

Die Entwicklung und die Besonderheiten des schweizerischen Eisenbahnsicherungs-Systems

Autor(en): **Oehler, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **65 (1947)**

Heft 26: **100 Jahre Schweizer Eisenbahnen: 2. Heft**

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-55901>

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.

Tabelle 5. Gesamtkosten der Elektrifizierung

		Fr.
1. Kraftwerke		
Bahneigene Kraftwerke und Anteil SBB an den Gemeinschaftskraftwerken Etzel und Rapperswil-Auenstein		217 606 000.—
2. Uebertragungsleitungen Streckenlänge		
	km	
132-kV Freileitungen	210,7	
66-kV Freileitungen	843,8	
66-kV Kabelleitungen	64,4	
33-kV Freileitungen	130,4	
Zusammen	1249,3	43 390 000.—
3. Unterwerke und Transformatorenposten		
26 Unterwerke (einschliesslich Unterwerk Thun) und 3 Transformatorenposten		47 911 000.—
4. Fahrleitungen Gleislänge		
	km	
Einfache Spur	1205	
Doppelspur	1527	
Stationen	2775	
Zusammen	5507	153 000 000.—
5. Herstellung des Lichttraumprofils		60 054 000.—
6. Schwachstromanlagen zu Lasten der Elektrifizierung		62 477 000.—
7. Rollmaterial und Einrichtungen der Zugförderung		
a) Triebfahrzeuge		330 060 000.—
543 Lokomotiven		
57 Motorwagen		
89 Traktoren		
b) Einrichtung der elektrischen Wagenheizung und Heizwagen		12 000 000.—
c) Einrichtungen für die elektrische Zugvorheizung		2 350 000.—
d) Reparaturwerkstätten und Depots		10 640 000.—
Gesamtkosten der Elektrifizierung		939 488 000.—

Zur Zeit wird die Erstellung eines thermischen Kraftwerkes in Vernayaz mit einem Einphasen-Wechselstrom-Generator von etwa 10 000 kVA Dauerleistung geprüft.

In der Zentrale Untertraa des Lungernseewerkes der Centralschweizerischen Kraftwerke wird 1950 eine Frequenzumformergruppe dem Betrieb übergeben. Diese vermag eine Dauerleistung von 4300 kVA aus dem Drehstromnetz der Centralschweizerischen Kraftwerke in das Bahnnetz der SBB abzugeben und sichert die Energieversorgung der Brüniglinie.

Die Kraftwerke und Unterwerke der SBB stehen z. T. seit 20 und mehr Jahren im Betriebe und besitzen die zur Zeit ihrer Erstellung üblichen Ausrüstungen. Es ist das

Die Entwicklung und die Besonderheiten des schweizerischen Eisenbahnsicherungs-Systems

Von Dr. sc. techn. KARL OEHLER, P.-D. an der E. T. H., Zürich

DK 656.257 (494)

1. Geschichtlicher Rückblick.

Die ersten Stellwerke wurden in den Jahren 1880 bis 1890 von den damaligen schweizerischen Privatbahnen in Ermangelung einer eigenen schweizerischen Stellwerk-Industrie durchwegs aus dem Ausland bezogen. Dabei hat man neben einer ganzen Reihe verschiedener Formen und Fabrikate angewendet. Von den ältesten Stellwerken, die anfangs des Jahres 1947 noch in Betrieb standen, sind einige in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Anfangs 1947 noch betriebene alte Stellwerke

Baujahr	Station	System
1890	Soyhières	Bruchsal
1890	Genf, Posten II	Saxby
1890	La Plaine	Vignier
1891	Schöfflisdorf	Vögele
1893	Koblenz	Jüdel

Die ersten Stellwerke, die nach den Systemen Bruchsal, Jüdel und Saxby gebaut waren, sind heute nicht mehr in Betrieb.

Tabelle 6. Störungen im elektrischen Bahnbetrieb

		1945	1944
1. Kraftwerke (8 Anlagen)			
Störungen total		13	14
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten		1	2
2. Uebertragungsleitungen (4410 Leiter-km)			
Störungen total		42	64
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten		7	15
3. Unterwerke (29 Anlagen)			
Störungen total		70	118
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten		11	11
4. Fahrleitungen einschliesslich Fahrzeuge			
SBB	Elektr. Gleis-km	1945 5328	1944 5132
	Elektr. Lok.-km	Mio 53,9	50,1
Fremde Bahnen	Elektr. Gleis-km	699	610
	Elektr. Lok.-km	Mio 5,4	4,0
Gesamtzahl der Störungen			
Netz SBB		1908	1929
Netz der fremden Bahnen		398	303
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten			
Netz SBB		124	145
Netz der fremden Bahnen		31	24
Defekte am SBB-Fahrleitungsnetz			
Isolatorendefekte		142	220
Fahrdraht- und Drahtwerkdefekte		210	187
Wandler, Streckenschalter, Trenner usw.		77	71
Ursachen der Störungen			
Fahrzeuge SBB		823	838
Personalfehler (Bahnpersonal und bahnfremde Personen)		514	415
Fremde Bahnen		398	303
Atmosphärische Einflüsse		111	159
Vögel		96	122
Uebrige und Unbekannte		364	395

Bestreben der SBB, einzelne Einrichtungen, wie Schalter und Relais, zu verbessern und dem heutigen Stand der Technik anzupassen. Demzufolge ist vorgesehen, zuerst die Speisepunktschalter und später auch die Oelschalter der Uebertragungsleitungen durch moderne Schnellschalter zu ersetzen. Ferner soll auch das Netz mit einem rasch wirkenden, selektiven Relaisschutz ausgerüstet werden. Die Zunahme der Netzbelastung und die Sicherstellung des Betriebes im Falle von Revisionen und Reparaturen an Stromerzeugern und Umspannern werden das Aufstellen von weiteren Generatoren und Transformatoren in einzelnen Kraftwerken und Unterwerken erfordern.

Da der Stellwerkbau sich damals noch stark entwickelte und jede der damaligen Privatbahnen ohne Rücksicht auf die Nachbargesellschaft vorging, war an eine Einheitlichkeit der angewendeten Systeme nicht zu denken. Immerhin gewannen die Bauarten der deutschen Firmen Bruchsal und Jüdel auch in der Westschweiz sehr rasch die Oberhand, während die Firmen Vignier und Saxby nur vereinzelte Anlagen lieferten. Von der deutschen Firma Vögele gibt es heute noch etwa zehn Stellwerkapparate. Der letzte mechanische Apparat, Bauart Bruchsal, wurde im Jahre 1938 in Ragaz aufgestellt. Die später noch vereinzelt eingerichteten mechanischen Stellwerkapparate waren lediglich revidierte ältere Ausführungen, die man in andern Stationen ausgebaut hatte.

