

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 1

Artikel: Ueber Berührungsschutz in der Entstörungstechnik
Autor: Bühler, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060791>

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: 03.04.2025

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

Kurzvorträgeveranstaltung des SEV

vom 9. Juli 1938 in Freiburg.

Fortsetzung des Berichtes aus Nr. 26, S. 756 (1938).

Ueber Berührungsschutz in der Entstörungstechnik.

Referat¹⁾ von H. Bühler, Materialprüfanstalt des SEV, Zürich.

621.316.573 : 621.316.99 : 621.396.828

Es wird über Untersuchungen berichtet, die in mehreren Ländern zur Festlegung von Grenzen für Berührungsschutzkapazitäten ausgeführt worden sind. Dabei wird versucht, die Resultate im Gebiet zwischen Schwellwert und Schmerzgrenze auf das psycho-physische Grundgesetz von Weber-Fechner zurückzuführen.

L'auteur expose les recherches faites dans différents pays pour fixer des limites pour les condensateurs de protection. Il essaye de ramener à la loi fondamentale de Weber-Fechner les résultats obtenus entre la valeur de seuil et la sensation douloureuse.

Wenn sich in einem elektrischen Apparat das Auftreten von hochfrequenten Störspannungen nicht vermeiden lässt, so bleibt zur Entstörung nichts anderes übrig, als die Hochfrequenz möglichst im Innern des Apparates zu lokalisieren. Dazu ist die Kenntnis der Ausbreitungswege der störenden Hochfrequenz erforderlich. Sind die Ausbreitungswege erkannt, so gelingt es in vielen Fällen, die Ausbreitung der Störung dadurch wirksam zu vermindern, dass zwischen den Leitern, welche die Hochfrequenz führen, an geeigneter Stelle Kondensatoren eingeschaltet werden.

Enthält ein elektrischer Apparat beispielsweise einen Kollektormotor, dessen Eisen nicht vom metallenen Apparategehäuse isoliert ist, so wirkt das Gehäuse an der Ausbreitung der hochfrequenten Störung mit und muss in die Entstörung einbezogen werden. Es ist zu hoffen, dass die besonderen Erfordernisse der Entstörung von den Konstrukteuren immer mehr berücksichtigt werden. Besonders sollte die doppelte Isolation der Apparategehäuse zur Regel werden. Andernfalls lässt es sich meistens nicht umgehen, bei der Entstörung Kondensatoren zwischen spannungsführenden Teilen und berührbaren, nicht geerdeten Metallteilen einzuschalten. Solche Kondensatoren werden Berührungsschutzkondensatoren genannt und mit Ⓢ bezeichnet.

Um die Entstörung wirksam zu gestalten, sollte dabei die Kapazität eine gewisse Minimalgrösse nicht unterschreiten. Andererseits aber muss die Grösse der Kapazität wegen der Berührbarkeit und der damit verbundenen Elektrisierungsgefahr beschränkt bleiben.

Ueber die Grösse der zulässigen Berührungsschutzkapazitäten sind im Laufe der letzten Jahre zahlreiche Untersuchungen ausgeführt worden. Insbesondere hat sich das «Comité International des Perturbations Radiophoniques» (CISPR) und die «Internationale Installationsfragen-Kommission» (IFK) eingehend mit dieser Frage befasst. Durch statistische Auswertung von Versuchen an vielen Personen ist das Problem soweit gelöst, dass sowohl vom CISPR als auch von der IFK vor kurzem bereits quantitative Vorschläge für die Grenzwerte gemacht werden konnten.

Allgemein ist man sich darüber im klaren, dass zwar der Schwellwert, bei welchem empfindliche Personen die Elektrisierung gerade noch empfinden, etwas überschritten werden darf. Dagegen soll die Schmerzgrenze unter keinen Umständen erreicht werden, da solche Berührungen bei der grossen Zahl der elektrischen Haushaltapparate ziemlich oft vorkommen.

Physikalisch und psychologisch-physiologisch sind bei der Elektrisierung zunächst zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Gleichstromfall.

Ein Kondensator lädt oder entlädt sich mit einem einmaligen Stromstoss über den menschlichen Körper.

2. Wechselstromfall.

Nach einem Einschaltvorgang, der hier im allgemeinen aperiodisch verläuft, fliesst ein 50-periodiger Wechselstrom über den Kondensator durch den menschlichen Körper, wobei der Kondensator als Strombegrenzer wirkt.

Für die Art der Berührung kommen hier hauptsächlich «Tippen» und «Schalten» in Frage. «Tippen» ist kurzzeitiges, leichtes Berühren. Beim «Schalten» wird die Versuchselektrode spannungslos umfasst und dann die Spannung eingeschaltet.

