

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91/92 (1928)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Die Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen und die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes  
**Autor:** Jobin, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-42440>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

INHALT: Die Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen und die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes. — Zwei Wasserkraft-Projekte in den französischen Alpen. — Wohnhaus in Riehen bei Basel (mit Tafeln 5 bis 8). — Neuere 2000 PS Turbinen-Lokomotive, Bauart Ljungström. — † Louis Poterat. — Mitteilungen: Zur Bahnelektrifikation in England. Gebäudehebung beim Kraftwerk Klingenberg. Modellschleppversuche im Wellengang. Gaserzeugung in der Schweiz

von 1920 bis 1927. Ein Transformator als Frostschutz für Wasserleitungen. Schweizerische Bundesbahnen. — Wettbewerbe: Stadtbauplan der Stadtgemeinde Luzern. Kindergartenhaus in Zürich 3. — Nekrologie: F. Keller. — Literatur. — Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Technischer Verein Winterthur. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 91.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 5

## Die Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen und die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes.

Von Ing. A. JOBIN, Bern,  
Sektionschef bei der Abteilung für die Elektrifikation der S. B. B.

Die grosse erste Etappe der Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen geht in raschen Schritten ihrer Vollendung entgegen. Es sind bereits 1490 Kilometer mit mehr als doppelt soviel Geleisekilometern fertig elektrifiziert (siehe Abb. 1). Nach dem jetzigen Programm werden Ende dieses Jahres 1666 Bahnkilometer, d. h. 60% des ganzen Netzes mit 80% des Gesamt-Verkehrs elektrisch betrieben werden.

Nebenbei sei erwähnt, dass in einigen Monaten in der Schweiz, mit Einschluss der Nebenbahnen, rund 3300 Bahn-km mit weisser Kohle betrieben sein werden, was ungefähr  $\frac{2}{3}$  des 5250 km umfassenden Bahn-Netzes der Schweiz entspricht.

Wir wollen im folgenden zunächst kurz an die Hauptdaten der Elektrifikation der S. B. B. erinnern, um nachher auf die heute im Vordergrund stehende Frage ihrer Wirtschaftlichkeit näher einzutreten.

Die Energieversorgung der oben genannten 1666 km erfolgt in der Hauptsache durch die zwei eigenen Kraftwerk-Gruppen Amsteg-Ritom im Gotthardgebiet und Vernayaz-Barberine in der Westschweiz, die zusammen eine ausgeglichene Einphasen-Jahresenergiemenge von 440 Mill. kWh Einphasenstrom abzugeben vermögen.<sup>1)</sup> Diese beiden Gruppen sind mit einer leistungsfähigen Uebertragungsleitung von 132 000 V miteinander verbunden, die im Vorbeigehen die drei Gross-Unterwerke Puidoux, Kerzers und Rapperswil (siehe Karte) speist. Sowohl aus diesen Gross-Unterwerken, als auch aus den Kraftwerken selbst

<sup>1)</sup> Stand 1927: 400 Millionen kWh.

gehen 66 kV Leitungen nach den im ganzen Netz verteilten 19 Unterwerken<sup>2)</sup>, die die Fahrleitungen mit Strom von 15 kV versorgen. Die S. B. B. beziehen ausserdem zur Speisung der Unterwerke Thun und Sargans rund 20 Mill. kWh aus geographisch besonders günstig gelegenen bahnfremden Kraftwerken.

Zur rationelleren Ausnützung der vorhandenen eigenen Energiequellen ist in den Kraftwerken Amsteg und Vernayaz je eine Drehstromgruppe von 10 000 bzw. 13 000 kW Leistung aufgestellt, mit denen die Ueberschussenergie an die Industrie abgegeben werden kann.

Die Anordnung der Unterwerke wurde von vorneherein so getroffen, dass zu den Ende dieses Jahres vorhandenen 19 Unterwerken 66/15 kV nur noch drei weitere hinzukommen müssten, wenn das ganze Netz der Bundesbahnen von rund 2900 km gespeist werden sollte.

Die grösste Entfernung zwischen zwei benachbarten Unterwerken, nämlich zwischen den Unterwerken Biel und Bussigny, beträgt 98,5 km. Diese Strecke ist in der Hauptsache eingeleisig und hatte im Jahre 1926 einen Verkehr von rund 500 Mill. tkm, einschliesslich Lokomotiv-Gewicht.

### I. DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT DES ELEKTRISCHEN BETRIEBS DER S. B. B. IM JAHRE 1927.

Ueber die Wirtschaftlichkeit der Elektrifikation der S. B. B. dürfte wohl der von der Generaldirektion als Beilage zum Budget 1927 veröffentlichte jüngste Bericht am zuverlässigsten Aufschluss geben<sup>3)</sup>. Die darin bekannt gegebenen Zahlen sind umso wertvoller, als sie sich auf einen

Zeitpunkt, nämlich das Jahr 1927, stützen, indem die Kraftwerke, die Uebertragungs-Leitungen und die Unterwerke noch bei weitem nicht die Ausnützung aufweisen konnten, die sie später haben werden.

Die Generaldirektion kommt zum Schluss, dass der elektrische Betrieb im Jahre 1927 um 1 715 000 Fr. billiger sein wird, als der Dampfbetrieb der gleichen Strecken sonst wäre, wenn überhaupt nicht elektrifiziert worden wäre. Die durch die

<sup>2)</sup> Im Jahre 1927 waren 15 Unterwerke 66/15 kV in Betrieb.

<sup>3)</sup> Vergl. den Auszug in Bd. 88, S. 251 (30. Oktober 1926).

