

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 27 (1936)
Heft: 7

Artikel: Die numerische Berechnung der Zustandsänderungen von Freileitungen
Autor: Grütter, Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061481>

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: 04.04.2026

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

bieten in solchen Anlagen der Nullpunktserdung gegenüber den Vorteil, vorübergehende Erdschlüsse, die hauptsächlich infolge von Blitzschlägen auftreten, zu löschen und so die Zahl der Betriebsunterbrechungen herunterzusetzen. Dagegen verursachen sie zusätzliche Kosten für die Spulen selbst und für besondere Relais oder Erdschlussanzeigevorrichtungen. Freileitungsnetze niedriger Spannung werden zweckmässig mit Löschspulen geschützt, da dort die Kurzschlußströme grössere Beträge annehmen. Wenn sie auf Holzmasten verlegt sind, dürfte wohl nur die Löschspule in Betracht kommen, da Nullpunktserdung direkt oder über Reaktanzen aus den angeführten Gründen nicht zu empfehlen ist.

Bei Netzen von Spannungen der Grössenordnung von 8 kV wird sich ein Schutzmittel überhaupt erübrigen in den Fällen, wo die Erdschlußströme verhältnismässig klein sind, d. h. in Netzen kleiner Ausdehnung. Diese Netze besitzen meist einen so hohen Sicherheitsgrad, dass die Ueberspannungen des aussetzenden Erdschlusses (höchstens 2,6 fache verkettete Spannung) dem Netze kaum mehr gefährlich werden dürften. Eine besondere Betrachtung verlangen Kabelnetze aller Spannungen, indem dort Erdschlüsse meistens Materialfehler sind und die defekte Strecke also raschestens ausgeschaltet werden sollte. Aus diesem Grunde dürfte eine Nullpunktserdung, welche Ueberstromrelais zum Ansprechen bringt, vorzuziehen sein. Direkte Nullpunktserdung ist wegen der auftretenden grossen Ströme am Erdschlussort gefährlich; es dürfte aus diesem Grunde die Nullpunktserdung über niederohmige Reaktanzen, die z. B. im gesamten 60 kV-Kabelnetz der Pariser Gegend angewendet wird, vorzuziehen sein.

Die besondern Verhältnisse betreffend Isolation, wünschbare Betriebssicherheit, aufzuwendende Kosten usw. werden den Entscheid des Erbauers auch in den oben aufgezählten Fällen im einen oder andern Sinne beeinflussen, immer unter Berücksichtigung der aufgezählten Eigenschaften der verschiedenen Schutzmittel.

Der Referent, Herr A. van Gastel, A.-G. Brown, Boveri, Baden, antwortet auf die verschiedenen Voten folgendes:

Mit Rücksicht auf die vorgerückte Zeit werde ich nur kurz zu einigen der von den Herren Diskussionsrednern angeschnittenen Problemen Stellung nehmen.

Ich kann es nur bedauern, dass Herr Dr. Goldstein die Frage der Verstimmung der Löschspule erwähnt hat, denn diese Frage wurde in der Fachliteratur wiederholt und aus-

föhrlich behandelt. Die Praxis hat gezeigt, dass in Netzen mit kapazitiver Unsymmetrie die Nullpunktsverlagerung durch eine noch zulässige Verstimmung der Löschspule wirksam bekämpft werden kann. Ich gehe darin mit Herrn Dr. Goldstein einig, dass die Resonanzabstimmung die günstigsten Löschbedingungen für den Erdschlusslichtbogen schafft, möchte aber andererseits hervorheben, dass kaum ein Betriebsleiter zu finden ist, welcher sein Netz dauernd mit grosser Nullpunktsverlagerung in Betrieb halten wird.

