

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 44 (1953)

**Heft:** 3

**Artikel:** Erfahrungen mit Statorwicklungen von Hochspannungsgeneratoren im Kraftwerk Bannwil der Bernischen Kraftwerke A.-G.

**Autor:** Frey, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059913>

#### **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:** 17.02.2026

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

bei denen der Fig. 14. Das in der Fig. 15 mit *a* bezeichnete Oszillogramm veranschaulicht die Schutzwirkung des Ableiters, das mit *b* bezeichnete jene der Stabfunkentrecken. Wie beim Begrenzen der Wanderwellen, erfolgt auch hier beim Ableiter ein verhältnismässig langsames Absinken der Spannung, während an den Stabfunkentrecken ein steiler Spannungszusammenbruch erfolgt, durch den die Eingangswindungen und -spulen sehr hohen dielektrischen Beanspruchungen unterworfen werden. Man kann daraus entnehmen, dass auch beim Auftreten von Überspannungen in Form von elektromagnetischen Schwingungen die Überspannungsableiter eine bessere Schutzwirkung für die Transformatoren gewähren als die Stabfunkentrecken.

#### 4. Schlussfolgerungen

Für Wanderwellen mit steiler Front sind die Ansprechspannungen der untersuchten Ableiter bedeutend kleiner als die der Stabfunkentrecken. Es zeigen sich erhebliche Unterschiede im Verhalten von zwei untersuchten Ableitertypen, indem die neuere Bauart eine wesentlich kleinere Abhängigkeit der Ansprechspannung von der Frontsteilheit der auftreffenden Stosswelle aufweist.

Beim Ansprechen der Stabfunkentrecken werden die Eingangswindungen und -spulen durch die sehr steile Entladewelle dielektrisch ausserordentlich stark beansprucht, wobei die Beanspruchung wesentlich grösser ist als beim Spannungsanstieg. Demgegenüber bewirken die Überspannungsableiter ein verhältnismässig langsames Absinken der Spannung und verursachen daher in der Transformatorenwicklung keine zusätzlichen Beanspruchungen. Die gemachten Untersuchungen zeigen also, dass die Überspannungsableiter in Parallelschaltung mit Transformatoren für diese einen bedeutend besseren Schutz gewähren als Stabfunkentrecken.

#### Literatur

- [1] Strigel, R.: Elektrische Stossfestigkeit. Berlin, Springer 1939; S. 18, 19, 239...247.
- [2] Aeschlimann, H.: Recherches concernant la coordination de l'isolation dans les installations à haute tension. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1948, t. III, rapport n° 405, p. 1...13.
- [3] Lewis, W. W.: The protection of transmission systems against lightning. New York, Wiley 1950; p. 274, 322...325.
- [4] Amster, J. und L. Regez: Beeinflussung der Ansprechspannung von Überspannungsableitern moderner Bauart durch Berechnung und Verschmutzung. Bull. SEV Ed. 43 (1952), Nr. 8, S. 311...316.

#### Adresse der Autoren:

Dr. H. Aeschlimann, Ingenieur, Sécheron S. A., Genève.  
Dr. sc. nat. J. Amster, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.

### Erfahrungen mit Statorwicklungen von Hochspannungsgeneratoren im Kraftwerk Bannwil der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Von R. Frey, Bern

621.313.322

Es wird über den Zustand von Statorwicklungen nach 40jährigen Dauerbetrieb berichtet. Es handelt sich um 2 von der Maschinenfabrik Oerlikon gelieferte Dreiphasengeneratoren von je 2300 kVA, 11 000 V, welche 1912 im Kraftwerk Bannwil in Betrieb gesetzt worden sind.

Im Jahre 1912 wurden durch einen Brandausbau im Kraftwerk Bannwil zwei von total sieben installierten Generatoren so zerstört, dass dieselben nicht mehr repariert werden konnten. Die Generatoren wiesen eine Leistung von 1700 kVA auf und eine Nennspannung von 11 000 V.

Die damalige Geschäftsleitung beschloss, die beiden defekten Generatoren zu ersetzen und gleichzeitig die Scheinleistungen zu erhöhen. Die Generatoren mit horizontaler Welle wurden für folgende Daten durch die Maschinenfabrik Oerlikon konstruiert und geliefert:

Nennleistung	2300 kVA
Nennspannung	11 000 V
Anzahl Statorspulen	120
Drehzahl	1500 U./min
Die Inbetriebsetzung erfolgte 1912.	