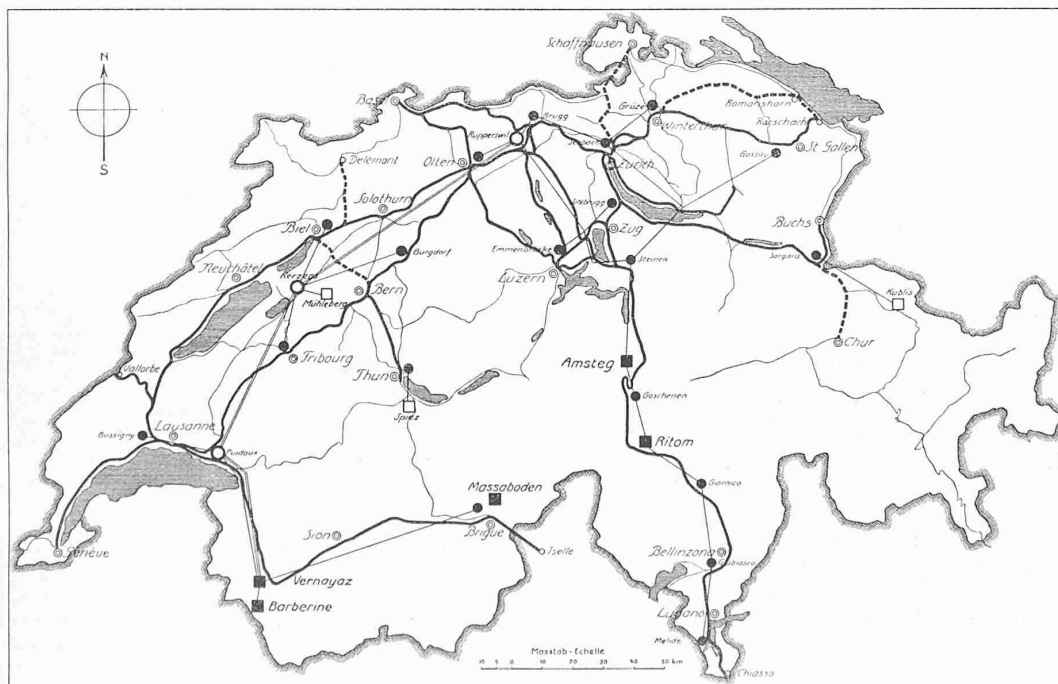


Abb. 1. Stand der Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen zu Ende 1927.

LEGENDE: — elektrifiziert 1490 km; - - - - in Elektrifikation begriffen 176 km; ■ Eigene Kraftwerke; □ Bahnfremde Kraftwerke; ○ Unterwerke 132/66 kV; ● Gross-Unterwerke 66/15 kV; — Uebertragungsleitung 132 kV; — Uebertragungsleitungen 66 kV.

Tabelle 1.

Durch die Elektrifikation verursachte Mehrkosten.	
1. Zins 5 1/2 % des zu Lasten S. B. B. angelegten Kapitals	26 950 000 Fr.
2. Rücklagen für Tilgung und Erneuerung	7 936 000 „
3. Personal und Unterhaltskosten der elektrischen Anlagen	3 750 000 „
<b>Mehrkosten Total</b>	<b>38 636 000 Fr.</b>
Durch die Elektrifikation erzielte Ersparnisse.	
1. An Kohlen	17 100 000 Fr.
2. An Zugs-, Fahr- und Depotpersonal	13 095 000 „
3. An Unterhaltskosten des Rollmaterials	4 566 000 „
4. Ersparnisse infolge der häufig gewordenen Beschaffung neuer Dampflokomotiven <i>in den letzten Jahren</i> infolge erfolgter Anschaffung von elektrischen Lokomotiven	4 389 000 „
5. Verschiedenes (Wasser, Schmiermaterial, Bahnunterhalt, Miete von Kohlenwagen)	1 201 000 „
<b>Ersparnisse Total</b>	<b>40 351 000 Fr.</b>
<b>Mehrkosten wie oben</b>	<b>38 636 000 „</b>
<b>Minderkosten des elektrischen Betriebes</b>	<b>1 715 000 Fr.</b>

Elektrifikation verursachten Mehrkosten und die durch den elektrischen Betrieb erzielten Ersparnisse sind in der Tabelle I zusammengestellt.

Was zunächst die *durch die Elektrifikation verursachten Mehrkosten* anbelangt, ist folgendes zu sagen:

1. Das in den im Jahre 1927 in Betrieb befindlichen Anlagen angelegte Kapital, gerechnet von den Wasserfassungen der Kraftwerke bis und mit den elektrischen Lokomotiven und einschliesslich aller Nebenkosten für Aenderungen an den Schwachstromanlagen usw., wurde zu 525 Mill. Fr. ermittelt. Hiervon fallen 35 Mill. Fr. zu Lasten des Bundes, als Anteil an der seinerzeit zur Bekämpfung des Arbeitsmangels im Lande den Bundesbahnen erteilten Subvention von 60 Mill. Fr. für die Beschleunigung der Elektrifikation. Zu Lasten der S. B. B. bleiben somit für das Jahr 1927 nur 490 Mill. Fr., für die 5 1/2 % Zins im Betrage von 26 950 000 Fr. zu zahlen sind.

