

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

Autor(en): **Tresch, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

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

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-55900>

## **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.

# HUNDERT JAHRE SCHWEIZER EISENBAHNEN, II. HEFT

## 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

DK 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 16 2/3 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. Ähnlich 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 Eitzel und Rapperswil-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 Eitzel und Rapperswil-Auenstein sind Aktiengesellschaften, an denen die SBB mit je 55 % und die Nordostschweizerischen Kraftwerke mit je 45 % des Aktienkapitals beteiligt sind. Beim Eitzelwerk haben die Partner Anspruch auf das zufließende Wasser und den Speicherinhalt im Verhältnis der Aktienbeteiligung, während beim Kraftwerk Rapperswil-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 Eitzelwerkes und des Kraftwerkes Rapperswil-Auenstein als Gemeinschafts-

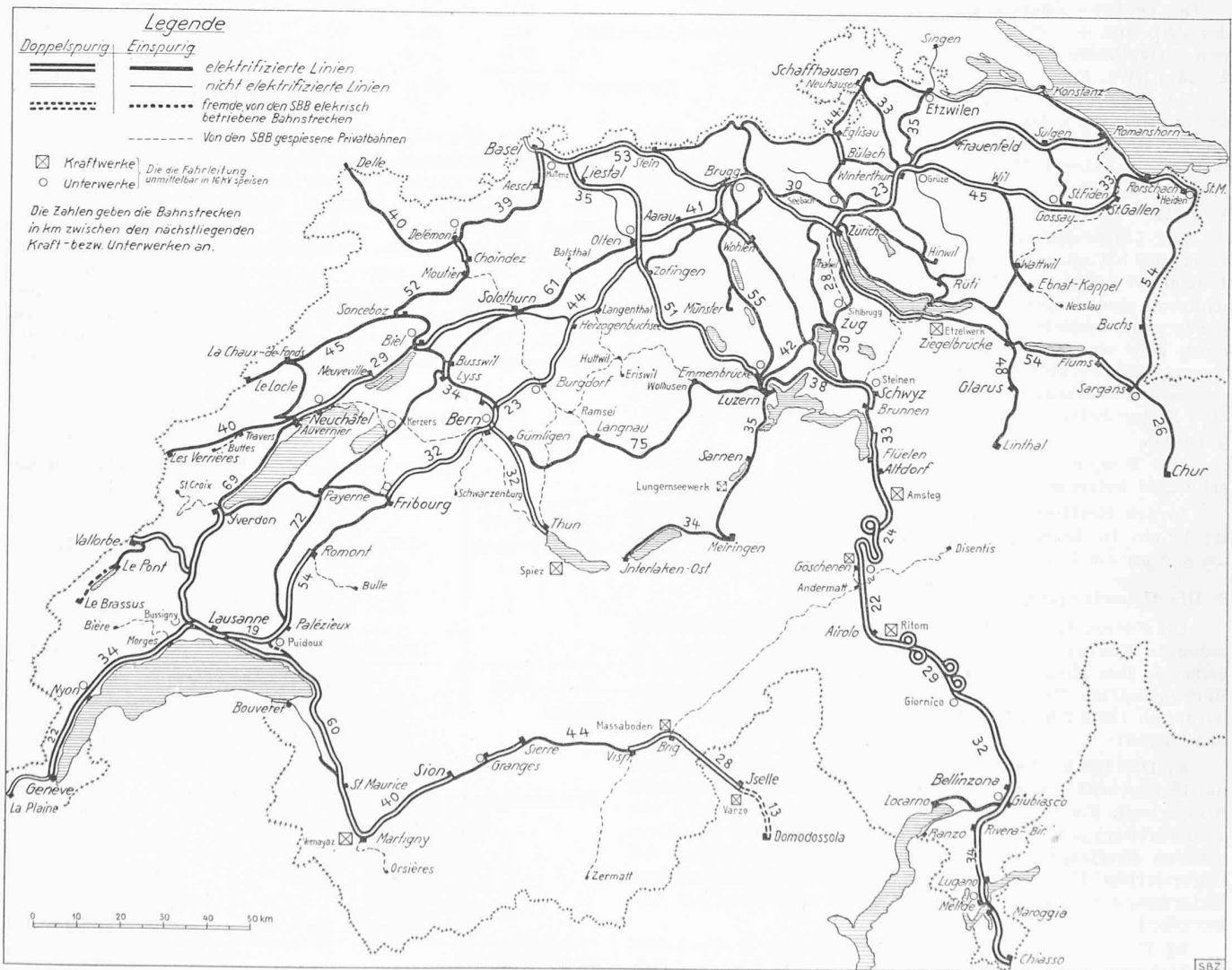


Bild 1. Stand der Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen, Mai 1947. Masstab 1:1500000

