

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 2 (1911)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Über Rundfeuer an Kommutatoren  
**Autor:** Niethammer, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057200>

### **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:** 25.12.2024

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

potentiel aux bornes, il arrive un moment où le tube illuminant est si chaud que l'arrivée du mercure froid de l'électrode positive y détermine une vaporisation assez intense pour porter la pression interne au-dessus de la valeur critique pour laquelle le nombre de volts exigé par l'arc est juste égale au voltage du réseau.

Si on compare le prix de revient de l'éclairage par lampe quartz au prix de revient de l'éclairage par lampe à arc flamme le plus économique après lui, on constate: 1° que la consommation spécifique est à peu près la même, 2° que le prix des charbons équivaut environ au prix de remplacement du brûleur quartz garanti pour 1000 heures, afin de protéger le client contre certains accidents tenant à l'emploi du quartz, mais qui dure généralement plus de 2000 heures, 3° que l'avantage de la lampe quartz, avantage très important d'ailleurs, réside dans la suppression de la main d'œuvre nécessaire pour le changement des charbons et le nettoyage des globes.



## Ueber Rundfeuer an Kommutatoren.

Von Prof. Dr. F. Niethammer, Brünn.

Für Gleichstrommaschinen mit Wendepolen wird vielfach angenommen, dass die Leistungsgrenze ausschliesslich durch die Erwärmung gezogen wird. Tatsächlich bietet die Kommutation und die Funkenbildung an den Bürsten auch bei grosser Reaktanzspannung und grossen Ueberlastungen, selbst bei Kurzschluss keine Schwierigkeit für Wendepolmaschinen. Dagegen kann an solchen Maschinen bei Ueberlast oder starker Feldschwächung leicht Funkenbildung an den nicht unter den Bürsten liegenden Lamellen, sog. Rundfeuer auftreten. Es entsteht durch lokale Spannungen zwischen Nachbarlamellen, wenn diese 35 bis 40 Volt überschreiten. Kupfer- und Metallstaub ist bei den erwähnten Spannungen in der Lage, einen Lichtbogen zu ziehen, der sich auch bis in die Nähe der neutralen Zone halten kann. Eine Maschine kann bei Kurzschluss mit dem Vollaustrom und bei Leerlauf je funkenfrei an den Bürsten arbeiten und doch bei voller Spannung und vollem Strom Rundfeuer zeigen. Massgebend für Rundfeuer ist die maximal vorkommende Segmentspannung  $e_{s\max}$ , nicht die mittlere  $e_{sm} = E_k \cdot 2p : S$ , wobei  $E_k$  = Klemmenspannung,  $S$  = Segmentzahl und  $2p$  = Polzahl. Hat der Anker total  $Z$  Leiter, die mit  $v$  cm/sk rotieren und die je auf die axiale Länge  $l$  maximal einer Luftinduktion  $B_{\max}$  ausgesetzt sind, so ist

$$e_{s\max} = B_{\max} \cdot l \cdot \frac{Z}{S} \cdot v \cdot 10^{-8} < 35 \text{ bis } 40 \text{ Volt.} \quad (1)$$

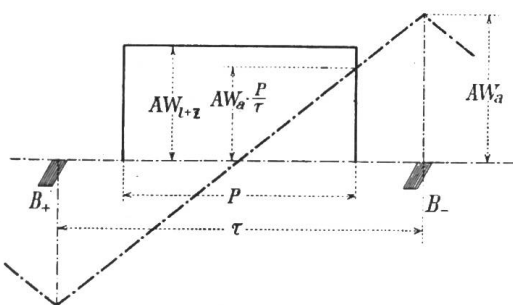


Abbildung 1. Verlauf der Feld- und Anker-AW;  
B = Bürste.

$B_{\max}$  tritt bei nicht kompensierten Maschinen unter den Polspitzen auf und lässt sich nur umständlich genau ermitteln. Folgende Näherungsmethode (Abbildung 1) gibt praktisch reichlich sichere Werte: Die  $AW$  zur Ueberwindung des magnetischen Widerstandes des Luftspaltes und des Ankereisens seien für den Hauptfluss  $AW_{l+z}$ , die Anker- $AW$  pro Pol seien  $AW_a = IZ : 8ap$  ( $I$  = Ankerstrom,  $2a$  = Zahl der parallelen Zweige) und das Verhältnis Polbogen zu Teilung =  $\frac{P}{\tau}$ , dann kann man setzen:

$$e_{smax} = e_{sm} \frac{AW_{I+z} + AW_a \frac{P}{\tau}}{AW_{I+z} \cdot \frac{P}{\tau}} = \frac{2p \cdot E_k}{S} \frac{AW_{I+z} + AW_a \frac{P}{\tau}}{\left(AW_{I+z}\right) \cdot \frac{P}{\tau}} \quad (2)$$

$AW_{I+z}$  lässt sich meistens aus der Leerlaufscharakteristik mittels der Ursprungstangente für die normale  $EMK$  (Abbildung 2) entnehmen. Aus Formel (2) ergibt sich z. B. für  $e_{sm} = 25$  V,  $AW_{I+z} = 5000$ ,  $AW_a = 7000$  und  $\frac{P}{\tau} = 0,7$  der Wert  $e_{smax} = 70$  Volt; dabei würde sicherlich Rundfeuer auftreten.