Dazu kommen:

2. Ein Betrag von 7 936 000 Fr. Rücklagen für Tilgung und für Erneuerung aller der Abnutzung unterworfenen Anlageteile.

3. Ein Betrag von 3 750 000 Fr. für das Betriebspersonal der Kraftwerke und Unterwerke, sowie für den Unterhalt sämtlicher elektrischen Anlagen, abzüglich der Einnahmen aus dem Verkauf von Ueberschussenergie.

Die *infolge der Elektrifikation erzielten Ersparnisse* setzen sich wie folgt zusammen:

1. Die Kohlenersparnis wird für das Jahr 1927 auf 45 000 t bei einem heutigen Kaufwert von 17 100 000 Fr. loco Grenze geschätzt. Die Zahl von 45 000 t ergibt sich ohne weiteres aus der Tabelle 2.

2. Die Ersparnisse an Zugs-, Fahr- und Depotpersonal werden für das Jahr 1927 auf mindestens 13 095 000 Fr. ermittelt. Der Bestand dieses Personals belief sich im Jahre 1926 auf 8616 Mann bei 8-stündiger Arbeitszeit und bei einem etwas stärkeren Verkehr als im Jahre 1913, gegenüber 8886 Mann bei 10 bis 10 1/2-stündiger Arbeitszeit im Jahre 1913.

Die Personalerparnisse rühren zum Teil von der grösseren Leistung der elektrischen Lokomotiven her, die bedeutend grössere Lasten ziehen als die Vorkriegs-Dampf-Lokomotiven, wie dies aus Tabelle 3 hervorgeht.

Die elektrischen Lokomotiven erreichen bekanntlich auch rascher ihre volle Geschwindigkeit im Anfahren und können Steigungen leichter überwinden. Die durchschnittliche Ersparnis an Reisezeit ist heute gegenüber dem früheren Dampftrieb ungefähr 20 %. Ausserdem werden beim elektrischen Betrieb beträchtliche Zeitverluste des Personals durch den Wegfall des Kohlen- und Wasserfassens, sowie durch den Wegfall der Feuerbedienung vermieden.

3. Die Statistik zeigt, dass im Jahre 1926 der Unterhalt der elektrischen Lokomotiven der S. B. B. im Mittel auf 30,24 Cts. pro gefahrenen Kilometer zu stehen kam, gegenüber 35,40 Cts./km bei Dampf-Lokomotiven. Diese

Tabelle 2.

Jahr	Gesamt-Verkehr Dampf u. elektrisch in Millionen Anhängelkm	Wirklicher Kohlenverbrauch in t (Kohle von 7500 kcal.)	Annähernder Verbrauch gerechnet auf Grund des Verbrauches im Jahre 1913 in t	Annähernde Kohlenersparnis in t	Elektr. Verkehr in Millionen Anhängelkm
1913	8 895	701 053	—	—	—
1921	5 698	454 007	496 000	42 000	552
1922	6 156	451 60	531 000	80 000	1 084
1923	7 096	463 984	570 000	106 000	1 446
1924	8 689	462 459	672 000	210 000	2 856
1925	8 766	422 365	703 000	281 000	3 818
1926	9 208	374 789	721 000	346 000	5 123
1927 <sup>1)</sup>	9 700	320 000	770 000	450 000	6 600

<sup>1)</sup> Die Zahlen für 1927 sind geschätzt.

Tabelle 3.

Jahr	Mittleres Anhängengewicht pro Dampflokomotive im Liniendienst t	Mittleres Anhängengewicht pro elektrische Lokomotive im Liniendienst
1911	206 t	—
1912	211 t	—
1913	211 t	—
1924	237 t	306 t
1925	224 t	295 t
1926	210 t	293 t

Zahlen fallen umsomehr ins Gewicht zu Gunsten des elektrischen Betriebes, als nach Tabelle 3 dazu noch das Anhängengewicht grösser ist.

4. Für Wasser, Schmiermittel, Minderkosten an Kohlenwagenmieten, sowie an Unterhalt des Bahnkörpers, besonders in den zahlreichen Tunneln, werden insgesamt 1 201 000 Fr. erspart.

5. Schliesslich wurde durch die seit Beginn der Elektrifikation im Jahre 1917 erfolgte Anschaffung von 322 elektrischen Lokomotiven und Motorwagen (Stand Mitte 1927) die Beschaffung neuer Dampflokomotiven unnötig. Wie gross die Ausgaben sind, die hierbei vermieden wurden, ergibt sich aus der Tatsache, dass vor dem Krieg jährlich durchschnittlich 30 alte Dampflokomotiven durch neue ersetzt werden mussten, woraus folgt, dass ohne die Elektrifikation die Bundesbahnen in den letzten zehn Jahren etwa 300 neue Dampflokomotiven zu einem mittlern Einheitspreis von mindestens 250 000 Fr. (die letzten vor der Elektrifikation und vor der Teuerung angeschafften Dampflokomotiven kamen bereits auf 150 000 Fr. pro Stück zu stehen), hätten anschaffen müssen. Die Generaldirektion der S. B. B. ist auf alle Fälle sehr vorsichtig, indem sie annimmt, dass nur 50 Mill. Fr. für die Anschaffung der sonst nötig gewesenenen neuen Dampflokomotiven erspart wurden, die für Verzinsung, Tilgung und Erneuerung eine jährliche Ausgabe von 4 389 000 Fr. erfordert hätten. Diese Summen stellen in der Tat, wie wir später noch zeigen werden, nur etwa die Hälfte der als Gegenwert der schon angeschafften 322 elektrischen Triebfahrzeuge erzielbaren Ersparnisse dar.

