Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 65 (1947)

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

Artikel: Von den Anlagen für die Energieversorgung des elektrischen Netzes

der Schweiz. Bundesbahnen

Autor: Tresch, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55900

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

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

65. Jahrgang

HUNDERT JAHRE SCHWEIZER EISENBAHNEN, II. HEFT

Nr. 26

Von den Anlagen für die Energieversorgung des elektrischen Netzes der Schweiz. Bundesbahnen

Von Dipl. Ing. P. TRESCH, Chef der Sektion für Kraftwerkbetrieb der SBB, Bern

OK 621.332(494)

Am 28. Mai 1947 waren es 25 Jahre seit der Aufnahme des durchgehenden elektrischen Betriebes auf der Gotthardstrecke Luzern-Chiasso. Damit war der erste grosse Schritt für die Einführung der elektrischen Zugförderung mit Einphasen-Wechselstrom von 162/3 Perioden auf dem Netz der Schweizerischen Bundesbahnen getan. Inzwischen wurde die Elektrifikation in fünf Bauetappen bis zum heutigen Tage weitergeführt. Auf Ende 1946 waren 93 % der Gesamtlänge des SBB-Netzes elektrifiziert (Bild 1) und 98,2 % des gesamten Verkehrs wurden 1946 mit elektrischer Energie bewältigt. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den Privatbahnen, die mit wenigen Ausnahmen elektrifiziert und z. T. an das SBB-Netz angeschlossen sind. Das grosse nationale Werk der Elektrifizierung der Schweiz. Bundesbahnen ist somit nahezu vollendet, und es erscheint gerechtfertigt, einen kurzen Ueberblick zu geben über die Anlagen für die Energieversorgung des Netzes, also über die Kraftwerke, die Uebertragungsleitungen, die Unterwerke und Fahrleitungen.

1. Die Kraftwerke

Die Schweizerischen Bundesbahnen beziehen zur Zeit die für die elektrische Zugförderung erforderliche Energie (siehe Bild 2 und Tabelle 1):

- a) aus den eigenen Kraftwerken Vernayaz, Barberine, Massaboden, Amsteg und Ritom, sowie den Nebenkraftwerken Trient und Göschenen;
- b) aus den Gemeinschaftskraftwerken Etzel und Rupperswil-Auenstein:

c) aus den fremden Kraftwerken Varzo bei Domodossola (Società Dinamo, Milano) Spiez und Mühleberg (Bernische Kraftwerke A.-G.) und Küblis (Bündner Kraftwerke A.-G.), sowie aus dem Netz der Nordostschweizerischen Kraftwerke über die Frequenzumformergruppe im Unterwerk Seebach.

Die Kraftwerke Vernayaz und Barberine mit den Nebenkraftwerken Trient und Massaboden bilden die Kraftwerkgruppe im Wallis und die Kraftwerke Amsteg und Ritom mit dem Nebenkraftwerk Göschenen die Kraftwerkgruppe am Gotthard.

Die Gemeinschaftskraftwerke Etzel und Rupperswil-Auenstein sind Aktiengesellschaften, an denen die SBB mit je 55 % und die Nordostschweizerischen Kraftwerke mit je 45 % des Aktienkapitals beteiligt sind. Beim Etzelwerk haben die Partner Anspruch auf das zufliessende Wasser und den Speicherinhalt im Verhältnis der Aktienbeteiligung, während beim Kraftwerk Rupperswil-Auenstein jeder Partner Anspruch auf die Hälfte des zufliessenden Wassers hat. Die Partner verfügen über ihren Anteil an elektrischer Leistung (kW) und Arbeit (kWh) und über die in beiden Kraftwerken bestehenden Sonderanlagen, wie wenn diese ein Bestandteil ihrer eigenen Anlagen wären. Bei den Gemeinschaftskraftwerken besteht ein Rückkaufsrecht, d. h. die SBB sind berechtigt, nach Ablauf einer bestimmten Zeit und unter Einhaltung der vertraglichen Bestimmungen den Anteil der Nordostschweizerischen Kraftwerke an den Gemeinschaftskraftwerken zu beanspruchen. Die Erstellung des Etzelwerkes und des Kraftwerkes Rupperswil-Auenstein als Gemeinschafts-