Das Kraftwerk Bannwil ist ein Niederdrucklaufwerk; für die Ausbauleistung wurde auf eine Wassermenge abgestellt, welche während des ganzen Jahres zur Verfügung steht. Die Maschinengruppen stehen somit in ununterbrochenem Vollastbetrieb. Eine kurzzeitige Ausserbetriebsetzung erfolgt nur zur Durchführung der nötigen Kontrollen und Revisionen.

Rapport sur l'état de l'enroulement statorique après une période de service continu de 40 ans. Il s'agit de deux générateurs triphasés, de 2300 kVA, 11 000 V, qui ont été livrés à l'usine de Bannwil par les Ateliers de Construction Oerlikon et mis en service en 1912.

An das Kraftwerk Bannwil ist ein ausgedehntes 11-kV-Hochspannungsnetz angeschlossen, und die Generatoren sind ohne Schutztransformatoren auf die 11-kV-Leitungen geschaltet. Die Wicklungen waren somit allen atmosphärischen und sonstigen Überspannungen direkt ausgesetzt, weil Überspannungsableiter erst vor Jahresfrist eingebaut worden sind. Da im Verlaufe des Sommers 1952 das Kraftwerk Bannwil während längerer Zeit zufolge Arbeiten im Oberwasserkanal ausser Betrieb war, wurden auch alle übrigen mechanischen und elektrischen Einrichtungen eingehend revidiert.

Um sich ein Bild über den Zustand der Spulen der Statorwicklungen machen zu können, wurde eine Anzahl nächst den Klemmen liegende Spulen ausgebaut, geöffnet und diversen Prüfungen unterzogen. Die Isolation der Spule, konstruiert im Jahre 1912, ist wie folgt ausgeführt: Über jeden der 14 Kupferleiter mit den Dimensionen  $3 \times 12,5$  mm wurde ein U-förmiger Mikanitkanal von 0,6 mm Stärke geschoben. Hierauf wurde die Spule einmal mit Band umwickelt, in Schellack getränkt und gepresst. Nach dem Trocknen des Schellackes erfolgt im geraden Teil der Spule eine maschinelle Umpresung mit einem Mikakanal von 4 mm Stärke. Der Kopf wurde mit Baumwoll- und Lackband ca. 2 mm

stark von Hand eingebunden. Die äusseren Abmessungen der Spule betragen im geraden Teil ca.  $22 \times 71$  mm und im Kopf ca.  $18 \times 67$  mm.

Fig. 3 zeigt den äusseren Zustand der Isolation der Statorwicklungsköpfe.



Fig. 1  
Blick in den Maschinensaal

an den Kanten und beim Eisenaustritt. Diese Veränderung der Kupferoberfläche kann nicht als anomal angesehen werden, da im Jahre 1912 das Imprägnieren der Spulen mit Kompond unter Va-