## II. DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT DES ELEKTRISCHEN BETRIEBES IM JAHRE 1927 UNTER AUSSCHALTUNG DER AUSSERORDENTLICHEN VERHÄLTNISSE UND UNTER VERWERTUNG DER IN DER AUSFÜHRUNG HEUTE ERZIELBAREN VEREINFACHUNG.

Im vorstehenden wurde eingehend auseinandergesetzt, wie die Generaldirektion der S. B. B. auf Grund mehrjähriger Erfahrungen die Frage der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes ihres Netzes im Jahre 1927 beurteilt. Ein Teil der obigen Angaben gilt naturgemäss nur für die schweizerischen Verhältnisse und kann nicht ohne weiteres verallgemeinert werden. Wir werden nun versuchen darzulegen, wie diese Angaben zu einer allgemeineren Bewer-

Tabelle 4. Anlagekosten.

Für die hydro-elektrischen Kraftwerke, Zustand 1927, mit einer Leistungsfähigkeit von rund 400 Mill. kWh über das ganze Jahr ausgeglichen, 275 000 PS installierter Leistung für den Einphasenbetrieb und rund 35 000 PS für den Betrieb der zwei Drehstromgeneratoren zur Abgabe von Ueberschussenergie . . . . .	130 000 000 Fr. (40 000 000) „
Für die Uebertragungsleitungen, Zustand 1927, 800 km mit 132 bzw. 66 kV Spannung, zu 32 500 Fr./km im Durchschnitt . . . . .	26 000 000 „ (24 000 000) „
Für die Unterwerke, Zustand 1927, drei Grossunterwerke 132/66 kV mit rd. 55 000 kVA installierter Leistung; 15 Unterwerke 66/15 kV mit rd. 160 000 kVA installierter Leistung . . . . .	27 000 000 „ (16 000 000) „
Für die Streckenausnutzung, Zustand 1927	
a) Fahrleitungen, komplett, 1150 Bahn-km mit 2950 Geleise-km zu 18 000 Fr. pro Geleise-km im Durchschnitt . . . . .	53 000 000 Fr. (45 000 000) „
b) Verschiedenes	
Verlegung der öffentlichen Schwachstromleitungen vom Bahnkörper in den Strassenkörper, sowie deren Verkabelung; Verkabelung der Bahn-Schwachstromleitungen im Bahnkörper; Aenderungen zur Herstellung des Lichttraumprofils.	
Zu Lasten der Bahnverwaltung . . . . .	50 000 000 Fr. (o)
	103 000 000 „ (45 000 000) „
Total, ohne Rollmaterial	286 000 000 Fr.
Rollmaterial, Zustand 1927, 299 Lokomotiven und 23 Motorwagen . . . . .	144 000 000 Fr. (144 000 000) „
Gesamt-Total	430 000 000 Fr.

tung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes mit Einphasenstrom von 15 000 V verwendet werden können.

Von den bereits angeführten Zahlen sind besonders die Angaben über Anlagekosten auf die schweizerischen Verhältnisse zugeschnitten. Die Elektrifikation der S. B. B. wurde nämlich zum Teil in einer Zeit ausserordentlicher Teuerung durchgeführt, verursachte infolgedessen Ausgaben, die in keinem Verhältnis zu den heutigen Baukosten stehen. Ausserdem hat die Erfahrung sowohl im Bau der Kraftwerke und Unterwerke, als auch im Bau der Fahrleitungen Vereinfachungen und damit Verbilligung mit sich gebracht. — Die den S. B. B. erteilte Bundessubvention zur Beschleunigung der Elektrifikation ist auch etwas Aussergewöhnliches und Besonderes.

Im folgenden wird nun die im Kapitel I durchgeführte spezielle Rechnung nach allgemeineren Grundlagen einer Revision unterzogen.

#### Anlagekosten.

Bezüglich der *Anlagekosten* erinnern wir zunächst daran, dass die Generaldirektion der S. B. B. die Gesamtkosten aller im Jahre 1927 in Betrieb befindlichen Anlagen zu 525 Mill. Fr. ermittelte. An Stelle dieser Summe kämen heute, unter Verwertung der erzielten Vereinfachungen im Bau und auf Grund der heutigen Preise, die in Tabelle 4 zusammengestellten Beträge in Frage. Die in Klammern angeführten Zahlen geben die Kosten der der Abnutzung unterworfenen Anlageteile, für deren Erneuerung eine jährliche Rücklage vorzusehen ist. Für die übrigen Anlageteile wie Landerwerb, Gebäude, Stauauern, Stollen, Strassen usw. wird damit gerechnet, dass sie wohl unterhalten, aber nicht erneuert werden müssen.

Dass das Jahr 1927 für die Errechnung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes nicht besonders günstig dasteht, geht aus Tabelle 4a hervor. Danach belaufen sich die auf heutige Verhältnisse umgerechneten Gesamtkosten der Elektrifikation auf 375 000 Fr. pro Bahn-km für das Jahr 1927 gegenüber 325 000 Fr. für das Jahr 1929, nach Vollendung der ersten Elektrifikationsetappe.

Aus der letzten Kolonne der obigen Tabelle 4a geht auch hervor, dass die Gesamtkosten der Elektrifikation der

Tabelle 4a. Vergleich der Anlagekosten 1927 und 1929.

