

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79/80 (1922)
Heft: 20

Artikel: Ueber die Verwendung stehender Stirnräder-Getriebe im Wasserturbinenbau
Autor: Treiber, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38175>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.02.2026

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

Die Raumgrössen betragen: Wohnstube und Elternschlafzimmer je 20 m^2 , übrige Zimmer 11 bis 17 m^2 , Küche 11 m^2 . Die Grundrissdisposition zeigt einen auch anderwärts in ähnlicher Weise gelösten und bewährten Typ. Die Fassaden haben ausgesprochen städtischen Charakter. Die Proportion der grossen, durch Verdachungen betonten Erdgeschossfenster zu den kleinen Fenstern des Obergeschosses gibt den Häusern etwas Vornehmes; die relativ schmalen Fenstereinheiten lassen die Bauten gross erscheinen und der fortlaufende Rhythmus der Maueröffnungen zeigt die Häusergruppen als Einheiten. Mit den engobierten Muldenziegeln ist ein gutwirkendes, kräftiges und dennoch billiges Dach geschaffen.

Die Baukosten des umbauten Raumes ergeben nach den Normen des S. I. A. 70 Fr./ m^3 (Bauzeit: Nov. 1920 bis Okt. 1921), was freilich nur etwa $\frac{2}{3}$ der Gesamtkosten pro Haus ausmacht, da die städtischen Werkleitungen, die Umgebungsarbeiten, Bauzinsen u. dergl. mehr ja stets nicht unwe sentliche Mehrkosten verursachen.

Zum Schlusse sei noch auf die Malereien an den Fassaden hingewiesen, die Otto Lüssi in Zürich schuf. Er ging als Erster aus einem Wettbewerb hervor, den die Künstlervereinigung Zürich anregte und dank der Gabe eines kunstbegeisterten Mitgliedes der Standschützengesellschaft durchführen konnte. Dieses Streben nach Zusammenarbeit mit der Architektur ist erfreulich, schade nur, dass unser Klima allen diesen Versuchen einen so zähen Widerstand entgegenseztet.

(Forts. folgt.)

Ueber die Verwendung stehender Stirnräder-Getriebe im Wasserturbinenbau.

Von Obering. E. Treiber, Karlsruhe.

Die Verwendung der bisher üblichen Uebersetzungsgetriebe zwischen langsamlaufenden Niederdruck-Wasserturbinen und den Stromerzeugern, deren Drehzahl man mit Rücksicht auf Verminderung der Anlagekosten möglichst hoch zu setzen trachtet, findet ihre Grenzen mit zu-

damit ihre Uebertragungsfähigkeit bisher durch die Ausmasse der Werkzeugmaschinen und andere Herstellungs schwierigkeiten beschränkt ist, findet man häufig die Anordnung zweier (oder mehrerer) über Citroën-Getriebe auf einen Generator arbeitender Turbinen.



Abb. 5. Ostfront (Strassenseite) des östlichen Baublocks.

Bei Turbinenanlagen mit wagrechten Achsen trachtet man zunächst darnach, durch Unterteilung der Wassermenge auf zwei oder vier (kaum mehr auf sechs) Laufräder eine möglichst annehmbare Drehzahl des unmittelbar gekuppelten Stromerzeugers zu erreichen; man ist aber bei der liegenden Turbine an sich schon wegen der ungünstigen hydraulischen Verhältnisse im Doppelkrümmer und im langen betonierte Auslauf hinsichtlich der Wirkungs grade etwas im Nachteil und veranlasst, mit der Verwendung starker Schnellläuferräder vorsichtig zu sein. Dies und der teure und wenig übersichtliche Aufbau mehrfacher

Turbinen mit wagrechter Welle haben die Bevorzugung der denkbar am einfachsten aufgebauten stehenden Einradturbinen mit unmittelbar aufgesetztem Schirmgenerator bei verschiedener Anordnung des Spurlagers und Generatorunterbaues sehr begünstigt [vergl. die Anlagen Olten-Gösgen, Mühlberg, Eglisau, Seros¹⁾,