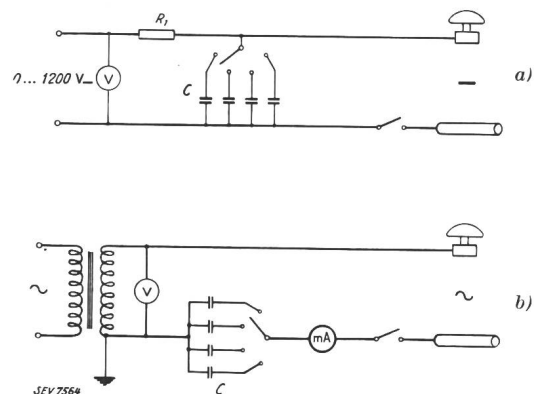


Fig. 1.
Versuchsanordnung.

Für die Versuche wurden im Prinzip die beiden Schaltungen Fig. 1 a und b verwendet. Die zylindrische Elektrode wird fest umfasst. Als Gefühlsskala wurden in der Reihenfolge grösserer Reiz-

¹⁾ Das Referat konnte mangels Zeit nicht gehalten werden.

stärke die Gefühlstufen Schwellwert, erster Schreck, Zuckgrenze und Schmerzgrenze benutzt (Fig. 2).

1. Der erste Fall ist besonders von *Stauss*, später aber auch noch vom Reichsverband der Elektrizitätsversorgung und von holländischer Seite untersucht worden.

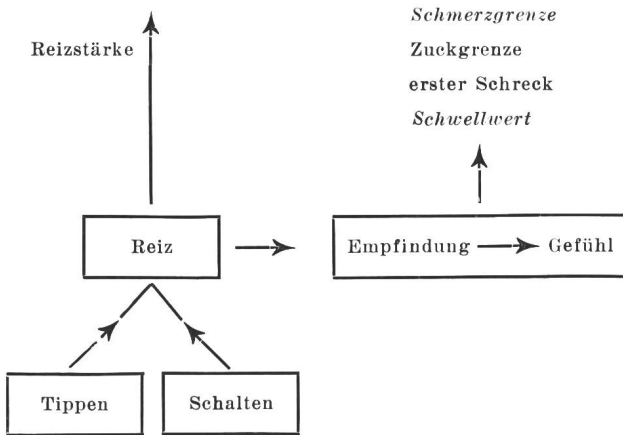


Fig. 2. Gefühlstufen.

Stauss fand rein experimentell, dass für konstante Empfindung

$$\log \frac{U}{U_0} \cdot \log \frac{Q}{Q_0} = \text{konstant}$$

gilt. Dabei bedeutet U die Spannung und Q die Ladung des Kondensators, während beispielsweise $U_0 = 50 \text{ V}$ und $Q_0 = 0,5 \text{ Mikro-Coulomb } (\mu\text{C})$ die Schwellwerte für «Tippen» sind.

Dieses *Staußsche* Gesetz kann aus dem bekannten *Weber-Fechnerschen* Gesetz hergeleitet werden, was kurz gezeigt werden soll.

Ein Reiz R mittlerer Stärke bewirkt eine Empfindung E . Nach *Weber-Fechner* ist für unsere Sinne die Zunahme ΔE der Empfindung proportional der Zunahme ΔR des Reizes, bezogen auf den bereits vorhandenen Reiz R ; d. h. es gilt mit k als Proportionalitätskonstante $\Delta E = k \cdot \frac{\Delta R}{R}$.

Schreibt man diesen Ausdruck mit *Fechner* als Differential und integriert die Empfindung von 0 bis E , den dazugehörenden Reiz von der Reizschwelle R_0 bis R , so folgt allgemein

$$\int_0^E dE = k \int_{R_0}^R \frac{dR}{R}, \text{ d. h. } E = k \cdot \log \frac{R}{R_0}.$$

Am Kondensator haben wir speziell die beiden Reizursachen Q und U . Davon bewirkt die Anwesenheit von Q bei der Entladung die Empfindung

$$E_1 = k_1 \cdot \log \frac{Q}{Q_0},$$

$$\text{die Spannung } U \text{ aber die Empfindung } E_2 = k_2 \cdot \log \frac{U}{U_0}.$$

Da die beiden Empfindungen E_1 und E_2 einander nicht ausschliessen, gleichzeitig vorhanden sind

und beliebig zusammentreffen können, bewirken sie zusammen eine Empfindung E , die eine Funktion f des Produktes $E_1 \cdot E_2$ sein wird:

$$E = f(E_1 \cdot E_2) = f \left\{ k_3 \cdot \log \frac{Q}{Q_0} \cdot \log \frac{U}{U_0} \right\}.$$

Das Gesetz von *Stauss* ist also der Ausdruck für das sinngemäss angewandte *Weber-Fechnersche* Gesetz.