Selbstverständlich werden durch die Löschspulen nur die Oberwellen im Erdschlußstrom kompensiert, die von der un-symmetrischen, kapazitiven Erdschlussbelastung im nicht kompensierten Netz herrühren, so z. B. die 3., die 5. Oberwelle usw. Weil die dritte Oberwelle, herrührend von der Sättigung der Transformatoren nur in der Phasenspannung und praktisch nicht in der verketteten Spannung vorkommt, enthält der Erdschlußstrom des kompensierten, symmetrisch belasteten Netzes nur ganz wenig dritte Oberwelle. Die 5. und die höheren Sättigungsoberwellen werden zu einem geringen Teil von der Löschspule kompensiert, die 5. um etwa 4 %, die 7. um etwa 2 %. Nur ganz selten bedarf es einer zusätzlichen Einrichtung zur Kompensation dieser Oberwellen.

Die von Herrn Wettstein gestellte Frage, von welcher Spannung an man Löschspulen verwenden soll, sollte meines Erachtens lauten, von welchem Erdschlußstrom an soll man Löschspulen verwenden. Es ist vielmehr die Grösse des Stromes als diejenige der Spannung für die Löschung des Erdschlusslichtbogens von ausschlaggebender Bedeutung. Die Erfahrung hat gezeigt, dass manchmal bereits bei Erdschlussströmen von nur einigen Ampère sich der Einbau von Löschspulen rechtfertigt.

Aus an und für sich sehr interessanten Vergleichszahlen der in verschiedenen Netzen der EKZ aufgetretenen Störungen mit und ohne Löschspulen darf nicht ohne weiteres ein Rückschluss auf die Wirksamkeit der Löschspule gezogen werden, insofern keine Gewähr vorhanden ist, dass die verschiedenen Netze absolut gleiche Störowahrscheinlichkeit haben. Vielmehr sollte die Verbesserung der Betriebsverhältnisse auf Grund von gesammelten Erfahrungen im gleichen Netz, einmal vor und einmal nach Einbau der Löschspulen, beurteilt werden.

Der Vorsitzende dankt alle Diskussionsbeiträge aufs beste.

Die numerische Berechnung der Zustandsänderungen von Freileitungen.

Von Karl Grütter, Samaden.

621.315.056

Es wird auf eine recht einfache Methode zur Lösung der Zustandsgleichung von Freileitungen hingewiesen, welche in manchen Fällen mit verhältnismässig wenig Rechenarbeit zum Ziele führt.

L'auteur expose une méthode très simple pour la solution de l'équation fondamentale simplifiée des lignes aériennes, laquelle permet dans bien des cas d'arriver au but avec relativement peu d'opérations.

In seinem Aufsatz «Die Berechnung der Freileitungen mit Rücksicht auf die mechanischen Verhältnisse der Leiter»¹⁾ empfiehlt Maurer, die Lösung der kubischen Zustandsgleichung

$$p^3 + p^2 \left\{ \frac{\gamma_0^2 a^2 E}{24 p_0^2} + (t - t_0) \alpha E - p_0 \right\} = \frac{\gamma^2 a^2 E}{24} \quad (1)$$

durch ein zum Teil graphisches Verfahren vorzunehmen.

Nun lässt sich die Lösung dieser Gleichung auf eine so einfache Form bringen, dass sie eventuell mit Hilfe einer Tabelle hyperbolischer Funktionen, die z. B. in der «Hütte» zu finden ist, sehr rasch durchgeführt werden kann und oft weniger Rechenarbeit erfordert als das Verfahren nach Maurer.

¹⁾ Bull. SEV 1936, Nr. 2 (und 3).