Es gibt eine ganze Reihe Mittel und Wege,  $e_{smax}$  genügend klein zu halten:

1. Man wählt die mittlere Spannung  $e_{sm}$  von Haus aus klein, z. B. kleiner als 10 bis 15 Volt. Bei hochtourigen Hochspannungsmaschinen führt das aber zu sehr dünnen Lamellen und aus mechanischen Rücksichten sollte man nicht unter etwa 5 mm Lamellenstärke heruntergehen. Bei reichlich starken Segmenten kommt man auf hohe Umfangsgeschwindigkeiten von über 25 bis 30 m/sek, wobei wieder durch Abschleudern der Bürsten Funkenbildung zu befürchten ist.

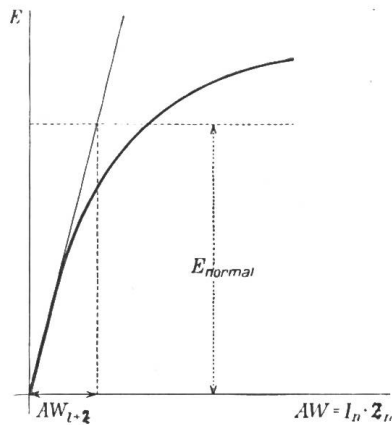


Abbildung 2. Bestimmung von  $AW_{I+z}$  aus der Leerlaufscharakteristik.

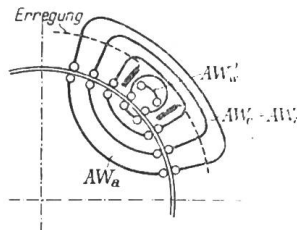


Abbildung 3. Anordnung der Kompensations-AW.

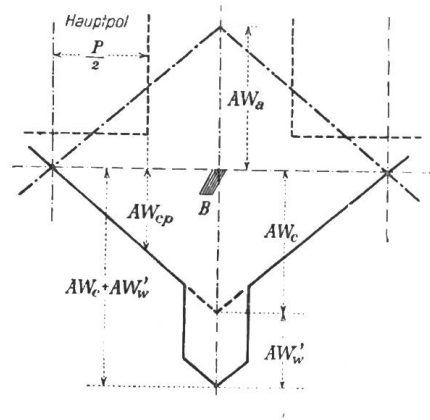


Abbildung 4. Verlauf der Anker- und der Kompensations-AW; B = Bürste.

2. Da die Ursache der Steigerung der Segmentspannung mit der Belastung in den Anker-Quer-AW ihre Ursache hat, so lässt sich dieses Anwachsen von  $e_{smax}$  durch eine in den Polschuhen untergebrachte Quer-Kompensationswicklung (Abbildung 3), die den Anker-AW entgegenwirkt, herabsetzen oder aufheben. Am vollkommensten ist die Wirkung, wenn die Kompensations- $AW_c$  genau so verteilt und gleich gross sind wie die Anker- $AW_a$ ; ausserdem ist dann um den eventuell vorhandenen Wendepol oder Wendezahn eine gewisse AW-Zahl =  $AW'_w$  zur Erzeugung des Wendefluxes vorzusehen (Abbildung 4). Für den allgemeinen Fall, dass die in den Polschuhen untergebrachten Kompensations-AW pro Pol den Wert  $AW_{cp}$  haben (Abbildung 4), wird die maximale Segmentspannung

$$e_{smax} = e_{sm} \frac{AW_{I+z} + \left(AW_a \frac{P}{\tau} - AW_{cp}\right)}{AW_{I+z} \cdot \frac{P}{\tau}} \quad (3)$$

Der Klammerausdruck ist stets positiv zu rechnen.

Es ist vielleicht in der Literatur nicht genügend betont, dass die Querkompensation vor allem gegen Rundfeuer ausserhalb der Bürsten schützt, während der Wendepol gegen die Funkenbildung an den Bürsten wirkt.