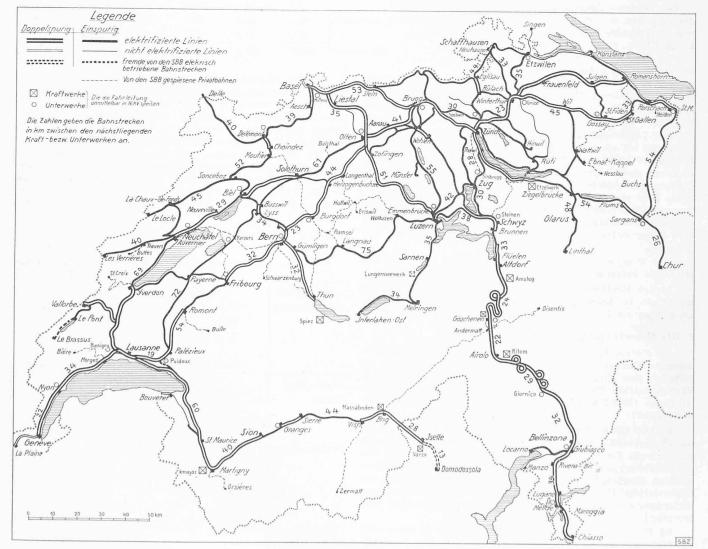


Bild 1. Stand der Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen, Mai 1947. Masstab 1:1500000

kraftwerke hatte eine Verminderung der Bauund Betriebskosten dieser Anlagen zur Folge. Aus dem Umstand, dass bei beiden Kraftwerken die gleichen Partner beteiligt sind, ergab sich ferner die Möglichkeit eines allfälligen Energie- bzw. Wasseraustausches.

Im Etzelwerk wird gegenwärtig eine bestehende Einphasen-Gruppe durch eine Hochdruck-Speicherpumpe ergänzt. Mit ihr kann Wasser aus dem Zürichsee in den Sihlsee gefördert und Ueberschussenergie veredelt werden. Der Energiebezug aus den bahn-

fremden Kraftwerken erfolgt auf Grund von besonderen Verträgen.

Die Energie für die elektrische Zugförderung der SBB wird in allen Kraftwerken aus Wasserkraft erzeugt. Soweit sie nicht direkt ab Kraftwerk an die Fahrleitungen abgegeben werden kann, wird sie transformiert und über die Uebertragungsleitungen den Unterwerken zugeführt. Die Kraftwerke arbeiten in der Regel über das Netz der Uebertragungsleitungen im Verbundbetrieb. (Siehe Bild 2.)

Der tägliche Energiebedarf des Netzes der SBB und der an dieses angeschlossenen Privatbahnen beträgt zur Zeit rund 2,2 Mio kWh. Die Erzeugung der Energie erfolgt nach Massgabe der jeweiligen Wasserführung und entsprechend dem Charak-

ter der Speicher- bzw. Flusskraftwerke. Die von den Kraftwerken im Jahre 1946 für die elektrische Zugförderung abgegebenen Wirk- und Blindenergiemengen, nach Sommer- bzw. Winterperiode ausgeschieden, sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Der Leistungsfaktor des Netzes hat bei einer Belastung von 30 000 kW einen mittleren Wert von 0,64 und erreicht bei 160 000 kW im Mittel 0,79. Der Verlauf der Gesamtbelastung während eines Tages ist auf Bild 3 dargestellt. Wie daraus hervorgeht, erreichte am 9. Mai 1946 die grösste Tagesspitze einen Wert von 164 000 kW bzw. 208 000 kVA und die mittlere Tagesbelastung betrug 102 000 kW. An Tagen mit besonders grossem Stossverkehr, wie z. B. am Pfingsmontag 1945, ist eine Spitzenbelastung von 185 000 kW bzw. 230 000 kVA aufgetreten.

Die Frequenz des Netzes beträgt $16\,^2/_3$ Perioden; sie schwankt betriebsmässig zwischen 16,5 und 16,8 Perioden.

In den Kraftwerken Vernayaz, Massaboden und Amsteg ist je ein Drehstromgenerator vorhanden für die Energieabgabe an die Industrie bei Wasserüberschuss.

2. Die Uebertragungsleitungen

Die Uebertragungsleitungen haben die in den Kraftwerken erzeugte Energie den Unterwerken zuzuführen. Soweit sie zwischen den Kraftwerken verlaufen, gewährleisten sie den Verbundbetrieb dieser Anlagen. Das Netz der Uebertragungsleitungen (Bild 2 und Tabelle 3) besteht zur Zeit aus folgenden Teilen:

a) Den 132-kV-Leitungen vom Kraftwerk Vernayaz über die Unterwerke Puidoux und Kerzers nach dem Unterwerk Rupperswil. Sie vermögen eine Leistung von 50000 kVA von der Kraftwerkgruppe Vernayaz-Barberine nach dem Gotthardnetz zu übertragen und sichern die Energieversorgung des Unterwerkes Kerzers und der an dieses angeschlossenen Unterwerke Fryburg, Neuenburg, Biel, Ausserholligen und Burgdorf.

b) Den 66-kV-Leitungen im Gebiete der Westschweiz, des Unterwerkes Kerzers und in der Zentral-, Süd- und Ostschweiz.