Die holländischen Versuche haben dieses Gesetz im wesentlichen bestätigt. Der holländische CISPR-Vorschlag lautet

0 bis 50 V	keine Vorschrift
50 bis 500 V	$C \cdot U^3 = 0,125 \quad 0,125 \quad \text{F} \cdot \text{V}^3$
über 500 V	$C \cdot U = 0,5 \quad \mu\text{C}.$

2. Es hat den Anschein, dass bei Wechselstrom für die Empfindung bei schwachen bis mittleren Reizen hauptsächlich die Stromstärke oder im Zusammenhang mit der Berührungsart die Stromdichte massgebend ist. Der Schwellwert beträgt für empfindliche Frauen nach *Tompson* beim Betasten und Anfassen von Spannung führenden Teilen 0,2 Milliampère, beim Umfassen von Spannung führenden Teilen 0,5 mA. Für Männer gelten ähnliche Werte.

Aus den Versuchen von *Vieweg* ist bekannt, dass 0,5 mA in 50 % der Fälle erste Schreckwirkungen erzeugt. Man hat daher im CISPR für elektrische Haushaltapparate 0,5 mA' als Grenze angesetzt. Es ist dann $C \cdot U = 1,6 \mu\text{C}$, das heisst bei 250 V 50 Per./s darf die Berührungsschutzkapazität 0,005 μF nicht überschreiten.

Man kann hier den Wechselstrom als eine ununterbrochene Folge von Stromstössen bzw. Ladungstössen betrachten. Auf dieser Grundlage hat *Carstensen* den Zusammenhang zwischen dem Gleichstrom- und dem Wechselstromfall hergestellt. Annähernd gleich starke Empfindung ist dann vorhanden, wenn die Kondensatoren in beiden Fällen die gleiche Maximalspannung führen. Da 0,5 mA ein Effektivwert ist, darf der Berührungsschutzkondensator bei Gleichstrom eine Spannung besitzen, die gleich dem Scheitelwert der Wechselspannung ist. *Carstensen* schlägt daher vor, für den Gleichstromfall und kleine Kapazitäten

$$C \cdot U = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cong 2 \mu\text{C}$$

als Grenze anzusetzen.

Der IFK-Vorschlag von *Carstensen* lautet deshalb:

a) Wechselstrom:

$$\text{Für alle Spannungen und Kapazitäten } C \cdot U = 1,6 \mu\text{C}.$$

b) Gleichstrom:

0 bis 50 V	keine Vorschrift
50 bis 500 V	$C \cdot U^2 = 0,001 \quad \text{F} \cdot \text{V}^2 \text{ (Joule)}$
über 500 V	$C \cdot U = 2 \quad \mu\text{C}.$

Einige Kurven aus den Versuchen sind in Fig. 3 eingetragen. Der dänische Vorschlag ist stark ausgezogen.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass die Frage, auf was es bei der Elektrisierung an Kondensatoren im Gebiet mittlerer Reizstärke an-

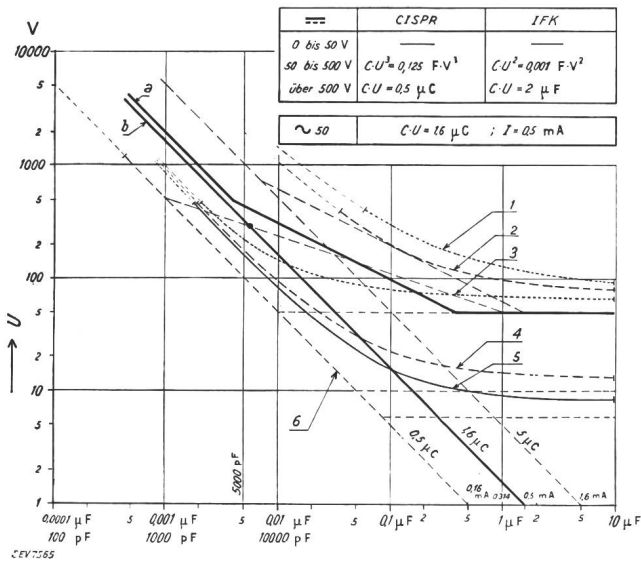


Fig. 3.

Grenze der Berührungsspannung in Funktion der Kondensatorgrösse.