kraftwerke hatte eine Verminderung der Bau- und 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-Speicherungspumpe ergänzt. Mit ihr kann Wasser aus dem Zürichsee in den Sihlsee gefördert und Ueberschussenergie veredelt werden. Der Energiebezug aus den bahnfremden 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 Charakter 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 Pfingstmontag 1945, ist eine Spitzenbelastung von 185 000 kW bzw. 230 000 kVA aufgetreten.

Die Frequenz des Netzes beträgt  $16 \frac{2}{3}$  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 Ruppertswil. Sie vermögen eine Leistung von 50 000 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

Werkgruppe Werk <sup>1)</sup> Datum der Betriebseröffnung Baukosten . . . . . Mio Fr. Stausee, Nutzinhalt Mio m <sup>3</sup> Ausgleichbecken m <sup>3</sup> Mittleres Nutzgefälle m Einphasen-Generatoren . . . Dauerleistung in kVA . . . Drehstrom-Generatoren . . . Dauerleistung in kVA . . .	SBB-Kraftwerke							Gemeinschafts-Kraftwerke	
	Gruppe Wallis				Gruppe Gotthard			Etz	Ru
	Ve	Ba	Tr	Ma	As	Ri	Gö		
	1927	1923	1928	1915	1922	1920	1922	1937	1945
	37,4	35,5	1,8	2,6	51,2	25,2	0,48	33,1 <sup>2)</sup>	31,5 <sup>2)</sup>
	39,0					27,5			
	47 000			8000	150 000				
	644	747	121	44	278	814	99	477	10,7
	4	4	1	2	5	4	1	3	1
	13 500	12 500	2800	1700	10 000	9000	1650	18 000	25 000
	1			1	1				
	14 000			1500	13 000				

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

Tabelle 2. Für elektrische Traction im Jahre 1946 abgegebene Energiemengen

Kraftwerk	Wirkenergie in Mio kWh			Blindenergie in Mio kWh		
	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
Ruppertswil-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 Busigny und dem Transformatorenposten Nyon, den Unterwerken Muttentz 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
132-kV-Netz Freileitungen	127,2	Aldrey	240	520,8
	31,6	Al	191	126,4
	51,9	Fe/Al	50 + 212	103,8
		Fe/Al	60 + 191	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