Tabelle 1. Hauptdaten der SBB-Kraftwerke und der Gemeinschafts-Kraftwerke

			SBB-I	Kraftw	erke	201		Gemein Kraft	schafts- werke
Werkgruppe	(Gruppe '	Wallis		Grupp	e Gott	hard	-	
Werk 1)	Ve	Ва	Tr	Ma	As	Ri	Gö	Etz	Ru
Datum der Betriebseröffnung	1927	1923	1928	1915	1922	1920	1922	1937	1945
Baukosten Mio Fr.	37,4	35,5	1,8	2,6	51,2	25,2	0,48	33,12)	$31,5^{2}$)
Stausee, Nutzinhalt Mio m3	39	0,0				27,5	- Albert		
Ausgleichbecken m³	47 000			8000	150 000				
Mittleres Nutzgefälle m	644	747	121	44	278	814	99	477	10,7
Einphasen-Generatoren	4	4	1	2	5	4	1	3	1
Dauerleistung in kVA	13 500	12 500	2800	1700	10 000	9000	1650	18 000	25 000
Drehstrom-Generatoren	1			1 -	1			-United	
Dauerleistung in kVA	14 000			1500	13 000			n Live o	

 1) Ve = Vernayaz, Ba = Barberine, Tr = Trient, Ma = Massaboden, As = Amsteg, Ri = Ritom; Gö = Göschenen, Etz = Etzelwerk, Ru = Rupperswil-Auenstein; 2) Kostenanteil der SBB

Tabelle 2. Für elektrische Traktion im Jahre 1946 abgegebene Energiemengen

Kraftwerk		Jirkenergi n Mio kW			lindenergi Mio bkW	
	Sommer	Winter	Total	Sommer	Winter	Total
Vernayaz	103,8	80,1	183,9	85,5	75,4	160,9
Barberine mit Trient	26,2	60,8	87,0	90,7	85,7	176,4
Massaboden	9,2	8,4	17,6	3,5	3,7	7,2
Amsteg	163,6	62,8	226,4	58,8	73,8	132,6
Ritom	25,0	55,1	80,1	44,0	45,3	89,3
Göschenen	3,2	5,3	8,5	3,7	6,0	9,7
Etzel	29,5	73,3	102,8	92,1	88,1	180,2
Rupperswil-Auenstein	56,3	42,7	99,0	38,5	35,8	74,3
Fremde	27,9	48,8	76,7	17,4	13,7	31,1
Zusammen	444,7	437,3	882,0	434,2	427,5	861,7

c) Den 33-kV-Leitungen zwischen dem Unterwerk Bussigny und dem Transformatorenposten Nyon, den Unterwerken Muttenz und Delsberg, sowie dem Unterwerk Sargans und dem Transformatorenposten St. Margrethen. Die Leitungen dienen zur Energieversorgung in Randgebieten des Netzes und haben nur kleinere Energiemengen zu übertragen.

Die 132-kV-Leitungen und der grösste Teil der 66-kV-Leitungen sind als Doppelleitungen mit zwei Leitungsschleifen gebaut. Diese sind in der Regel elektrisch voneinander getrennt, d. h. sie sind nur über die Transformatoren und 15-kV-Sammelschienen in den Kraft- und Unterwerken magnetisch

Tabelle 3. Uebertragungsleitungen, Stand Ende 1946

	Strecken-km	Material	Querschnitt	Leiter-km
$\frac{}{132\text{-}kV\text{-}Netz}$				
Freileitungen	127,2	Aldrey	240	520,8
	31,6	Al	191	126,4
	51,9	Fe/Al Fe/Al	50 + 212 $60 + 191$	103,8 103,8
	210,7			854,8
66-kV-Netz				
Kabel	41,7	Cu	135	159,0
	22,7	Cu	120	90,8
	64,4			249,8
Freileitungen	33,4	Cu	150	133,6
	650,6	Cu	95	2436,6
	47,1	Cu	50	94,2
	32,2	Aldrey	240	128.8
	80,5	Fe/Al	60 + 191	342,8
	843,8			3136,0
33-kV-Netz Freileitungen	130,4	Cu	95	169,1

