Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 28 (1937)
Heft: 7

Artikel: Neuere Untersuchungen über Gleitentladungen
Autor: Baasch, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058723

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: 26.04.2025

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

Neuere Untersuchungen über Gleitentladungen.

Von *Hans Baasch*, Zürich.

537.523:621.315.62

Die Untersuchungen, über die im folgenden kurz berichtet wird, wurden im Institut für Hochspannungstechnik der Eidg. Techn. Hochschule (Vorstand: Herr Prof. Dr. Kuhlmann) durchgeführt. Es wird eine Hypothese der Entstehung der Gleitstielbüschel (Gleitfunken) begründet, die annimmt, dass sich die von der negativen Spitze auf die mit positiven Ionen teilweise bedeckte Oberfläche geschleuderten Elektronen nicht sofort mit den positiven Ionen vereinigen, sondern sich zunächst als freie negative Oberflächenladung neben der positiven ansammeln. Die Resultate von oszillographischen und stroboskopischen Untersuchungen werden mitgeteilt.

Les recherches qui font l'objet de l'article ci-dessous ont été effectuées à l'Institution de haute tension de l'Ecole Polytechnique Fédérale (directeur: Monsieur le professeur K. Kuhlmann). L'auteur expose une hypothèse sur la formation des étincelles glissantes, selon laquelle les électrons projetés par la pointe négative sur la surface recouverte partiellement de ions positifs ne se neutraliseraient pas immédiatement avec ces derniers, mais se grouperaient en une charge superficielle négative à côté de la positive. Il communique ensuite les résultats des mesures oscillographiques et stroboscopiques effectuées.

Durch Oberflächenentladungen wird die Ueberschlagsspannung von Isolatoren, Kondensatoren und dgl. oft erheblich gegenüber dem auf Grund der Luftdistanz zu erwartenden Wert herabgesetzt; dies erklärt das grosse Interesse der Industrie an ihrer Verhinderung. Von besonderer Bedeutung sind, namentlich bei höheren Spannungen, die Gleitentladungen, welche allgemein in der Form der Lichtenbergschen Figuren wohl am besten bekannt sind. In den folgenden Ausführungen wird über neuere Untersuchungen an innenmetallisierten Isolierrohren berichtet, wobei die Benennungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrössen (AEF-Entwurf 52, Satz 241 bis 243) konsequent angewendet werden. Danach heissen die aus einzelnen Leuchtfäden bestehenden positiven Entladungen (Spitze positiv) «*Gleitbüschel*», während die funkenartig aus dem «negativen Glimmlicht» bei höheren Spannungen hervorbrechenden stromstarken Entladungen «*Gleitstielbüschel*» genannt werden. Gleitstielbüschel, welche die Gegenelektrode ganz erreichen, sog. Vollentladungen, heissen wie bisher allgemein üblich «*Gleitfunken*».

Gleitentladungen sind eine typische Wechselspannungserscheinung, d. h. sie sind an eine zeitliche Aenderung der Spannung gebunden und treten bei Gleichspannung nicht auf; Gleichstromstösse können nicht mehr als Gleichspannung aufgefasst werden.

In einer seiner neuesten Arbeiten auf diesem Gebiet hat Toepler (Dresden) die Verhältnisse an einer Gleitanordnung Spitze-Platte bei niederfrequenten Wechselspannungen untersucht [1]) und festgestellt, dass sich nach jeder Halbperiode auf der Isolatoroberfläche immer noch eine mit der Spitze gleichnamige Restoberflächenladung befindet; dabei überwiegt die positive Oberflächenladung die negative derart, dass sogar bei negativer Spitze eine positive Ringladung um den negativen Kern verbleibt.

