann ausschliesslich auf Grund seiner *schutzbringenden* Wirkung erfolgen.

Der Schutzstoff wird denn auch bei sorgfältiger Arbeitsweise auf *sämtliche* in Frage kommenden Teile des Holzkörpers verteilt. *Nur das Vakuum-Druck-Verfahren entspricht deshalb dem ursprünglichen Sinne des Wortes «Imprägnierung».*

Der Holzkörper ist infolge dieser allseitigen Durchdringung nicht nur gegen oberflächlich und durch Schwundrisse *neu hinzutretende* Schädlinge gefeit, sondern auch die allfällig in ihm *bereits vorhandenen* Schädlinge werden abgetötet. Dass derart vollgetränktes Holz unter Umständen eine fast unbeschränkte Lebensdauer aufweist, liegt auf der Hand.

Die Tränkungskosten im Druckverfahren sind naturgemäss hoch; sie werden einerseits durch den Aufwand an Arbeitslöhnen, an Wärme und an mechanischer Energie bedingt, andererseits durch den grossen Verbrauch an Imprägniermaterial (dieser dürfte bei Volltränkung schätzungsweise zwanzigmal grösser sein als bei blossem Anstrich), und endlich durch den Unterhalt und die Amortisation einer ziemlich kostspieligen Fabrikanlage. Umgerechnet auf die *Lebensdauer* und auf das Wegbleiben der *Unterhaltungskosten* dürfte jedoch die Volltränkung in manchen Fällen das billigste Verfahren sein.

*

Der Verfasser zweifelt deshalb nicht daran, dass die Kesseltränkung im Holzgewerbe immer mehr Eingang finden wird, und zwar *sowohl für das freistehende wie für das verbaute Holz.*

Für Eisenbahnschwellen ist die Kesseltränkung mit Teeröl und für Leitungsmasten die Volltränkung des Splintes mit Kupfervitriol (Boucherisierung) heutzutage derart selbstverständlich geworden, dass ihre Nichtanwendung einen Kunstfehler bedeutet; bei andern freistehenden Hölzern, die ebenso sehr auf Dauerhaftigkeit beansprucht werden wie die Eisenbahnschwellen und die Leitungsmaste, so bei Holzbrücken, bei Wasser- und Uferbauten, im Berg- und Stollenbau wird dagegen auch heute noch oft ein blosser «Schutzanstrich» vorgesehen. Man fragt sich zuweilen bei nassen, mit einem Teeröl-«Schutzanstrich» versehenen Hölzern, *wer* eigentlich geschützt werden soll: Das Holz vor den Vermorschungspilzen oder das Wasser vor dem Verdunsten?

Wie sehr eine richtig durchgeführte Kesseltränkung auch bei freistehenden Hölzern, die unter besonders *ungünstigen* Verhältnissen der Witterung ausgesetzt sind, eine nachhaltige Schutzwirkung ausübt, mag das Beispiel der hölzernen Einfriedigungen (Gartenzäune) zeigen. Nach anfänglichem Enthusiasmus war man seinerzeit von der Kesseltränkung der Staketenzäune mit Teeröl abgekommen und wieder zum blossen Anstrich zurückgekehrt, weil das Teeröl während der sommerlichen Hitze in den Holzlatten nach unten sackte und den Betonsockel verschmierte. Dieser Uebelstand beruhte jedoch auf einer mangelhaften *Fabrikationstechnik*, bedingt durch die Verwendung von *Föhrenholz* und einer niedern *Kesseltemperatur*, bei der zu viel Teeröl im Holzgewebe zurückblieb. Seitdem die Staketten aus Lärchen- oder Tannenholz geschnitten werden und das überschüssige Teeröl bei hoher Temperatur wieder herausgezogen wird, ist dieser Schönheitsfehler behoben.

Derartige Palissadenzäune sind tatsächlich praktisch unzerstörbar. Der Verfasser kennt einen Hag in nassem Gelände längs eines Abzuggrabens, bei dem die Palissaden 1908 im Rüping-