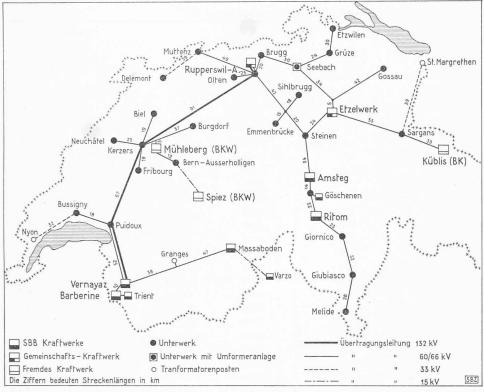


Bild 2. Werke, Unterwerke und Uebertragungsleitungen der SBB

verbunden. Auftretende Störungen bleiben demzufolge in der Regel auf die betroffene Leitung beschränkt; die Betriebssicherheit des Netzes wird damit erhöht. Sämtliche Uebertragungsleitungen sind mit Hochleistungs-Oelschaltern an die zugehörigen Sammelschienen der Kraftwerke bzw. Unterwerke angeschlossen und besitzen Maximalstromschutz, Erdschlusschutz bzw. Reaktanzschutz.

Vom Kraftwerk Amsteg führen Kabelleitungen, die der Bahnlinie entlang führen und den 15 km langen Gotthardtunnel durchqueren, nach dem Kraftwerk Ritom und dem Unterwerk Giornico. Sie wurden in den Jahren 1920/21 verlegt, zu einer Zeit, da die Kabelfabrikation eine höchste Betriebsspannung von 60 kV zuliess. Diese Spannung war in der Folge massgebend für den weiteren Ausbau des Netzes der Uebertragungsleitungen. Die später im Gotthardgebiet und zwischen dem Etzelwerk und Rapperswil verlegten Kabel sind für 66 kV Betriebsspannung ausgeführt.

Soweit die Uebertragungsleitungen im Gebiete der Voralpen und des Mittellandes verlaufen, wurden sie als Freileitungen mit den wirtschaftlich günstigsten Spannweiten gebaut. Die Trasse wählte man so, dass Siedelungen umgangen und grosse Waldschneisen, besonders in der vorherrschenden Richtung der Sturmwinde, nach Möglichkeit vermieden wurden. Wo neu zu bauende Leitungen mit hestehenden zusammengelegt oder gemeinsam mit neuen Leitungen für die allgemeine Kraftversorgung erstellt werden konnten, Gemeinschaftsleitungen wurden gebaut. Dies ist der Fall auf den Strecken Amsteg-Immensee, Aarau-Frick (Staffelegg) und Vernayaz-Puidoux. Auf einigen besonders geeigneten Strecken wurden die Uebertragungsleitungen mit den Fahrleitungen auf dem gleichen Gestänge verlegt.

3. Die Unterwerke

In den Unterwerken wird die Energie aus dem Netz der Uebertragungsleitungen abgenommen, transformiert und an die Fahrleitungen abgegeben. Die Unterwerke sind daher die Speisepunkte des Fahrleitungsnetzes, mit Ausnahme des Unterwerkes Rupperswil, das keinen Anschluss an die Fahrleitungen besitzt. Zur Zeit bestehen 25 Unterwerke und 3 Transformatorenposten (s. Bild 2

und Tabelle 4). Diese Posten sind als vereinfachte Unterwerke zu betrachten. Die Standorte der Unterwerke sind so gewählt, dass eine zweckmässige Speisung des Fahrleitungsnetzes und eine möglichst günstige Anordnung der Uebertragungsleitungen erreicht wurde. In den meisten Fällen befinden sich die Unterwerke an Bahnknotenpunkten.

Die Unterwerke besitzen je nach der Bedeutung ihres Versorgungsgebietes zwei bis fünf Transformatoren mit einer Gesamtleistung von 6000 bis 18000 kVA und sind mit mehreren Speisepunktschaltergruppen ausgerüstet. In den Transformatorenposten sind jeweils nur ein Transformator und eine bis zwei Speisepunktschaltergruppen vorhanden. Auch in den Kraftwerken Vernayaz, Massaboden, Amsteg, Ritom und Etzel bestehen Speisepunktschaltergruppen für die direkte Versorgung der ihnen anliegenden Fahrleitungsabschnitte.