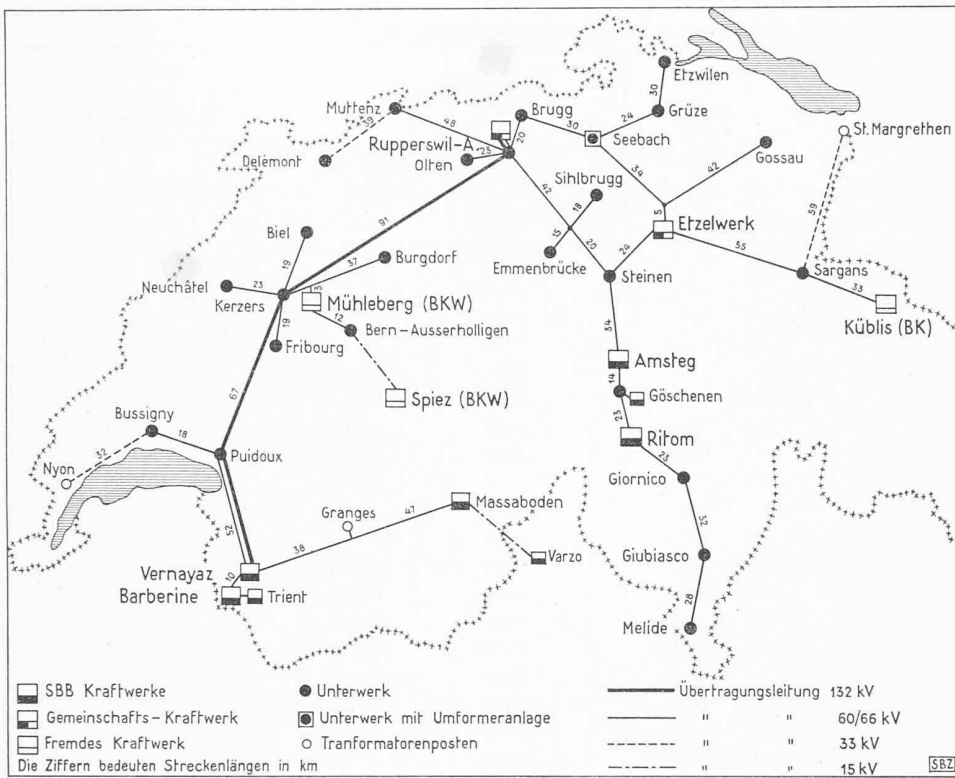


Bild 2. Werke, Unterwerke und Uebertragungsleitungen der SBB

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 Vor-alpen 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 bestehenden zusammengelegt oder gemeinsam mit neuen Leitungen für die allgemeine Kraftversorgung erstellt werden konnten, wurden Gemeinschaftsleitungen 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 Rapperswil, 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-

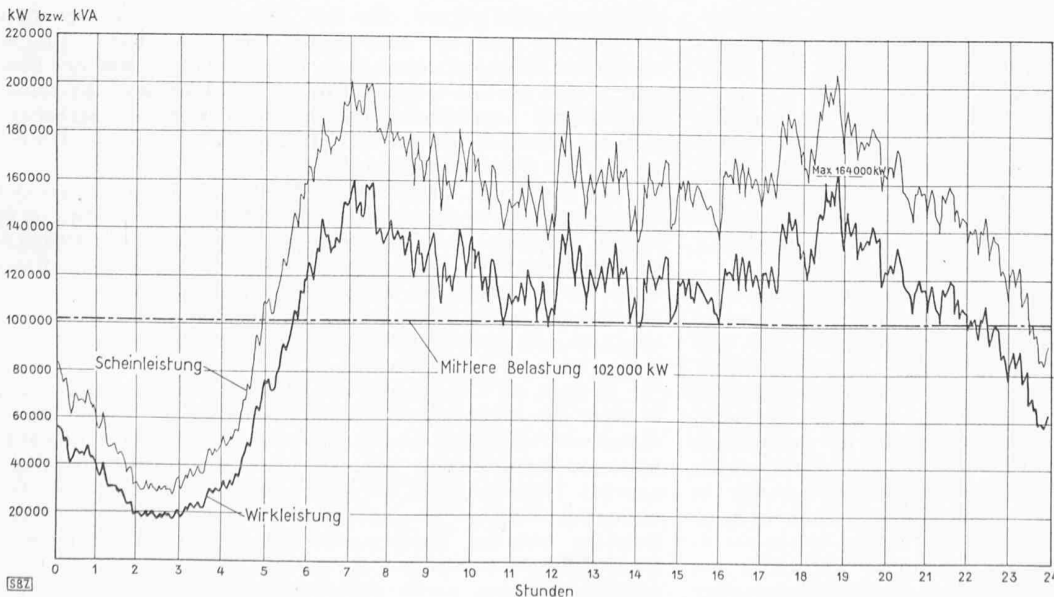


Bild 3. Diagramm der Gesamtbelastung der Kraftwerke der SBB vom Donnerstag, den 9. Mai 1946

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 Unterwerkdienst und 6 bis 15 Mann bei einem mit Leitungsunterhalt erweiterten Dienst.