	Zustand 1927 1150 Bahn-km Heutige Preise bei vereinfachter Ausführung	Zustand 1929 1666 Bahn-km	
		Heutige Preise bei vereinfachter Ausführung	Voraussichtl. wirkliche Ausgaben einschl. Teuerung
Kraftwerke . . . . . Mill. Fr.	130	140	160
Uebertragungsleitungen . . . . .	26	32	47
Unterwerke . . . . .	27	33	50
Streckenausnutzung . . . . .	103	145	208
Total, ohne Rollmaterial . . . . .	286	350	465
Rollmaterial . . . . .	144	190	215
Gesamtkosten . . . . .	430	540 <sup>1)</sup>	680
Im Mittel pro Bahn-km . . . . . Fr.	375 000	325 000	410 000

S. B. B. bis Ende 1928 in Wirklichkeit voraussichtlich 680 Mill. Fr. betragen werden. Mit andern Worten, die Elektrifikation der S. B. B. wird bis Ende 1928 volle 140 Mill. Fr., gleich rund 25% mehr erfordern, als dies der Fall wäre, wenn sämtliche Anlagen zu den heutigen Preisen und auf Grund der heute bekannten Erfahrungen hätten ausgeführt werden können. Dies zeigt deutlich genug, wie unrichtig es wäre, aus den tatsächlichen Ausgaben für die Elektrifikation der S. B. B. die Kosten anderer beliebigen Elektrifikationen, ohne gebührende Berücksichtigung der besondern Verhältnisse, direkt ableiten zu wollen.

#### Betriebskosten.<sup>2)</sup>

Ueber die *Betriebskosten der bahneigenen Kraftwerke, Uebertragungsleitungen und Unterwerke* geben die nachstehenden Tabellen 5 und 6 Aufschluss.

Tabelle 5. Betriebskosten der bahneigenen Kraftwerke.

Personalkosten für die Kraftwerke Ritom, Amsteg, Barberine und Vernayaz, 119 Mann, nach den neuesten Angaben für das SBB-Budget des Jahres 1928, aufgerundet	560 000 Fr.
Unterhalt und Verschiedenes nach SBB-Budget für 1928, aufgerundet	680 000 „
Rücklagen für Erneuerung: 3% pro Jahr des Kapitals von 40 Mill. Fr. der der Abnutzung unterworfenen Anlageteile	1 200 000 „
Rücklagen für die Tilgung des gesamten Anlagekapitals von 130 Mill. Fr. in 50 Jahren, mit Hinzurechnung einer Verzinsung von 3 1/2% des Tilgungsfonds, aufgerundet	995 000 „
Verzinsung: 5 1/2% des Anlagekapitals von 130 Mill. Fr.	10 585 000 „
Total	7 150 000 Fr.

Tabelle 6. Betriebskosten der Uebertragungsleitungen und Unterwerke.

Personalkosten für die 3 Gross-Unterwerke 132/66 kV und die 15 Unterwerke 66/15 kV, 78 Mann, im Sinne des SBB-Budget für 1928, aufgerundet	470 000 Fr.
Unterhalt der 800 km Uebertragungsleitungen und der 18 Unterwerke, nach SBB-Budget für 1928, aufgerundet	340 000 „
Rücklagen für Erneuerung:	
a) 3% pro Jahr des Kapitals von 16 Mill. Fr. der der Abnutzung unterworfenen Anlageteile der Unterwerke	480 000 Fr.
b) 1% pro Jahr des in Tabelle 4 angeführten Kapitals von 24 000 000 Franken der Uebertragungsleitungen	240 000 Fr.
(Diese letzte Rücklage hat mehr den Charakter einer Reserve für ausserordentliche Unterhaltsarbeiten an den Uebertragungsleitungen)	720 000 „
Rücklagen für die Tilgung des gesamten Anlagekapitals von 53 Mill. Fr. der Uebertragungsleitungen und Unterwerke in 50 Jahren, mit Hinzurechnung einer Verzinsung von 3 1/2% des Tilgungsfonds, aufgerundet	405 000 „
Verzinsung: 5 1/2% des Anlagekapitals von 53 Mill. Fr.	2 915 000 „
Total	4 850 000 Fr.

<sup>1)</sup> Der Autor macht besonders darauf aufmerksam, dass sich die vorliegenden Zahlen auf die heutigen Preise und auf eine heute praktisch bewährte vereinfachte und billigere Ausführung beziehen und infolgedessen mit denjenigen seines Aufsatzes im Bericht der S. B. B. für die Weltkraft-Konferenz 1926 nicht übereinstimmen können, da man zu jenem Zeitpunkte noch nicht über die heute vorhandenen Erfahrungen verfügte.

<sup>2)</sup> Die hier ermittelten Betriebskosten entsprechen bezüglich der Erneuerung und Tilgung nicht ganz den bei den S. B. B. üblichen Ansätzen.

Tabelle 7. Betriebskosten der „Streckenausrüstung“.

Unterhalt der Fahrleitungen <sup>1)</sup>	650 Fr./Geleise-km für 2950 Geleise-km, aufgerundet	1 920 000 Fr.
Rücklagen für Erneuerung der Fahrleitungen:		
1 1/2% von 45 Mill. Fr.		675 000 „
Rücklagen für die Tilgung des gesamten Anlagekapitals von 103 Mill. Fr. der Streckenausrüstung zu Lasten der Bahn in 50 Jahren, mit Hinzurechnung einer Verzinsung von 3 1/2% des Tilgungsfonds, aufgerundet		790 000 „
Verzinsung 5 1/2% von 103 Mill. Fr.		5 665 000 „
Total		9 050 000 Fr.