Das erste Unterwerk der Schweizerischen Bundesbahnen wurde 1919 in Thun als Gebäudestation erstellt. Seit der Inbetriebnahme des Unterwerkes Ausserholligen bei Bern anfangs 1946 ist das Unterwerk Thun nur noch als Fahrleitungs-Schaltposten im Betrieb. Im Jahre 1920 wurden die

Unterwerke Göschenen und Giornico und im Jahre 1922 die Unterwerke Giubiasco, Melide und Steinen in Betrieb genommen. Diese Unterwerke wurden ebenfalls als Gebäudestationen gebaut, d. h. die gesamte elektrische Ausrüstung ist in Innenräumen untergebracht.

Schon beim Bau der vorerwähnten Unterwerke wurde der hohen Erstellungskosten wegen die Errichtung von Freiluftanlagen geprüft, und bereits im Jahre 1923 konnten die beiden Unterwerke Vernayaz und Sihlbrugg mit Freiluft-Hochspannungsanlagen in Betrieb gesetzt werden. In der Folge wur-

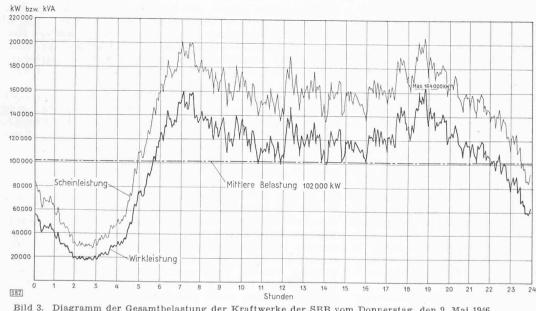


Bild 3. Diagramm der Gesamtbelastung der Kraftwerke der SBB vom Donnerstag, den 9. Mai 1946

den alle weiteren Unterwerke und die Transformatorenposten als Freiluftanlagen gebaut. Sie ergaben gegenüber den Gebäude-Unterwerken Minderausgaben von etwa 30 %, erforderten eine kürzere Bauzeit und gestatten eine leichtere Durchführung von allfälligen Erweiterungen der Hochspannungsanlagen.

Jedem Unterwerk steht ein Unterwerkmeister vor, der in den meisten Fällen auch die Obliegenheiten eines Aufsehers über die an das Unterwerk angeschlossenen Fahrleitungsstrecken und Uebertragungsleitungen auszuüben hat. Der Personalbestand der Unterwerke richtet sich nach dem Unterwerkdienst und dem Umfang der Fahrleitungen und der Uebertragungsleitungen, die dem betreffenden Unterwerk zugeordnet sind. Der Bestand beträgt 4 bis 6 Mann bei reinem Unterwerksdienst und 6 bis 15 Mann bei einem mit Leitungsunterhalt erweiterten Dienst.

Das Unterwerk Etzwilen ist dem Unterwerk Grüze zugeordnet. Es ist nicht bedient und wird vom Unterwerk Grüze aus ferngesteuert.

Die Transformatorenposten sind unbedient. Die erforderlichen Schaltungen werden vom Personal der anliegenden Bahnstation ausgeführt. Der Unterhalt obliegt dem Leitungsaufseher des in Frage kommenden Fahrleitungsabschnittes.

4. Die Fahrleitungen

Die Fahrleitungen haben die von den Speisepunkten abgegebene Energie den Triebfahrzeugen zuzufüh-

ren. Auf Ende 1946 umfasste das Netz der SBB 2901 Streckenkilometer bzw. 6153 Gleiskilometer. Davon waren 2700 Strekkenkilometer $(93\,^{\circ}/_{0})$ bzw. 5507 Gleiskilometer $(89,5\,^{\circ}/_{0})$ elektrifiziert (siehe Bilder 4 und 5).

Das Fahrleitungsnetz der SBB umfasst 1205 km einfache Spur (davon 117 km in Tunneln), 1527 km Doppelspur (122 km in Tunneln) und 2775 km auf Stationen; zusammen 5507 Gleiskilometer (wovon 239 in Tunneln). Hierzu kommen 810 Gleiskilometer einfacher Spur einschliesslich Stationen von Privatbahnen, wovon 26 km in Tunneln, die aus dem Netz der SBB gespiesen werden.

Der Fahrdraht, der vom Stromabnehmer des Triebfahrzeuges bestrichen wird, besteht bei den Hauptgleisen aus einem Kupferdraht mit einem Querschnitt von 107 mm². Die Fahrdrähte der Nebengleise haben einen kleineren Querschnitt. Zur Führung des Fahrdrahtes über den Gleisen bestehen in der Regel eiserne Tragwerke, an denen die Isolatoren für die Befestigung der Tragseile und der Spurhalter angebracht sind. Der Fahrdraht ist am Tragseil in bestimmten Abständen aufgehängt und wird durch die Spurhalter in seiner seitlichen Lage gehalten. Auf freier Strecke beträgt die Spannweite der Fahrleitung je nach Bauart 60 bis 100 m.