Die Einführung des elektrischen Stellwerkes in der Schweiz fällt in das Jahr 1914, indem damals für die Station Spiez (Lötschberg-Bahn) von der Firma Stahmer, Georgsmarienhütte, ein elektro-pneumatisches Stellwerk geliefert wurde. Der Apparat selbst stammt von Siemens.

Während des darauffolgenden Krieges ruhte die Entwicklung der elektrischen Stellwerkapparate, sodass ein weiteres elektro-pneumatisches Stellwerk, das in Basel-RB hätte ein-

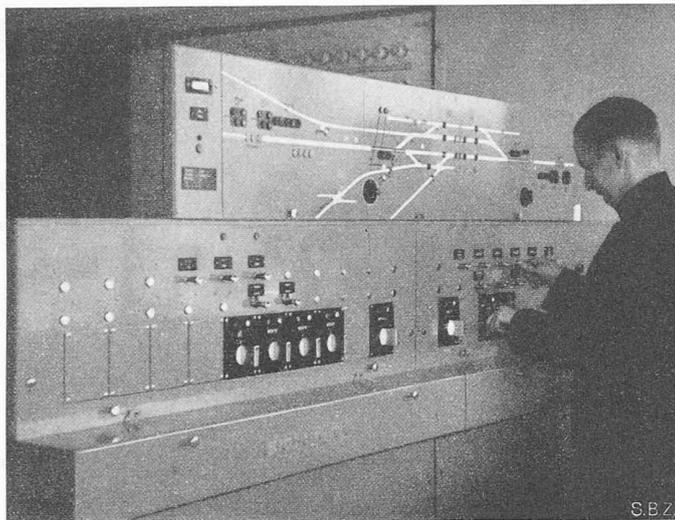


Bild 1. Zwanzigfeldriges Einreihen-Stellwerk schweizerischer Bauart: Gleichzeitige Betätigung des Fahrstrassensignalschalters und der Gleiswahltaste

gebaut werden sollen, nicht mehr ausgeführt wurde. Dadurch blieb auch das Stellwerk Spiez das einzige mit pneumatischem Weichen- und Signalantrieb. Erst im Jahre 1922 folgte das nächste elektrische Stellwerk in Göschenen (Typ AEG), dem in den Jahren 1923 bis 1929 diejenigen für die Stationen Biel, Bellinzona, Thun und Basel-RB folgten (Typ Siemens).

Im Jahre 1929 wurde die Station Chiasso mit einem Stellwerk Typ Orenstein & Koppel ausgerüstet, wobei dieses eine Erstausrüstung war. In den folgenden Jahren bis 1940 erhielten im ganzen acht Stationen Stellwerkapparate dieses Typs, während im selben Zeitraum und noch weiter während des Krieges bis 1944 etwa 35 weitere Stationen mit Stellwerkapparaten des Typs Siemens (VES) versehen wurden; acht Privatbahn-Stationen mitgerechnet. Erstmals in Zürich (1935), später auch in Neuchâtel, Bern und Basel sind Vierreihen-Stellwerke eingebaut worden. Das letzte Stellwerk des Typs Siemens kam in Morges im Jahre 1944 in Betrieb. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass einige mechanische Freigabe-Stellwerke mit Wechselstromblock durch die Firma Hasler ab 1916 für verschiedene Stationen gebaut wurden.

Neben den Semaphoren mit rein mechanischem Antrieb kamen vor dem ersten Weltkrieg die Hippschen Wendescheiben auf, ein Signal mit Gewichtsantrieb und elektrischer Auslösung, das jedoch hauptsächlich in Stationen ohne Stellwerkanlagen aufgestellt wurde. Im Jahre 1914 wurde dagegen die Lötschberg-Bahn, mit Ausnahme der Station Spiez, durchwegs mit Semaphoren mit Solenoid-Antrieben ausgerüstet, die in Verbindung mit mechanischen Stellwerken üblicher Bauart standen; diese Konstruktion blieb jedoch vereinzelt.

Für die wenigen in den Jahren 1922 bis 1929 aufgestellten elektrischen Stellwerke bestand noch kein Interesse, andere Signale als Semaphore aufzustellen, weshalb hier mechanische Signale mit elektrischem Motorantrieb verwendet wurden. Vom Jahre 1929 an wurden jedoch eigene Konstruktionen für Lichttagessignale in der Schweiz entwickelt; aus dem Ausland bezog man nur verhältnismässig wenige Lichttagessignale.

Da die mechanischen Stellwerke fast durchwegs deutscher Bauart waren und dementsprechend für die Verwendung des Siemens-Stations- und Streckenblocks vorbereitet sind, lag es nahe, dieses Blocksystem für den Schutz der Zugsfahrten auf der Strecke zu verwenden. Dies wurde dadurch erleichtert, dass die Firma Hasler die Fabrikation dieser Blockfelder aufnahm.

In der Westschweiz wurde teilweise das französische Blocksystem Rod verwendet, das jedoch keinen Zusammenhang mit dem Stellwerk selbst besitzt, sondern lediglich als Meldeeinrichtung zu bewerten ist. Auch der Siemens-Streckenblock wurde anfänglich nicht als eigentliche Sicherungseinrichtung, sondern mehr als Meldeeinrichtung betrachtet, die nicht der Abteilung für Sicherungsanlagen, sondern dem Telegrapheninspektor unterstellt war.

2. Die Entwicklung der schweizerischen Spezial-Industrie für Eisenbahn-Sicherungseinrichtungen.

Nachdem zunächst alle Stellwerkteile aus dem Ausland bezogen worden waren, wurde im Jahre 1905 von der Maschinenfabrik Bruchsal die Stellwerkfabrik Wallisellen gegründet, wo jedoch nur die schwereren Zubehörteile fabriziert wurden. Diese Stellwerkfabrik hatte kein eigenes technisches Personal und war vollständig von der Mutterfirma abhängig. Im Jahre 1919 wurde dann von einem schweizerischen Konsortium die Signum AG. mit der Zielsetzung gegründet, das notwendige technische Personal heranzubilden, um mit der Zeit vom Ausland unabhängig zu werden. Die Stellwerkfabrik Wallisellen ging in diese Firma über als Beteiligung der Firma Stahmer Bruchsal, während die finanziellen Mittel ausschliesslich in der Schweiz aufgebracht wurden. Im Laufe der Jahre wurde die Behandlung der mechanischen Stellwerkanlagen vollständig von der Signum in die Hand genommen, während sie bezüglich der neueren elektrischen Stellwerkeinrichtungen noch vom Ausland abhängig war. Zehn Jahre nach der Gründung war jedoch genügend schweizerisches Fachpersonal vorhanden, um selbständige Studien und Projekte auf diesem Gebiete durchzuführen. Gleichzeitig kamen die ersten Studien über das schweizerische Zugsicherungssystem in Gang. Schrittweise nahm man nun auch die Fabrikation elektrischer Stellwerkteile auf, bis im Jahre 1939 das erste vollständige Stellwerk schweizerischer Bauart für Fluhmühle abgeliefert werden konnte. Damit war der Nachweis erbracht, dass das schweizerische Personal über genügend Erfahrung und Kenntnisse verfügte, um eigene Konstruktionen und eigene Ideen auf dem Gebiet des Sicherungswesens zu verwirklichen.

