Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 46 (1955)

Heft: 22

Artikel: Die in den schweizerischen 150-kV-Netzen vorkommenden Bedingungen in Bezug auf Abschaltleistung und Eigenfrequenz

Autor: Schiller, H. / Baltensperger, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060958

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: 08.08.2025

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

[3] *Clark, F. M.:* Water Solution in High-Voltage Dielectric Liquids. Trans. AIEE Bd. 59(1940), August, S. 433...441.
[4] *Coquillion, J.:* Le phénomène de dispersion anormale chez les diphényles chlorés. Rev. gén. Electr. Bd. 58(1949), Nr. 1, S. 30...34.
[5] *Clark, F. M.:* Moisture in Oil-Treated Insulation. Industr. & Engng. Chem. Bd. 44(1952), Nr. 4, S. 887...893.
[6] *Piper, J. D.:* Moisture Equilibrium between Gas Space and Fibrous Materials in Enclosed Electric Equipment. Trans. AIEE Bd. 65(1946), Dezember, 791...797; Discussion S. 1152...1155.
[7] *Rheiner, A.:* Die niedrig acetylierten Fasercellulosen. Annuaire des Anciens Elèves E.C.M., année 1933, S. 121...165. Mülhausen.
[8] *Rheiner, A.:* Über niedrig acetylierte Fasercellulosen. Angew. Chemie Bd. 46(1933), Nr. 43, S. 675...681.
[9] *US Pat. 1 861 320,* May 31, 1932. Process for the Preparation of Effect Threads.
US Pat. 1 926 498, September 12, 1933. Process for the Preparation of Effect Threads.
US Pat. 2 017 607, October 15, 1935. Insulated Electrical Conductor.
[10] *Henninger, P.:* Dielektrische Untersuchungen an der Papierfaser. Frequenz Bd. 4(1950), Nr. 7, S. 167...177.
[11] *Stäger, H., B. Frischmuth* und *F. Held:* Beitrag zur Kenntnis der organischen Isolierstoffe der Elektrotechnik. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Bd. 12(1946), Nr. 12, S. 372...390.
[12] *Veith, H.:* Die Abhängigkeit des Gleichstromwiderstandes und des Verlustwinkels von Papier von dessen Trocknungszustand und Temperatur. Frequenz Bd. 3(1949), Nr. 6, S. 165...173; Nr. 7, S. 216...223.
[13] *Meister, R.:* Luftfeuchtigkeit und Isoliervermögen organischer Isolierstoffe der Hochspannungstechnik. ETZ Bd. 70 (1949), Nr. 12, S. 360...364.
[14] *Meister, R.:* Die Bedeutung des Wärmegleichgewichts bei organischen Isolierstoffen der Hochspannungstechnik. Elektrotechnik, Berlin Bd. 1(1947), Nr. 6, S. 183...186.
[15] *Nauk, G.:* Über den physikalischen Aufbau von Kondensatoren. ETZ Bd. 56(1935), Nr. 13, S. 371...374.
Nauk, G.: Beziehungen zwischen der Temperaturabhängigkeit der Verluste und der Durchschlagsfestigkeit bei Papierkondensatoren. ETZ Bd. 56(1935), Nr. 19, S. 539...541.
[16] *Bletzinger, J. C.:* Effect of Acetylation on Water Binding Properties of Cellulose. Rag. Stock. Industr. & Engng. Chem. Bd. 35(1943), Nr. 4, S. 474...480.
[17] *Hearle, J. W. S.:* The Electrical Resistance of Textile Materials. J. Text. Inst. Bd. 44(1935), Nr. 4, T 117...198.
[18] *Murphy E. J.* und *A. C. Walker:* Electrical Conduction in Textiles. J. phys. Chem. Bd. 32(1928), Nr. 12, S. 1761...1786.
[19] *New, A. A.:* Recent developments in Esterified Fibrous Insulants. Electr. Commun. Bd. 19(1940), Nr. 2, S. 71...93.
[20] *Astbury, W. T.:* Fundamentals of Fibrestructure. Oxford: University Press 1933.