Das Fahrleitungsnetz ist in Abschnitte unterteilt, die entweder einseitig durch einen einzigen Speisepunktschalter oder beidseitig durch je einen Speisepunktschalter an jedem

Tabelle 4. Unterwerke einschliesslich Transformatorenposten

Aufstellungsort	Jahr der		Transform	natoren	Anzahl der Speise-	Energie- abgabe an Fahr- leitungen	Kosten der
Type	Inbetrieb- nahme	An- zahl	Einzel- leistung kVA	Ueber- setzung kV	punkt- schalter	im Jahr 1945 Mio kWh	Anlage Mio Fr.
			KYZ	A.V			
1. Unterwerke	1010	_	0000	15/15	0	8,509	0,240
Thun 1) G^2)	1919	5	2000	15/15	2	10,019	2,501
Göschenen G	1920	2 2	5000	60/15/7,5	2	7,738	2,619
Giornico G	1920	2	5000	60/15	2	10,202	2,531
Giubiasco G	1922	2	5000	60/15	2	9,765	1,783
Melide G	1922	2	5000	60/15	3	13,477	3,130
Steinen G Sihlbrugg F	1922 1923	4	5000 3000	60/15	4	22,722	1,782
Sihlbrugg F Emmenbrücke F	1923	3	3000	60/15	5	27,732	1,460
Emmenbrucke F	1941	1	6200	60/15		21,102	1,100
Puidoux F	1924	2	5000	15/15 + 19,3 $66/15$	3	25,748	3,185
Fuldoux F	1927	1	9000	132/66		20,110	0,200
Olten F	1924	5	3000	66/15	5	53,846	1,798
Brugg F	1925	4	3000	66/15	5	33,804	1,660
Bussigny F	1925	2	3000	66/15	3	34,063	1,830
Bussigny	1929	2	6000	66/33/15		02,000	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
Seebach F	1925	5	3000	66/15	6	72,660	3,390
Burgdorf F	1925	4	3000	66/15	4	44,654	1,573
Burguoti	1932	1	4200	15/15 + 18,5			
Rupperswil F	1927	2	9000	132/66		_	2,906
Gossau F	1927	4	3000	66/15	4	42,469	1,389
Kerzers F	1927	4	9000	132/66	2	8,133	3,671
	1928	1	5000	66/15			
Fryburg F	1927	2	3000	66/15	3	13,486	1,229
Sargans F	1927	3	3000	66/15	3	19,418	1,380
	1934	1	3000	66/33		i in	- dilego
Biel F	1927	4	3000	66/15	5	38,130	1,478
Grüze F	1928	4	3000	66/15	6	26,022	1,801
Neuchâtel F	1931	3	3000	66/15	4	24,354	1,044
Muttenz F	1931	3	6000	66/33/15	5	32,193	1,342
Delsberg F	1933	2	3000	33/15	3	19,383	0,689
Ausserholligen F	1946	2	4000	66/15	4	-	0,395
Etzwilen F	1947	1	4000	66/15	2	-	0,450
2. Transformatorenposten							1000
Nyon F	1929	1	4000	33/15	2	10,937	0,079
Granges F	1931	1	4000	66/15	1	2,774	0,472
St. Margrethen F	1934	1	4000	33/15	1	7,253	0,104

1) Seit dem Jahre 1946 ist das Unterwerk Thun nur noch als Stations-Schaltposten in Betrieb;

 2) G = Gebäude, F = Freiluft.

Ende gespiesen werden. Zur Zeit bestehen im Netz der SBB 61 einseitig und 23 doppelseitig gespeiste Fahrleitungsabschnitte. Ihre mittlere Länge beträgt 33 km. Auf den Stationen sind die Fahrleitungen im allgemeinen in die Stationsschaltposten eingeführt; hier befinden sich die Streckenschalter, Hörnerschalter und Trennmesser für die Unterteilung der Fahrleitungsabschnitte.

An besonders ausgewählten Stellen sind Schutzstrecken eingebaut, die aus einem isolierten und stromlosen, etwa 50 m langen Leitungsstück bestehen. Sie teilen das Fahrleitungsnetz in Netzgebiete auf. Die Schutzstrecken haben im Falle eines Unterbruches im Parallelbetrieb der Kraftwerke die Netzgebiete so zu trennen, dass ein unsynchrones Zusammenschalten der Kraftwerke durch Triebfahrzeuge nicht eintreten kann.