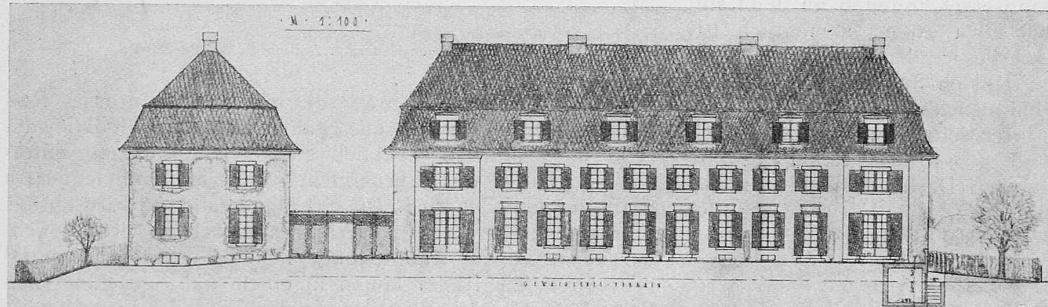


Abb. 6. Einfamilienhäuser Rehalp in Zürich. — Westfront (Gartenseite) des östlichen Blocks. — Masstab 1:400.

nehmender Leistung der Maschinen einheiten, mit den Forderungen nach hohen Uebersetzungsgraden vom Langsam ins Schnelle und mit wachsenden Ansprüchen hinsichtlich des Gütegrades der Uebersetzung, der Betriebssicherheit und Lebensdauer der Uebertragungsmittel. Von diesen Gesichtspunkten aus sucht man Ersatz für die sehr verbreiteten Kegelrädergetriebe mit Holz-Eisen-Verzahnung in den mit Winkelverzahnung versehenen Citroën-Getrieben, die aus hochwertigen Stahl materialien mit hoher Genauigkeit hergestellt werden und unter reichlicher Schmierung der Eingriffsstelle in einem Gehäuse laufend, in bereits mehreren Fällen ganz zufrieden stellen, d. h. ruhig und unter geringster Abnutzung der Zahnflanken, also jedenfalls auch mit sehr guten Wirkungsgraden arbeiten. Da auch die Grösse dieser Räder und

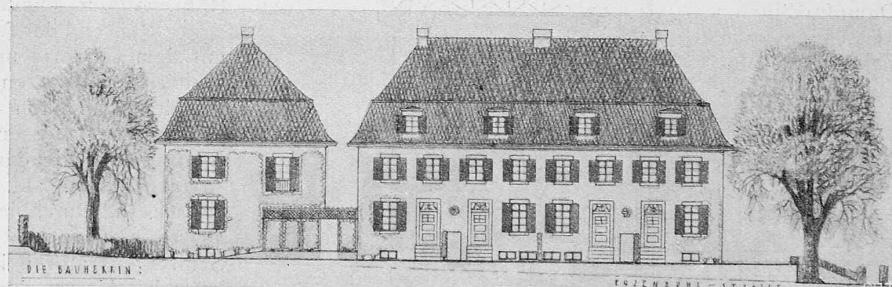


Abb. 7. Einfamilienhäuser Rehalp. — Nordansicht (Strassenseite) des Nord-Blocks. — Masstab 1:400.

Aufkirchen und Eiting, der „Mittlern Isar“ usw.]. Hierbei ist den sehr weitgetriebenen Schnellläufer-Typen ein weites Feld gesteckt, namentlich wenn mit Hilfe der neuartigen

¹⁾ Betr. Olten-Gösgen siehe Bd. LXXV, S. 249 u. ff. (5. Juni 1920); betr. Mühlberg und Eglisau Bd. LXXIV, S. 299 u. ff. (20. Dezember 1919); betr. Seros Bd. LXX, S. 243 u. ff. (24. Mai 1917). Red.

Saugrohrformen (z. B. beim neuesten Niagarakraftwerk, vergl. Bd. LXXVIII, S. 60, 30. Juli 1921, Red.) ein nennenswerter Teil des Austrittverlustes am Laufrad zurückgewonnen werden kann.