[21] *Miller, H. F.* und *R. J. Hopkins:* A New Kraft Capacitor Paper. Gen. Electr. Rev. Bd. 50(1947), Nr. 12, S. 20...24.
[22] *Mumford, A. H.:* The London-Birmingham Coaxial Cable System. Part. 1: Description of the System. P. O. electr. Engrs. J. Bd. 30(1937), Part. 3, S. 206...214.
[23] *Deloraine, E. M.:* Les câbles coaxiaux haute fréquence. Rev. Téléph. Télégr. T. S. F. Bd. 15(1937), Nr. 155, S. 137...141.
[24] *Deloraine, E. M.:* Conducteur de retour à diamètre constant pour câbles coaxiaux. Rev. Téléph. Télégr. T. S. F. Bd. 15(1937), Nr. 157, S. 321...324.
[25] *Büchner, A.:* Das Mischkörperproblem in der Kondensatorentechnik. Wiss. Veröff. Siemens Werk. Bd. 18(1939), Nr. 2, S. 84...96.
[26] *Stoops, W. N.:* The Dielectric Properties of Cellulose. J. Amer. chem. Soc. Bd. 46(1934), Nr. 7, S. 1480...1483.
[27] *Stamm, H.:* Über den Einfluss der Schichtpreßstoffe auf die Entwicklung der Hochspannungstechnik und über einige Entwicklungsaufgaben. Dtsch. Elektrotechn. Bd. 6 (1952), Nr. 11, S. 558.
[28] *Whitehead, J. B.:* Radial and Tangential Stresses in Impregnated Paper Insulation. Trans. AIEE Bd. 70(1951), Part. 1, S. 56...59.
[29] *Luca, H. A. de, W. B. Campbell* und *O. Maass:* Measurement of the Dielectric Constant of Cellulose. Canad. J. Res. Bd. 16, Sec. B(1938), Nr. 8, S. 273...288.
[30] *Endicott, H. S.:* Electrical Testing of Capacitor Paper. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 9, S. 28...35.
[31] *Kohman, G. T.:* Cellulose as an Insulating Material. Industr. & Engng. Chem. Bd. 31(1939), Nr. 7, S. 807...817.
[32] *Hansson, B.:* The Dielectric Strength of Oil Impregnated Paper. Asea Research Bd. (1945), S. 106...110.
[33] *Hansson, B., B. Bjurström, R. Johansson* und *G. Axelsson:* The first 380 kV Power Cable in Sweden. Asea J. Bd. 26 (1953), Nr. 5/6, S. 87...96.
[34] *Race, H. H., R. J. Hemphill* und *H. S. Endicott:* Important Properties of Electrical Insulating Papers. Gen. Electr. Rev. Bd. 43(1940), Nr. 12, S. 492...499.
[35] *McLean, D. A., L. Egerton* und *C. C. Houtz:* Paper Capacitors Containing Chlorinated Impregnants. Effects of Sulphur. Industr. & Engng. Chem. Bd. 38(1946), Nr. 11, S. 1110...1116.
[36] *Coquillion, J.:* Condensateurs au papier imprégné de pyralène pour courant alternatif. Facteurs influençant la capacité et les pertes. Rev. gén. Electr. Bd. 61(1952), Nr. 5, S. 205...213.
[37] *Oudin, J.* und *H. Thévenon:* Influence de l'épaisseur des papiers sur l'ionisation des câbles à haute tension. Rev. gén. Electr. Bd. 62(1953), Nr. 12, S. 581...587.
[38] *Guthmann, R.:* Die Spannungsabhängigkeit des Verlustfaktors bei Folien-Papierkondensatoren. ETZ-A Bd. 75 (1954), Nr. 2, S. 45...48.
[39] *Wolf, J.:* Die Isolation in der Nachrichtentechnik. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 12, S. 381...390.
[40] *Gerber, Th.:* Sicherungsserien für Hitzdrahtpatronen mit verbesserter Isolation. Techn. Mitt. PTT Bd. 35(1955), Nr. 9.
[41] *Imhof, A.:* Das Hartpapier und die Thermoplaste. Micafil-Nachr. Bd. —(1945), S. 11...14.
[42] *Kappeler, H.:* Fortschritte im Bau von Kondensator-Durchführungen. Micafil-Nachr. Bd. —(1945), S. 1...6.
[43] *Keller, H.:* Das Papier als Dielektrikum in Fernsprechkabeln. Techn. Mitt. PTT Bd. 24(1946), Nr. 2, S. 49...55.