Unter dem Sammelbegriff „Streckenausrüstung“ (Tabelle 7) verstehen wir nicht nur die vollständigen Fahrleitungen mit den zugehörigen Einrichtungen in den Stationen, sondern auch die mit der Elektrifikation in direktem Zusammenhang stehenden Aenderungen an den Schwachstromanlagen des Staates und der Bahn, sowie die Aenderungen anderer Anlagen der Bahn zwecks Anpassung des Lichtraumprofils für den elektrischen Betrieb mit 15 000 V. Die heutigen Gesamtkosten der Streckenausrüstung der hier in Frage kommenden 1150 Bahn-km mit 2950 Geleise-km betragen rund 128 Mill. Fr., wovon 53 Mill. Fr. auf die Fahrleitungen und 75 Mill. Fr. auf die übrigen Ausgaben entfallen. Diese 75 Mill. Fr. zerfallen in 45 Mill. Fr., die die heutigen Gesamtkosten der Verlegung der öffentlichen Schwachstromleitungen vom Bahnkörper in den Strassenkörper sowie deren Verkabelung darstellen, und in 30 Mill. Fr. für die Verkabelung der Bahn-Schwachstromleitungen und die Herstellung des Lichtraumprofils. Sie bilden somit eine einmalige Ausgabe, die nicht ganz zu Lasten der Elektrifikation zu buchen ist, da hierdurch ein vollständig neues und modernes Schwachstromnetz geschaffen wird, das besonders im Unterhalt erheblich billiger zu stehen kommt als das frühere Netz mit Freileitungen. Es ist daher in vollem Masse gerechtfertigt, dass der elektrische Betrieb, wie dies auch tatsächlich der Fall ist, von einem Teil dieser Ausgaben durch die Verwaltung, die hieraus Nutzen zieht, entlastet wird. Im Falle der S. B. B. fielen nach der geübten Praxis nur etwa 50 Mill. Fr. von den erwähnten 75 Mill. Fr. zu deren Lasten, die übrigen 25 Mill. Fr. zu Lasten der Eidg. Telegraphen- und Telephon-Verwaltung. Demzufolge fallen für die Streckenausrüstungen, wie in Tabelle 4 bereits angeführt, nur 103 Mill. Fr. zu Lasten der Bahn, für die die in der Tabelle 7 zusammengestellten Betriebskosten in Frage kommen.

<sup>1)</sup> Die Unterhaltskosten der Fahrleitungen der S. B. B. betragen im Jahre 1924: 650 Fr. pro Geleisekilometer, im Jahre 1925: 630 Fr., im Jahre 1926: 575 Fr. pro Geleisekilometer.

Tabelle 8. Jahreskosten der Triebfahrzeuge.

	Elektrisch	Dampf
	322 Stück	400 Stück
	144 Mill. Fr.	100 Mill. Fr.
Rücklagen für Erneuerung, gesetzt 3% des Anschaffungswertes	4 320 000 Fr.	3 000 000 Fr.
Rücklagen für die Tilgung des Anlagekapitals in 50 Jahren, mit Hinzurechnung einer Verzinsung von 3 1/2% des Tilgungsfonds	1 100 000 „	763 000 „
Verzinsung 5 1/2%	7 920 000 „	5 500 000 „
Total	13 340 000 „	9 263 000 „

Jahreskosten der elektrischen Triebfahrzeuge und Dampf-Lokomotiven. In der Tabelle 4 wurden die auf die heutigen Preise umgerechneten Kosten der im Jahre 1927 in Betrieb befindlichen 299 elektrischen Lokomotiven und 23 Motorwagen der Schweizerischen Bundesbahnen auf 144 Mill. Fr. veranschlagt. Hier stellt sich nun die wichtige Frage, wie viel Dampflokomotiven dadurch ersetzt werden und welchen heutigen Wert diese Maschinen hätten?

Es sei zunächst darauf hingewiesen, dass die Leistungsfähigkeit und der praktische Ausnutzungsgrad des Dampflokomotiven-Parkes der S. B. B. in den letzten Jahrzehnten durch eine langsam ansteigende Kurve dargestellt werden kann, die in den letzten Jahren vor dem Krieg mehr und mehr abflachte. Wenn man sich daher beschränken würde, nur Bekanntes mit Bekanntem zu vergleichen, und aus dieser Ueberlegung die elektrischen Triebfahrzeuge von 1926 den Dampflokomotiven von 1913 gegenüberzustellen, so käme man, auf Grund der folgenden Zahlen, auf ein Verhältnis von 65 elektrischen Triebfahrzeugen auf 100 Dampflokomotiven. Im Jahre 1926 waren nämlich auf dem elektrifizierten Netze der S. B. B., ohne die Seethalbahn, 266 elektrische Lokomotiven und Motorwagen in Betrieb, die insgesamt 5,093 Milliarden Anhängertkm im Liniendienst ausführten. Demgegenüber waren im Jahre 1913 für beinahe den genau gleichen Verkehr von 5,098 Milliarden Anhängertkm nicht weniger als 414 der bestausgenützten Dampflokomotiven der S. B. B. nötig. Man setzt also schon einen bedeutend leistungsfähigeren Dampflokomotiven-Park voraus, wenn man damit rechnet, dass die genannten 266 elektrischen Triebfahrzeuge vom Jahre 1926, statt 414, nur etwa 330 Dampflokomotiven ersetzt haben, was einem ungefähren Verhältnis von 80 elektrischen Triebfahrzeugen auf 100 Dampflokomotiven entspricht.

Mit diesem Verhältnis gerechnet, ergibt sich für das Jahr 1927, dass die in der Tabelle 4 angeführten 322 elektrischen Triebfahrzeuge etwa 400 Dampflokomotiven ersetzen, deren heutiger Anschaffungswert auf rd. 100 Mill. Fr.