Ehe die Kaplan-turbine mit im Betrieb beweglichen Laufradflügeln, die ja dieser bahnbrechenden Neuerung zu vollem Erfolg verhelfen sollen, konstruktiv so durchgebildet ist, dass sie als durchaus betriebsichere Maschine

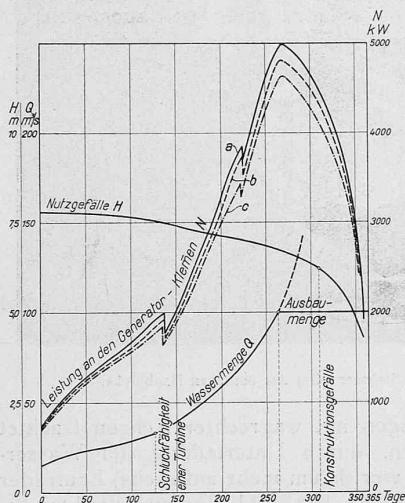


Abb. 2. Charakteristik verschiedener Antriebe.
a) stehende Einradturbine mit Zahnradgetriebe,
b) " " direkt gekuppeltem Generator.
c) liegende Zwillingsturbine mit direkt gekuppeltem Generator.

Type für die Maschineneinheiten grosser Leistung neuzeitlicher Nieder- und Mitteldruckanlagen bleiben, wobei jedoch auf die Gefahr von Korrosionserscheinungen an den Laufschaufeln bei Gefällen über etwa 20 m, namentlich bei hohen Sauggefällen, hingewiesen werden muss.

Die ganz erheblichen Kosten für die Generatoren grosser Leistung und verhältnismässig geringer Drehzahl solcher Anlagen, der durch ihren schweren Unterbau, durch grossen Gruppenabstand und grosse Maschinenhausbreite und damit grosse Laufkran- und Dachstuhlspannweite bedingte Bauaufwand führten dazu, die Verwendung der hochwertigen Stirnrädergetriebe, wie solche mit wagrechter Welle vor allem im Schiffbau zum Antrieb langsamlaufender Schiffsschrauben durch Dampfturbinen, zum Antrieb von Gleichstrom-Maschinen, Ventila-

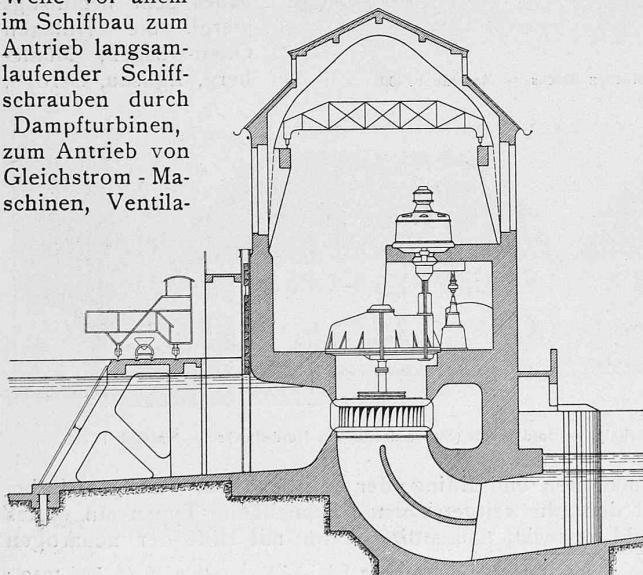


Abb. 1. Allgemeine Anordnung der Stirnräder-Uebersetzung. — 1:300.

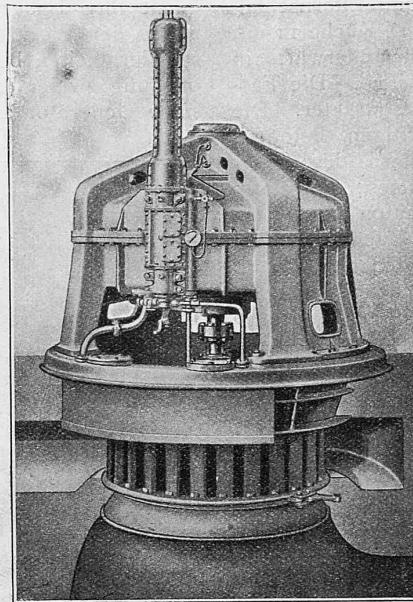


Abb. 3. Stirnrädergetriebe 1:14,6 für 200 PS.

angesprochen werden kann, wird der Francis-Schnellläufertyp mit einer derzeit höchsten spezifischen Drehzahl von etwa 450 bis 500, in Form der stehenden Einradturbine, der am meisten bevorzugt

