

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95/96 (1930)
Heft: 1

Artikel: Die Effektschwankung im elektrischen Betriebe der Schweizerischen Bundesbahnen
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44021>

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: 18.05.2025

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

INHALT: Die Effektschwankung im elektrischen Betriebe der Schweizerischen Bundesbahnen. — Wettbewerb zu einem Bebauungsplan für das Gebiet des südlichen Brückenkopfes der Lorraine-Brücke Bern. — I. Mitteleuropäischer Binnenschiffahrtstag Stuttgart. — Mitteilungen: Eine Gasleitung durch den Rhe'n bei Wiesdorf. Schweizerhaus der „Cité Universitaire“ in Paris. Das Bundesamt für Elektrizitätswirtschaft.

Hauptpostgebäude Zürich. Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur. — † Fritz Mousson. — Wettbewerbe: Bebauungsplan für die Gemeinde Langenthal. Neues Aufnahmegebäude für den Bahnhof Neuenburg. Turnhalle Burgdorf. — Literatur: Hebezeuge. Arbeiten aus dem Elektrotechn. Institut der Bad. Techn. Hochschule Fridericiana Karlsruhe. Eingegangene Werke. — Mitteilungen der Vereine.

Band 96

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 1

Die Effektschwankung im elektrischen Betriebe der Schweizerischen Bundesbahnen.

Von Professor Dr. W. KUMMER, Ingenieur, Zürich.

1. EINLEITUNG.

Die ersten Angaben über die Effektschwankung im elektrischen Betriebe der S. B. B. sind von Ingenieur Dr. E. Huber-Stockar zu Händen des im April 1922 in Rom abgehaltenen IX. Internationalen Eisenbahnkongresses veröffentlicht worden.¹⁾ Obwohl damals einzig die Strecken Bern-Scherzigen und Erstfeld-Biasca des heutigen Netzes mit Einphasenbetrieb, und zwar erst seit kurzem, elektrifiziert waren, liess sich doch schon der Nachweis erbringen, dass die während eines normalen Betriebstages auftretende Effektschwankung durchaus in den erwarteten Grenzen lag. Zu dieser Feststellung diente eine Kurve des Schwankungsverhältnisses im Tagesverkehr, die neben den aus dem elektrischen Betriebe der genannten zwei S. B. B.-Strecken stammenden Zahlenwerten des Schwankungsverhältnisses über dem in tkm ausgedrückten Tagesverkehr auch solche aus dem Betriebe der Lötschbergbahn und aus demjenigen der Rhätischen Bahn und weiter auch noch solche nach Berechnungen von Ingenieur A. Weber-Sahli, Biel, vom Jahre 1909, auf Projektrechnungen für die Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb fussend, veranschaulichte.

Seit mehreren Jahren sammelt nun die Abteilung für Elektrifikation der S. B. B., in Bern, systematisch die auf die Effektschwankung im elektrischen Betriebe der S. B. B. bezüglichen Daten. Dieses, die Jahre 1924 bis 1928 kennzeichnende Material ist kürzlich auf Veranlassung von Dr. E. Huber-Stockar dem Schreibenden zur Abfassung der vorliegenden Arbeit zur Verfügung gestellt worden. Wie den Lesern dieser Zeitschrift bekannt ist, hatte der Schreibende im Jahre 1916 weiteres, aus der Projektbearbeitung für die Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb gewonnenes Material zur Darstellung einer Kurve des Schwankungsverhältnisses im Jahresverkehr verwendet²⁾, um dann, im Jahre 1925, eine analytische Methode der Vorausberechnung dieses Verhältnisses zu entwickeln.³⁾ Weitere, vom Schreibenden seither diesem Problem gewidmete Studien führten ihn auf neue Aspekte des allgemeineren Problems des Belastungsausgleichs in elektrischen und in andern, Energie verteilenden Zentralanlagen; so entstanden das kürzlich in dieser Zeitschrift angekündigte Büchlein: „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Preisbildung für elektrische Arbeit“⁴⁾ und zwei weitere, in dieser Zeitschrift veröffentlichte Aufsätze über Probleme der Effektschwankung im Bahnverkehr.⁵⁾