Wie rasch und in welcher Form der Abbau der Oberflächenladungen beim Spannungsvorzeichenwechsel vor sich geht, wird in jener Arbeit jedoch nicht erwähnt. Es ist aber einleuchtend, dass der Abbau der negativen Oberflächenladungen aus zwei Gründen bedeutend schneller erfolgt als der der positiven Restladung; denn erstens ist die negative Restladung stets kleiner und zweitens ist die Beweglichkeit der sie grossenteils bildenden Elektronen sehr viel grösser als die Beweglichkeit der die positive Oberflächenladung bildenden positiven Ionen. Aus dieser Feststellung lässt sich leicht folgern, dass sich bei positiver Spitze die positive Gleitfigur (Gleitbüschel) unbehindert ausbilden kann, während bei negativer Spitze eine stets vorhandene, noch nicht abgebaute positive Oberflächenladung die Entwicklung der negativen Figur beeinflussen wird.

Naheliegend ist es, anzunehmen, dass sich die an der negativen Spitze durch Stossionisation (infolge der hohen, bei höheren Spannungen auftretenden Feldstärken) und durch Stoss positiver Ionen gebildeten Elektronen bei ihrem Auftreffen auf die Isolatoroberfläche zuerst einfach mit den positiven Ionen der positiven Oberflächenladung durch Wiedervereinigung neutralisieren, und dass sich dann die «ungestörte» negative Gleitfigur ausbildet, wenn keine positiven Ionen mehr auf der Oberfläche vorhanden sind. Damit können aber nicht die langen Gleitstielbüschel erklärt werden, die bei negativer Spitze aus dem Glimmlicht hervorbrechen.

Das hat mich veranlasst, eine etwas andere Annahme für die Art des Verschwindens der positiven Oberflächenladung zu machen. Meiner Auffassung über die Entstehung der Gleitstielbüschel liegt die Annahme zugrunde, dass sich die von der negativen Spitze auf die mit positiven Ionen teilweise bedeckte Oberfläche geschleuderten Elektronen nicht sofort mit den positiven Ionen vereinigen, sondern sich zunächst als freie negative Oberflächenladung neben der positiven ansammeln. Bei gleicher Zahl von Elektronen- und Ionenladungen erhält man einen «*quasineutralen*» Zustand, d. h. die Isolatoroberfläche erscheint nach aussen hin neutralisiert, während in Wirklichkeit eine positive und eine negative Oberflächenladung nebeneinander bestehen. Der elektrische Widerstand einer solchen quasineutralen Zone mit freien positiven Ionen und rasch beweglichen Elektronen ist aber im Gegensatz zu einem richtig neutralen Gebiet nur noch gering; es kann sich also eine stromstarke Entladung in Form eines Gleitstielbüschels ausbilden, das infolge des geringen Spannungsabfalls in seiner quasineutralen Zone den grossen Spannungs-

[1]) Toepler: Z. Techn. Physik, Bd. XIV (1933), S. 527.

abfall von der Spitze weg vorwärts trägt und somit grosse Längen erreicht.

Diese Hypothese der Entstehung der Gleitstielbüschel (Gleitfunken) stützt sich darauf, dass die Wahrscheinlichkeit einer momentanen Rekombination von schnellen Elektronen mit positiven Ionen sehr klein ist [2]), dass also für einen immerhin endlich kleinen Zeitraum das Nebeneinanderbestehen von ungleichnamigen Ladungsträgern durchaus wahrscheinlich wird. Wie alle Kathodenstrahloszillogramme von Gleitstielbüschelentladungen (Fig. 1) zeigen, ist die Entladung selbst nur ein