Während des zweiten Weltkrieges zeigten sich dann die Früchte der jahrzehntelangen Bemühungen um die Erringung der völligen Unabhängigkeit vom Ausland auf diesem Spezialgebiet. Dank der sorgfältigen und stufenweisen Vorbereitung war es nun möglich geworden, sämtliche Eisenbahnsicherungseinrichtungen nach eigenen schweizerischen Konstruktionen im Lande selbst herzustellen. Es wird weiter unten die Rede davon sein, welche besonderen Merkmale diese Entwicklung aufweist. Der Krieg brachte sodann auch die endgültige Trennung von der deutschen Partnerschaft, indem eine rein schweizerische Organisation gegründet wurde, die sich ausschliesslich dem Eisenbahnsicherungswesen widmet.

3. Der moderne elektrische Stellwerk- apparat

Die ursprünglich in der Schweiz verwendeten, aus dem Ausland bezogenen elektrischen Stellwerke waren ein reines Abbild des mechanischen Stellwerks. Nicht nur waren getrennte Fahrstrassen- und Signalschalter vorhanden (Fahrtenwählerschalter und Fahrstrassen-Signalschalter genannt), sondern auch für die Betätigung des Durchfahrtsignals war ein besonderer Schalter vorgesehen, entsprechend dem besonderen Hebel für diesen Zweck beim mechanischen Stellwerk. Die dem elektrischen Stellwerk innewohnenden Möglichkeiten der Vereinfachung der Bedienungseinrichtungen und dadurch auch der Verrbilligung der Apparaturen hat man nicht ausgenutzt. Dies lag einerseits daran, dass im Ausland an den mechanischen Verschlüssen streng festgehalten wurde, und andererseits ein ausländischer Lieferant nicht im selben Masse wie eine einheimische Industrie daran interessiert ist, den Bahnen durch bessere und billigere Konstruktionen zu dienen.

Nachdem erstmals für ein Stellwerk in Emmenmatt gewisse Vereinfachungen von den schweizerischen Ingenieuren vorgeschlagen worden waren, ergab sich beim Bau der Sicherungseinrichtungen für die Einfahrt nach Luzern von Littau und Emmenbrücke Gelegenheit, einen wesentlichen Schritt vorwärts zu tun¹⁾. Es lag hier die Aufgabe vor, auf eine grössere Entfernung (2 und 3 km) Weichen und zugehörige Signale fernzusteuern. Man entschloss sich, für die Bedienungseinrichtungen eine Methode zu wählen, ähnlich dem in Frankreich bekannten «levier itinéraire», bei der für die einzelnen Weichen keine besonderen Schalter mehr vorhanden sind, sondern nur noch Fahrstrassensignalschalter, die gleichzeitig auch die Weichen betätigen.

Ebenso wie die in der Schweiz verwendeten Stellwerke mit Einzelschaltern waren auch die Stellwerke nach französischer Bauart mit «levier itinéraire» mit mechanischen Verschlüssen und gleichzeitig einzelnen elektrischen Verschlüssen

¹⁾ Vgl. SBZ, Bd. 114, S. 284*.

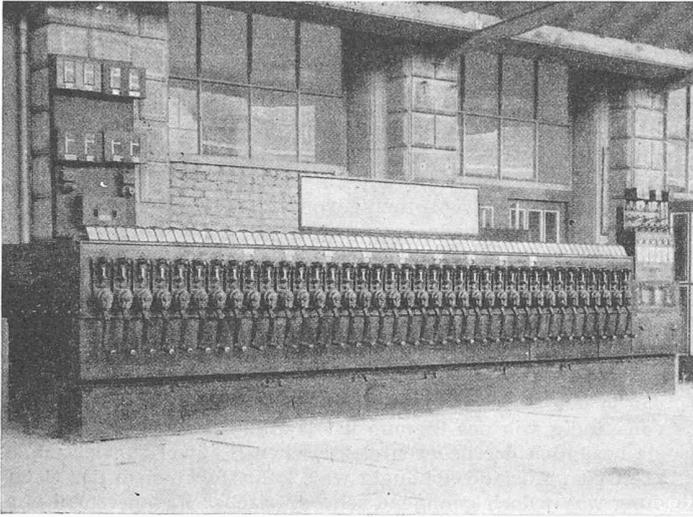


Bild 2. Mechanisches Freigabe-Stellwerk in Schaffhausen mit 37 Kurbeln und einer Länge von 7 m; vor dem Abbruch

an den Hebeln ausgerüstet. Während nun in Frankreich in den letzten Jahren die Entwicklung dahin ging, die mechanischen Verschlüsse beizubehalten und die elektrischen wegzulassen, so dass also die Hebel teilweise frei beweglich sind, aber ihre Bewegung ohne Wirkung bleibt, wurde in Luzern-Fluhmühle der umgekehrte Weg eingeschlagen. Die elektrischen Verschlüsse an den einzelnen Schaltern wurden belassen; dagegen wurden die mechanischen Verschlüsse weggelassen und durch entsprechende Kontakte in den Stromkreisen der elektrischen Sperren ersetzt. Durch diese Massnahme wurde erreicht, dass das Prinzip beibehalten werden konnte, wonach ein Schalter nicht bewegt werden kann, wenn seine Bewegung aus sicherungstechnischen Gründen keine Wirkung haben darf. Gleichzeitig ergab sich aber die Möglichkeit, alle Vorteile der elektrischen Einrichtungen wirklich ausnützen zu können. In Frankreich hat man auf Umwegen die selben Vorteile mit dem Stellwerk nach dem sogenannten «Tous relais»-Prinzip zu erreichen gesucht. Während dort dieses System mehr wegen der grossen Anzahl benötigter Relais noch umstritten ist, ist in der Schweiz das Stellwerk schweizerischer Bauart als richtige und vorteilhafte Lösung anerkannt worden.

Die kurz darauf von der Verwaltung der SBB gestellte Aufgabe, für die Stationen der Brünig-Linie Stellwerkapparate zu entwickeln, die im Gegensatz zu den bisherigen Apparaten auch an die Wand gestellt oder in diese eingebaut werden können, führte zur schweizerischen Bauart des Einreihen-Stellwerkes, das bis jetzt in mehr als hundert Stationen der Schweizerischen Bundesbahnen und Privatbahnen in Betrieb gesetzt worden ist.

Bei den Brünigbahn-Stellwerken bestehen für jede Fahr-richtung je ein besonderer Signalschalter, also im ganzen vier pro Station, für Einfahr- und Ausfahrtsignale. Jeweils die eine Umschlagrichtung dieses Schalters wurde für die gerade Fahrt verwendet, die andere für die ablenkenden Fahrten. Eine besondere Auswahl unter den verschiedenen eventuell möglichen ablenkenden Fahrten war nicht vorgesehen; die Fahrstrasse wird direkt durch die vorherige Einstellung der betreffenden Weichen ausgewählt.