Die uns aus den Jahren 1924 bis 1928 zur Verfügung gestellten Daten über die tatsächliche Effektschwankung im elektrischen Betriebe der S. B. B. erlauben es, die Methoden der Vorausberechnung des Schwankungsverhältnisses auf ihre Richtigkeit hin nachzuprüfen. Solcher Methoden, die auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung fussen, liegen nun schon mehrere vor. Aus älterer Zeit kennen wir einzig diejenige von M. Corsepius⁶⁾ vom Jahre 1900. Seit 1925 ist dem Problem in der elektrotechnischen Literatur vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt worden,

wobei zwar meist nicht das eigentliche Schwankungsverhältnis, oder dessen Reziprokwert, der sog. Belastungsfaktor, sondern die damit zusammenhängenden Grössen, d. h. der sog. Verschiedenheitsfaktor oder der sog. Gleichzeitigkeitsfaktor dargestellt wurden. Es liegt ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit, die verschiedenen bekannt gewordenen Methoden zur Vorausberechnung der Effektschwankung oder der daraus ableitbaren Grössen zu besprechen; wir halten unsere eigene Methode für die relativ richtigste und begnügen uns deshalb damit, ihre Ergebnisse an Hand des aus dem elektrischen Betrieb der S. B. B. stammenden Erfahrungsmaterials zu beleuchten; zu diesem Behufe betrachten wir die aus unserer analytischen Methode folgenden Beziehungen als „grundlegende“ und untersuchen, ob die aus der Erfahrung der S. B. B. gewonnenen Zahlenwerte sich durch jene Beziehungen befriedigend veranschaulichen lassen.

2. DIE GRUNDLEGENDEN BEZIEHUNGEN.

Mit dem einfachen Hinweis auf unsern Aufsatz vom Jahre 1925 könnten wir zwar die folgende Darstellung unserer grundlegenden Beziehungen wesentlich kürzen. Da wir uns aber in jenem Aufsätze, wie auch in den weiteren, 1929 in dieser Zeitschrift erschienenen Folgerungen, stets auf den Standpunkt einer Projektbearbeitung stellten, für die die Energiebezüger einer Bahnanlage einfach lauter Eisenbahnzüge sind, während bei der Betrachtung der Betriebsergebnisse von Zentralen und Unterwerken die Zugzahlen in statistischer Hinsicht nicht eindeutig erscheinen, der Bestand an Triebfahrzeugen aber eine durchaus eindeutige Grösse ist, so werden wir hier die diensttuenden Triebfahrzeuge als die Energiebezüger betrachten und ihre Anzahl in der betrachteten Zeitperiode T (die Woche, bezw. das Jahr) mit dem Zeichen Z darstellen; das Schwankungsverhältnis der an der Messtelle (Kraftwerk, bezw. Unterwerk) festgestellten Leistung in der betrachteten Zeitperiode stellen wir wieder durch:

$$K = \frac{W_{\max}}{W}$$

dar, wobei der Zähler dieses unechten Bruchs den Maximalwert, sein Nenner den Durchschnittswert jener Leistung an der Messtelle bedeuten, die ununterbrochen durch Kumulation momentaner Einzelleistungen der Energiebezüger, d. h. der diensttuenden Triebfahrzeuge hervorgerufen wird. Die Kumulation denken wir uns stets aus einer Anzahl x Einzelabnehmer, je mit der Anschlussleistung W_a angerechnet, gebildet; als Anschlussleistung dient eine betriebsmässig normale Höchstleistung der Triebfahrzeuge, die samt deren durchschnittlich von einem Fahrzeug in der Zeitperiode T normal aufgenommener Arbeit A_a die Benutzungsdauer T_a der Triebfahrzeuge, gemäss der Beziehung:

$$T_a = \frac{A_a}{W_a}$$

begründet. Die Wahrscheinlichkeit des Energiebezugs durch irgend ein diensttuendes Triebfahrzeug stellen wir nun durch die, auf die betrachtete Zeitperiode bezogene relative Benutzungsdauer t , d. h. durch eine Grösse:

$$t = \frac{T}{T_a}$$

dar.¹⁾ Nach dem Theorem von Bernoulli ergibt sich jetzt

¹⁾ Bei einem elektrischen Betrieb, der nicht, wie der Vollbahnbetrieb, ununterbrochen läuft, müsste t auf die sog. „mögliche Verbrauchszeit“ bezogen werden.

¹⁾ „Bulletin de l'Association internationale des Chemins de fer“ 1921, Seite 797 (Juli 1921).

²⁾ Band 67, Seiten 199 und 214 (April 1916).

³⁾ Band 86, Seite 169 (3. Oktober 1925).

⁴⁾ Erschienen 1929 als „Heft 100“ der „Sammlung Vieweg“ und besprochen auf Seite 94 von Band 85 (17. August 1929).

⁵⁾ Seite 6 und Seite 75 von Band 85 (Juli und August 1929).