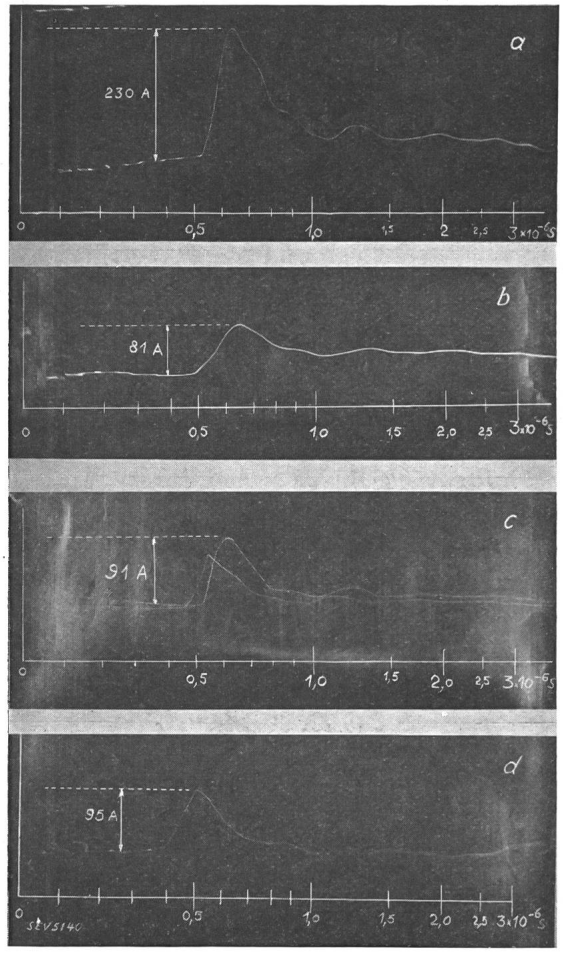

Fig. 1.
Stromoszillogramme.

äusserst kurzzeitiger Vorgang von der Grössenordnung 10^{-6} bis 10^{-7} s. Das rasche Abklingen des Entladungsstromes lässt sich auch leicht erklären; denn weil durch das stromstarke Gleitstielbüschel ein gewaltiger Ueberschuss von Elektronenladungen auf die quasineutralisierte Oberfläche gebracht wird, steigt die anfangs sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Rekombinationen gewaltig an, da diese bekanntlich proportional den vorhandenen Ladungsträgern *beiden* Vorzeichens ist.

[2]) Engel und Steenbeck: Gasentladungen. Springer, Berlin, 1932. Klemperer: Einführung in die Elektronik. Springer, Berlin, 1933.

Die Oszillogramme wurden mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen der Bauart Trüb-Täuber [3]) in Schaltung nach Fig. 2 aufgenommen.

Die aus einem ca. 200 m langen, abgeschirmten Kabel bestehende Messleitung *6* diente gleichzeitig als Verzögerungsleitung. Mit dem Widerstand R_{Sh}

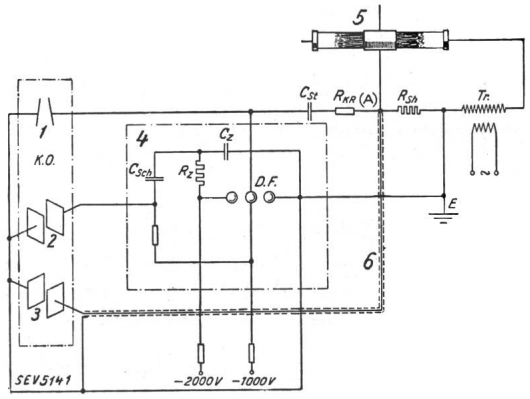

Fig. 2.
Schaltung der Messanordnung.
1 Strahlsperrplatten, *2* Zeitablenkplatten, *3* Ordinatenplatten, *4* Kipprelais, *5* Gleitrohr, *6* Messleitung.

wurde der Punkt (A) bei Niederfrequenz auf Erdpotential gehalten, wodurch es möglich war, auch den Beginn des Vorgangs dank der Zeitverzögerung von etwa $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ s sauber von der Nullinie (Abszisse) aus zu erhalten. Der Ordinatenmaßstab für die Stromoszillogramme wurde durch Eichung mit einem Eichstromstoss erhalten; als Eichstromstoss diente ein Gleitfunkenstromstoss, dessen relativ grosser Scheitelwert nach der Methode einer bestrahlten Funkenstrecke mit parallel geschalteten Widerständen bestimmt wurde (Fig. 1a).