Das Unterwerk Etwilen 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 zuzuführen. Auf Ende 1946 umfasste das Netz der SBB 2901 Streckenkilometer bzw. 6153 Gleiskilometer. Davon waren 2700 Streckenkilometer (93 %) bzw. 5507 Gleiskilometer (89,5 %) 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 Fahrdrabt, der vom Stromabnehmer des Triebfahrzeuges bestrichen wird, besteht bei den Hauptgleisen aus einem Kupferdraht mit einem Querschnitt von 107 mm<sup>2</sup>. Die Fahrdrähte der Nebengleise haben einen kleineren Querschnitt. Zur Führung des Fahrdrabtes über den Gleisen bestehen in der Regel eiserne Tragwerke, an denen die Isolatoren für die Befestigung der Tragseile und der Spurhalter angebracht sind. Der Fahrdrabt 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 Type	Jahr der Inbetriebnahme	Transformatoren			Anzahl der Speisepunktschalter	Energieabgabe an Fahrleitungen im Jahr 1945 Mio kWh	Kosten der Anlage Mio Fr.
		Anzahl	Einzelleistung kVA	Uebersetzung kV			
<b>1. Unterwerke</b>							
Thun <sup>1)</sup> . . . . . G <sup>2)</sup>	1919	5	2000	15/15	2	8,509	0,240
Göschenen . . . . . G	1920	2	5000	60/15/7,5	3	10,019	2,501
Giornico . . . . . G	1920	2	5000	60/15	2	7,738	2,619
Giubiasco . . . . . G	1922	2	5000	60/15	2	10,202	2,531
Melide . . . . . G	1922	2	5000	60/15	2	9,765	1,783
Steinen . . . . . G	1922	2	5000	60/15	3	13,477	3,130
Sihlbrugg . . . . . F	1923	4	3000	60/15	4	22,722	1,782
Emmenbrücke . . . . . F	1924	3	3000	60/15	5	27,732	1,460
	1941	1	6200	15/15 + 19,3			
Puidoux . . . . . F	1924	2	5000	66/15	3	25,748	3,185
	1927	1	9000	132/66			
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
	1929	2	6000	66/33/15			
Seebach . . . . . F	1925	5	3000	66/15	6	72,660	3,390
Burgdorf . . . . . F	1925	4	3000	66/15	4	44,654	1,573
	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			
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
Etwilen . . . . . F	1947	1	4000	66/15	2	—	0,450
<b>2. Transformatorenposten</b>							
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

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

<sup>2)</sup> 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 Stationschaltposten 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 Prüf Widerstand 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