⁶⁾ Im Buche „Die elektrischen Bahnen“, Stuttgart 1900.

als ebenfalls im relativen Zeitmass erscheinende Wahrscheinlichkeit dafür, dass von Z diensttuenden Triebfahrzeugen x gleichzeitig Energie beziehen:

$$w_x = \binom{Z}{x} t^x (1-t)^{Z-x}.$$

Bildet man die Grösse:

$$x = Zt,$$

so geht für genügend grosse Anzahl Z der Ausdruck für w_x über in die von Poisson gefundene Form:

$$w_x = e^{-y} \frac{y^x}{x!}$$

in der $e = 2,718 \dots$ bedeutet.¹⁾ Die Wahrscheinlichkeit w_x gibt — in jeder der beiden Formulierungen — in Abhängigkeit von x eine unsymmetrische Kurve, wie sie

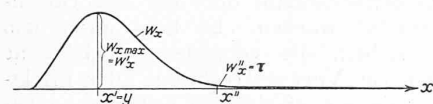


Abb. 1. Verlauf der Wahrscheinlichkeitsfunktion.

z. B. etwa für $y = 2$ in Abb. 1 dargestellt ist²⁾; die Funktion w_x besitzt ein Maximum w_x beim Sonderwert: $x' = y = Zt$.

Andererseits kann x nicht grösser werden, als gleich einem Werte x'' , für den w_x'' gleich einer Grenzzeit τT ist, bei der gerade noch das Effektmaximum $W_{\max}$, gemäss:

$$W_{\max} = x'' W_a$$

betriebsmässig gebildet sein kann. Da andererseits:

$$\bar{W} = x' W_a$$

so folgt das gesuchte Schwankungsverhältnis aus der Beziehung:

$$K = \frac{W_{\max}}{\bar{W}} = \frac{x''}{x'} = \frac{x''}{y} = \frac{x''}{Zt}.$$

Mit dem aus der Erfahrung abgeleiteten Werte $\tau T = 6,3$ sec für die Ausbildung der Spitze einer Maximalbelastung bekommen wir:

$$\tau = 2,0 \cdot 10^{-7} \quad \text{für } T = 1 \text{ Jahr}; \quad K = K_a$$

sowie:

$$\tau = 0,104 \cdot 10^{-4} \quad \text{für } T = 1 \text{ Woche}; \quad K = K_h.$$

Auf Grund vereinfachender Näherungsrechnung³⁾ findet man leicht aus jeder der Gleichungen für w_x für angenommene Werte $y = Zt$ die zugehörigen Werte x'' und damit K_a bzw. K_h , die man über der Grösse y zeichnerisch darstellen kann, wie aus den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich ist. Die Werte des in diesen Kurven dargestellten Schwankungsverhältnisses K_a für die Jahreschwankung sind genau identisch mit den Werten von K in den Kurven unserer Aufsätze von 1925 und 1929. Als neu geben wir in den Kurven der Abbildungen 2 und 3 den Verlauf der Kurve K_h für die Wochenschwankung, da über diese ein besonders wertvolles Material aus dem elektrischen Betriebe der S. B. B. vorliegt.

Nun haben wir noch zu zeigen, wie man die Kurvenabszisse, d. h. die Mittelwertgrösse y aus praktisch gewonnenem Zahlenmaterial zu bilden hat. Bei Z diensttuenden Triebfahrzeugen ist nämlich die in der Zeitperiode T insgesamt umgesetzte elektrische Arbeit durch die Beziehung:

$$Z W_a T_a = \bar{W} T$$

gegeben; es folgt:

$$t = \frac{T_a}{T} = \frac{\bar{W}}{Z W_a}$$

und somit:

$$y = t Z = \frac{\bar{W}}{W_a}$$

derart, dass y also ausserordentlich einfach zu bestimmen ist; W_a stellt gemäss:

$$W_a = \frac{\bar{W}}{y}$$

¹⁾ Für die Herleitung beachte man Seite 169 von Bd. 86 (30. Okt. 1925), wobei an Stelle von Z die Zugzahl N diene.

²⁾ Die symmetrische w_x = Kurve nach Gauss halten wir für durchaus ungeeignet.

³⁾ Vergl. hierüber Seite 170 von Bd. 86 (3. Okt. 1925).

stets diejenige Durchschnittsleistung dar, die der Einheit von y entspricht, also einen Wert, der für eine betrachtete Zeitperiode T (Woche, bezw. Jahr) ohne weiteres den Betriebsdaten entnommen werden kann.