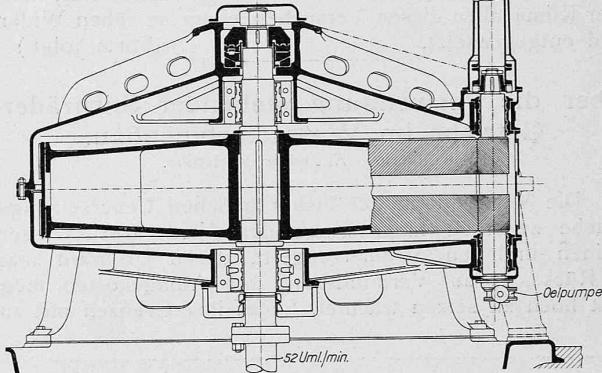


Abb. 4. Turbinen-Generator-Antrieb 1:14,4 für 550 PS.

mässig feingeteilte Stirnrädergetriebe, deren grosses Rad bzw. dessen Radkranz aus Stahlguss hergestellt ist, während das natürlich erheblich stärkerer Abnutzung unterworfen Ritzel aus Chromnickel- oder anderem legiertem Stahl geschmiedet wird. Die Schrägverzahnung wird mittels schräg gestellter Schneckenfräser mit höchster Genauigkeit, vor allem in der Zahnteilung, aus dem vollen Material gearbeitet; die Räder laufen in einem ganz geschlossenen Räderkasten und werden unmittelbar vor der Eingriffsstelle durch eine Reihe unter Druck ausströmender Oelstrahlen sehr wirksam gekühlt und geschmiert; das Oel wird durch Röhrenkühler geleitet und in Filtern gereinigt.

Während der Aufbau des liegenden Stirnrädergetriebes mit dem Gehäuse und der Lagerung zu einem in sich geschlossenen Ganzen keinerlei Schwierigkeiten bietet, ist bei den stehenden Getrieben, deren Kasten ausser dem Gewicht des grossen Rades mit Welle auch das Turbinen-Laufrad und die darauf entfallende hydraulische Belastung zu tragen hat, auf eine sehr steife Ausbildung des Gehäuses, die Durchbiegungen, Schwingungen usw. möglichst ausschliesst, zu achten. Die Bauart der Gehäuse grosser Schirmgeneratoren kann hierbei zum Vorbild dienen.

Die Verwendung der stehenden Stirnrädergetriebe in Verbindung mit Einradturbine und raschlaufendem Schirmgenerator bietet in jeder Hinsicht bemerkenswerte Vorteile: Durch den unmittelbaren Aufbau des Rädergetriebes über der Turbine, die mit zugänglicher Aussenregulierung, Spiral-einlauf und günstigstem Saugrohr versehen werden kann, und durch Anordnung des nachgiebig mit der Ritzelwelle gekuppelten Stromerzeugers auf einer Bühne mit seitlich des Räderkastens bis auf die Turbinenkammerwände ab-

toren, Gebläsen usw. seit einer Reihe von Jahren mit bestem Erfolg verwendet werden, auch für die umgekehrte Uebersetzung zwischen langsamlaufenden Wasserturbinen und raschlaufenden Stromerzeugern zunächst mit wagrechten Wellen, neuerdings aber auch solcher mit senkrechten Achsen ernsthaft in Erwägung zu ziehen. Es handelt sich in beiden Fällen um pfeilverzahnte, verhältnis-