Bezüglich der ersterwähnten Methode stösst man wohl auch auf die Schwierigkeit, dass man normalerweise nicht unter *eine* Windung pro Segment gehen kann. Ein Ausweg

ist der, dass man jede Windung in 2, 4 oder mehr gleichartige Stücke unterteilt und die einzelnen Stücke durch besondere Verbindungsstücke an Zwischensegmenten des Kommutators anschliesst; die Anschlüsse an die Ankerwindungen können z. B. in den Lüftkanälen liegen (Ausführung der Westinghouse Co). Ein weiteres Mittel zur Steigerung der Segmentzahl liegt in der Verwendung der mehrfachen Schleifenwicklung. Mit dieser Wicklung hat man aber bezüglich Kommutation verschiedentlich schlechte Erfahrungen gemacht. Man halbiert wohl die Segmentspannung gegenüber der einfachen Schleifenwicklung, die Reaktanzspannung wird jedoch nicht halbiert, wie ich dies schon 1904 in meinen „Gleichstrommaschinen“ Seite 164 nachgewiesen habe. Setzt man die Reaktanzspannung bei einfacher Schleifenwicklung

$$e_R = 4 \frac{v_k}{2s_b} \left( \frac{Z}{2S} \right)^2 (\lambda_e I_c + \lambda_s I_s) I_z \cdot 10^{-8}, \quad (4)$$

so hat man für doppelte Schleifenwicklung zu schreiben:

$$e_R = 4 \frac{v_k}{2(s_b - s_s)} \left( \frac{Z}{2S} \right)^2 (\lambda_e I_c + \lambda_s I_s) I_z \cdot 10^{-8} \quad (5)$$

$v_k$  = Umfangsgeschwindigkeit am Kommutator,  $s_b$  = Bürstendicke,  $I_c$  = effektive Ankerlänge,  $I_s$  = Länge einer Stirnverbindung,  $\lambda_e$  und  $\lambda_s$  = Leitfähigkeiten des Kurzschlussfeldes,  $\lambda_e = \sim 10$ ,  $\lambda_s = \sim 2$ ,  $s_s$  = Segmentstärke samt Isolation,  $I_z$  = Strom pro Zweig.

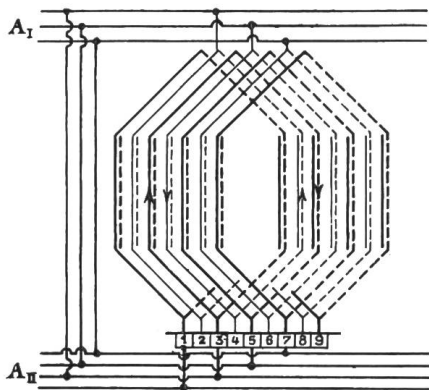


Abbildung 5. Zweifache Schleifenwicklung, bzw. zweifache Parallelschaltung:  $2a = 4p$ .

Ein zufriedenstellendes Arbeiten der doppelten Schleifenwicklung lässt sich durch Anbringung von doppelten Ausgleichringen (Abbildung 5) nach Punga erzielen; der eine Satz  $A_I$  wird an die eine, der andere  $A_{II}$  an die zweite Schleifenwicklung angeschlossen und beide Sätze Ausgleicher werden leitend miteinander verbunden. Dabei kann sich der Bürstenkurzschlussstrom in günstiger Weise über die Ausgleicher schliessen. Bei Anwendung dieser Ausgleicher kann die grösstvorkommende Reaktanzspannung wohl auf die Hälfte (und weniger) derjenigen bei einfacher Schleifenwicklung herabgehen. Bei der Ausführung der Ausgleicher ist zu beachten, dass auch die benachbarten miteinander verbundenen Ringe der beiden Ausgleichergruppen verschiedenes Potential haben, so dass in den Verbindern der beiden Gruppen leicht grosse Ausgleichströme fließen können.<sup>1)</sup>

3. Speziell bei Turbodynamos hat man noch eine Reihe kleinerer Hilfsmittel zur Reduktion des Rundfeuers bei hoher Segmentspannung versucht: Verstärkung der Glimmerisolation zwischen den Segmenten von

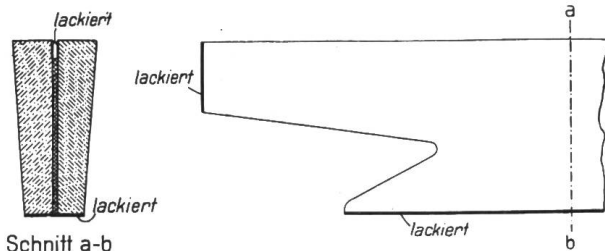


Abbildung 6. Ueberziehen der Kommutatorsegmente mit Isolationsschichten.