Adresse des Autors:

W. Dieterle, Dr. sc. techn., Wissenschaftliche Laboratorien der Abteilung für chemische Faserumwandlung der Sandoz A.-G., Basel.

Die in den schweizerischen 150-kV-Netzen vorkommenden Bedingungen in Bezug auf Abschaltleistung und Eigenfrequenz

Bericht über eine für das CIGRE-Schalterkomitee durchgeführte Umfrage bei den schweizerischen Elektrizitätswerken,

von *H. Schiller* und *P. Baltensperger,* Baden

621.311.1.027.1 (494) : 621.3.014.3 : 621.3.018.41

I. Einleitung

Im CIGRE-Schalterkomitee wurde 1952 vorgeschlagen, in den verschiedenen Ländern die Bedingungen zu studieren, unter welchen die Schalter arbeiten müssen. Seitdem wurde in der Schweiz eine erste Untersuchung für 50-kV-Netze abgeschlossen und ein diesbezüglicher Bericht veröffentlicht [1] [1]). Auch in Deutschland wurden von der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen ähnliche Untersuchungen in den deutschen 50...65-kV-Netzen durchgeführt und veröffentlicht [2]. Weitere Berichte aus anderen Ländern sind in Bearbeitung.

In der Schweiz wurde das Problem auch für die 150-kV-Netze behandelt, worüber in der vorliegenden Arbeit berichtet werden soll. Auf eine Erläuterung der Problemstellung, sowie auf Art und Charakter der Umfrage kann hiebei verzichtet werden, weil diese Punkte im vorangehenden Bericht [1] bereits ausführlich beschrieben wurden. Den Elektrizitätswerken wurde wiederum ein Fragebogen zugestellt, der die gleichen Fragen enthielt wie bei der ersten Umfrage; lediglich in der Gruppeneinteilung für die Abschaltleistungen waren entsprechend grössere Werte vorgesehen. Somit ist auch für die Fragestellung keine weitere Beschreibung erforderlich und es sollen hier nur die Resultate der neuen Untersuchung aufgeführt werden.

[1]) siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

II. Resultat und Auswertung der Umfrage

Den Fragen entsprechend sind die Resultate der Umfrage in Tabelle I zusammengestellt.

Bei der Auswertung ist von besonderem Interesse die Zahl der Netzpunkte, bei welchen der örtlich aufgebrachte Anteil der totalen Kurzschluss-

Tabelle I *Kurzschlussleistungen*

1	Gruppe MVA	I < 500			II >500...1000	
	Netz	A	B	Total	C	Total
2	Zahl der Netzpunkte entsprechender Leistung	1	2	3	1	1
3a	Zahl der Netzpunkte mit $\frac{P_L}{P_{tot.}} \geqq 50\%$	—	1	1	—	—
3b	Grösster Wert für $\frac{P_L}{P_{tot.}}$ %	—	65	—	—	—
3c	Zahl der abgehenden Leitungen in jedem Netzpunkt nach 3a	—	1	—	—	—
3d	Grösste Einheitsleistung in MVA in jedem Netzpunkt nach 3a	—	20	—	—	—
3e	Kurzschlussleistung im speisenden übergeordneten Netz 10^3 MVA	—	0,43	—	—	—
3f	Zahl der Generatoren oder Transformatoren in jedem Netzpunkt nach 3a	—	2 *T*	—	—	—
4	Zahl der Netzpunkte mit $\frac{P_L}{P_{tot.}} < 50\%$	1	1	2	1	1
5a	Zahl der Schalter in Netzpunkten nach 3a	—	3	3	—	—
5b	Zahl der Schalter in Netzpunkten nach 4	4	3	7	4	4
5c	Zahl der Schalter im Netz, total	4	6	10	4	4

leistung gross ist, sowie die Zahl der dort eingebauten Schalter, welche dementsprechend einen grossen Prozentsatz ihrer Nennabschaltleistung bei gleichzeitig hoher Eigenfrequenz bewältigen müssen. Dabei ist unter hoher Eigenfrequenz die allein durch die lokal speisende Anlage bedingte zu verstehen. Betrachten wir die Fälle, wo die örtlich erzeugte Kurzschlussleistung grösser als 50 % ist, so finden wir unter den 61 erfassten Netzpunkten nur einen einzigen solchen Netzpunkt. In diesem Netzpunkt sind 3 Schalter installiert, dies entspricht einem Anteil von 0,85 % aller Schalter. Dabei ist noch zu beachten, dass die Gesamtkurzschlussleistung dieses Netzpunktes nur 260 MVA beträgt, der Netzpunkt also der kleinsten betrachteten Leistungsgruppe angehört.

Bei den früheren Untersuchungen in den 50-kV-Netzen befanden sich insgesamt unter 139 Netzpunkten 21 Netzpunkte (15,1 %) mit einer örtlich aufgebrachten Kurzschlussleistung von mehr als 50 % der Gesamtkurzschlussleistung, während in den 150-kV-Netzen nur ein einziger solcher Netzpunkt ermittelt werden konnte. Die damals gegebenen graphischen Darstellungen können deshalb für 150-kV-Netze nicht aufgestellt werden. Diese Tatsache ist aber gleichzeitig ein überzeugender Beweis dafür, dass hohe Abschaltleistungen bei gleichzeitig hohen Eigenfrequenzen in den 150-kV-Netzen der Schweiz praktisch nicht vorkommen.