3. DIE AUSWERTUNG DER BETRIEBSERGEBNISSE DER S. B. B.

Vom 31. Dezember 1923 bis zum 31. Dezember 1928 fand im Einphasen-Bahnbetrieb der S. B. B., mit 15000 V Fahrspannung bei $16 \frac{2}{3}$ Per/sec, eine Erweiterung der Betriebslänge von 376 km auf 1589 km statt. Man dürfte also erwarten, in dieser Periode in besonders instruktiver Weise die Veränderung des Schwankungsverhältnisses wahrnehmen zu können. Indessen haben wir es für die Jahre 1924, 1925 und 1926 mit einer andern Betriebskombination des Kraftwerkdienstes zu tun, als für die späteren Jahre, und zwar zufolge der zu Anfang des Jahres 1927 erfolgten Einführung der Parallelschaltung der zentralschweizerischen Kraftwerksgruppe Ritom-Amsteg (samt Nebenkraftwerk Göschenen) mit der westschweizerischen Kraftwerksgruppe Barberine-Vernayaz (samt Nebenkraftwerk Trient) über die Verbindungsleitung mit 132 kV. Im Allgemeinen stehen uns die folgenden Betriebsdaten zur Verfügung: Von jeder Kraftwerksgruppe einerseits, von jedem Unterwerk andererseits, die Grössen $W_{\max}$, $\bar{W}$ und K für jede Woche, damit also auch für jedes Betriebsjahr, sowie auch für das Mittel der 52 Wochen eines jeden Betriebsjahres. Die Werte $\bar{W}$ sind ausserordentlich einfach aus den Angaben der durch Elektrizitäts-Zähler gemessenen Arbeiten in der Woche, bezw. im Jahr, die Werte $W_{\max}$ aus Registriardiagrammen gewonnen. Zuzufolge der weitgehenden Parallelschaltung, zwischen Unterwerken einerseits, zwischen Kraftwerken andererseits, sind die je aus der höchsten Jahresspitze der Leistung ermittelten Schwankungsverhältnisse im allgemeinen deshalb nicht normal betriebsmässig bedingt, weil die höchsten Belastungspitzen fast immer auf eine Störung im Parallelbetrieb zurückzuführen sind. Unter der Voraussetzung der Richtigkeit unserer grundlegenden Beziehungen sind nun aber, nach den Abb. 2 und 3, die Werte K_a für eine gegebene Mittelwertgrösse y , bezw. $\bar{W}$, nur unerheblich höher, als die Werte K_h , und zwar umso unerheblicher, je grösser y , bezw. $\bar{W}$ ist. Die noch zu besprechende Abbildung 4 zeigt, dass dieser theoretisch erwartete Zusammenhang von K_a und K_h auch praktisch hinreichend bestätigt ist. Da man nun durch Bildung des Jahresmittels von K_h diesen Wert relativ sicher für das $\bar{W}$ des Jahres ermitteln kann, so lässt sich mit ihm, und mit dem aus den Abb. 2 und 3 festgelegten Zusammenhänge von K_h und K_a , nun auch K_a hinreichend zuverlässig feststellen.

Für die Jahre 1927 und 1928, mit 1413 km, bezw. mit 1589 km elektrifizierter Betriebslänge am Jahresende, entnehmen wir der Denkschrift „Die Elektrifizierung der S. B. B. bis Ende 1928“ von Dr. E. Huber-Stockar¹⁾ die in der folgenden Zahlentafel zusammengestellten Daten für die Kennzeichnung des Gesamtdienstes der Kraftwerke. Die Werte $W_{\max}$ der Kraftwerksgruppen, die parallel arbeiten, mussten natürlich aus der Superposition der Leistungs-Registriardiagramme der einzelnen Kraftwerke ermittelt werden. In der Figurentafel VI der genannten Denkschrift sind beispielsweise

¹⁾ Besprochen auf Seite 112 und 115 von Bd. 93 (2. März 1929).

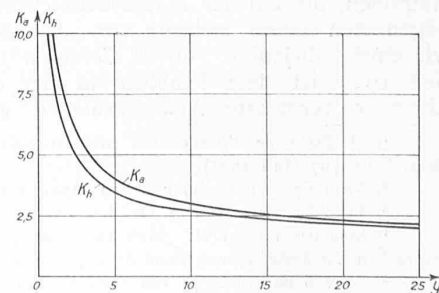
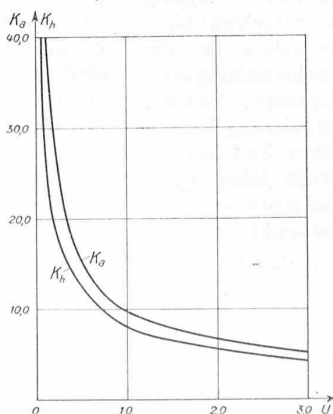


Abb. 2 und 3. Vorausberechnete Kurven $K=f(y)$ für kleine, bzw. grössere Abszissen y .