gestützten Tragpfeilern in Eisen- oder Eisenbetonkonstruktion entsteht ein *neuartiger Krafthauystyp* von besonderer *Uebersichtlichkeit*, der über der Turbinenkammer als Unterbau aufgebaut, ein Mindestmass von Raum beansprucht (Abbildung 1). Bei normalen Ausmassen der elektrischen Anlagen zur Spannungserhöhung und -Verteilung können die jedem Generator zugeordneten Transformatoren unmittelbar unter diesem in einer durch die Bühne und zwei benachbarte Stützpfeiler gebildeten Zelle, in ähnlicher Weise auch Oelschalter usw. in nächster Nähe der betreffenden Maschine angeordnet werden. Die Maschinenschalttafeln finden auf der Bühne selbst Platz. Bei dermassen gedrängter Anordnung gelingt es mit weniger als der Hälfte des sonst erforderlichen Raumauwandes für Kraft- und normales Schaltwerk der bisher üblichen Bauart mit direkt gekuppelten Generatoren und mit einem Viertel des Raumbedarfes bei Anlagen mit liegenden Zwillingsturbinen auszukommen. Der Ausbau grosser Turbinenteile gestaltet sich einfach, nachdem das ganze Rädergetriebe als Ganzes mit dem Laufkran im Zwischenraum zwischen zwei Einheiten abgestellt und damit der Turbinenschacht freigelegt ist; der Generator bleibt unberührt an seiner Stelle. Die Verwendung eines vom Getriebe abgekoppelten Generators als Synchronmotor zur Phasenverbesserung lässt sich, wie als weiterer Vorteil noch kurz erwähnt sei, bei einer solchen Anlage leicht bewerkstelligen.

Der meist zunächst zu hörende Einwand der Beeinträchtigung des Gesamtwirkungsgrades der Maschinenanlage durch die Getriebeverluste hält genauerer Untersuchung nicht Stich. Zunächst erlaubt der ohne weiteres für 1:10 bis 1:12 mögliche, bei kleinern Leistungen bis 1:15 schon ausgeführte Uebersetzungsgrad der Stirnrädergetriebe (bei Citroën-Kegelrädern höchstens 1:7) einen Turbinentyp von nicht übertrieben hoher Schnellläufigkeit, also mit einer spezifischen Drehzahl von etwa $n_s = 300$ bis 350 zu wählen, mit der sich in der günstigsten Einbauform der stehenden Einradturbine beste Wirkungsgrade bis 87% erzielen lassen; gegenüber Turbinen mit $n_s = 450$, zu welchen man bei unmittelbarer Kupplung zu greifen gedrängt wird, ist ein mehrere Prozent betragender Gewinn an Turbinenwirkungsgrad zu erzielen, durch den der laut Gewährleistung erster Firmen nur $1\frac{1}{2}$, 2 bezw. $2\frac{1}{2}\%$ betragende Räderverlust bei $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$ bezw. $\frac{1}{3}$ Belastung (nahezu konstanter Verlust) mehr als wett gemacht wird. Als reiner *Mehrgewinn* verbleibt die Verbesserung der Gesamtwirkungsgrade der raschlaufenden Generatoren gegenüber den Langsamläufern direkter Kupplung. Bei der allgemein für solche Fälle als günstigste Drehzahl erkannten von 750 in der Minute gegenüber z. B. 60 in der Minute beträgt der Unterschied zu Gunsten der ersten bei Generatoren von z. B. 2500 kVA 3,5, 4,0 bezw. 4,5% bei $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$ bezw. $\frac{1}{3}$ Last, während sich die Kosten wie 1:3,2 verhalten. Ausser dem aus einem recht ansehnlichen Mehrgewinn an kWh jedes Jahr zu erzielenden Mehrgewinn an Geld beansprucht das in mehreren Fällen nachgewiesene *geringere* Anlagekapital für die ganze Getriebeanordnung gegenüber der unmittelbaren Kupplung entsprechend geringere Verzinsungs- und Tilgungsbeiträge.

Etwaise raschere Abnutzung im Getriebe, die sich ja auf das Ritzel beschränkt, dessen Lebensdauer bei Dauerbetrieb nicht unter vier bis sechs Jahren anzusetzen ist, kann das durchaus günstige Bild nicht nennenswert beeinträchtigen.

Eingehende, sachlich durchgeföhrte Vergleichrechnungen, deren Ergebnisse für einen bestimmten Fall in Abbildung 2 zusammengefasst sind, haben dazu geföhrt, den neuen Krafthauystyp für Niederdruckanlagen bei einer

z. Zt. im Bau befindlichen Turbinen-Anlage an der Ruhr mit drei Einheiten von je 1350 PS und 60/750 Umdrehungen anzuwenden und ihn bei zahlreichen süddeutschen Kanalkraftwerken in Aussicht zu nehmen. In Abb. 3, die der „Z. V. D. I.“ entnommen ist, ist das erste von der Firma F. Schichau in Elbing aufföhrte stehende Stirnrädergetriebe wiedergegeben; es ist gebaut für eine Uebersetzung 1:14,6 und 200 PS Leistungsübertragung. Ferner zeigt Abb. 4 ein solches Getriebe für 650 PS und 52/750 Uml/min.