Erfolgt ein Kurzschluss auf einem Fahrleitungsabschnitt, so wird der zugehörige Speisepunktschalter durch sein Maximalstromrelais momentan ausgeschaltet. Der betroffene Fahrleitungsabschnitt wird alsdann über einen Prüfwiderstand geprüft. Ueberschreitet der auftretende Prüfstrom einen bestimmten Wert, so ist der Kurzschluss als dauernd zu betrachten und der Speisepunktschalter muss offen bleiben. Der Fehlerort ist alsdann durch das Unterwerk einzugrenzen und die Störung durch den Leitungsunterhalt zu beheben. Erreicht der Prüfstrom den für einen Kurzschluss in Frage

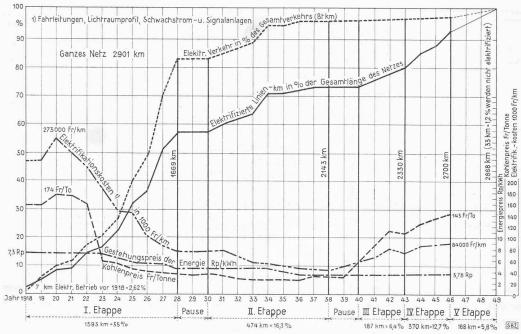


Bild 4. Entwicklung der Elektrifikation des Liniennetzes der SBB

kommenden Mindestwert nicht, d. h. ist die Störung in der Zwischenzeit verschwunden, so kann der Speisepunktschalter sofort wieder eingeschaltet werden.

Eine Anzahl Speisepunktschaltergruppen ist mit selbsttätigen Prüf- und Wiedereinschaltvorrichtungen versehen. Diese vollziehen im Falle eines vorübergehenden Kurzschlusses selbsttätig die sofortige Wiedereinschaltung des Speisepunktschalters. Die Automatik ermöglicht ferner eine Vereinfachung der Betriebsführung in den Unterwerken durch die Einführung des Einschicht-Pikettdienstes.

Im Anschluss an die vorstehenden Angaben über die Kraftwerke, Uebertragungsleitungen, Unterwerke und Fahrleitungen ist in der Tabelle 5 eine Uebersicht über die Gesamtkosten der Elektrifizierung des SBB-Netzes bis Ende 1946 beigefügt.

5. Betriebserfahrungen

Die Betriebserfahrungen mit den Anlagen für die Energieversorgung des elektrischen Netzes der SBB dürfen

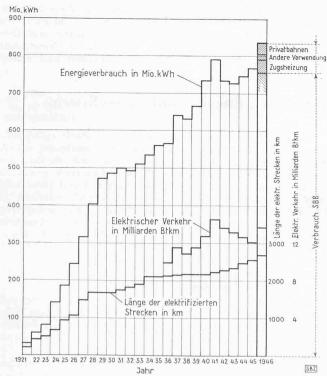


Bild 5. Entwicklung des elektrischen Betriebes auf dem Netz der SBB

im allgemeinen als gut bezeichnet werden. Ein Mittel zur Beurteilung des elektrischen Betriebes bildet die Störungsstatistik. diese wird als Störung jeder Vorgang aufgenommen, der einen oder mehrere Schalter in einem Kraftwerk, Unterwerk oder Transformatorenposten auslöst, gleichgültig, ob ein Defekt an einem Anlageteil auftritt oder nicht. Die in den Jahren 1944 und 1945 aufgetretenen Störungen sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Es zeigt sich, dass die Störungen in den Kraftwerken, Unterwerken und auf den Uebertragungsleitungen zahlenmässig gering sind. Demgegenüber sind die Störungen auf dem Netze der Fahrleitungen bedeutend zahlreicher.

Im Jahre 1945 ereigneten sich 2510 Störungen im elek-

trischen Netz der SBB und der angeschlossenen Privatbahnen. Davon entfallen 2306 Störungen = 92 % auf die Fahrleitungsanlagen und die Triebfahrzeuge. Diese Zahlen mögen auf den ersten Blick hoch erscheinen; dabei ist aber hervorzuheben, dass nur in 124 bzw. 31 Fällen ein Betriebsunterbruch von mehr als 5 Minuten Dauer auf einem Teil des Fahrleitungsnetzes aufgetreten ist. Bei den Störungen auf den Fahrleitungen sind die Defekte in der Hauptsache darauf zurückzuführen, dass die Abtrennung der Störungsstelle durch den zugehörigen Speisepunktschalter (Oelschalter) zu langsam erfolgt und der Lichtbogen zu lange stehen bleibt, wodurch Beschädigungen der Isolatoren und Leitungen entstehen. Aus diesem Grund ist bereits mit der Auswechslung der Oelschalter in den Speisepunkten der Kraft- und Unterwerke durch Schnellschalter mit raschwirkenden Relais begonnen worden.