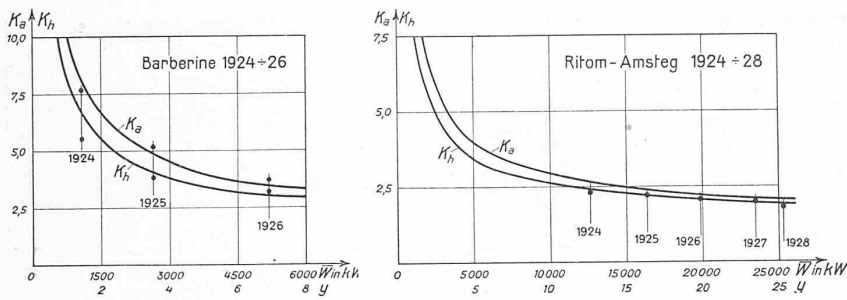


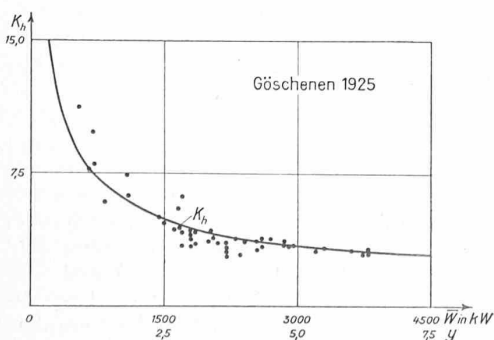
Abb. 4 und 5. Schwankungskurven im Betrieb der S. B. B.-Kraftwerke Barberine und Ritom-Amsteg.

für den 10. Januar 1928 diese Diagramme für die grossen Kraftwerke Ritom, Amsteg, Barberine und Vernayaz einzeln ersichtlich; sie erlauben zu beurteilen, dass die bezüglichen Superpositionen zur Ermittlung des gemeinsamen Gesamtmaximums der Leistung äusserst mühsam und gleichzeitig relativ unsicher im Ergebnis sein müssen, da doch vor allem auch absolute Uebereinstimmung der Registrier-Uhrwerke vorhanden sein sollte. Zum Bezug von Bahnenergie aus den eigenen Kraftwerken der S. B. B. kommt noch ein Bezug von zusätzlicher Bahnenergie aus fremden Kraftwerken, der im Jahre 1927 jedoch nur rund 5,6%, im Jahre 1928 etwa 4,8% der totalen Bahnenergie betrug. Diese Bezüge von Fremdenergie sind in der folgenden Zusammenstellung inbegriffen.

Jahre	1927	1928
Förderarbeit des Gesamtzugsgewichts in Millionen tkm	8 806	10 850
Leistungsspitze $W_{\max}$, insgesamt in kW	66 300	80 400
Leistungsmittel $\bar{W}$, insgesamt in kW	35 850	45 180
Jahresschwankungsverhältnis K_a für den Gesamtbetrieb	1,85	1,78

Zur Zuordnung dieser Werte zu einer Kurve $K_a = f(y)$ muss $\bar{W}$ für die Einheit von y , bzw. es muss W_a bestimmt werden. Für die Triebfahrzeuge, 410 Stück am 31. Dez. 1928, schätzen wir im Durchschnitt $W_a = 900$ kW und finden damit für das Jahr 1927 eine Mittelwertgrösse $y = 35 850 : 900 = \sim 40$, zu der $K_a = 1,85$ gehört, während sich für das Jahr 1928 $y = 45 180 : 900 = \sim 50$ ergibt, wozu $K_a = 1,78$ gehört. Durch Weiterführung der Kurve $K_a = f(y)$ der Abbildung 3 bis zur Abszisse $y = 50$ erkennt man, dass die zwei Werte 1,85 und 1,78 für $y = 40$, bzw. für $y = 50$, sich gut in den Verlauf der Abbildung 3 hineinfügen. Angesichts der grossen Einzelleistungen der S. B. B.-Triebfahrzeuge wird man $W_a = 900$ kW als sehr niedrige Schätzung empfinden.¹⁾ Sie ist aber durch zwei Umstände begründet. Einerseits findet eine weitgehende Schonung der Triebfahrzeuge im Betriebe statt, die auch aus den ungleichen kilometrischen Leistungen der verschiedenen Serien von Triebfahrzeugen hervorgeht. Andererseits musste auch dem Umstand Rechnung getragen werden, dass durch örtliche Dezentralisation parallel arbeitender Generator-

¹⁾ Sie liegt ungefähr 25% unter dem Durchschnittswert der sogen. Dauerleistung am Radumfang für die Fahrzeuge des Jahres 1927.

