

# Die Abgabe konstanter Leistung durch die Gleichstrom-Kompoundmaschine

Autor(en): **Kummer, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89/90 (1927)**

Heft 14

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41774>

## **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.

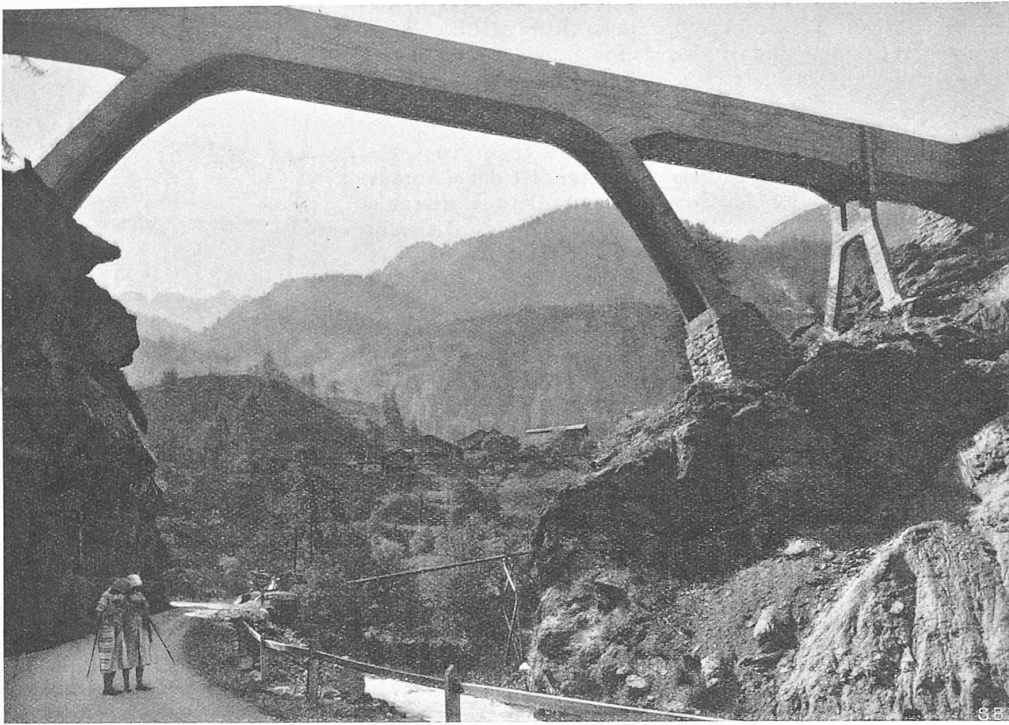


Abb. 9. Aquädukt über die Eau-Noire bei Châtelard, für das Kraftwerk Vernayaz der SBB. Entwurf Ingenieurbureau Maillart & Cie., Ausführung Prader & Cie., Zürich.

ausgeführte Dichtung in Goudron, insbesondere an den Stellen der Dilatationsfugen, die sich sehr gut bewährt hat (Abbildung 13, nebenan).

Der Aquädukt über die Eau-Noire ist ein Bauwerk, das technisch-wirtschaftliches Denken und künstlerisches Gestalten des Ingenieurs verkörpert; unverkennbar ist seine Verwandtschaft mit dem Konstruktionsgedanken, der der von Maillart & Cie. schon 1904 entworfenen und ausgeführten Rheinbrücke bei Tavanasa<sup>1)</sup> zugrunde lag.

\*

Anmerkung der Redaktion. Seit Inbetriebsetzung des Aquädukts über die „Eau-Noire“ ist zum Transport von Baumaterial ein Rollbahngleise darüber gelegt worden. Es ist nun der Wunsch erwacht, auch Einzellasten bis zu 10 t über dieses Geleise führen zu können, was nach

<sup>1)</sup> Vergleiche die Beschreibung in „S. B. Z.“ Band 63, Seite 343 (13. Juni 1914). Red.

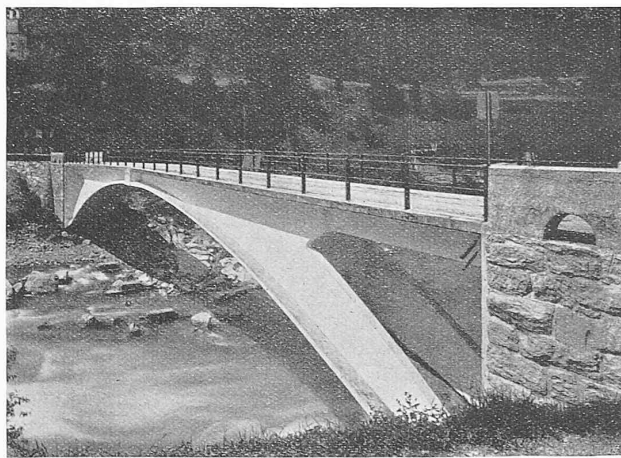


Abb. 14. Strassenbrücke über den Rhein bei Tavanasa, Graubünden. Dreigelenkbogen von 51 m Stützweite, mit kastenförmigem Aufbau, gebildet aus zwei Längswänden mit der darüber gelegten Fahrbahntafel. Entworfen und erbaut 1904/05 durch Maillart & Cie.

