

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103/104 (1934)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Die Entwicklung des Gross-Generatorenbaues unter besonderer Berücksichtigung der maschinentechnischen Seite  
**Autor:** Kristen, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83203>

### **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:** 22.05.2025

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



Abb. 9. Maison de l'ancien syndic Fornerod in Avenches.

## Die Entwicklung des Gross-Generatorenbaues unter besonderer Berücksichtigung der maschinentechnischen Seite.

Von Obering. J. KRISTEN, Oerlikon.<sup>1)</sup>

Entsprechend den Primärmaschinen unterscheiden wir zwischen Wasserturbinengeneratoren, Dieselgeneratoren und Turbogeneratoren.

Wasserturbinengeneratoren haben stets Rotoren mit ausgeprägten Polen und müssen normalerweise für eine 1,8 bis 3fache Durchbrenn-Tourenzahl gebaut werden. Aehnlich im Aufbau, werden die Dieselgeneratoren nur für 20% Uebertouren konstruiert; sie müssen ein hohes Schwungmoment haben. Die rapide Entwicklung im Grossgeneratorenbau ist gekennzeichnet durch die gesteigerte Ausnützung, durch hohe Leistungen pro Maschineneinheit und durch die Anwendung der elektrischen Schweissung. Die Leistungssteigerung hängt mit der Erhöhung der spezifischen Drehzahlen im Wasserturbinenbau zusammen. Die erhöhten Geschwindigkeiten fordern immer neue Polkonstruktionen. Die älteste war die Schrau-

<sup>1)</sup> Auszugsweises Autoreferat eines Vortrages im Z. I. A., vergl. Prot. auf S. 204.



Abb. 10. Von der Grand'Rue in Avenches.

Unsere Abbildungsproben sind Clichés des Verlags Orell Füssli, Zürich.

benkonstruktion; sie ist bis etwa 50 m/sec Normalumfangsgeschwindigkeit anwendbar. Aus ihr entwickelte sich die Plattenkonstruktion, die bei 500-tourigen Einheiten eine um 25% erhöhte Umfangsgeschwindigkeit zulässt. Da bei sechs- und acht-poligen Generatoren diese Konstruktion Schwierigkeiten bot, wurde die Kammkonstruktion entwickelt. Sie gestattet bis 63 m/sec und wird heute noch oft verwendet. Aus der bekannten schwalbenschwanzförmigen Polkonstruktion wurde die sog. Klauenkonstruktion geschaffen, die erlaubt, bei 500-tourigen Einheiten und entsprechendem Material Umfangsgeschwindigkeiten bis ca. 82 m/sec im Betrieb und bis zu 156 m/sec bei Durchgang der Turbine zu bewältigen.

Während früher die Nabe und das Armsystem des Rotors als ein Stück gegossen wurden, werden heute Profilleisenstücke mit einer Stahlgussnabe verschweisst oder verschraubt.

Hinsichtlich der Lagerung ist bei Vertikal-Generatoren eine gewisse Wandlung zu konstatieren. Bei den ersten Generatoren wurde das Spurlager zwischen Generator und Turbine angeordnet; das obere Führungslager konnte leicht ausgelegt werden. Später wurde das Spurlager, um seine Revision zu erleichtern, über dem Generator placiert. Diese Anordnung bedingt indessen Tragsterne riesiger Dimensionen, sodass neuere Tendenzen dahin gehen, zur alten Lösung zurückzukehren. Tragsterne haben den Vorteil gleichmässiger Lastverteilung; sie müssen für den Transport abschraubbar sein. Als erste ersetzte die Maschinenfabrik Oerlikon den Tragstern durch einen Balken, der keine Unterteilung nötig machte und sich insbesondere für Schweisskonstruktion als sehr vorteilhaft erwies.

Die horizontale Aufstellung kommt ausschliesslich für Hochdruckwerke in Frage; die vertikale sowohl für Hoch- als für Niederdruckwerke. Es scheint, dass besonders für diese bauliche und hydraulische Vorteile die erhöhten Kosten rechtfertigen. Die Verlustwärme der Generatoren wird stets durch Eigenbelüftung abgeführt; bei kleinen Einheiten wird die Luft im Maschinensaal eingesogen und ausgestossen. Bei hohen Drehzahlen wird wegen der Lärm-erzeugung die Kühlluft von aussen angesogen und bei grösseren Einheiten durch Kanäle abgeführt. Das Umlaufkühlssystem wird bei Wasserturbinengeneratoren nicht angewendet, wohl aber die Filtrierung der Kühlluft.