Zur Abkürzung setzt man:

$$\frac{\gamma_0^2 a^2 E}{24 p_0^2} + (t - t_0) \alpha E - p_0 = m \quad (2)$$

$$\frac{\gamma^2 a^2 E}{24} = n \quad (3)$$

Dann hat die Zustandsgleichung die Form

$$p^3 + m p^2 = n \quad (4)$$

Durch die Substitution

$$p = x - \frac{1}{3} m \quad (5)$$

wird sie auf die Normalform gebracht

$$x^3 - \frac{m^2}{3}x + 2\left(\frac{m}{3}\right)^3 - n = 0 \quad (6)$$

Mit der Hilfsfunktion

$$\cos \varphi = \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} - 1 \quad (7)$$

erhält man die drei reellen Wurzeln

$$\begin{aligned} x_1 &= 2 \frac{m}{3} \cos \varphi/3 \\ x_2 &= 2 \frac{m}{3} \cos (\varphi/3 + 120^\circ) \\ x_3 &= 2 \frac{m}{3} \cos (\varphi/3 + 240^\circ) \end{aligned}$$

In Gl. (5) eingesetzt erhält man die drei reellen Wurzeln der Gl. (4), von denen jedoch immer nur eine positiv ist. Die negativen Wurzeln haben für das vorliegende Problem keine physikalische Bedeutung.

Ist der absolute Betrag der Hilfsfunktion grösser als 1, so ist die Kreisfunktion durch die Hyperbelfunktion zu ersetzen, d. h. $\cos \varphi$ durch $\mathfrak{C}os \varphi$. Die kubische Gl. (6) hat dann nur eine reelle Wurzel

$$x = 2 \frac{m}{3} \mathfrak{C}os \varphi/3$$

Die beiden andern Wurzeln sind komplex.

Die kubische Gl. (4) hat also immer eine eindeutige, reelle, positive Wurzel. Für die vier möglichen Fälle sind diese Wurzeln in Tabelle I zusammengestellt. Die Hilfsfunktion ist hier so angeschrieben, dass sie immer positiv ist.

Reelle positive Wurzeln der Gleichung $p^3 + mp^2 = n$.

Tabelle I.

	Wenn	Hilfsfunktion	Wurzel
1	$\frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} < 1$	$\cos \varphi = 1 - \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3}$	$p = \frac{m}{3} \cdot [2 \cos (60 - \varphi/3) - 1]$
2	$1 < \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} < 2$	$\cos \varphi = \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} - 1$	$p = \frac{m}{3} (2 \cos \varphi/3 - 1)$
3	$2 < \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3}$	$\mathfrak{C}os \varphi = \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} - 1$	$p = \frac{m}{3} (2 \mathfrak{C}os \varphi/3 - 1)$
4	m negativ	$\mathfrak{C}os \varphi = \frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} + 1$	$p = \frac{m}{3} (2 \mathfrak{C}os \varphi/3 + 1)$

Praktisch kommen alle vier Fälle vor, wie folgendes Rechnungsbeispiel zeigt:

Eine Spannweite von 105 m ($a = 10500$ cm) soll mit einem Kupferleiter von 50 mm² Querschnitt überspannt werden.

1. Es wird halbharter Kupferdraht von 8 mm Durchmesser vorgesehen, der bei 2 kg/m Schneelast und 0° C mit $p_0 = 1800$ kg/cm² belastet werden kann.

Nach Tabelle 2 der eidgenössischen Starkstromverordnung ist für dieses Material

$$\begin{aligned} \gamma &= 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ \gamma_0 &= 48,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ E &= 1,15 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ \alpha &= 17 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Für $t = 30^\circ$ C wird

$$\begin{aligned} m &= \left(\frac{48,9^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10500^2 \cdot 1,15 \cdot 10^6}{24 \cdot 1800^2} + 30 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 1,15 \cdot 10^6 - 1800 \right) = 2685. \\ n &= \frac{8,9^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10500^2 \cdot 1,15 \cdot 10^6}{24} = 418 \cdot 10^6. \end{aligned}$$

Die Zustandsgleichung ist $p^3 + 2685 p^2 = 418 \cdot 10^6$

$$\frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} = \frac{418 \cdot 10^6}{2 \cdot 895^3}$$

= 0,2915 entspr. 1. Fall der Tabelle I.