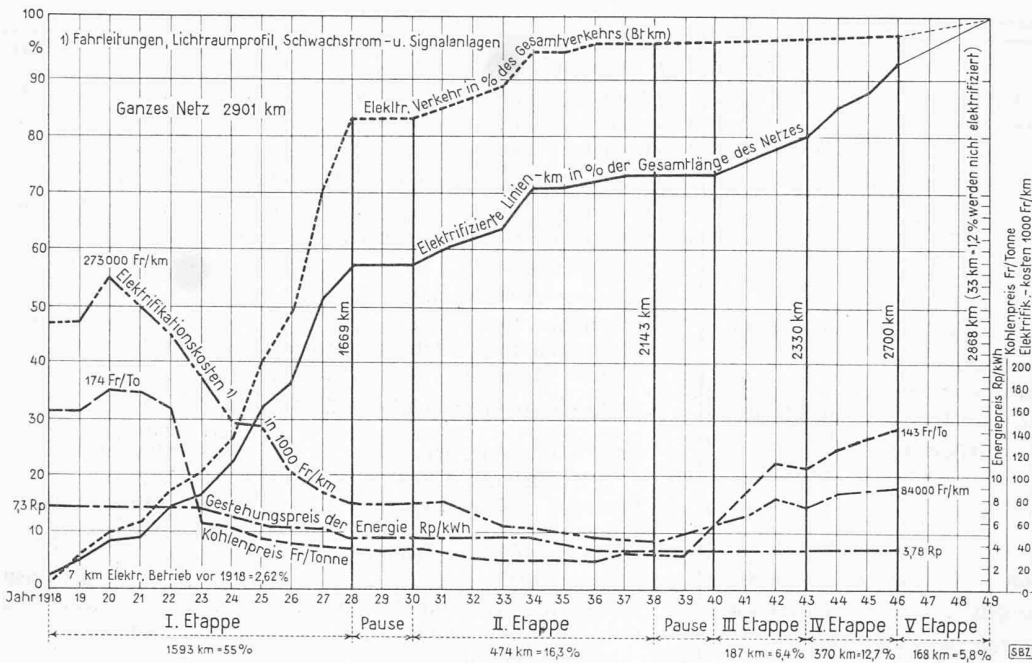


Bild 4. Entwicklung der Elektrifikation des Liniennetzes der SBB

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

im allgemeinen als gut bezeichnet werden. Ein Mittel zur Beurteilung des elektrischen Betriebes bildet die Störungsstatistik. In diese wird als Störung jeder Vorgang aufgenommen, der einen oder mehrere Schalter in einem Kraftwerk, Unterwerk oder Transformatorposten auslöst, gleichgültig, ob ein Defekt an einem Anlagenteil 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 elektrischen 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 Strecken Monthey-Bouveret, Genf-La Plaine, Olten-Läufelfingen-Sissach, Cadenazzo-Ranzo, Winterthur-Bauma-Wald, Oberglatt-Niederweningen und Etwilen-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 Energie disponibilitäten, insbesondere für die Winterszeit, bestehen bei den SBB die folgenden Möglichkeiten:

Ausbau des Kraftwerkes Massaboden von 7 auf 20 m<sup>3</sup>/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 Barberinensees bzw. Erstellung eines neuen Staubeckens. Die Energieproduktion wird dadurch um etwa 20 Mio kWh erhöht.

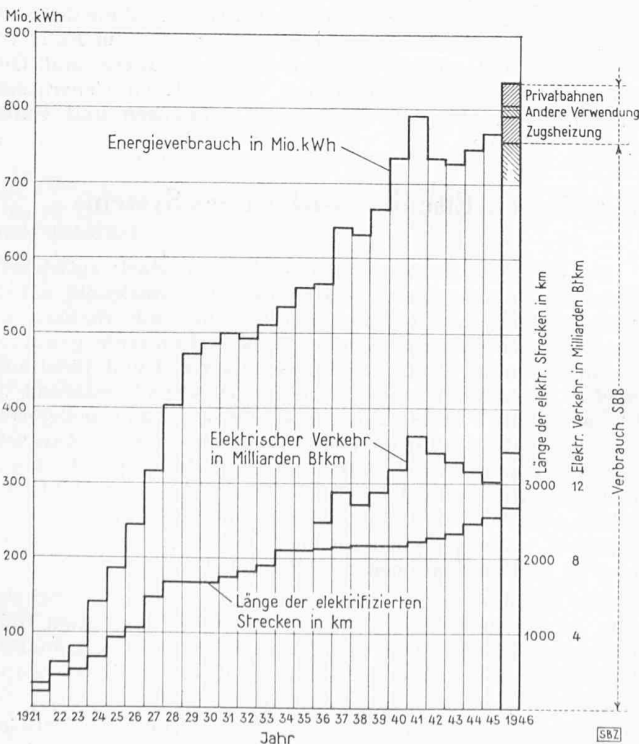


Bild 5. Entwicklung des elektrischen Betriebes auf dem Netz der SBB

Tabelle 5. Gesamtkosten der Elektrifizierung

		Fr.
<b>1. Kraftwerke</b>		
Bahneigene Kraftwerke und Anteil SBB an den Gemeinschaftskraftwerken Etzel und Rapperswil-Auenstein . . . . .		217 606 000.—
<b>2. Uebertragungsleitungen</b> 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.—
<b>3. Unterwerke und Transformatorenposten</b>		
26 Unterwerke (einschliesslich Unterwerk Thun) und 3 Transformatorenposten . .		47 911 000.—
<b>4. Fahrleitungen</b> 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.—
<b>7. Rollmaterial und Einrichtungen der Zugförderung</b>		
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
<b>1. Kraftwerke (8 Anlagen)</b>			
Störungen total . . . . .		13	14
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten . . . . .		1	2
<b>2. Uebertragungsleitungen (4410 Leiter-km)</b>			
Störungen total . . . . .		42	64
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten . . . . .		7	15
<b>3. Unterwerke (29 Anlagen)</b>			
Störungen total . . . . .		70	118
Störungen mit Betriebsunterbruch von 5 und mehr Minuten . . . . .		11	11
<b>4. Fahrleitungen einschliesslich Fahrzeuge</b>			
SBB	Elektr. Gleis-km	1945 5328	1944 5132
	Elektr. Lok.-km	Mio 53,9	Mio 50,1
Fremde Bahnen	Elektr. Gleis-km	699	610
	Elektr. Lok.-km	Mio 5,4	Mio 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-