Diese Methode hatte einen Nachteil, der sich allerdings bei den Brünigbahn-Stationen noch nicht voll auswirken konnte, da die Stationen zu klein sind. Dieser Nachteil besteht darin, dass der Beamte bei der Einstellung der Fahrstrassen nicht mehr prüft, ob die Weichen richtig stehen, da ja durch die falsche Stellung einer Weiche lediglich eine falsche Fahrstrasse zustande kommen würde. Anfangs des Jahres 1942 wurde anlässlich des Entwurfes einer Stellwerkanlage für die Rhätische Bahn in Landquart erstmals vorgeschlagen, die Wahl der Gleise durch besondere Gleiswahltasten durchzuführen, die gleichzeitig mit dem Signalschalter betätigt werden müssen. Diese Methode hat sich so gut bewährt, dass sie bei allen weiteren Stellwerken dieser Bauart angewendet worden ist. Dadurch ist es erst möglich geworden, die Vorteile des elektrischen Stellwerkes im ganzen Umfang auszunützen.

Durch diese spezifische Eigenart des schweizerischen Stellwerkes werden nicht nur die Abmessungen des Stell-

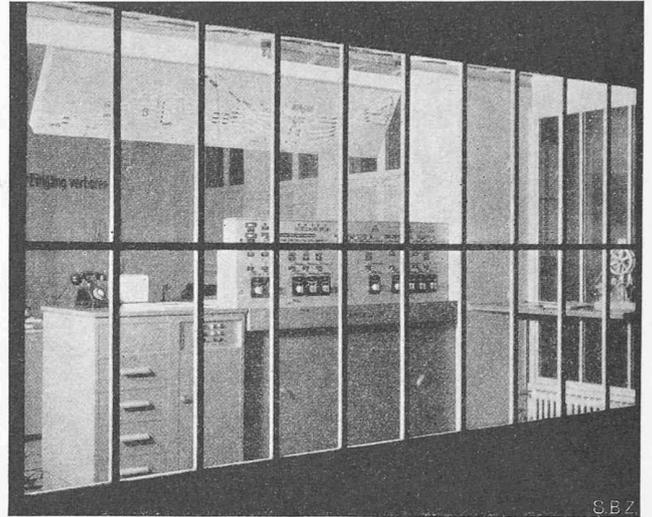


Bild 3. Neues elektrisches Freigabe-Stellwerk in Schaffhausen, welches den in Bild 2 dargestellten mechanischen Apparat ersetzt

werkapparates vermindert und dieser dadurch verbilligt, sondern es lässt sich auch eine Vereinfachung der Bedienung und eine grosse Uebersichtlichkeit erreichen. Ein besonders instruktives Beispiel dafür bietet das neue Freigabe-Stellwerk in Schaffhausen, wo ein mechanisches Kurbelwerk von rd. 7 m Länge mit 37 Kurbeln durch ein elektrisches Schalterwerk von 1,60 m Länge und 10 Schaltern ersetzt worden ist. Dabei könnte dieses elektr. Schalterwerk noch wesentlich mehr leisten als die Einstellung der etwa 70 Fahrstrassen mit nur 10 Schaltern, wenn die abhängigen Stellwerke, die heute noch mit mechanischen Apparaten ausgerüstet sind, dies zulassen würden.

Eine weitere interessante Eigenschaft des Stellwerkes mit nur elektrischen Verschlüssen besteht darin, dass es möglich ist, durch einfache Umschaltung die gegenseitigen Abhängigkeiten zu ändern. Ein solcher Fall tritt auf, wenn eine normalerweise zweispurig betriebene Strecke des öfters einspurig oder beide Gleise in derselben Richtung betrieben werden sollen, wobei dann die Verschlüsse für die Fahrstrassen falscher Ein- und Ausfahrten andere sind als die der richtigen Ein- bzw. Ausfahrten. Diese Umschaltung kann vollständig automatisch erfolgen, da ja nur elektrische Kontakte für die Herstellung dieser Verschlüsse verwendet werden. Ist bereits ein elektrisches Schalterwerk schweizerischer Bauart vorhanden, so sind ohnehin zwei Fahrstrassen-Signalschalter für die beiden Richtungen Einfahrt bzw. Ausfahrt notwendig, da bei einer zweispurigen Strecke gleichzeitig ein- und ausgefahren werden kann. Auf jedem dieser Schalter wird also nur eine Bewegungsrichtung ausgenutzt, so dass die andere Bewegungsrichtung für falsche Einfahrten bzw. falsche Ausfahrten reserviert werden kann. Damit ist es möglich, diese Umschaltungen ohne besondere Hilfsmittel während des Betriebes vorzunehmen.

Der «levier itinéraire» nach französischem Muster wird bei unsern Verhältnissen im allgemeinen nicht zur Anwendung

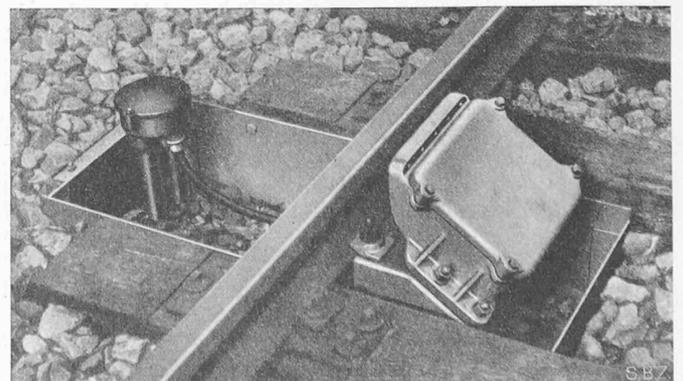


Bild 4. Induktiver Impulsgeber für den automatischen Streckenblock mit Achszählung

kommen, ausgenommen z. B. bei Anlagen, in denen nicht rangiert wird (Fernsteuerung Luzern-Fluhmühle, Fernsteuerung Gotthardmitte²⁾). In solchen Fällen bietet jedoch die Kombination zwischen Signalschalter und Fahrtenwählertaste das Maximum, was man bezüglich Reduktion der Bedienungsmittel in einer Sicherungsanlage erwarten kann. Die schweizerische Bauart gestattet also, wesentlich über das hinauszugehen, was der «levier itinéraire» allein zu bieten vermag.