Tabelle 9. Zusammenfassung der Betriebskosten.

	Ausgaben für Personal, Unterhalt und Verschiedenes Fr.	Rücklagen für Erneuerung Fr.	Rücklagen für Tilgung in 50 Jahren Fr.	Verzinsung des Anlagekapitals zu 5 1/2% Fr.	Total Fr.
1. Betriebskosten der Kraftwerke nach Tabelle 5 . . . . .	{ 560 000 680 000	1 200 000	995 000	7 150 000	10 585 000
Einnahmen aus dem Verkauf von Ueberschussenergie <sup>2)</sup> .	900 000	—	—	—	900 000
Kosten der Einphasen-Energie ab Werk . . . . . Unterschied	340 000	1 200 000	995 000	7 150 000	9 685 000
2. Betriebskosten der Uebertragungsleitungen und Unterwerke nach Tabelle 6 . . . . .	{ 470 000 340 000	720 000	405 000	2 915 000	4 850 000
Kosten der Einphasen-Energie ab Unterwerk . . . . .	1 150 000	1 920 000	1 400 000	10 065 000	14 535 000
3. Betriebskosten der Streckenausrüstung nach Tabelle 7 . . . . .	1 920 000	675 000	790 000	5 665 000	9 050 000
Total	3 070 000	2 595 000	2 190 000	15 730 000	23 585 000
4. Jahreskosten der elektrischen Lokomotiven nach Tabelle 8 . . . . .	—	4 320 000	1 100 000	7 920 000	13 340 000
Total	3 070 000	6 915 000	3 290 000	23 650 000	36 925 000
Jahreskosten der entsprechenden Dampflokomotiven nach Tabelle 8 . . . . .	—	3 000 000	763 000	5 500 000	9 263 000

<sup>2)</sup> Im Jahre 1927 werden voraussichtlich nur 77,5% der auf 400 Mill. kWh ermittelten Leistungsfähigkeit der SBB-Kraftwerke, Stand 1927, ausgenutzt. Die so verfügbare Ueberschussenergie von 90 Mill. kWh entspricht zu durchschnittlich 1 Ct./kWh einer Einnahme von 900 000 Fr.

Tabelle 10

(Verallgemeinerte Tabelle 1).

Einphasenbetrieb mit 15000 V. von 1150 Bahn-km mit 2950 Geleise-km, Energie aus bahneigenen Kraftwerken, Uebertragungsleitungen 132 kV und 66 kV von 800 km Länge, 3 Unterwerke 132/66 kV und 15 Unterwerke 66/15 kV. Mittlerer Verkehr pro Bahn-km: 7750000 tkm pro Jahr, einschliesslich Lokomotiv-Gewicht. Ausführung und Preise nach heutigen Verhältnissen.

Durch die Elektrifikation verursachte Erhöhung der Jahreskosten. Gesamtanlagekapital zu Lasten der Bahnverwaltung, einschliesslich der elektrischen Triebfahrzeuge: 430 Mill. Fr.

1. Verzinsung zu 5 1/2 %	23 650 000 Fr.
2. Rücklagen für Tilgung des gesamten Kapitals in 50 Jahren und für Erneuerung der der Abnutzung unterworfenen Anlageteile	10 205 000 "
3. Personal und Unterhalt abzüglich der Einnahmen aus dem Verkauf von Ueberschuss-Energie	3 070 000 "
Mehrkosten	Total 36 925 000 Fr.

Durch die Elektrifikation erzielte Ersparnisse.

Anlagekapital der ohne die Elektrifikation erforderlichen Dampflokomotiven: 100 Mill. Fr.

1. Verzinsung zu 5 1/2 %	5 500 000 Fr.
2. Rücklagen für Tilgung der 100 Mill. Fr. in 50 Jahren und für Erneuerung	3 763 000 "
3. Ersparnisse an Kohlen 450000 t bei einem Preis von 38 Fr./t franko Grenze	17 100 000 "
4. Ersparnisse an Zugs-, Fahr- und Depotpersonal: 2230 Mann zu durchschnittl. 5900 Fr. einschl. aller Leistungen der Verwaltung	13 095 000 "
5. Ersparnisse an Unterhaltskosten des Rollmaterials nach Berechnung der S. B. B.	4 566 000 "
6. Ersparnisse an Wasser, Schmiermaterial, Bahnunterhalt, an Kohlenwagen	1 201 000 "
Ersparnisse	Total 45 225 000 Fr.
Mehrkosten wie oben	36 925 000 Fr.
Minderkosten des elektrischen Betriebs	8 300 000 Fr.

geschätzt werden kann. Auf Grund der vorstehenden Ausführungen sind die für 1927 in Frage kommenden Ausgaben für Verzinsung, Tilgung und Erneuerung der elektrischen und der Dampflokomotiven in der Tabelle 8 gegenübergestellt.

In Tabelle 9 sind sämtliche Betriebskosten auf Grund der Tabellen 5 bis 8 zusammengestellt. Die Tabelle 1, die sich speziell auf schweizerische Verhältnisse mit Teuerung,

Tabelle 10 a.

(Vereinfachte Tabelle 10.)