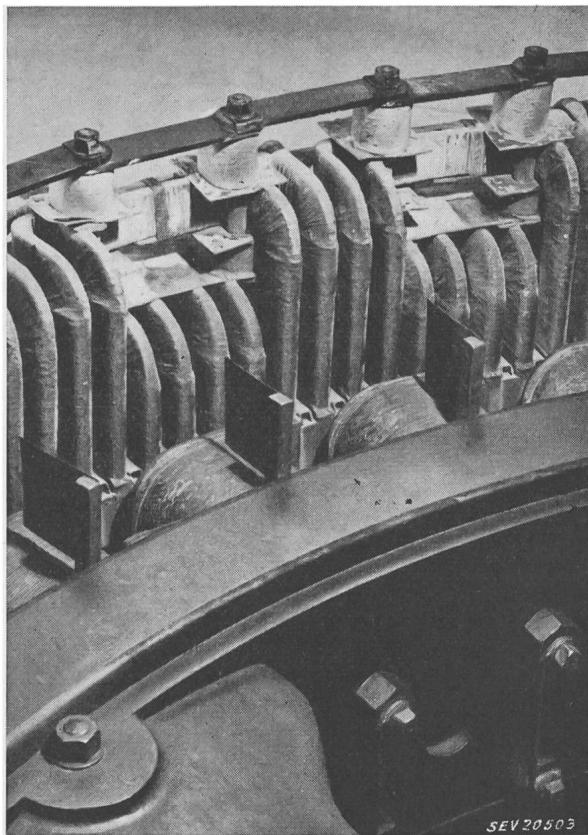


Fig. 2  
Dreiphasen-Generator 3  
Statorverschalungen abgehoben

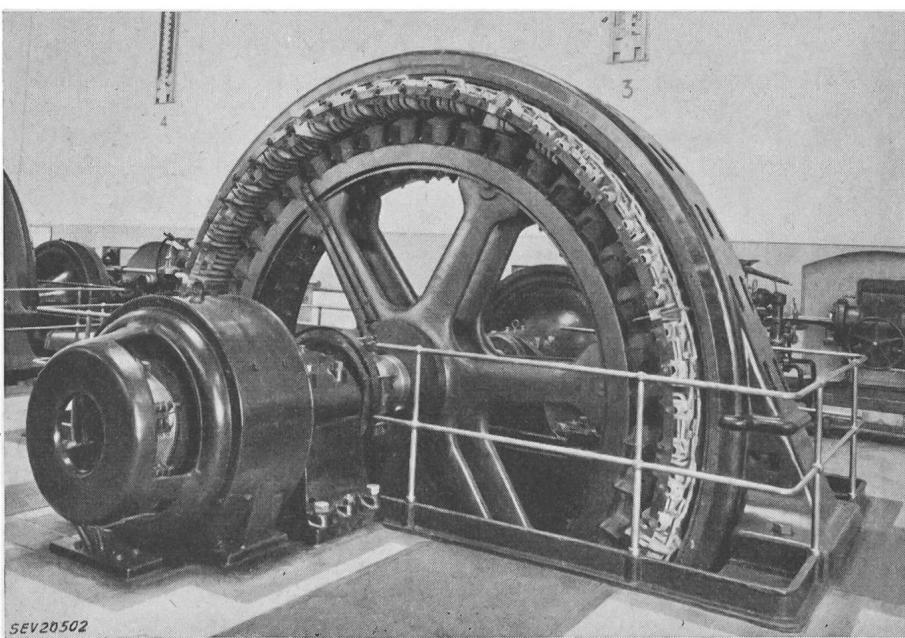


Fig. 3  
Köpfe der Statorwicklungen  
des Generators 3

Die Untersuchung der ausgebauten Spulen ergab folgendes: Die Umbändelung im Spulenkopf ist vollständig ausgetrocknet, spröde und rissig. Das Band kann ohne grosse Mühe entfernt werden und das Kupfer weist Grünspanbildung auf, besonders

festgestellt und eine mittlere Durchschlagsspannung von Windung zu Windung von 3300 V gemessen.

Die durchgeföhrten Untersuchungen und Prüfungen zeigen, dass die Statorwicklung bei weitem nicht so altersschwach ist, wie nach einem 40jähri-

kuum noch nicht bekannt war und daher in den Spulen sich Lufteinschlüsse befanden, welche zusammen mit dem elektrischen Feld zu der Grünspanbildung führten. Der Mikakanal fühlt sich hart an und liess auf keine wesentlichen Veränderungen schliessen.

Die Kopfisolation wies gegen Erde eine Durchschlagsfestigkeit von 7000...14 500 V auf und der Mikakanal eine solche von 40 000...52 000 V. Der Windungsdurchschlag wurde mit Stoßspannung

gen Dauerbetrieb geschlossen werden konnte. Die BKW werden daher die Generatoren mit den ursprünglichen Wicklungen weiterhin im Betriebe belassen, jedoch eine komplette Reservewicklung beschaffen, so dass beim Auftreten eines umfangreichen Schadens die alte Wicklung innert kürzester Frist ersetzt werden kann.

Auch der aktive Eisenkörper befindet sich in einwandfreiem Zustand, besonders die Blechpressung ist noch ausgezeichnet, und irgendwelche Schlagrostbildung sind nicht vorhanden.

**Adresse des Autors:**

R. Frey, Prokurist der Bernischen Kraftwerke A.-G., Viktoriaplatz 2, Bern.

## Diskussionsversammlungen des VSE über den Bau und den Betrieb von Transformatorenstationen

### Einleitung

Die 5. Diskussionsversammlung des VSE über den Betrieb von Transformatorenstationen fand für deutsch Sprechende am 29. März 1951 und 31. Mai 1951 in Zürich und für französisch Sprechende am 5. April 1951 in Lausanne statt. Die 7. Diskussionsversammlung über den Bau von Transformatorenstationen wurde für deutsch und für französisch Sprechende am 6. März 1952 durchgeführt. Alle Versammlungen waren gut besucht.