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= 1 - 0,2915 = 0,7085 \\ \varphi &= 44^\circ 54'; \varphi/3 = 14^\circ 58' \\ 60 - \varphi/3 &= 45^\circ 02'; \cos 45^\circ 02' = 0,7077 \\ p &= \frac{2685}{3} (2 \cdot 0,7077 - 1) = 372 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Um die Beanspruchung bei der tiefsten Aussentemperatur -30° C zu berechnen, wird das mittlere Glied in obigem Ausdruck für m negativ. Es wird $m = 1513$ und die Zustandsgleichung $p^3 + 1513 p^2 = 418 \cdot 10^6$

$$\frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} = \frac{418 \cdot 10^6}{2 \cdot 504,3^3}$$

= 1,623 entspr. 2. Fall der Tabelle I.

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= 1,623 - 1 = 0,623; \varphi = 51^\circ 30' \\ \varphi/3 &= 17^\circ 10'; \cos \varphi/3 = 0,95545 \\ p &= \frac{1513}{3} (2 \cdot 0,95545 - 1) = 460 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Verwendet man ein Kupferseil, das bei 2 kg/m Schneelast und 0° C mit $p_0 = 2400$ kg/cm² belastet werden kann, so ist nach Tabelle 2 der eidgenössischen Starkstromverordnung

$$\begin{aligned} \gamma &= 9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ \gamma_0 &= 49 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ E &= 1,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ \alpha &= 17 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Für $t = +30^\circ$ C wird

$$\begin{aligned} m &= \left(\frac{49^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10500^2 \cdot 1,1 \cdot 10^6}{24 \cdot 2400^2} + 30 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^6 - 2400 \right) = 267. \\ n &= \frac{9^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10500^2 \cdot 1,1 \cdot 10^6}{24} = 409 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

Die Zustandsgleichung ist $p^3 + 267 p^2 = 409 \cdot 10^6$

$$\frac{n}{2\left(\frac{m}{3}\right)^3} = \frac{409 \cdot 10^6}{2 \cdot 89^3}$$

= 290 entspr. 3. Fall der Tabelle I.

$\mathfrak{C}os \varphi = 290 - 1 = 289$. Die Tabelle der Hyperbelfunktionen in der «Hütte» geht nur bis $\mathfrak{C}os 5,09 = 81,198$. Für grössere Werte kann gerechnet werden, dass $2 \mathfrak{C}os \varphi \sim e^\varphi$. Man findet also φ in der «Hütte» aus der Tabelle der natürlichen Logarithmen

$$\varphi = \ln 578 = 6,35957; \quad \varphi/3 = 2,11986 \sim 2,12$$

Aus der Tabelle der Hyperbelfunktionen in der «Hütte» findet man

$$\mathfrak{C}03 \ 2,12 = 4,2256$$

$$p = \frac{267}{3} (2 \cdot 4,2256 - 1) = \underline{663 \text{ kg/cm}^2}$$

4. Für die tiefste Aussentemperatur -30°C wird $m = -855$ und die Zustandsgleichung $p^3 - 855 p^2 = 409 \cdot 10^6$ entspr. 4. Fall der Tabelle I.

$$\mathfrak{C}03 \ \varphi = \frac{409 \cdot 10^6}{2 \cdot 285^3} + 1 = 9,816$$

Aus der Tabelle der Hyperbelfunktionen in der «Hütte» findet man

$$\varphi = 2,9745; \quad \varphi/3 = 0,9915; \quad \mathfrak{C}03 \ \varphi/3 = 1,5331$$

$$p = \frac{855}{3} (2 \cdot 1,5331 + 1) = 1160 \text{ kg/cm}^2$$

Die hier ausführlich dargestellten Rechnungen mögen zeigen, dass die sonst begreifliche Scheu vor kubischen Gleichungen bei der Berechnung von Freileitungen nicht am Platze ist.