0,5 auf 1,5 bis 2,5 mm; Ueberziehen der Segmente an den Seiten- und Innenflächen durch Isolationsschichten (Abbildung 6); Auskratzen der Isolation zwischen den Segmenten auf einige mm Tiefe bzw. Zurücksetzen der Glimmerisolation gegen die Kupfersegmente (Abbildung 6); vollständig isolierte Abdeckung der Bürststifte und Bürstenhalter gegen den Kommutator zu, da speziell bei langen Bürsten-

altern das Rundfeuer auf diese und die Stifte überspringt; isolierter Ueberzug über die Schrumpfringe zum Zusammenpressen der Kommutatorsegmente. Auch hohe Zahn- und Polschuhinduktionen wirken günstig; ebenso ist es vorteilhaft, den Luftspalt und damit die  $AW_{I+z}$  von Haus aus gross zu halten.

<sup>1)</sup> E. u. M. (Wien) 1911, Heft 1.

Der Verlauf der Segmentspannung, speziell der maximalen, lässt sich leicht mit Hilfe zweier Hilfsbürsten messen<sup>1)</sup>, die man fest verbunden im Abstände von etwas weniger als der Kommutator-Segmentstärke über den Kommutator wandern lässt und die man an ein Wechselstromvoltmeter speziell der elektrodynamometrischen oder elektrostatischen Type anschliesst.



## Miscellanea.

**Inbetriebsetzungen von schweizerischen Starkstromanlagen.** (Mitgeteilt vom Starkstrominspektorat des S. E. V.) In der Zeit vom 20. Januar bis 20. Februar 1911 sind dem Starkstrominspektorat folgende wichtigere neue Anlagen als betriebsbereit gemeldet worden:

Hochspannungsfreileitungen:

*Kraftwerke Beznau-Löntschi, Baden:* Leitung von Reckingen nach Kaiserstuhl, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätswerk Wangen, Wangen a./A.:* Zuleitung nach Ballmoos, Drehstrom, 10000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätswerk Rathausen, Luzern:* Zuleitung zur Stangentransformatorenstation in Rot bei Grosswangen, Drehstrom, 11000 Volt, 42 Perioden.

*Elektrizitätswerk Brugg, Brugg:* Leitung nach Birrenlauf, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätswerk des Kantons St. Gallen, St. Gallen:* Zweigleitung nach Eschenbach und Neuhaus, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden; Zweigleitung Bütschwil-Mosnang, Drehstrom, 10000 Volt, 50 Perioden.

*Officina Elettrica Comunale, Lugano:* Zuleitung nach Bioggio, Drehstrom, 3600 Volt, 50 Perioden.

*Stabilimento d'illuminazione elettrica Bucher-Durrer, Lugano:* Zuleitung zur Stangentransformatorenstation in Bissone, Einphasenstrom, 6000 Volt, 70 Perioden.

*Società Elettrica Biaschese, Rossetti & Monighetti, Biasca:* Zuleitung nach Osogna, Drehstrom, 10000 Volt, 50 Perioden.

*Bernische Kraftwerke A.-G., Spiez:* Leitung zu den neuen Transformatorenstationen in Thierachern, Drehstrom, 16000 Volt, 40 Perioden.

*Kraftwerke Brusio A.-G., Brusio:* Leitung zwischen Zentrale Robbia und Werk Campocologno, Drehstrom, 50000 Volt, 50 Perioden; Leitung für die Gemeinde Poschiavo, Drehstrom, 7000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Wädenswil:* Leitung Dielsdorf-Niederweningen (Teilstück bis Abzweigung Ober-Steinmaur), Hauptleitung durchs Flaachtal, Zuleitungen nach Benken, Flaach, Berg a./Irchel, Volken, Dorf, Humlikon, Watt, Ober-Steinmaur, Wildensbuch, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen, Schaffhausen:* Zuleitung nach Etwilen, Zweigleitung Dietfurt-Oberhelfenschwil, Drehstrom, 10000 Volt, 50 Perioden.

*Bernische Kraftwerke A.-G., Bern:* Zuleitungen nach Kaufdorf, Rümligen und Kirchenthurnen, Drehstrom, 16000 Volt, 40 Perioden.

*Elektra Birseck, Neuwelt:* Zuleitung zur Transformatorenstation Rolladenfabrik in Flüh, Drehstrom, 6400 Volt, 50 Perioden.

*Electricité Neuchâteloise S. A., Neuchâtel:* Leitungen nach Rochefort, Chambrelieu, Les Grattes und Montézillon, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

*Elektrizitätskommission Tägerwilen, Tägerwilen (Thurgau):* Zuleitungen nach Kastell und Nagelshausen, Drehstrom, 1000 Volt, 50 Perioden.

Transformatoren- und Schaltstationen:

*Elektrizitätswerk der Stadt St. Gallen, St. Gallen:* Messtation in St. Fiden.

*Kraftwerke Beznau-Löntschi, Baden:* Station in Kaiserstuhl.

*Elektra Birseck, Neuwelt:* Station Rolladenfabrik in Flüh.

<sup>1)</sup> Niethammer, Elektrot. Praktikum, S. 246.