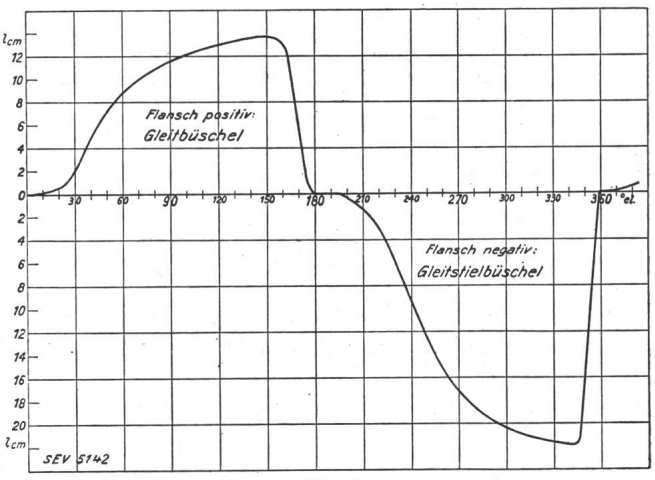

Fig. 3.
Entladungslänge in Funktion des Entstehungsmomentes.

Sehr interessante Ergebnisse zeigten die neuen stroboskopischen Untersuchungen. Mit einer Leica-Kamera wurden die Gleitentladungen längs eines glatten, innenmetallisierten Isolierrohres durch den Schlitz einer synchron mit der Spannung am Gleitrohr rotierenden Scheibe photographiert; ein in die Zuleitung eingebauter Induktionsregler ge-

[3]) Bull. SEV 1935, S. 687.

stattete Aufnahmen in Zeitintervallen von je 10 elektrischen Graden, so dass die Abhängigkeit der Entladungslänge vom Entstehungsmoment gemessen werden konnte (Fig. 3). Durch die Ausmessung der Schwärzung des hierbei verwendeten Spezialfilmstreifens war in roher Annäherung auch die Aufstellung einer Häufigkeits- oder Wahrscheinlichkeitskurve für das Auftreten von Gleitentladungen während einer Periode möglich (Fig. 4). Diese Resultate decken sich gut mit den nach der aufgestellten Hypothese zu erwartenden.

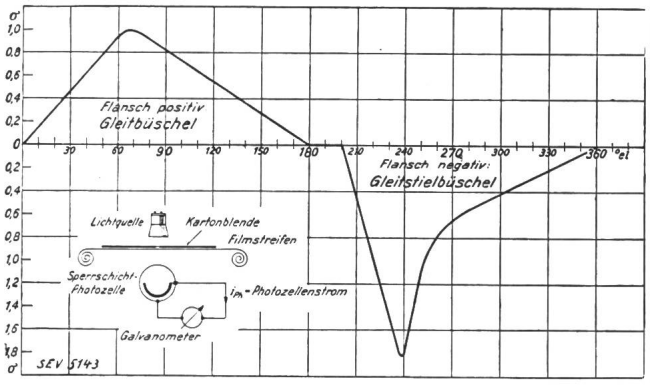

Fig. 4.
Häufigkeits- oder Wahrscheinlichkeitskurve für das Auftreten von Gleitentladungen.

Auch die Kurven der Spannungsverteilung längs eines Gleitrohres während des Auftretens einer Gleitstielbüschelentladung (Fig. 5), lassen deutlich den zu erwartenden geringen Spannungsabfall im quasineutralen Stiel und den vom Flansch weg an die Gleitstielspitze vorgetragenen grossen Spannungsabfall erkennen. Aus diesen Kurven konnte unschwer auf die in einem Gleitstielbüschel transportierte Ladung geschlossen werden, was zur Berechnung des Entladungswiderstandes und -stromes sowie der Entladungsgeschwindigkeit führte; die auf diese Art erhaltenen Resultate stimmen ordentlich gut mit den Oszillogramm-Messungen und den Ergebnissen anderer Forscher überein.