Die Starkstromtechnik an der Leipziger Frühjahrs-Messe 1936.

Von H. Puppikofer, Zürich-Oerlikon.

606.4 : 621.3(43)

Wie immer ist die Leipziger technische Messe eine ein-drucksvolle Schau der deutschen Arbeit. Speziell die Ausstellungen des allgemeinen Maschinenbaues und des Werkzeugbaues sind überwältigend durch die Menge und Grösse der ausgestellten Objekte, die alle in Tätigkeit vorgeführt werden. Die kompliziertesten und unmöglichsten Arbeitsvorgänge werden durch Maschinen erledigt. Auch die Arbeitsmaschine spezialisiert sich immer mehr. Eines wird dem schweizerischen Besucher klar: Diese Vielheit der Maschinen, diese hochgezüchtete Spezialisierung ist nur denkbar in einem grossen Lande, wo der Absatz die Anfertigung grosser Serien gleichartiger Artikel gestattet. Diese Tendenz zur Massenanfertigung, die den Konkurrenzkampf der schweizerischen Industrie ausserordentlich erschwert, findet sich auf allen Gebieten der Ausstellung wieder.

Der Elektriker, der sich bescheiden auf sein eigenes Gebiet zurückzieht, findet im Hause der Elektrotechnik eine wohlthuende Ruhe und eine blendende Lichterfülle. Unter den ausgestellten Objekten der Starkstromtechnik war aber diesmal nichts zu finden, was als entscheidende Neuerung angesprochen werden könnte.

In der grossen Halle der Elektrotechnik dominierten die zwei Firmen Siemens und AEG, die zusammen beinahe einen Drittel der Ausstellungsfläche beanspruchten. Beide Firmen berührten in ihrer Ausstellung sozusagen alle Gebiete ihrer Fabrikation, wogegen andere sich häufig auf die Demonstration einiger Spezialgebiete konzentrierten. Beispielsweise legte Brown, Boveri, Mannheim (BBC) grossen Nachdruck auf das elektrische Schweiessen und stellte ferner neben einigen Motoren in der Hauptsache Kochherde und Kühlschränke aus. Sehr interessant war die Zusammenstellung der neuesten BBC-Relais. Von den andern Ständen fiel Voigt & Haeffner auf durch seine ölarmen Schalter und Sachsenwerk durch seine schöne Motorenschau.

Wir geben nachstehend einen kurzen Ueberblick nach Artikeln gruppiert:

Siemens hatte genau die gleiche Reihe von *Expansions-schaltern* und die AEG die gleichen *Druckluftschalter* ausgestellt wie letztes Jahr. Es war daher auch das Interesse der Besucher für diese Objekte auffallend gering. Am interessantesten schien der *ölarme Schalter* von Voigt & Haeffner, der in verschiedenen Typen für Spannungen von 10 bis 100 kV und Strömen bis zu 4000 A ausgestellt war. Das Wesentliche an diesem Schalter ist die Löschkammer. Sie enthält einen Differentialkolben, der dem Lichtbogen frisches Öl unter Druck zuführt, während die ionisierten Gase durch den hohlen Kontaktstift abgeführt werden. Die Konstruktion ist sehr einfach. Die Löschung soll in einer Halbwelle und in einer verblüffend kleinen Distanz von 5 bis 10 mm erfolgen. Die Typen für Reihe 10 bis 30 haben im Aufbau eine gewisse Ähnlichkeit mit Druckluftschaltern und sehen sehr robust aus. Die Druckluftschalter, die Voigt & Haeffner auch ausstellte, vermögen jedoch weniger zu überzeugen und werden nach den Angaben der Aussteller auch viel weniger gekauft als die sog. «Druckausgleichschalter», wie diese neuen ölarmen Schalter heissen. Neue Schalter einer anderen Firma vermochten auch nicht zu überzeugen und würden sicherlich nach Versuchen im Hochleistungsprüffeld ihr Aussehen und ihre konstruktive Ausgestaltung noch verschiedentlich ändern.