Wir berichten nachstehend und in einem späteren Heft des Bulletins zusammenfassend über diese Diskussionsversammlungen: dem Bericht über die Diskussionsversammlung über den Betrieb von Transformatorenstationen folgt das Einführungsreferat, das Direktor Binkert an der Diskussionsversammlung über den Bau von Transformatorenstationen hielt, sowie eine Zusammenfassung der an dieser Versammlung geführten Diskussion.

Sekretariat des VSE

### Bericht über die Diskussionsversammlungen über den Betrieb von Transformatorenstationen

Vom Sekretariat des VSE, Zürich

621.316.262

#### A. Allgemeine elektrische Fragen

##### I. Hochspannungsseite

###### 1. Wahl der Schaltelemente

Bis 12 kV und 200 kVA werden im allgemeinen Sicherungen verwendet, während in Netzen über 12 kV oder bei grösseren Leistungen Lastschalter, Ölschalter oder ölarme Schalter üblich sind. Der gewöhnliche Ölschalter wird für zahlreiche Fälle als gut erachtet, doch bedeutet die Brand- und Explosionsgefahr einen gewissen Nachteil. Anderseits sind die Ölschalter bedeutend billiger als ölarne Schalter. Druckluftschalter lohnen sich nur in grösseren Anlagen, weil die Druckluftanlage sonst die Apparatur zu stark verteuert. Ausschlaggebend bei der Wahl von Schaltern ist der vorhandene Raum, die Betriebssicherheit des Schalters sowie die Frage der Notwendigkeit der Schnellwiedereinschaltung.

Sicherungen haben den Vorteil, dass sie nur wenig Platz in Anspruch nehmen und auch selten versagen. Ein Überlandwerk zieht die Sicherungen den durch Relais geschützten Schaltern vor, da seine Wiederverkäuferwerke kein zuverlässiges Personal besitzen, um die Schalter zu bedienen. Dieses Werk benutzt in seinem 8-kV-Netz Sicherungen bis zu einer Transformatorenleistung von 1500 kVA, doch kann dieses Beispiel nicht zur Nachahmung empfohlen werden.

Lastschalter bewähren sich seit vielen Jahren bis ca. 350...400 A gut. Immerhin traten in verschiedenen Fällen Störungen auf, die durch schlechten Kontakt, Isolatorenbruch usw. bedingt waren.

Die ölarmen Schalter weisen, der kleinen Ölmenge wegen, nur eine geringe Brandgefahr auf. Die flache Bauform erlaubt auch eine gute Leitungsführung. Bei ölarmen Schaltern zeigten sich

in Einzelfällen schlechte Dichtungen; seitdem das Kriegsmaterial in Wegfall gekommen ist, wurden jedoch mit solchen Schaltern gute Erfahrungen gemacht.

Die in grossen Anlagen aufgestellten Druckluftschalter wiesen im Anfang Mängel auf; sie konnten unterdessen jedoch behoben werden und funktionieren heute zur vollen Zufriedenheit.

###### 2. Schutz der Transformatoren gegen Überlast

Im allgemeinen werden nur Stationen mit geringerer Leistung durch Hochleistungssicherungen geschützt. Bei Stationen mit mittlerer und grösserer Leistung werden Schalter mit Relais verwendet, wobei das Thermorelais im allgemeinen in der mittleren Phase liegt und die Hauptstromrelais an den beiden äusseren Phasen. Der Signalkontakt des Thermorelais wird von einigen Werken zur Meldung der Überlast ins Betriebsbüro verwendet. Bei industriellen Abnehmern betätigt er in vielen Fällen eine Hupe im Fabrikareal, die erst ausschaltet, wenn die Belastung herabgesetzt wird. Als günstig für die Betriebsüberwachung erweisen sich die Schleppzeiger am Thermorelais.

Da die Relais nicht die Öl-, sondern die Wicklungstemperatur anzeigen, werden sie im allgemeinen auf 80...120 °C eingestellt. Wichtig ist ihr sorgfältiger Unterhalt. Viele Werke bevorzugen ein einziges Fabrikat, weil dies den selektiven Schutz erleichtert.

Ein Vertreter eines städtischen Werkes referierte eingehend über die unternommenen Versuche mit sog. Temperaturmessfarben (Thermochrome, Thermocolor). Diese sind für Temperaturen von 65...650 °C erhältlich und erreichen bei der kritischen Temperatur eine bestimmte Färbung, was an Hand von Lichtbildern dargelegt wurde. Durch Verwendung solcher Temperaturmessfarben konnten