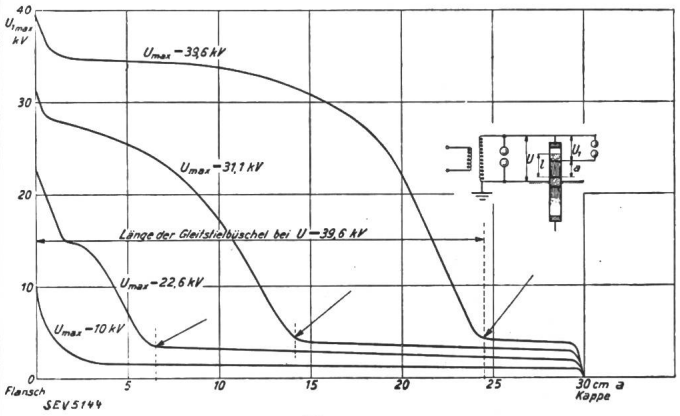

Fig. 5.
Spannungsverteilung längs des Gleitrohres.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Selbsttätige Zählereicheinrichtungen mit Betätigung durch Photozellen und Abnahme ganzzahliger Umdrehungen am Prüfling. 621.317.089.6 : 621.317.785

Bei der Verwendung lichtelektrischer Zellen ist es möglich, die Beobachtung der Zählerscheibe durch diese vorzunehmen. Jimbo berichtet 1931 über eine Vorrichtung, bei der die Umdrehungszeit des zu prüfenden Zählers mit der Stoppuhr gemessen wird. Der Vorschlag, die Beeinflussung der Photozelle durch die schwarze oder rote Marke der Zählerscheibe nach Fig. 1 vorzunehmen, wurde unabhängig von *Funke, Jimbo, Nakao* und *Felton* gemacht. Bei jedem Durchgang der Marke wird im Photozellenkreis eine Stromänderung hervorgerufen, die verstärkt das Relais R und M betätigt, bzw. das Klinkwerk K nach jeder Umdrehung um eine Einheit weiterdreht. Die Kontaktarme L_1, L_2 mit den Abschaltkontakten C_1, C_2 schalten bei Beginn und Ende der Eichung über C_3 und Relais M_1, M_2 den Sekundenzähler *SZ* ein und aus. Felton ersetzte das Klinkwerk durch ein 102-stelliges Schrittschaltwerk, dessen Kontaktkränze mit Drehschaltern verbunden sind, an denen Einer und Zehner der *abzustoppenden* Umdrehungszahlen getrennt gewählt werden können. *Marchal* erreichte 1935, durch Einbau einer besseren Optik und eines Thyratrons eine einfachere Schaltung, da das Thyratron sich selbst unterbricht und die Relais *R* und *M* überflüssig macht. Eine weitere Verbesserung der Lichtausnützung brachten *Koch* und *Sterzel* durch Einbau eines rotationselliptischen Spiegels auf den Markt. Um die *Fehler-*

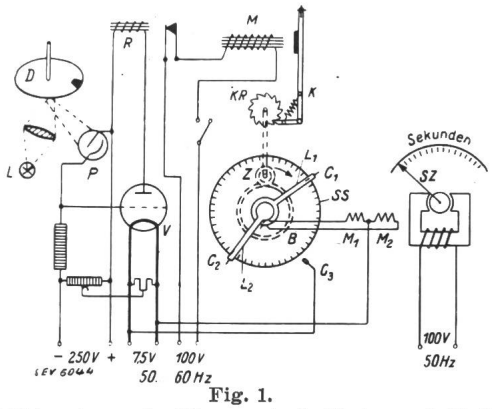

Fig. 1.
Selbsttätig stoppende Uhr, nach S. Jimbo und T. Nakao.

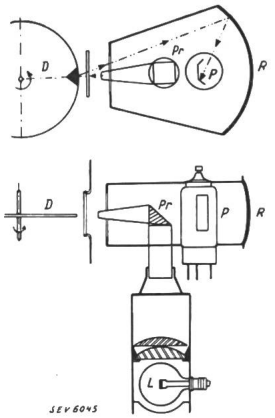

Fig. 2.
Prinzip der Optik von G. Marchal.

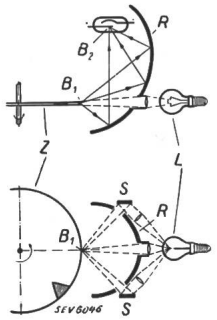

Fig. 3.
Strahlengang der Optik von Koch & Sterzel.