Da der «levier itinéraire» bei uns nicht ohne weiteres angewendet werden kann, wird es notwendig sein, bei grösseren Stationen doch eine grössere Zahl von einzelnen Weichenschaltern unterzubringen, obwohl die Zahl der Fahrstrassensignalschalter auf ein Minimum verringert wurde. Das Einreihen-Schalterwerk würde in solchen Fällen eine grosse Baulänge und damit auch ein grosses Stellwerkgebäude erfordern. Aus diesem Grunde ist Ende des Krieges mit der Entwicklung eines Mehrreihen-Schalterwerkes begonnen worden, bei dem auf eine Länge von 90 cm 20 bis 30 Schalter untergebracht werden können. Dies ist gleichzeitig ungefähr das Maximum an Schaltern, das ein einzelner Mann bei lebhaftem Verkehr zu bedienen vermag, so dass es nicht ratsam ist, mit der Zahl der Schalterreihen weiterzugehen. Diese Zwei- und Dreireihen-Schalterwerke leisten dank der Vereinfachungen, die das schweizerische System bietet (Reduktion der Fahrstrassensignalschalter) ebensoviel wie die Vier- und Siebenreihen-Stellwerke ausländischer Konstruktionen.

Neben den Hebel-Schalterwerken sind während des Krieges drei reine Freigabe-Stellwerke gebaut worden, die, in Pultform mit aufgemaltem Gleisbild ausgebildet, die Einstellung bzw. die Freigabe der Fahrstrassen mit Tasten erlauben. Das erste dieser Tasten-Stellwerke war das Freigabe-Stellwerk für den Bahnhof Basel-West, während anschliessend die Freigabe-Stellwerke für Solothurn-HB und Airolo nachfolgten. Es sind Bestrebungen im Gang, diese Stellwerke für kleinere Stationen auch als Weichen- und Signal-Stellwerke auszubilden, wobei dann kleine Weichen- und Signalschalter in das Gleisfeld eingebaut werden. Da diese kleinen Schalter jedoch keine Sperren mehr erhalten können, die ihre Bewegung verhindern, wenn ihre Betätigung keinen Erfolg hat, müssen diese Schalter jeweils automatisch in die Grundstellung zurückkehren. Schalter, die in der Endlage stehen bleiben können, aber keine

²⁾ Vgl. SBZ, 65. Jg., S. 149*.

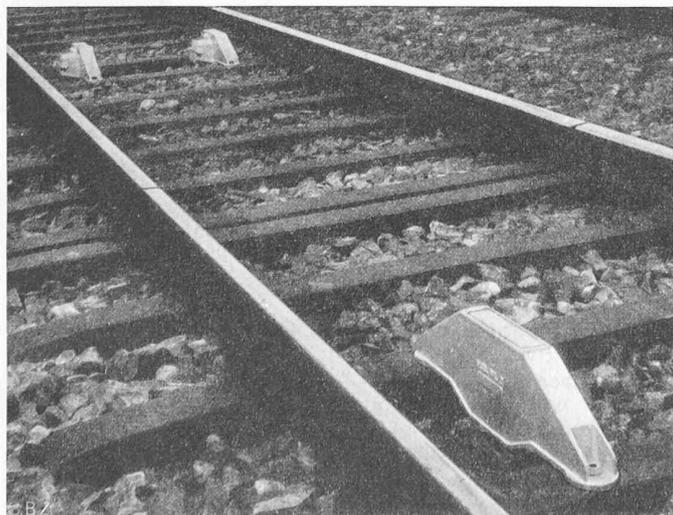


Bild 6. Die neue automatische Zugsbeeinflussung des direkt wirkenden elektro-magnetischen Systems: Anordnung der Gleismagnete für drei- oder vierbegriffige Signalübertragung

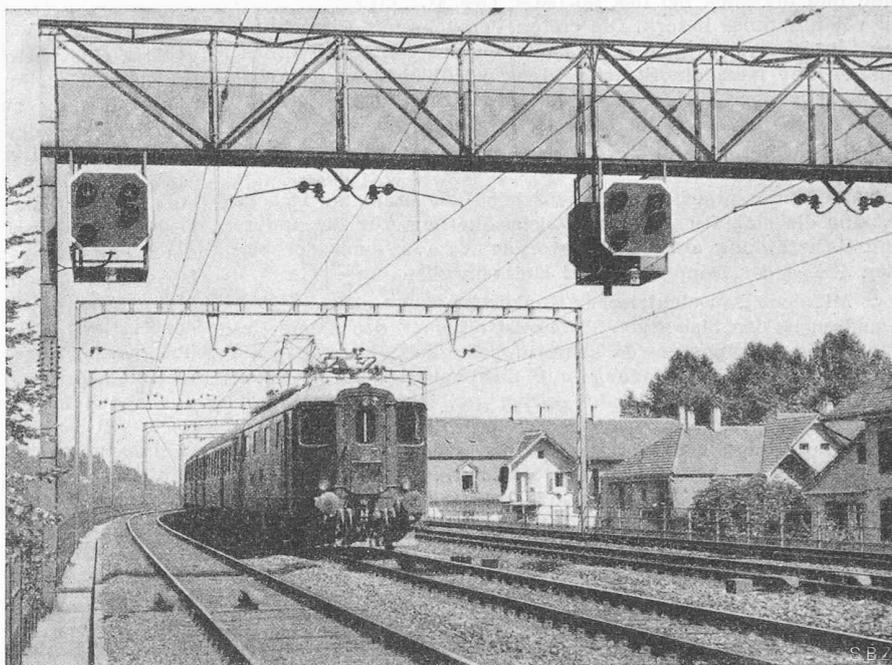


Bild 5. Signalbrücke mit Vorsignalen und den Streckenmagneten der automatischen Zugsbeeinflussung am Gleis; nördliche Einfahrt zum Bahnhof Bern

elektrische Sperre haben, geben zu verschiedenen Schwierigkeiten Anlass, von denen auch die französische Fachliteratur zu berichten weiss.

4. Der Streckenblock

In den Neunzigerjahren ist der Streckenblock erstmals angewendet worden. Man hat damals den von Siemens in den Jahren 1870 bis 1875 entwickelten Wechselstrom-Handblock verwendet und zwar vorerst auf den zweigleisigen Strecken mit dichtem Verkehr. Der automatische Streckenblock mit Gleisisolierung ist in der Schweiz erst im Jahre 1935 eingeführt worden. Erschwerend wirkte der Umstand, dass bei uns die Schienen wegen den vielen engen Kurven, den häufigen Tunneln und den starken Steigungen meistens auf Eischwellen ruhen, bei denen Gleisisolierungen nicht angewendet werden können. Er ist erstmals zwischen Zürich-HB und Wiedikon ausgeführt worden, um den Betrieb im Bahnhof Zürich zu erleichtern. Dann folgten 1939 die Strecken Luzern-Emmenbrücke und Fluhmühle-Littau gemeinsam mit der Fernsteuerung der Stellwerke in Fluhmühle von Luzern aus. Wenige Jahre später erhielten die Strecken Zürich-Oerlikon und Zürich-Letten den automatischen Streckenblock, die erstgenannte mit kombinierten Blocksignalen, die als dritten Begriff die Warnung zeigen³⁾. Diese Signale dienen gleichzeitig entweder als Hauptsignal oder als Vorsignal für das nächstfolgende Blocksignal, je nach dem Betriebszustand des Blockabschnittes.