Durch die Elektrifikation verursachte Erhöhung der Jahreskosten. Verzinsung zu 5 1/2 %	23 650 000	
	— 5 500 000	
	18 150 000	18 150 000 Fr.
Rücklagen für Tilgung und Erneuerung	10 205 000	
	— 3 763 000	
	6 442 000	6 442 000 "
Personal und Unterhalt	3 070 000	"
Mehrkosten	Total	27 662 000 Fr.
Durch die Elektrifikation erzielte Ersparnisse:		
Ersparnisse an Kohlen	17 100 000	Fr.
Ersparnisse an Zugs-, Fahr- und Depotpersonal	13 095 000	"
Ersparnisse an Unterhaltskosten des Rollmaterials	4 566 000	"
Ersparnisse an Wasser, Schmiermaterial, Bahnunterhalt, an Kohlenwagen	1 201 000	"
Ersparnisse	Total	35 962 000 Fr.
Mehrkosten wie oben	27 662 000	"
Minder-Jahreskosten des elektrischen Betriebs	8 300 000	Fr.

Bundessubvention und bestimmten Rücklagen für Erneuerung und Tilgung bezog, kann nun an Hand dieser Zahlen im Sinne einer Verallgemeinerung der betreffenden Posten umgerechnet werden, wie es in Tabelle 10 geschehen ist.

Die Tabelle 10 lässt sich auch in der einfacheren Form der Tabelle 10 a darstellen, in der nur die durch die in Frage kommende Elektrifikation verursachten Mehrausgaben von 430 — 100 = 330 Mill. Fr. gegenüber dem Dampftrieb in Erscheinung treten. Daraus ergibt sich, dass, bei Kostengleichheit des elektrischen und des Dampfbetriebes, das im Jahre 1927 in der Elektrifikation der S. B. B. angelegte, den heutigen Verhältnissen in Bezug auf Bauart und Baukosten angepasste Mehrkapital von 330 Mill. Fr. mit 18150000 + 8300000 = 26450000 Fr., d. h. mit 8% verzinst werden kann. Dabei ist zu bemerken, dass die vorstehenden Ausführungen immer noch nur für die ihnen zu Grunde gelegten Verhältnisse gültig sind. Im folgenden soll gezeigt werden, wie sich die Verhältnisse bei andern Verkehrsmengen, bei andern Kohlenpreisen, sowie bei Bezug von bahnfremder Energie gestalten. (Schluss folgt.)

### Zwei Wasserkraft-Projekte in den französischen Alpen.

In letzter Zeit geht Frankreich in vorbildlicher Weise planmässig und grosszügig an den weitem Ausbau seiner Wasserkräfte. Der Bedarf an elektrischer Energie nimmt

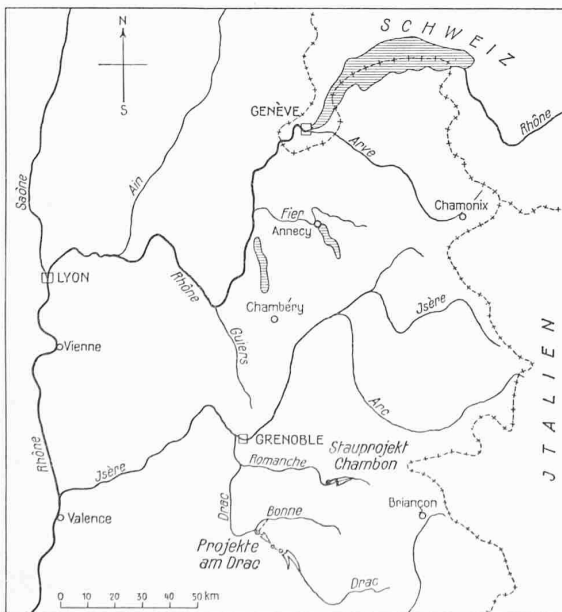


Abb. 1. Uebersichtsskizze. — Masstab 1 : 2500000.

in diesem Land jährlich stark zu und zahlreiche günstige Ausbaumöglichkeiten von Wasserkraften harren noch der Verwirklichung. Mit dem Ausbau einzelner Anlagen ist bereits begonnen worden. So darf wohl in den nächsten Jahren eine interessante Entwicklung des Wasserkraftbaues und ein Aufschwung der Elektrizitätswirtschaft in Frankreich erwartet werden.

Mit den folgenden kurzen Mitteilungen über zwei Projekte möchte ich die Leser der „S. B. Z.“ ganz allgemein auf diese Entwicklung hinweisen. Ich wähle hierzu einen kleinen Ausschnitt aus dem unweit der Schweiz gelegenen Alpengebiet südlich von Grenoble (Uebersichtsskizze, Abb. 1), dessen Regime ungefähr dem unserer Schweizeralpen entspricht. Die Vorarbeiten für diese beiden Projekte sind bereits soweit vorgeschritten, dass vor kurzem die Bauarbeiten in Angriff genommen werden konnten. Die Grösse und Eigenart der beiden Anlagen dürften auch für uns ein gewisses Interesse bieten.

Beim ersten Projekt, dem Ausbau des Drac, ist besonders erwähnenswert die obere Stufe Le Sautet. In einem ausserordentlich günstigen, schluchtartigen Talprofil wird hier eine 135 m hohe Bogenstaumauer errichtet. Der dadurch geschaffene nutzbare Stauraum von 100 Mill. m<sup>3</sup>, der auch zwei weitem anschliessenden Kraftwerkstufen zugute kommt, ist zugleich als Hochwasserschutz von allgemeiner Wichtigkeit. Für die drei projektierten Anlagen am Drac ist ein Ausbau von insgesamt 160000 PS vorgesehen.

Beim zweiten Projekt haben sich für die Errichtung der Staumauer Chambon an der Romanche die Besitzer von