Abb. 6 bis 8. Gemessene Wochen-Effektschwankungen (Punkte) im Vergleich mit den vorausberechneten K_h -Kurven dreier S. B. B.-Unterwerke.

stationen die Energieabgabe erheblich und in jeder Beziehung derart erleichtert wird, dass sie unbedingt kleiner ausfallen muss, als sie für eine völlig zentralisierte Energie-Erzeugung ausfallen müsste.

Für die Jahre 1924, 1925 und 1926 erhalten wir aus den Betriebsdaten des allein arbeitenden Kraftwerks Barberine¹⁾, für die Jahre 1924 bis und mit 1928 aus den Betriebsdaten der Kraftwerksgruppe Ritom-Amsteg wertvolle Ergebnisse zur Beurteilung der Effektschwankung, über die die Abbildungen 4 und 5 Aufschluss erteilen.

Die in diesen Abbildungen ausgezogenen

Kurven sind identisch mit den Kurven K_a und K_h der Abbildung 3, für die eine Abbildung zwar in etwas anderem Massstab. Die über $\bar{W}$ aufgetragenen Punkte K_h der Abbildungen 4 und 5 sind die Mittelwerte aus den 52 betriebsmässig ermittelten Wochenwerten des betrachteten Jahres, dessen Jahreszahl beim jeweils aufgetragenen Punkte notiert ist. In Abb. 4 sind über $\bar{W}$ auch noch die aus den Betriebsdaten ermittelten Werte K_a der Jahresschwankung eingezeichnet. Die Uebereinstimmung der empirisch festgestellten Punkte K_a und K_h mit den durch Vorausberechnung erhaltenen und für die Zuordnung

$$\begin{cases} W_a = 750 \text{ kW für Barberine (Abb. 4)} \\ W_a = 1000 \text{ kW für Ritom-Amsteg (Abb. 5)} \end{cases}$$

aufgestellten Kurven K_a und K_h ist zwar nicht hervorragend, beleuchtet aber, dass der Vertikalabstand $K_a - K_h$ für eine gegebene Abszisse durch die Kurven in brauchbarem Grade der Uebereinstimmung mit der Erfahrung wiedergegeben wird. In Abbildung 5 wurde auf die Darstellung der aus den Betriebsdaten berechneten Werte K_a verzichtet, da ihre Zahlenwerte in evidentem Masse durch Störungsfälle getrübt sind; solche Störungen bewirken, dass für die Jahre 1926 und 1927 die Zahlenwerte K_a wesentlich grössere Werte aufweisen, als für 1925. Zu den von uns gewählten Werten von W_a für Barberine und Ritom-Amsteg bemerken wir, dass sie zum vorhin gegebenen Werte W_a für den Gesamtbetrag sehr gut passen; das vorwiegend flache Bahnstrecken der S. B. B. bedienende Werk Barberine weist ein W_a auf, das unterhalb des Netzmittels von 900 kW liegt, während die besonders die Gotthardbahn bedienende Werkgruppe Ritom-Amsteg aus naheliegenden Gründen ein W_a besitzen muss, das über dem Netzmittel von 900 kW liegt.

In den Abb. 6, 7 und 8 endlich zeigen wir noch Punktscharen, die die 52 Werte der Wochen-Effektschwankung in einem gegebenen Jahre in einem gegebenen Unterwerke zur Darstellung und zur Vergleichung mit der von uns vorausberechneten Kurve K_h bringen. Bei der Auswahl der Unterwerke und Betriebsjahre haben wir besonders Wert darauf gelegt, Betriebe mit weit auseinanderliegenden Werten der Wochen-Effektschwankung zu erhalten; demgemäss haben wir entweder Unterwerke mit erst beginnender, im

¹⁾ Vernayaz kam erst zu Anfang 1927 in Betrieb, wie auch die 132 kV-Fernübertragung nach der Zentralschweiz.