Betrachten wir ferner für alle Netzpunkte den Anteil der örtlich aufgebrachten Kurzschlussleistung im Verhältnis zur Gesamtkurzschlussleistung am selben Ort und tragen wir diesen Anteil in Abhängigkeit von der Gesamtkurzschlussleistung auf, so erhalten wir den in Fig. 1 wiedergegebenen Verlauf. Hieraus ist zu ersehen, dass der Anteil der örtlich aufgebrachten Kurzschlussleistung mit steigender Gesamtkurzschlussleistung geringer wird; dies besagt wiederum, dass mit steigender Abschaltleistung immer kleinere Eigenfrequenzen zu erwarten sind.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen in den schweizerischen 150-kV-Netzen bestätigt die Voraussetzungen, welche den Regeln des SEV für Schalter zu Grunde gelegt wurden und wonach für die volle Abschaltleistung eine relativ tiefe Eigen-

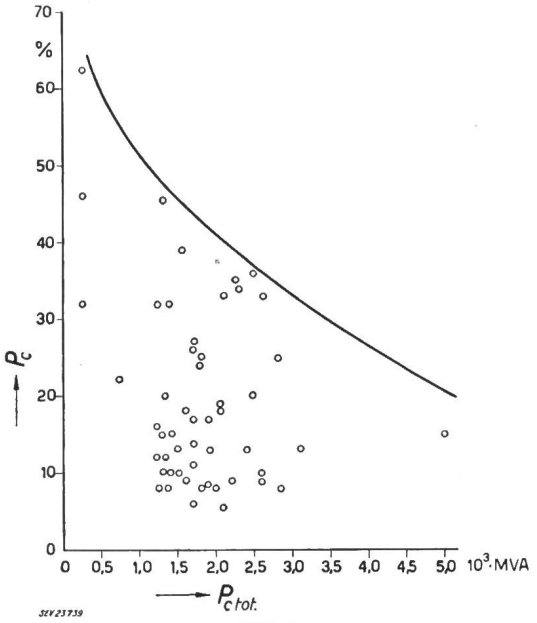

Fig. 1

Maximale örtlich aufgebrachte Kurzschlußleistung als Anteil der Gesamtkurzschlußleistung in den Netzpunkten der schweizerischen 150-kV-Werke

$P_{c\,tot.}$ Totale Kurzschlussleistungen in den verschiedenen Netzpunkten

P_c Örtlich erzeugte Kurzschlussleistung in %

frequenz vorgeschrieben ist, weil diese Leistung nur in Verbindung mit dem angeschlossenen Netz auftreten kann, währenddem anderseits für Abschaltungen mit einer Kurzschlussleistung von 50 % der Nennabschaltleistung eine 5mal höhere Eigenfrequenz gefordert wird.

Literatur

[1] *Schiller, H.*, und *H. Meyer*. Die in schweizerischen 50-kV-Netzen vorkommenden Bedingungen in bezug auf Abschalt-

in den schweizerischen 150-kV-Netzen Tabelle I

III > 1000...1500						IV > 1500...2000							V > 2000...2500							VI > 2500...3000					VII > 3000		
A	D	E	F	G	Total	A	B	D	E	F	H	Total	A	C	E	H	J	K	Total	E	F	H	J	Total	A	C	Total
6	5	2	1	1	15	4	1	5	6	1	1	18	2	1	4	2	4	1	14	1	5	1	1	8	1	1	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	5	2	1	1	15	4	1	5	6	1	1	18	2	1	4	2	4	1	14	1	5	1	1	8	1	1	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	29	6	7	4	69	20	4	34	24	3	3	88	19	5	36	16	21	8	105	12	37	6	5	60	15	2	17
23	29	6	7	4	69	20	4	34	24	3	3	88	19	5	36	16	21	8	105	12	37	6	5	60	15	2	17

leistung und Eigenfrequenz. Bericht über eine für das CIGRE-Schalterkomitee durchgeführte Umfrage bei schweizerischen Elektrizitätswerken. Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 13, S. 526...530 und 543.

[2] *Zaduk, H.* Die Beanspruchung der Höchstspannungsschalter in deutschen Netzen für 50...65 kV bezüglich Abschaltleistung und Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung. Berlin und Ruit über Esslingen: Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V. 1955: Archiv für Kraftwerks- und Netzbetrieb, Gruppe 0 434-1. (5 S. Text, 4 S. Tab. u. Fig.; vervielfältigt.)