rechnerischer Prüfung zulässig erscheint; immerhin wollen die Organe der S. B. B. dem Entschiede vorgängig das Objekt durch entsprechende Belastungs-Versuche mit Messungen über sein elastisches Verhalten untersuchen. Wir hoffen, zu gegebener Zeit auch über diese Messungen berichten zu können.

Obiges war bereits gesetzt, als wir in Erfahrung bringen konnten, dass anlässlich des Katastrophen-Hochwassers am letzten Sonntag im Bündner Oberland bei Tavanasa eine gewaltige Rufe niedergegangen ist, wobei ein grosser Felsblock auf das eine Widerlager der von Prof. Dr. Ros erwähnten Brücke (Abb. 14) stürzte. Dadurch sei die Brücke von dem Widerlager abgedrückt und dann durch die Wassermassen des hochgehenden Rheins

„auf das andere Ufer geschwemmt“ worden. Es dürfte nun ausserordentlich interessant sein, aus dem Zustand des derart abnormal beanspruchten Bauwerks das Verhalten seiner monolithischen Konstruktion beurteilen zu können, worüber wir auf Grund einer Besichtigung der Brückentrümmer sobald wie möglich berichten wollen.

### Die Abgabe konstanter Leistung durch die Gleichstrom-Kompoundmaschine.

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

Die erfolgreiche Entwicklung der Compoundierung der Asynchronmaschinen für den elektromotorischen Antrieb und für die Netzkupplung, über die wir kürzlich in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> berichteten, veranlassen uns zum Hinweis darauf, dass auch die in üblicher Weise compoundierte Gleichstrommaschine ähnliche Aufgaben, insbesondere auch eine, in den durch praktische Verhältnisse gegebenen Grenzen wünschenswerte Abgabe konstanter Leistung, einigermassen zu verwirklichen vermag. Wir denken dabei in erster Linie an die Kupplung eines Gleichstrombahnnetzes mit einem Drehstromnetze mittels eines Umformers, bestehend aus einer Gleichstrom-Kompoundmaschine und einer Drehstrom-Synchronmaschine, wobei unabhängig von den Spannungsschwankungen auf der Gleichstromseite die durch den Umformer übertragene Leistung konstant, bezw. unbeeinflusst von der Drehzahlschwankung bleiben solle.

Die für die vorliegende Untersuchung massgebende mechanische Charakteristik der compoundierten Gleichstrom-Maschine haben wir vor sechs Jahren in dieser Zeitschrift im Hinblick auf die modernen Bestrebungen der Nutzbremung auf Gleichstrombahnen mitgeteilt.<sup>2)</sup> Für die geradlinig magnetisierende und, abgesehen von den Stromwärmeverlusten, verlustlose Maschine gilt danach hinsichtlich dieser Charakteristik die Formel:

$$D [\omega (\eta_n - a) \pm \omega_n (1 - \eta_n)]^2 = \frac{D_n \omega_n}{\eta_n} (m \omega_n - \omega a) [m (\eta_n - a) \pm a (1 - \eta_n)]$$

wobei  $D$  und  $\omega$  die variablen Werte des Drehmoments und

<sup>1)</sup> Vergleiche Seite 41 dieses Bandes (23. Juli 1927).

<sup>2)</sup> Vergl. Band 77, Seite 141 (26. März 1921).

*\*Kaisersbach 1911; 1938 umgebaut mit Kupferblech-Federung (Plan SBB Nr. 11485, 25. XI. 38, O.J.E)*

der Winkelgeschwindigkeit,  $D_n$  und  $\omega_n$  die bezüglichen Werte bei Normallast,  $\eta_n$  den zugehörigen Wirkungsgrad,  $m$  den Parameter einer Spannungsregelung, und  $a$  den benutzten Parameter der Kompoundierung bedeuten; es ist  $a$  definiert durch:

$$a = \frac{\omega_n}{\omega_0}$$

wobei  $\omega_0$  die Winkelgeschwindigkeit im Leerlauf, bezw. bei Stromlosigkeit im Hauptstromkreis bedeutet. Bei völliger Verlustlosigkeit, mit  $\eta_n = 1$ , lautet die Gleichung der Charakteristik:

$$D \omega^2 = D_n \omega_n m^2 \frac{\omega_n - a \omega}{1 - a}$$

Da im Bahnbetriebe nur grössere Spannungsunterschiede, wie z. B. bei Serieparallelschaltungen, wo  $m = 1, = 1/2, = 1/4$  ist, Bedeutung haben, solche Schaltungswechsel bei der Nutzbremung jedoch nicht vorkommen, diskutierten wir die Gleichung in der erwähnten und in einer späteren, 1924 in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeit<sup>1)</sup> ausschliesslich für  $m = 1$ , also in der Form:

$$D \omega^2 = D_n \omega_n \frac{\omega_n - a \omega}{1 - a}$$

wobei aber versehentlich der zu  $+ 1$  gemachte Faktor  $m^2$  als solcher in den Formeln stehen blieb.<sup>2)</sup>

Für die uns heute interessierende Anwendung von Kompoundmaschinen ist normal auch mit  $m = 1$  zu rechnen; Spannungsschwankungen im Betrieb, im Ausmass von etwa:

$$0,92 < m < 1,07$$

veranlassen jedoch die Benutzung der vollständigen Formel:

$$D \omega^2 = D_n \omega_n m^2 \frac{\omega_n - a \omega}{1 - a}$$

Ersetzt man  $a$  durch seinen Wert  $\omega_n/\omega_0$  und berücksichtigt man, dass für  $a > 1$ , d. h. bei Kompoundierungen, bei denen die Stromstärke  $J_c$  der, die Kompoundierung bewirkenden Sondererregung der Stromstärke  $J$  im Hauptstromkreis, bezw.  $J_n$  bei Normlast, entgegenwirkt, bei  $m = 1$  die Beziehung:

$$\frac{\omega_n}{\omega_n - \omega_0} = \frac{J_c}{J_n}$$

gilt, so erhält man für die Charakteristik die Gleichung:

$$D \omega^2 = D_n \omega_n m \frac{J_c}{J_n} (\omega - \omega_0 m);$$

diese haben wir für  $m = 1$  in der Arbeit von 1924 für die Verhältnisswerte  $J_c/J_n = 2,0, = 1,8, = 1,6, = 1,4$ , bei  $D_n = 450 \text{ mkg}$  und bei  $\omega_n = 60 \text{ sek}^{-1}$ , durch Kurven veranschaulicht, die wir hier, in obenstehender Abbildung, nochmals vorführen.<sup>3)</sup>

Da nun eine konstante Leistung nur durch eine Charakteristik von der Gleichung:

$$D \omega = \text{Konstante}$$

verwirklicht wird, führen wir unsere Gleichung über in die Form:

$$D \omega = D_n \omega_n m \frac{J_c}{J_n} \frac{\omega - \omega_0 m}{\omega}$$

wobei der Bruch:

$$\frac{\omega - \omega_0 m}{\omega} = 1 - \frac{\omega_0}{\omega} m$$

zu diskutieren ist. Für die in Betracht gezogene Gegenkompoundierung ist stets:

$$\omega_0 < \omega.$$

Im Bereich solcher Werte  $\omega$ , die genügend hoch über dem besondern, für  $D_{\max}$  der betreffenden Charakteristik gültigen  $\omega$  liegen, kann neben  $1$  näherungsweise:

$$\frac{\omega_0}{\omega} m = \sim 0$$

<sup>1)</sup> Vergl. Band 83, Seite 275 (14. Juni 1924).

<sup>2)</sup> Auf Spalte 2, Seite 141 in Band 77, sowie auf Seite 275 und 276 von Band 83, wo der Leser den Faktor  $m^2$  jeweils streichen möge.

<sup>3)</sup> Band 83, Seite 276 (14. Juni 1924).

gelten, womit das bezügliche Kurvenstück durch eine annähernd konstante Leistung vom Betrag:

$$D_n \omega_n m \frac{J_c}{J_n}$$

gekennzeichnet ist;  $m =$  konstant ist dabei vorausgesetzt. Bei unkonstantem  $m$  schwankt die Leistung im betrachteten Kurvenstück im gleichen Verhältnis wie  $m$ ; jedoch ist diese Schwankung nicht etwa die Folge der mechanischen Charakteristik, bezw. des Drehzahl-Verhaltens der Maschine.

Dabei ergibt sich das bemerkenswerte Resultat, dass Charakteristiken der Gleichstrom-Kompoundmaschinen, nach Art der nebenan veranschaulichten, nunmehr auch für höhere  $\omega$ , als für solche, die dem jeweiligen  $D_{\max}$  entsprechen, zur Bedeutung gelangen können; für die Nutzbremung auf Gleichstrombahnen kommt dagegen nur der, unter den  $\omega$  für  $D_{\max}$  liegende Kurventeil in Frage, wie aus unsern, hier aufgeführten Aufsätzen von 1921 und 1924 ersichtlich ist.