Während der zweiten Elektrifikationsperiode wurden die Fahrleitungen in der Hauptsache mit einfacher Isolation ausgerüstet. An diesen ereigneten sich in der Folge zahlreiche Störungen durch Vögel. Die einfache Isolation wurde daraufhin durch die verstärkte bzw. Doppelisolation ersetzt; die Vogelstörungen sind dadurch stark zurückgegangen.

6. Ausblick

Im Herbst dieses Jahres wird die Strecke Stein a. Rh.-Kreuzlingen-Romanshorn dem elektrischen Betrieb übergeben, und für die folgenden Jahre ist die Elektrifizierung der Strekken Monthey-Bouveret, Genf-La Plaine, Olten-Läufelfingen-Sissach, Cadenazzo-Ranzo, Winterthur-Bauma-Wald, Oberglatt-Niederweningen und Etzwilen-Singen vorgesehen. Damit wird die Elektrifizierung des SBB-Netzes beendet sein.

Die noch zu elektrifizierenden Strecken sowie die weiteren Fahrplanverbesserungen und Erhöhungen der Fahrleistungen bedingen einen vermehrten Energiebedarf. Zu seiner Deckung, aber auch zur Erhöhung der eigenen Energiedisponibilitäten, insbesonders für die Winterszeit, bestehen bei den SBB die folgenden Möglichkeiten:

Ausbau des Kraftwerkes Massaboden von 7 auf 20 m³/s durch die Erstellung eines neuen Zulaufstollens von Mörel nach Massaboden. Dadurch kann die Energieerzeugung um rd. 24 Mio kWh erhöht werden, wovon rd. 7,5 Mio kWh auf den Winter entfallen.

Ausbau des Kraftwerkes Ritom durch die Erhöhung der Staumauer des Ritomsees und Zuleitung der Caregna aus dem Val Canaria, wodurch eine zusätzliche Energieproduktion von 17 bis 36 Mio kWh erreicht wird. Aufstau des Cadagnosees. Die Energieproduktion des Kraftwerkes Ritom kann dadurch um etwa 6 Mio kWh erhöht werden.

Ausbau des Kraftwerkes Barberine durch die Zuleitung des Triège und die Erhöhung der bestehenden Staumauer des Barberinesees bzw. Erstellung eines neuen Staubeckens. Die Energieproduktion wird dadurch um etwa 20 Mio kWh erhöht.

1 Engthanomica	Fr.
1. Kraftwerke Bahneigene Kraftwerke und Anteil SBB an den Gemeinschaftskraftwerken Etzel und Rupperswil-Auenstein	217 606 000.—
2. Uebertragungsleitungen Streckenlänge	
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 Lichtraumprofils	60 054 000.—
6. Schwachstromanlagen zu Lasten der Elektrifizierung	62 477 000.—
7. Rollmaterial und Einrichtungen der Zugförderung a) Triebfahrzeuge	330 060 000.—
b) Einrichtung der elektrischen Wagen-	12 000 000.—
heizung und Heizwagen 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 10000 kVA Dauerleistung geprüft.

In der Zentrale Unteraa 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

Tabelle 6. Störungen im elektrischen Bahnbetrieb

1. Kraftwerke (8 Anlagen)	1945	1944
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	1	
SBB Elektr. Gleis-km 1945 1944 5328 5132		
Elektr. Lokkm Mio 53,9 50,1 Fremde (Elektr. Gleis-km 699 610		
Bahnen Elektr. Lokkm Mio 5,4 4,0		
Gesamtzahl der Störungen	11.	
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	142	220
Isolatorendefekte	210	187
Wandler, Streckenschalter, Trenner usw	77	71
Ursachen der Störungen	1	
Fahrzeuge SBB	823	838
Personalfehler (Bahnpersonal und bahnfremde	10.2	
Personen)	514	415
Fremde Bahnen	398	303
Atmosphärische Einflüsse	111	159
	96	122
Vögel	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 raschwirkenden, 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.

Die Entwicklung und die Besonderheiten des schweizerischen Eisenbahnsicherungs-Systems

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

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 nebeneinander eine ganze 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 BeDK 656.257 (494)

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-