Die unbestreitbaren Vorzüge der beschriebenen Getriebeanordnung müssen den nicht ängstlich am Ueberliefertern hängenden Ingenieur veranlassen, ihre Verwendung bei Niederdruckanlagen, auch solchen mit grossen Einheiten, ernstlich in Erwägung zu ziehen.

Karlsruhe, im Juni 1922.

Nekrologie.

† Jacques Gros. In Meggen bei Luzern ist am 18. Oktober nach schwerem Leiden Architekt Jacques Gros gestorben. Damit ist ein Leben voller Arbeit und teilweise voll Erfolg, aber später auch mit viel Missgeschick, eine originelle Künstlernatur, ein froher Gesellschafter dahingeschieden.

Gros ist 1858 als Sohn eines Gärtnermeisters in Basel geboren, wo er die Schulen seiner Vaterstadt und das Gymnasium besuchte, um nachher in dem damals bekannten Baugeschäft R. Aichner die praktische Lehrzeit als Bautechniker zu absolvieren, gleichzeitig als talentierter Schüler die Basler

Zeichnen- und Modellierschulen besuchend. Nach verschiedenen Lehr- und Wanderjahren war er 1884 bis 1887 bei dem bekannten Baumeister Nikl. Hartmann in St. Moritz tätig, später bei der Firma Bucher & Durrer in Obwalden und kam 1890 nach Zürich, wo er sich als Architekt niederliess. Hier entfaltete er mit der Zeit eine grosse Tätigkeit und wurde insbesondere bekannt durch seine beiden Hauptwerke, Restaurant Waldhaus Dolder (1895) und das bekannte, gut in die Landschaft eingefügte Grand Hotel Dolder am Zürichberg (1897/98). Seine „Spezialität“, die ihm einen weit bekannten Namen machte, waren seine vielen originellen Chaletbauten und Landhäuser, in denen er sich als Meister der „Holzarchitektur“ zeigte. Auch die Bauten für die grosse Zürcher kantonale Gewerbe-Ausstellung von 1894 wurden nach seinen Plänen und unter seiner Leitung erstellt. Er beteiligte sich öfter an Wettbewerben, die ihm manchen Erfolg, aber auch viele Enttäuschungen brachten! In verschiedenen Fachschriften des In- und Auslandes sind von seinen Bauten Publikationen erfolgt; er veröffentlichte im eigenen Verlag zwei Werke mit seinen Entwürfen und ausgeführten Bauten, in denen seine flotte Darstellungsart zur Geltung kam. Mehrere der von ihm erstellten Bauten und Entwürfe sind auch in den früheren Jahrgängen der „Schweiz. Bauzeitung“ zu finden.

Architekt Gros war eine Zeit lang im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein und in der dortigen Kunstgesellschaft ein gern gesehenes Mitglied; manch ernster und froher Abend erinnert seine Kollegen an seine Vorträge und originellen Produktionen.

Die lange Kriegszeit hat auch ihm viele und schwere Sorgen und Kämpfe gebracht, sodass er an seinem Lebensabend schwer zu kämpfen hatte. Nun hat er ausgelitten; Friede seiner Asche.

E. V.

Miscellanea.

Grossgleichrichter für Gleichspannungen von 5000 Volt. Bei der Projektierung von Gleichstrom-Vollbahnen wurden bis jetzt gewöhnlich Fahrdrähtspannungen von 1500 bis 3000 Volt vorgesehen. Für Spannungen bis 1500 Volt konnten zur Umformung in Gleichstrom noch Einankerumformer und Grossgleichrichter benutzt werden, während für höhere Spannungen nur Motor-Generatoren in Frage kamen. Wie nun die „BBC-Mitteilungen“ berichten, wurde in letzter Zeit im Versuchslokale von Brown, Boveri & Cie. ein neuer Grossgleichrichtertyp für höhere Spannungen in Betrieb



JACQUES GROS
ARCHITEKT

Geb. 23. Sept. 1858 Gest. 18. Okt. 1922