Laufe des betreffenden Jahres sich stark entwickelnder Energieabgabe, oder solche, die aus andern Gründen namhafte Unterschiede für die einzelnen Wochen des in Betracht gezogenen Jahres aufweisen, gewählt. Da die von bestimmten Unterwerken unmittelbar gespeisten Bahnstrecken gleichzeitig auch noch von benachbarten Unterwerken direkt mit Energie bedient werden, so muss für die Unterwerke ganz allgemein eine Verschiebung der Kurven $K = f(y)$ in dem Sinne auftreten, dass die dem Werte $y = 1$ zuzuordnenden Grössen $\bar{W}$, bezw. dass die Grössen W_a ¹⁾, besonders klein ausfallen müssen. Demgemäss haben wir für die drei gewählten Beispiele die folgende Zuordnung getroffen:

- $\left\{ \begin{array}{l} W_a = 600 \text{ kW für Göschenen 1925 (Abb. 6),} \\ W_a = 300 \text{ kW für Giornico 1926 (Abb. 7),} \\ W_a = 500 \text{ kW für Bussigny 1925 (Abb. 8).} \end{array} \right.$

Ein Blick auf diese drei Abbildungen zeigt, dass sich gemäss der Auswahl der Beispiele, zusammengehörige Betriebspunkte in der Gegend der stärksten Krümmung der vorausgerechneten Kurve K_h zur Darstellung bringen liessen, und dass dabei eine für das praktische Bedürfnis befriedigende Uebereinstimmung des vorausgerechneten und des aus Betriebspunkten empirisch gegebenen Kurvencharakters festzustellen ist. Die Zahl aufgetragener Betriebspunkte liegt stets etwas unter 52, weil jeweils etliche dieser Punkte über den Masstab-Rahmen der Kurvenbilder hinaus zu liegen kamen, wobei insbesondere das Weglassen der Höchstwerte von K_h bei extrem kleinen und daher sehr ungenauen Abszissen $\bar{W}$ in Betracht fiel.

Nun soll auch noch die Jahres-Verkehrsmenge, die den jeweiligen Werten von W_a , bezw. der Einheit $y=1$ für die Abbildungen 4 bis 8, entspricht, festgestellt werden. Der oben mitgeteilten Zahlentafel ist zu entnehmen, dass für den tkm Verkehr an Gesamtzuggewicht in den Kraftwerken rund 36 Wh gemessen werden; aus den Arbeitsmessungen der Unterwerke ist zu ersehen, dass daselbst für den tkm Verkehr an Gesamtzuggewicht durchschnittlich rund 32 Wh festzustellen sind. Mit diesen Daten und mit den oben mitgeteilten Werten für W_a erhalten wir für die betrachteten Gebiete des S. B. B.-Betriebs mit normalem Einphasenstrom folgende Uebersicht:

Jahresverkehr in Millionen Gesamt-tkm für $y=1$

Gesamt- betrieb 1927/28	Barberine 1924 bis 1926	Amsteg- Ritom 1924 bis 1928	Göschenen 1925	Giornico 1926	Bussigny 1925
219	182	243	164	82	137
	Abb. 4	Abb. 5	Abb. 6	Abb. 7	Abb. 8

Dass der im Betriebe der S. B. B. feststellbare, kurvenmässige Zusammenhang der Schwankungsgrössen K_a und K_h mit $\bar{W}$ durch die von uns vorausgerechneten Kurven K_a und K_h dem Charakter nach in befriedigender Weise gegeben wird, dürfte aus dem Gesagten und aus den Kurven der Abbildungen 4 bis 8 genügend hervorgehen. Eine kritische Stellung darf dagegen noch im Hinblick auf die Eichung der Abszissenaxe, bezw. auf den für diese Eichung benützten Zusammenhang:

$$W_a = \frac{\bar{W}}{y}$$

eingenommen werden. Die genaue Bestimmung eines Jahres-Durchschnittswertes von W_a für einige Hundert im

1) Die Arbeiten A_a einzelner Triebfahrzeuge sind nämlich mehreren (meist drei) Unterwerken anzurechnen.