Die Dieselgeneratoren sind durch das benötigte hohe Schwungmoment konstruktiv gekennzeichnet; zwei Ausführungsformen, der Innen- und der Aussenpoltyp, haben sich ausgebildet. Dieser kommt seltener zur Anwendung. In der Schweiz haben diese Maschinen zur Spitzendeckung und als Schnellreserven grosse Verbreitung erlangt.

Eine besondere Klasse unter den Generatoren bilden die Turbogeneratoren. Es sind Maschinen mit höchsten Umfangsgeschwindigkeiten, meist nur zwei Pole in äusserst gedrängtem Aufbau. Zwei Umstände haben die rapide Entwicklung ermöglicht, einerseits das Aufkommen unmagnetischer Rotorwicklungskappen, andererseits die hüttenmännische Herstellung grosser, viele Tonnen schwerer Stahlkörper für die Rotoren in fehlerfreier Ausführung und mit den nötigen Festigkeitsziffern. Anfänglich war die Vergütung nicht gleichmässig; Lunkerbildungen haben sogar zu schweren Explosionen geführt. Es mussten daher Kontrollmethoden entwickelt werden, solche fehlerhafte Stücke auszuschneiden. Nunmehr ist es den Stahlwerken gelungen, dieser Uebel Herr zu werden.

Die Maschinenfabrik Oerlikon hat seit 18 Jahren einen andern Weg eingeschlagen. Sie verwendet unvergütete Rotorkörper, die fast keine Eigenspannungen besitzen; zur Herabsetzung der Beanspruchungen wird statt einer Kupfer- eine Aluminiumwicklung verwendet. Da infolgedessen erhöhte Wicklungsverluste abzuführen waren, wurden diese Entwurfsgrundlagen stark umkämpft. Versuche an Probescheiben haben die hohe innere Sicherheit dieser Ueberlegungen dargetan und gleichzeitig gezeigt, dass die Messung der bleibenden Dehnungen bei Schleuderversuchen über die mechanischen Eigenschaften vollständig auflären. Die Wicklungskappen werden durch die Verwendung von Aluminium für die Rotorwicklung stark entlastet. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat als erste schon 1929 Generatoren für 3000 t und 72000 kW mit Al-Wicklung in Vorschlag gebracht.

Da die heutigen Grosseinheiten vibrationsfreien Gang verlangen, ist das dynamische Ausbalancieren eine Notwendigkeit. Ausser den durch die kritischen Tourenzahlen verursachten Vibrationen sind stets noch weitere Resonanzerscheinungen des Systems und der Fundamente in Betracht zu ziehen.

Die Zweipoligkeit der Turbogeneratoren bedingt hohe Stromdichten und magnetische Beanspruchungen, also hohe Zusatzverluste. Deren Herabsetzung ist der wichtigste Erfolg im Turbogeneratorenbau der letzten zehn Jahre. Die hohen Kurzschlusskräfte an der Statorwicklung haben zu mächtigen Verankerungskonstruktionen der Wicklungen geführt, die aber deren gleichmässige Durchlüftung nicht beeinträchtigen durften. Da die Verlustquellen auf kleinen Raum konzentriert sind, ist ein Hauptfordernis der grossen Leistungen eine gut durchgebildete, sparsame Kühlluftverwendung. Während für kleinere Leistungen die axiale Kühlung noch ausreicht, kommt für grosse Leistungen ein kombiniertes System axialer und radialer Kühlung in Frage. Die Erfolge der Verminderung der Zusatzverluste und des Kühlluftbedarfs haben den Generator-Wirkungsgrad auf Werte von 98% und darüber gesteigert. Auch im Turbogeneratorenbau ist man zur Schweisskonstruktion übergegangen.

Der Zusammenschluss der Kraftwerke zu grossen Gemeinschaftssystemen hat den Entwurf von Grossgeneratoren im letzten Jahrzehnt tief beeinflusst. Sprunghafte Belastungsänderungen, Störungen der Energieübertragung durch Erd- und Kurzschlüsse können heftige Pendelungen der Synchronmaschinen gegeneinander auslösen, sodass sie ausser Tritt fallen und die Leistungslieferung zusammenbricht. Für den Grossgeneratorenbau stellt sich die Frage, auf welche charakteristischen Eigenschaften der Synchron-Maschinen es hierbei ankommt und wie die Regelmässigkeit der Stromversorgung gesichert werden kann. Bezügliche Arbeiten verdanken wir Steinmetz in Amerika und später Rüdtenberg und Peters in Deutschland. Die folgenden Begriffe spielen eine Rolle: das Kurzschlussverhältnis, die synchronisierende Leistung der Synchron-Maschine und die Schwungleistung, resp. die Anlaufzeitkonstante des ganzen Aggregates, ferner der Ungleichförmigkeitsgrad und die Schlusszeit des Kraftreglers.