Adresse der Autoren:

H. Schiller, Oberingenieur der Motor-Columbus A.-G., Baden (AG),

Dr. sc. math. *P. Baltensperger*, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Kurzschlussversuchslokal, Baden (AG).

Gummi als Elektrizitätsleiter in der Technik
Eigenschaften, allgemeine und besondere Anwendungen

Von *S. de Meij*, Delft

(Mitteilung Nr. 263a der Rubber-Stichting, Delft, Niederlande)

621.315.616.1 : 621.3

Es wird eine Übersicht der Eigenschaften und Anwendungen von elektrisch leitendem Gummi gegeben, wie er in der Technik zur Ableitung statischer Elektrizität sowie für Kabel und Heizung verwendet wird. Ferner werden die Möglichkeiten und die Schwierigkeiten der Anwendung auf elektronischem Gebiet und bei der Mess- und Regeltechnik behandelt.

Aperçu des propriétés et des applications du caoutchouc conduisant l'électricité, utilisé en technique pour l'élimination de charges statiques, ainsi que pour des câbles et pour le chauffage. L'auteur indique les possibilités et les difficultés de l'application au domaine de l'électronique et à celui de la métrologie et de la régulation.

A. Wie das elektrische Leiten des Gummis zustande kommt

Die Bezeichnung «leitender Gummi», der man in der letzten Zeit wiederholt in der technischen Literatur begegnet, steht scheinbar völlig im Widerspruch mit der Erfahrung, dass Gummi ein vortrefflicher Isolator ist. In Wirklichkeit ist diese Bezeichnung eigentlich unrichtig, denn der Gummi ist an und für sich nicht leitend.

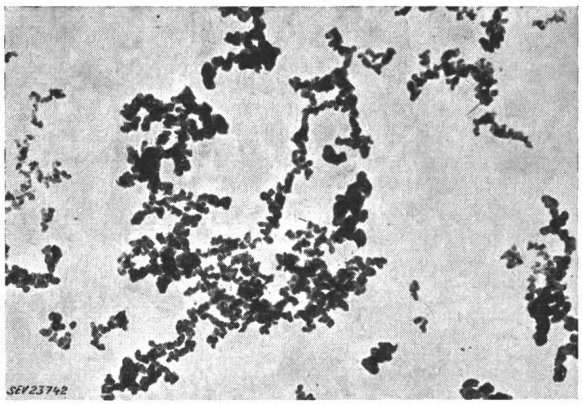

Fig. 1
Gasrussteilchen in Kettenformation

Die schwarze Farbe technischer Gummimischungen ist auf den Russ (carbon black) im Gummi zurückzuführen. Zwischen den Kautschuk-Molekülen und dem Russ sowie zwischen den Russteilchen untereinander treten starke Bindungskräfte auf, und diese sind die Ursache der grösseren Festigkeit von Gummi-Russ-Mischungen. Die Zugfestigkeit, die Härte und der Verschleisswiderstand nehmen zu; die elastischen Eigenschaften wie Bruchdehnung und bleibende Deformation gehen jedoch zurück. In welchem Mass dies geschieht, hängt von der Art und Menge des Russes ab. Es hat sich gezeigt, dass Teilchen bestimmter Rußsorten unter Einfluss der Wärmebewegung der langen Kautschuk-Moleküle aneinander kleben können und auf diese Weise mehr oder weniger lange Kohlenstoffketten im Gummi bilden. Die durchlaufenden Ketten sind die Ursache der Leitfähigkeit der Gummimischung. Nicht jede Rußsorte zeigt diese Eigenschaft; sie tritt am stärksten bei Azetylenruss und sogenanntem Ofenruss (furnace black) auf. Man kann jedoch gegenwärtig auch andere Rußsorten dank einer speziellen Nachbearbeitung «leitend» machen. Fig. 1 zeigt die Kettenbildung der Russteilchen. Es ist somit möglich, Materialien herzustellen, bei denen sich die elektrische Leitfähigkeit mit den günstigen mechanischen und elastischen Eigenschaften technischen (schwarzen) Gummis vereinigt.

B. Eigenschaften

Es zeigt sich, dass leitender Gummi der Erfüllung des Ohmschen Gesetzes sehr nahekommt. Eine allgemeine Beziehung zwischen Spannung und Strom wird durch $U^n = Ri = \varrho \frac{l}{A} i$ gegeben, wobei n und der spezifische Widerstand ϱ von der Zusammensetzung der Gummimischung abhängen. Bei Naturgummi und kleinen Russteilchen (0,03 μm) ist