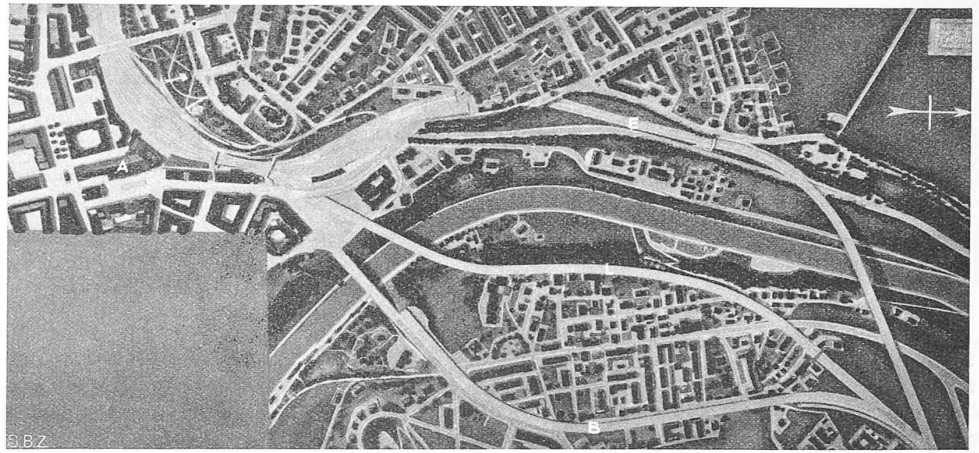


Abb. 1. Projektstudien der nordöstlichen Einfahrt der S. B. B. in Bern, Draufsicht auf das Modell.
A Aufnahmegebäude, B Bestehende hochgelegte Linie, E Engehaldelinie, L Lorrainehaldelinie.

Betriebe befindlichen Triebfahrzeuge setzt eigentlich die Kenntnis ununterbrochen aufgenommener Leistungsdiagramme aller Triebfahrzeuge voraus, aus denen dann, zunächst für die Serien der Triebfahrzeuge, und alsdann für den Seriedurchschnitt und für den Gesamtdienst der Durchschnittswert von W_a zu ermitteln wäre. Zu einer solchen Prozedur fehlte uns natürlich das Material, weshalb wir uns für den Gesamtdienst des normalen Einphasenbetriebs der S. B. B. mit der Schätzung $W_a = 900 \text{ kW}$ geholfen haben, von der aus wir dann Einzelschätzungen von W_a , einerseits für die einzelnen Kraftwerkgruppen bzw. Einzelkraftwerke, andererseits für die verschiedenen Unterwerke vornahmen. Dass wir unsere Schätzungen von W_a unter gleichzeitiger Betrachtung der zuvor schon aufgezeichneten Betriebswerte von K_a und K_h über $\bar{W}$ vornahmen, soll nicht verschwiegen werden, womit natürlich die maximal mögliche Uebereinstimmung der aus dem Betriebe folgenden und der durch Vorausberechnung ermittelten Kurven von K_a und K_h über y erzielt wurde. Nun sind jedoch die Schätzungen W_a so, wie sie durch Dienst und Statistik der Triebfahrzeuge als durchaus möglich ausgewiesen werden können. Damit besteht auch eine Evidenz der Eichung. Es kann sich bei weiterer Verfolgung des Problems, wozu die Benutzung von Triebfahrzeugs-Registrierdiagrammen gehören wird, nur noch fragen, ob allenfalls für die Begriffe „Anschlussleistung W_a und Benutzungsdauer T_a “ anstelle der in der Elektrotechnik bisher üblichen Formulierung eine dem vorliegenden Problem speziell angepasste nötig wird. Wir glauben nicht, dass dies der Fall sei, wollten aber nicht unterlassen, auf diese Eventualität selbst hinzuweisen.

Wettbewerb zu einem Bebauungsplan für das Gebiet des südlichen Brückenkopfes der Lorraine-Brücke in Bern.

Es ist bekannt, dass die zur Zeit dicht neben der neuen Lorraine-Strassenbrücke liegende zweigeleisige Eisenbahn und damit auch ihr Aareübergang weiter flussabwärts verlegt werden sollen. Von den hierfür untersuchten verschiedenen Möglichkeiten einer viergeleisigen, kreuzungsfreien Einführung der nordöstlichen Zufahrt zum Bahnhof Bern sind durch die S. B. B. die drei typischen Möglichkeiten auch in einem Modell 1 : 1000 dargestellt worden. Von diesem Modell zeigen wir hier, zum bessern Verständnis der nachstehend dargestellten Brückenkopf-Entwürfe, vier Aufnahmen, davon Abb. 1 eine als Grundriss wirkende Draufsicht, im Gegensatz zu den schräg betrachteten Fliegerbildern aus Westen (Abb. 2), Osten (Abb. 3) und Süd-Osten (Abb. 4). Man erkennt darauf zunächst die Lage des Aufnahmegebäudes A am Bahnhof- und Bubenbergsplatz, dann die Linienvarianten: B, die hochgelegte Linie auf