BBC stellte auf dem Gebiete der Schalter nichts aus. AEG zeigte neben den Druckluftschaltern zwei kleine *Oelschalter* klassischer Bauart der Reihe 6 und Reihe 10 für 75 und 150 MVA, mit rundem Kessel und Klotzkontakten und einem neuen, sehr einfachen Klinkenfreilauf. Daneben stand noch eine *gekapselte Anlage* für 10 kV, bei welcher der normale Oelschalter auf dem Kopf stehend eingebaut war. Es ist dies die einzige gekapselte Hochspannungsanlage, die diesmal zu sehen war. Als Gegenstück zeigte die AEG einen *Schaltwagen mit eingebautem Druckluftschalter*.

Aus konstruktiven Gründen ergab sich bei den bisherigen Trennerkonstruktionen, dass der Drehpunkt der Trennmesser und die Kontaktfinger zur Ueberleitung des Stromes von den feststehenden Anschlußstücken auf das bewegliche Messer sich in einer andern Ebene befinden als die angeschlossenen Schienen oder Rohrleitungen. Dadurch wird eine Stromschleife gebildet, so dass bei Kurzschlüssen das Trennmesser grossen elektromagnetischen Kräften ausgesetzt ist, die sogar so hoch anwachsen können, dass das Messer ungewollt herausgeschleudert wird oder die Befestigungsisolatoren gebrochen werden. Als Neuerung war bei der AEG nun ein *schleifenloser Trenner* für Innenaufstellung und Ströme von 1000 A an aufwärts zu sehen, bei dem der gefederte Teil in das Messer verlegt wurde, so dass der Stromübergang sich in einer Ebene abwickeln kann.

Für Freiluftaufstellung zeigte die AEG einen 45 kV-Trenner mit zwei Stützisolatoren, die sich beide unter Mitnahme je einer Hälfte des in der Phasenebene drehenden Trennmessers um ihre Axe drehen. Die eine Hebelhälfte trägt die durch eine Haube geschützten Kontaktschlaufen. Die Isolatoren sind einteilig und mit Compound gefüllt.

Schubtrenner in verschiedenen Ausführungen und für grosse und kleine Ströme stellten Voigt & Haeffner und die EMAG aus.

Sowohl Siemens wie AEG stellten *Sicherungen* aus. Die Sicherung der AEG, die sich in ihrer Wirkungsweise an die Niederspannungssicherung hält, ist mit einer hübschen Neuerung ausgestattet: An Stelle eines einfachen Kennzeichens zur Anzeige des erfolgten Durchschmelzens ist ein kräftiger Zapfen angebracht, der beim Herausspringen eine in einem darüber befindlichen Kästchen untergebrachte Verklüftung löst. Damit wird ein kleiner Kraftspeicher frei, der über ein Isolierstängelchen und eine gemeinsame Welle einen Schalter auslöst. Dadurch wird jede dauernde einpolige Ausschaltung vermieden und stets zu einer allpoligen ergänzt. Der ausgelöste Schalter kann auch nur ein Leistungstrenner sein.

Mit dem sog. *Leistungstrenner* wird eine Lücke in der Anwendung automatischer Schalter geschlossen und durch diesen mit der Leistungssicherung zusammen für kleinere Transformatorenstationen eine wirtschaftlich tragbare Lösung der automatischen Ausschaltung geschaffen. Der in der Literatur bereits bekannte Leistungstrenner der AEG war in einer vereinfachten, konstruktiv hübschen Ausführung ausgestellt. Das Prinzip erinnert stark an die vor bald 30 Jahren gebauten ersten Hochspannungsschalter, die sog. *Röhrenschalter*. Beim AEG-Schalter wird die Röhre innen mit einem Material ausgeschlagen, das unter der Einwirkung des Lichtbogens Gas abgibt und so den Bogen löscht.