- a Vorschlag Carstensen für Gleichstrom.
- b Vorschlag Carstensen für Wechselstrom von 50 Hz.
- Mittlere Kurven gleichen Gefühls:
- 1 Tippen, Schmerzgrenze.
- 2 Schalten, Schmerzgrenze.
- 3 Tippen, Schwellwert.
- 4 Schalten, Schwellwert.
- 5 Grossflächige Berührung, Schwellwert.
- 6 Schwellwert für ~ 50.

kommt, weitgehend abgeklärt ist. Das Weber-Fechnersche Gesetz beschreibt die Zusammenhänge.

Von den Versuchen zur Formulierung von Zulässigkeitsgrenzen durch Approximation ist insbesondere der von Carstensen ausgearbeitete und von seiten Dänemarks der IFK eingereichte Vorschlag sachgemäss und akzeptabel.

Literatur.

Benutzte Arbeiten.

EKZ (Wüger), Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. Bull. SEV 1929, Nr. 13.

G. Tompson, Electr. World Bd. 101 (1933), Nr. 24, S. 793.

R. Vieweg. Einige Versuche über Schreckwirkungen beim Durchgang kleiner Wechselströme durch den menschlichen Körper. (Mitteilg. aus der Physikal.-Techn. Reichsanstalt.) Elektrizitätswirtschaft, Bd. 2 (1933), S. 311.

H. Freiberger. Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Springer, Berlin 1934.

Otto Stauss, Die Wirkung von Kondensatorentladungen auf den menschlichen Körper. Elektrizitätswirtschaft 1935, 34, H. 23, S. 508.

Knud Carstensen, IFK (Ru) DK 107/37, Zulässige Kapazität von berührbaren Kondensatoren. 25. Mai 1937.

Reichsverband der Elektrizitäts-Versorgung. Dr. Dennhard. 27. Jan. 1938. (110 V, 220 V.)

CEI, 12 (Pays-Bas) 108, So. JB. Jan. 1938. Rapport sur les recherches concernant la sensibilité de l'homme aux chocs de courant.

Knud Carstensen, IFK (Stör) DK 104/38, 18. Mai 1938, Zulässige Grösse von Berührungskondensatoren.

La foudre et les installations électriques intérieures.

Conférence donnée lors de la Journée de conférences de l'ASE du 9 juillet 1938 à Fribourg par Ch. Morel, Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS, Zurich, et discussion.

551.594.2 : 621.316.93

L'auteur donne un aperçu des dommages causés en Suisse par la foudre. Il décrit en particulier comment les décharges pénètrent dans les bâtiments par les installations électriques, et montre quelles mesures de protection il est indiqué de prendre.

Der Autor gibt eine Uebersicht über die Schäden, die durch Blitzschlag in der Schweiz angerichtet wurden. Er beschreibt dabei insbesondere, wie der Blitz über das elektrische Leitungsnetz in ein Gebäude eindringen kann, und zeigt daran, welche Schutzmassnahmen ergriffen werden müssen.

Il y a 4 ans, à Aarau, vous avez entendu un exposé sur la foudre et les dommages qu'elle cause en particulier aux bâtiments. Depuis cette époque, le secrétariat général a poursuivi ses enquêtes et investigations et, grâce à l'amabilité de plusieurs instituts cantonaux d'assurance, nous avons pu examiner sur place maint cas intéressant. Cela nous a permis de rassembler une très riche documentation, dont nous voulons tirer aujourd'hui quelques considérations au sujet des installations électriques intérieures.

Quelques chiffres tirés de la statistique que nous poursuivons depuis plusieurs années aideront à situer le problème.

De 1925 à 1936, soit pendant 12 années, la foudre a touché, directement ou indirectement, dans les 18 cantons englobés par notre enquête 6301 bâtiments d'une valeur totale de fr. 363 044 340.—, causant pour fr. 5 049 305.— de dommages, mobi-

lier non compris. (A ce propos, l'électricité, l'incendiaire par excellence au dire de certains, n'a provoqué durant la même période, que pour 3 millions de francs de dommages prouvés. On lui a en outre mis sur le dos 3 autres millions dans des cas où on la présume seulement.) De ces bâtiments, la moitié environ (3122) n'ont été atteints qu'indirectement par des décharges d'origine atmosphérique. Les indemnités versées se sont élevées à fr. 542 860.—, soit 1/9 environ des indemnités totales. (Pour être complet, il faudrait ajouter à ce chiffre les dommages causés aux installations électriques lors de décharges directes, ainsi que tous ceux qui ne donnent lieu à aucune indemnité, fusibles, lampes, etc. Cependant il est très difficile d'estimer ce montant.) Le dommage relatif s'élève à 2,6 ‰ de la valeur assurée pour les bâtiments non protégés, et à 2,5 ‰ pour les bâtiments protégés. La présence d'un paratonnerre semble donc ne pas influencer sensible-