Es werden Mittel zur Verminderung der Stosspendelungen angegeben. Eine weitere Lösung dieses Problems ist nur von einer Zusammenarbeit des Elektrikers mit dem Maschinenbauer und den Kraftwerken zu erhoffen; insbesondere tut es not an Versuchen in Kraftwerken, ohne die ein wirtschaftlicher Fortschritt nicht möglich ist.

## MITTEILUNGEN.

**Vorschriften für Farbspritzanlagen.** Die starke Entwicklung der Verspritzung von Farben in vielen gewerblichen Berufen, im Baugewerbe, in grösseren Schreinereien und Möbelfabriken, Schlossereien, mechanischen Werkstätten usw. hat es mit sich gebracht, dass die SUVA in Verbindung mit den an der Unfallverhütung mitwirkenden Fachinspektoraten einen Entwurf zu einer Verordnung betreffend Einrichtung und Betrieb von Farbspritzanlagen ausgefertigt hat. Unter den allgemeinen Bestimmungen wird gesagt, dass die Verarbeitung von Farben und Lacken im Spritzverfahren im Freien oder in besonderen Räumen, die keinem andern Zweck dienen, zu erfolgen hat. Besonderer Schutz verdient der Arbeiter, der mit den Stoffen zu arbeiten hat, die verspritzt werden sollen. Deshalb ist die Verarbeitung bleihaltiger Farben oder solcher, die mit Tetrachlorkohlenstoff gelöst oder verdünnt sind, nur dann zulässig, wenn die durch Pigmentteilchen oder Lösungsmittel verunreinigte Luft restlos abgesaugt wird und auch der Arbeiter gegen Verunreinigung durch Farbe geschützt ist. Die Farbnebel sind nach Möglichkeit an der Entstehungsstelle abzusaugen. Vor allem muss durch einstellbare Oeffnungen in den Farbspritzraum genügende Frischluft eingelassen werden, und zwar soll die Luft bei kalter Witterung vorgewärmt werden. Dem Ventilator ist zur Zurückhaltung der Farbteilchen ein leicht auswechselbarer Filter vorzuschalten. Kann die restlose Erfassung der verunreinigten Luft nicht bewerkstelligt werden, sind den Arbeitern Masken mit künstlicher Luftzufuhr zur Verfügung zu stellen. Für die Verarbeitung der Farben im Spritzverfahren dürfen jugendliche Personen im Sinne des Fabrikgesetzes oder weibliche Arbeitskräfte nicht verwendet werden, falls die entstehenden Farbnebel nicht restlos abgesaugt werden können. Unter Räumen, in denen sich ständig Personen aufhalten, dürfen Farbspritzanlagen nicht eingerichtet werden; die Spritzräume dürfen

zudem nicht in unmittelbarer Verbindung mit andern Arbeitsräumen stehen. Ausnahmen sind zulässig, wenn die Gewissheit besteht, dass die Verbindung nicht dazu benutzt wird, um im Bedarfsfall im angrenzenden Raum ebenfalls zu spritzen. Alle Türen, die ein Spritzlokal als Ein- oder Ausgang hat, müssen sich nach auswärts öffnen. Der Fussboden soll glatt und fugenfrei sein, ein fugenloser Asphalt- oder Isolierbelag ist daher einem Holzboden auf alle Fälle vorzuziehen. Wände und Decke müssen zur Ermöglichung einer häufigen Reinigung ebenfalls eine glatte Oberfläche aufweisen. Alle elektrischen Installationen sind explosionsssicher zu erstellen. Auch die Konstruktion der Ventilatoren darf nicht zu Funkenbildungen Anlass geben; die Ventilationsanlagen sind an Erde zu legen. Die Aufstellung eines Kompressors im Spritzraum ist nur dann zulässig, wenn der Antrieb unmittelbar durch einen Motor, der jede Explosionsgefahr ausschliesst, erfolgt. Riemenantrieb ist nicht zulässig. Es ist dafür zu sorgen, dass der Kompressor nur reine Luft ansaugen kann. Eine Ofenheizung in einem Spritzraum ist nicht gestattet, dagegen kann Warmluftheizung in Frage stehen, wenn die Abluft ins Freie geleitet wird. Die abgesaugten Gase und Dämpfe sind bei ihrer Ausmündung gegen Entzündung zu sichern und müssen so austreten, dass ihnen die Wiederkehr ins Lokal nicht gestattet wird. Zum Abkratzen der Farbe an den Böden, Wänden usw. dürfen keine Instrumente aus Eisen zur Verwendung kommen. — Für die Inbetriebnahme einer Farbspritzanlage ist eine Bewilligung der Kantonsregierung notwendig. F. K.-M.