Der oben erwähnte Umstand, dass der grössere Teil der Strecken auf Eischwellen liegt, sowie auch die Tatsache, dass in den langen Tunneln wegen der Feuchtigkeit und der Länge der Blockabschnitte keine Isolierung möglich ist, haben zur Entwicklung der Achszählung geführt. Diese Einrichtung dient dazu, am Eingang des betreffenden Streckenabschnittes die Zahl der Achsen festzustellen, die in den Abschnitt eingefahren sind. Am Ende dieses Abschnittes befindet sich eine ähnliche Einrichtung, die nun in umgekehrtem Sinne die Achsen wieder auszählt, die aus der Strecke ausfahren. Läuft der Zähler, der die Zahl der Achsen registriert, auf Null zurück, so ist damit der Beweis erbracht, dass der betreffende Streckenabschnitt frei ist und von einem andern Zug befahren werden darf. Obwohl diese Einrichtungen infolge der hohen Geschwindigkeiten und der kleinen Achsabstände in den Drehgestellen sehr hohen Beanspruchungen und weitgehenden qualitativen Forderungen entsprechen müssen, sind doch Lösungen gefunden worden, die diese Anforderungen erfüllen. Als Beeinflussungseinrichtung am Gleis werden dabei induktive Vorrichtungen verwendet, die keinerlei Abnutzung ausgesetzt

³⁾ Vgl. SBZ Bd. 210 S. 155* (3. Oktober 1942), Bd. 129, S. 199* (19. Oktober 1946).

sind und die auch bei den höchsten Geschwindigkeiten kräftige Zählimpulse liefern. Die ersten Versuche mit Einrichtungen dieser Art sind im Hauenstein-Tunnel gemacht worden. Später hat man die Strecke Weesen-Mühlehorn mit Achszählung ausgerüstet.³⁾ Auch die im Jahre 1938 errichtete Blockstelle in der Mitte des Gotthardtunnels erhielt Achszählung. Diese Anlage ist im Jahre 1946 wesentlich erweitert worden.

Der automatische Block zwischen Lausanne und Renens ist für die eine Richtung mit Gleisisolierung, für die andere mit Achszählung ausgerüstet worden, da nur eines der beiden Gleise der Doppelspur auf Holzschwellen lag.

Mit dem Bau elektrischer Stellwerke ergab sich die Notwendigkeit, den bisherigen Wechselstromblock den neuen Bedingungen anzupassen, da seine ursprüngliche Form für die Verwendung in Verbindung mit mechanischen Stellwerken vorgesehen ist. Anstelle der bisherigen Blockfelder traten Wechselstromrelais, mit denen das Wechselstrom-Blocksystem den besonderen Bedürfnissen des elektrischen Stellwerkes angepasst werden konnten. Diese Bauart hat sich dann auch für mechanische Stellwerke, die nicht für den Anbau von Blockfeldern üblicher Bauart geeignet sind, als verwendbar erwiesen. Obwohl der Aufwand an elektrischen Einrichtungen beim sogenannten Relaisblock grösser ist als beim Handblock, sind doch die Kosten in solchen Fällen nicht viel höher, so dass die Vorteile sich lohnen.

Trotz dieser Verbesserung bleibt aber die Tatsache bestehen, dass der Wechselstromblock heute nicht mehr die Sicherheiten bietet, die für einen vollwertigen Block gefordert werden müssen. In den Jahren 1870 bis 1875 war die Verwendung von Wechselstrom für ein Blocksystem ein vorzügliches und sicheres Mittel, da Wechselstrom als industrieller Strom, besonders mit der niedrigen Frequenz von 12 bis 15 Hz, sonst nirgends verwendet wurde. Heute hat sich dieser Vorteil jedoch in einen Nachteil verwandelt, da die elektrische Traktion selbst eine Stromart verwendet, die für den Betrieb der Blockfelder geeignet ist und zu schweren Betriebsgefährdungen führen kann, wenn Fahrstrom in die Blockleitungen eindringt. Dieser Umstand, sowie die Tatsache, dass auch beim automatischen Block, sobald es sich um eingleisige Strecken handelt, besondere Mittel vorgesehen werden müssen, um die Blockbedingung⁴⁾ zu übertragen, dass ferner bei Verwendung der Achszählung ohnehin Uebertragungseinrichtungen ähnlich dem bisherigen Streckenblock notwendig sind, haben das Entwickeln eines andern Blocksystems veranlasst, das die Nachteile des bisherigen Systems vermeidet. Das neue schweizerische Gleichstrom-Blocksystem erfüllt nun die Bedingungen, denen der Wechselstromblock nicht mehr genügt hat und geht gleichzeitig bezüglich Sicherheit weit über das hinaus, was der Wechselstrom-Handblock zu bieten vermochte. Es wird gegenwärtig auf verschiedenen Strecken eingeführt. Unter den geforderten Eigenschaften sind die folgenden besonders bemerkenswert, da sie über das hinausgehen, was bisher allgemein beim Block erreicht wurde:

1. Unbeeinflussbarkeit durch Wechselstrom normaler und niederer Frequenz.
2. Unbeeinflussbarkeit der Sicherheit durch Eintritt eines Fremdstromes ähnlicher Art wie der Blockstrom selbst.
3. Anzeige von Störungen auf der Leitung (Aderberührung, Aderbruch, Erdschluss) und von Störungen in den Nachbarstationen (z. B. mangelnder Verschluss des Signalhebels).
4. Verwendung eines Aderpaares für jedes Gleis, auch bei eingleisiger Strecke.

Interessant ist vor allem der zweite Punkt, da heute ohne weiteres damit gerechnet werden muss, dass Ströme gleicher Art wie für den Blockvorgang notwendig, als Fremdstrom in die Leiterschleife eindringen. Es lässt sich nicht vermeiden, dass dieser eindringende Fremdstrom dann auch dieselbe Wirkung ausübt, wie der Blockstrom selbst; diese Wirkung kann aber nur auf der Seite ausgeübt werden, die für den Empfang bereit ist, nicht auf der Sendeseite. Diesen Umstand hat man dazu ausgenützt, auch bei einem solchen betriebsgefährdenden Fehler die Zugsfahrten zu verhindern, indem jeweils vor einer Zugsfahrt die Uebereinstimmung

⁴⁾ Die Blockbedingung ist erfüllt, wenn nicht nur die Blockstrecke von allen Achsen geräumt, sondern auch der vorhergehende Zug durch das am Ende der Blockstrecke stehende Signal im Rücken gedeckt ist.

der richtigen Lage der Apparate in beiden benachbarten Stationen geprüft wird.