Zur allfälligen praktischen Verwendung des hier zunächst nur grundsätzlich in Betracht gezogenen Kurventeils mit Werten  $\omega$  über denen für  $D_{\max}$  ist zu bemerken, dass es sich dabei um schwächere Grade der Magnetisierung im Eisenpfad handelt, derart, dass die Stabilität des Zustandes im Zweifel sein kann; deshalb würde man zur Stabilisierung einen, sukzessive in seinen einzelnen Teilen zur magnetischen Sättigung gelangenden Eisenpfad verwenden müssen. Die Ingangsetzung dürfte ohne Schwierigkeiten erfolgen können, wenn man den Leerlauf mit demjenigen  $\omega_0$  beginnt, das gleich dem mittlern gewünschten Betriebswerte  $\omega'$  ist, und wobei man dann mit  $a = \omega'/\omega_0 = 1$  die Einstellung vornimmt.

### Zum Rücktritt von Prof. Dr. M. Grossmann von der E. T. H.

Mit dem gestrigen Tage ist Prof. Dr. Marcel Grossmann nach 20-jähriger erfolgreicher Tätigkeit aus dem Lehrkörper der E. T. H. geschieden. Wir könnten seine Verdienste nicht besser würdigen als durch die Wiedergabe der Adresse, die ihm seine Kollegen zu diesem Anlass überreicht haben:

„Die Dozenten der Eidgen. Technischen Hochschule, in erster Linie die Dozenten derjenigen Abteilungen, denen ihre eigene Lehrtätigkeit zugute gekommen ist, haben sich vereinigt, Ihnen ihre grosse Dankbarkeit auszudrücken für die vorbildliche und ausserordentlich fruchtbare Arbeit, die Sie als Lehrer unter uns geleistet haben, in harmonischer Anpassung an die beherrschenden Ausbildungsziele der einzelnen Abteilungen und an die sachlichen Forderungen des Lehrgebietes, das Sie vertraten. Wir sind gewiss, dass die grosse Zahl Ihrer ehemaligen Schüler, die jetzt auf verschiedenen Gebieten nutzen, was sie von Ihnen empfangen, in unsern Dank einstimmen. In dem Schmerz, mit dem wir Sie aus unserem Kollegium scheiden sehen, ist dies ein Trost, dass wir nur von dem Mit-Lehrer, nicht von dem Mit-Gelehrten Abschied zu nehmen haben.

Die Unumgänglichkeit der darstellenden Geometrie für den Techniker im weitesten Sinne, den zweckvoll bauenden Menschen hat Schiller durch die kurze Sentenz begründet: Leicht beieinander wohnen die Gedanken, doch hart im Raume stossen sich die Sachen. Der Raum ist das Medium, in dem die konstruktiven Ideen durch kluge Nutzung der vorhandenen Stoffe und der gesetzmässig wirkenden Naturkräfte Gestalt gewinnen müssen; und mehr Platz, als seine drei Dimensionen gewähren, ist in der Wirklichkeit nun einmal nicht da. Als Sie Ihr Lehramt antraten, seufzten die Polytechniker unter dem Joch dieser Notwendigkeit wie unter einem

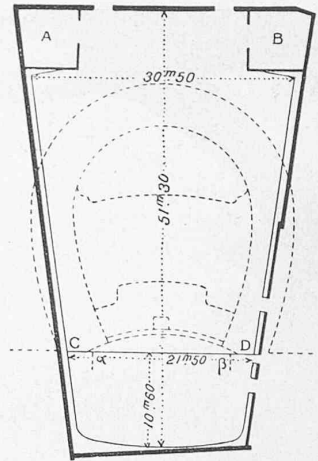
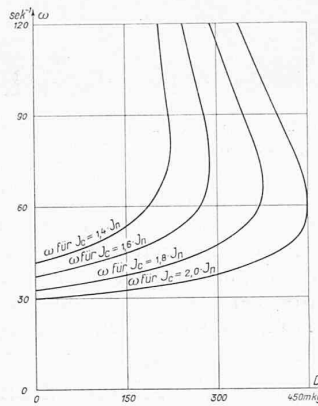


Abb. 1. Die Salle Pleyel in Paris. Grundriss. — Masstab 1 : 800. A B Treppen und Aufzüge, C D Rampe. ( $\alpha \beta$  Bühnenöffnung der Grossen Oper.)



Charakteristiken, die zwischen  $\omega = 30$  bis  $60$  für die Nutzbremung, zwischen  $\omega = 80$  bis  $120$  zur Abgabe ungefährr konstanter Leistung dienen können.