**Die Antriebsleistung von Backen-Steinbrechern.** (Vergl. S. 47 von Bd. 102, 22. Juli 1933). Wird die Leistung von Grossbrechern einfach aus der Produktionsintensität (etwa nach der Erfahrungszahl von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{3}$  t/h pro PS) bemessen, so gelingt ihr Anlauf wegen der Massenwiderstände und der Reibung der Ruhe nicht unbedingt. Nähere Einsicht in diese Verhältnisse verdankt man einer Forschungsarbeit von A. Bonwetsch (siehe S. 274 von Bd. 102, vom 25. Nov. 1933, unter „Literatur“), deren Hauptergebnisse in der „VDI-Zeitschrift“ vom 24. Februar 1934 zu finden sind. Messungen in verschiedenen ortsfesten und Baubetrieben ergaben für Grossbrecher im Mittel etwa Proportionalität zwischen der erforderlichen Anlaufleistung und dem Maulquerschnitt; ein Brechmaul von 6000 cm<sup>2</sup> erfordert eine Anlaufleistung von rd. 50 kW. Für Feinbrecher muss mit bis doppelt so hohen Werten gerechnet werden. Bei dieser Leistungsbemessung wird der Antriebsmotor allerdings im Dauerbetrieb nicht voll ausgenützt. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit empfiehlt sich bei Grossbrechern deshalb eine Unterteilung des Antriebs in zwei Motoren, deren Leistungen sich zweckmässig wie 1 : 2 verhalten sollen; zum Anlauf werden sie als Elektromotoren mechanisch und elektrisch gekuppelt, während im stationären Betriebe der kleinere Motor allein die Arbeit übernehmen kann. Zur Herbeiführung einer passenden Anlaufstellung werden unter Umständen Andrehgeräte, insbesondere Klinkmechanismen nötig. Die Untersuchung der im Getriebe auftretenden Kräfte erlaubte auch die Beurteilung der üblichen Ueberlast-Sicherungen, wobei die zumeist als Bruchsicherung dienenden Knickebelplatten als nicht genügend zuverlässig erkannt wurden. Die grossen Eigenreibungsverluste der Brecher machen eine Verbesserung der Lager wünschenswert, wobei die auch für schwerste Betriebe einwandfrei herstellbaren Wälzlager empfehlenswert erscheinen.

**Luftheizanlage für Eisenbahnwagen.** Auf Anregung der S.B.B. hat die A.-G. Brown, Boveri & Cie. einen Versuch mit einem neuen Heizsystem gemacht, das für Eisenbahnwagen im internationalen Verkehr beliebig für 1000, 1500 und 3000 V Gleich- oder Wechselspannung brauchbar ist und eine unterschiedliche Temperatureinstellung in jedem Wagenabteil erlaubt. Wie der Beschreibung durch W. Lüthi in den „Brown Boveri-Mitteilungen“ vom März 1934 zu entnehmen ist, handelt es sich um eine Luftheizanlage, die versuchsweise in zwei vierachsige S.B.B.-Personenwagen erster und zweiter Klasse eingebaut wurde. Unter dem Wagenboden ist ein Heizwiderstand nebst einem Ventilator angeordnet; der Ventilator saugt die den Heizwiderstand durchstreichende Frischluft an und fördert sie durch Kanäle nach den einzelnen Wagenabteilen. Der Ventilatormotor — ein Kollektormotor — wird im Heizbetrieb an der Erdseite des Heizwiderstandes an eine genügend niedrige Teilspannung angeschlossen. In der warmen Jahreszeit ist die Einrichtung als reine Ventilationsanlage mit Frischluft-Förderung brauchbar, wobei der Ventilatormotor von der Beleuchtungsbatterie des Wagens gespeist wird. Für die in die Wagenabteile eindringen-