Der Gleichstromblock bietet ferner die Möglichkeit, verschiedene Vorgänge automatisch durchzuführen und dadurch die Bedienung zu vereinfachen. Einerseits ist es möglich, die Belegung der Strecke schon durch die Betätigung des Signalhebels einzuleiten und den Erfolg der Belegung im Signalstromkreis selbst zu prüfen, so dass auch hier wieder eine weitere Sicherungsbedingung erfüllt wird, die bisher nicht bestand. Andererseits ist es bei eingleisigen Strecken möglich, die Zustimmung vorzeitig zur Verfügung zu stellen und es ist auch hier der Vorschlag gemacht worden, die Zustimmung automatisch auf diejenige Seite zu leiten, auf der sie benötigt wird. Es bleibt also für den Beamten lediglich noch übrig, den Zugschluss zu beobachten und die Strecke wieder frei zu melden. Diese Handhabung kann man dem Beamten nur abnehmen, wenn man auch die Strecke selbst automatisch frei meldet, was wiederum mit Isolierung oder Achszählung geschehen kann. Dabei sind für die Uebertragung der Zählimpulse keine besonderen Adern notwendig, weil die zwei Blockadern diese Aufgabe zusätzlich übernehmen können.

5. Die automatische Zugsbeeinflussung

Die ununterbrochene Kette von gegenseitigen Abhängigkeiten aller Sicherungsmittel endigt beim Signal, und das letzte Glied dieser Kette besteht in der optischen Uebertragung der Signalbegriffe auf den fahrenden Zug. Alle Aufwendungen für die Sicherungsanlagen setzen somit voraus, dass die Signale vom Lokomotivpersonal beobachtet, richtig interpretiert und befolgt werden. Dieses letzte Glied ist aber den Zufälligkeiten menschlicher Unvollkommenheit ausgesetzt. Das Problem der zwangsläufigen Uebertragung der Signale auf den fahrenden Zug ist daher schon früher gestellt worden. Trotz unzähliger Vorschläge, Versuche und Erfindungen sind aber bisher nur wenige brauchbare Lösungen gefunden worden, von denen wiederum nur vereinzelte den praktischen Anforderungen zu genügen vermochten.

Die Schweizerischen Bundesbahnen haben als erste und bisher als einzige eine automatische Zugbeeinflussung auf ihrem gesamten Vollbahnnetz eingeführt. Es handelt sich um das induktive System METRUM (bekannt unter dem Namen des früheren Fabrikanten SIGNAL), das von schweizerischen Sicherungsingenieuren entwickelt worden ist.⁵⁾ Seit dem Jahre 1934 sind damit vorerst sämtliche Einfahrtsignale und Blockvorsignale als bedeutendste Gefahrenpunkte und hernach auch die Durchfahr- und Ausfahrtsignale ausgerüstet worden. Die Einwirkung auf den fahrenden Zug wurde derart gewählt, dass beim Ueberfahren eines Warnungs- bzw. Haltsignals der Lokomotivführer zuerst optisch und akustisch gewarnt wird. Hernach setzt automatisch die Schnellbremsung ein, sofern nicht der Lokomotivführer durch eine Rückstelltaste die Apparatur ausser Funktion setzt und die Bremsung selbst einleitet.

Dieses schweizerische Zugbeeinflussungssystem weist gegenüber allen andern Systemen den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit auf, und es hat sich nicht nur in der Schweiz, sondern auch auf verschiedenen Versuchsstrecken im Ausland vorzüglich bewährt. Die schweizerischen Fachleute und die Spezialindustrie dürfen für sich in Anspruch nehmen, in enger Zusammenarbeit mit den Schweizerischen Bundesbahnen auf dem Gebiete der automatischen Zugbeeinflussung richtungweisende Erfolge erzielt zu haben und über die breiteste Erfahrung zu verfügen. Sie haben denn auch Weiterentwicklungen des schweizerischen Systems, sowie neue Systeme geschaffen, die für alle Arten von Bahnen geeignet sind, so besonders auch für Bahnen mit leichten Triebfahrzeugen und für elektrifizierte Strecken, die mit Gleichstrom betrieben werden. Da sich bei der Gleichstromtraktion hohe Rückleitungsströme längs des Gleises ergeben, vermag ein rein induktives System nicht in derselben Weise zu befriedigen, wie bei den mit Wechselstrom oder mit Dampf betriebenen Bahnen. Die neuen Systeme beruhen deshalb auf der direkten elektromagnetischen Uebertragung von Impulsen von

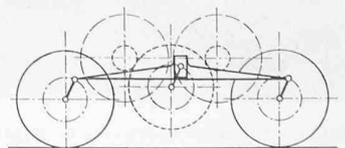


Bild 2a. Schlitzkuppelstange

⁵⁾ Vgl. SBZ, Bd. 103, S. 279* (Juni 1934).

Gleismagneten auf ein auf der Lokomotive angebrachtes Empfangsrelais, das auf induktive Beeinflussung nicht reagiert.

Die Zugbeeinflussungssysteme sind durchwegs Vorrichtungen, die die Signale bei der Durchfahrt anzeigen. In den Vereinigten Staaten und teilweise auch in Europa sind Systeme entwickelt worden, die während des Befahrens eines Streckenabschnittes ständig den Zustand des nächsten zu begegnenden Signals auf der Lokomotive optisch wiederholen. Da diese Systeme jedoch entweder ein besonderes Kabel längs der Gleise oder aber den durchgehenden Streckenblock mittels Gleisstromkreisen in Code-Form voraussetzen und verhältnismässig empfindliche Empfangsapparaturen benötigen, können sie nur mit erheblichen Kosten eingeführt werden. Sie dürften deshalb auch nur für sehr dicht befahrene Strecken in Frage kommen, für die sich derart hohe Auf-

wendungen verantworten lassen. Da die automatische Zugbeeinflussung jedoch für die gesamten Netze eine Notwendigkeit ist, besonders aber auch für Einspurstrecken, dürften die Punktbeeinflussungssysteme wegen ihrer wirtschaftlichen und sicherungstechnischen Vorteile auf lange Sicht zumindest für europäische Verhältnisse am besten geeignet sein.

Die vorstehenden Hinweise auf die Entwicklung und auf einige Besonderheiten des schweizerischen Eisenbahnsicherungswesens möchten darlegen, wie fruchtbar sich die enge Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Behörden, den Bahnverwaltungen — vorab der Schweizerischen Bundesbahnen — der Wissenschaft und der Industrie auszuwirken vermochte. Dieser ist es zu verdanken, dass dieses besondere Spezialgebiet in der Schweiz einen so erfreulichen Aufschwung zu nehmen vermochte, was auch ausserhalb unseres Landes immer mehr Beachtung findet.

Zur Entwicklung elektrischer Lokomotiven und Triebwagen in der Schweiz

DK 9.621.335(494)

Von Prof. Dr. K. SACHS, Baden

A. Zur Vorgeschichte der elektrischen Traktion

Am 6. Juni 1888 wurde als erste elektrisch betriebene Eisenbahn unseres Landes die meterspurige Bahn von Vevey über Montreux nach Territet eröffnet. Sie ist am 16. September desselben Jahres bis zum Schloss Chillon und am 14. Dezember 1903 bis Villeneuve weiter geführt worden¹⁾. Heute sind bald 60 Jahre seither verflossen, und so erscheint ein Rückblick auf die elektrische Traktion bei Anlass der Jahrhundertfeier der Schweizerischen Eisenbahnen umso eher gerechtfertigt, als unser Land mit seinen reichen Wasserkraften, seinem dichten Bahnnetz und seinem stark entwickelten Verkehr sich für den elektrischen Bahnbetrieb besonders gut eignet und zugleich unsere Maschinen- und Elektroindustrie die elektrischen Zugsförderungsmittel in hervorragender Pionierarbeit zu hoher Vollkommenheit entwickelt hat.

Diese Entwicklung stützte sich natürlicherweise auf die damals bestehenden Dampflokotivkonstruktionen; sie bildet gewissermassen die Frucht einer glücklichen Synthese von Maschinenbau und Elektrotechnik, und es ist nützlich, sich immer wieder bewusst zu werden, dass aller wahre technische Fortschritt eine derartige Synthese der irgendwie einschlägigen menschlichen Tätigkeitsgebiete zur Voraussetzung hat.

Bei der erstaunlich raschen Elektrifizierung der Schweizer Bahnen und den hohen Anforderungen, denen die Traktionsmittel von Anfang an zu genügen hatten, bot sich den beteiligten Maschinenfabriken reichlich Gelegenheit, wertvollste Erfahrungen konstruktiver und betriebstechnischer Art zu sammeln, die ihnen nun in einem Ausmass für ihre Exportgeschäfte zur Verfügung stehen, wie das wohl kaum in einem andern Lande der Fall sein dürfte. Aber auch die schweizerischen Bahnverwaltungen verfügen über Betriebserfahrungen hinsichtlich der Abwicklung des Verkehrs mit elektrischen Triebfahrzeugen wie kaum anderswo auf der Welt.

Selbstverständlich haben die Konstruktionsfirmen und die Bahnverwaltungen manche wertvolle Anregung aus dem Ausland erhalten, was wir dankbar anerkennen wollen, und es wird auch weiterhin für uns nötig und nützlich sein, aufmerksam und mit offenen Augen die Entwicklungen in allen Ländern der Welt zu verfolgen, daraus das Wertvolle zu erkennen und auf unsere Verhältnisse umzuarbeiten. Wir dürfen andererseits aber doch feststellen, dass die konstruktive Durchbildung der elektrischen Triebfahrzeuge von allem Anfang an in unseren Konstruktionswerkstätten nach eigenen Ideen erfolgt ist und zu typisch schweizerischen Lösungen geführt hat. Verschiedene dieser Lösungen sind denn auch dank der Vorteile, die sie boten, von ausländischen Konstrukteuren übernommen worden.

¹⁾ Vgl. Bulletin Technique de la Suisse Romande 1938, S. 120.

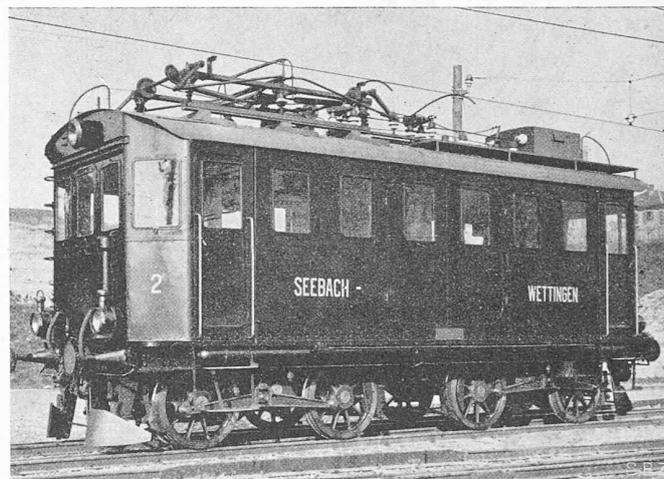


Bild 1. Die erste Einphasen-Wechselstromlokomotive, gebaut 1905 von der Maschinenfabrik Oerlikon, Leistung 2 × 250 PS

Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven ist massgebend bestimmt durch die Konstruktion der Motoren, der Organe für die mechanische Energieübertragung von den Motoren auf die Triebachsen und die Ausbildung der Fahrgestelle. Die elektrischen Strassenbahnen, die gegen Ende des letzten Jahrhunderts in unserem Lande in grosser Zahl entstanden, verwendeten Gleichstrom, meist von 500 bis 600 Volt. Die Elektrifikation der Vollbahnen hätte wegen der viel grösseren Streckenlängen und Leistungen entsprechend höhere Fahrdrahtspannungen erfordert. Dazu fehlten damals sowohl die Motoren, als auch die Apparate und das Leitungsmaterial. Aber auch ein für Bahnzwecke geeigneter Einphasen-Wechselstrommotor existierte zu jener Zeit noch nicht. So griff man zum Drehstrom, obwohl die Drehmomentcharakteristik der Drehstrommotoren und die doppelpolige Oberleitung bei dieser Stromart ausgesprochen nachteilig sind.

Die ersten elektrischen Vollbahnlokomotiven Europas arbeiteten mit Drehstrom von 750 Volt und 40 Hz. Sie kamen im Jahre 1899 auf dem Netz der Burgdorf-Thun-Bahn in Betrieb und sind als gemeinsames Werk der Firma Brown Boveri und der Lokomotivfabrik Winterthur geschaffen worden²⁾. Bezeichnenderweise wählte man für die Geschwindigkeitsabstufung ein Zahnradgetriebe mit zwei verschiedenen Ueber-

²⁾ Vgl. S. B. Z., Bd. 35, S. 1* (6. Jan. 1900).

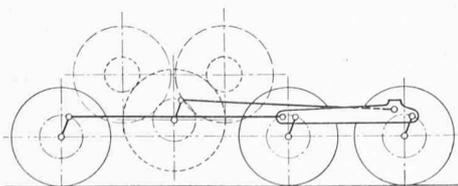


Bild 2b. Schrägstange

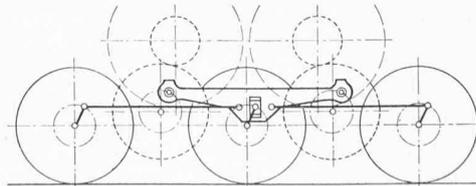


Bild 2c. Kulissen-Kuppelrahmen

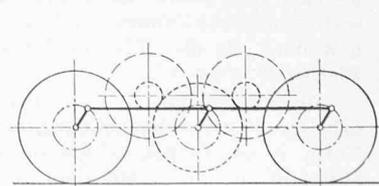


Bild 2d. Horizontal-Kuppelstangen