

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 28 (1937)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Messungen der hochfrequenten Fahrdratimpedanz von Strassenbahnen  
**Autor:** Gerber, W. / Kölliker, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058783>

### **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>**

Die gleichzeitige Existenz verschiedener Störkomponenten wird u. a. durch das Auftreten unstabiler Störkennlinien nach Fig. 3 erhärtet, wonach der Störungszustand eines Gleichrichters sprunghaft wechselt.

**Störwerte.**

Die Fig. 4 ist eine Zusammenfassung statistisch gemessener Störwerte für den Leerlaufzustand und 200 A Gleichstrombelastung. Aus den bisherigen Störschutzmassnahmen an Strassenbahnen ist bekannt, dass eine Begrenzung der Störspannung am Fahrdrabt auf maximal 10 mV mit einfachen Mit-

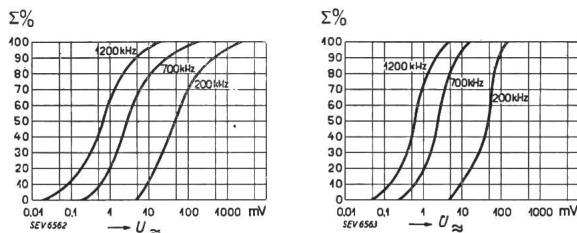


Fig. 4.

Summenkurven für die Grösse der gemessenen Störspannung von zwanzig Mutatoranlagen. Mutator im Leerlauf (links); 200-A-Gleichstrombelastung (rechts).

tern erreichbar und unbedingt nötig ist. Ein gleiches Mass der Störbegrenzung ist auch bei Mutatoren für Tram- und andere Schmalspurbahnen erwünscht, besonders bei Neuanlagen oder allgemeinen Entstörungsaktionen. Ein Vergleich der Summenkurven in Fig. 4 zeigt, dass Mutatoren hauptsächlich langwellige Störer sind und besonders im Leerlaufzustand bedeutende Störungen des Rundspruchempfanges erzeugen können.

Die in Fig. 4 dargestellten Werte beziehen sich ausschliesslich auf nicht entstörte Mutatoranlagen. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass die für niederfrequente Entstörungen der Mutatoren verwendeten Filter im Bereich der Rundspruchfrequenzen unwirksam sind. Ferner wurde zwischen den Störwerten von Eisen- und Glas-Mutatoren kein Unterschied gefunden.

**Messungen der hochfrequenten Fahrdrabtimpedanz von Strassenbahnen.**

Von W. Gerber und H. Kölliker, Bern.

621.317.334 : 621.332.31 : 621.396.823

An einem zentralen Knotenpunkt und an drei Aussenlinien der Berner Strassenbahnen wurden Fahrdrabtimpedanzen in Funktion der Frequenz gemessen. Es zeigt sich, dass die Fahrdrabtimpedanz im Frequenzbereich von 150 bis 1500 kHz, infolge zahlreicher Reflexionsstellen, zwischen 25 und 1800 Ohm streut; 50 % aller Werte liegen über bzw. unter 200 Ohm.

Für das physikalische Verständnis der Rundspruchstörungen durch elektrische Strassenbahnen, sowie für die Projektierung gewisser Störschutzmassnahmen sind exakte Vorstellungen über die Grösse der hochfrequenten Fahrdrabtimpedanz nötig. Im zuvorkommenden Einverständnis der Bahndirektion hat deshalb die Telegraphen- und Telefonverwaltung im Fahrleitungsnetz der Berner Strassenbahnen statistische Impedanzmessungen

**Impedanz und Dämpfung der Fahrleitungsanlagen.**

Die Kenntnis der hochfrequenten Eigenschaften von Fahrleitungsanlagen, als hauptsächliche Störungsträger, ist von wesentlicher Bedeutung.

Entsprechend Fig. 5 sei eine Mutatoranlage mit der hochfrequenten Ursprungsspannung  $U_0'$  und der Hoch-

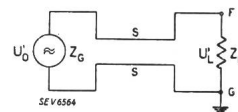


Fig. 5.

Ersatzschema einer über die Fahrleitung störenden Mutatoranlage.

frequenzimpedanz  $Z_G$  über die Speiseleitung  $S$  an die Fahrleitung  $F$  und das Geleise  $G$  angeschlossen. Die Mutatoranlage als Störgenerator ist dann durch die hochfrequente Fahrleitungsimpedanz  $Z_L$  belastet. Nach statistischen Messungen im Fahrleitungsnetz der Berner Strassenbahnen liegt  $Z_L$  im Bereich von 25 bis 1800 Ohm; 50 % aller Werte liegen unter bzw. über 200 Ohm. Die grosse Streuung der Impedanzwerte ist in erster Linie durch die zahlreichen Reflexionsstellen im Fahrleitungsnetz bedingt. In einiger Entfernung vom Speisepunkt können deshalb, je nach den Impedanzverhältnissen, grössere und kleinere Störspannungen auftreten. Die Art der Speiseleitung ist meistens unwesentlich, weil der innere Widerstand der Mutatorstation, besonders im Langwellenbereich, klein ist gegenüber der Fahrleitungsimpedanz. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet die Anlage der Berner Strassenbahn, wo sämtliche Mutatoren in einem grossen Werk parallelgeschaltet sind. Durch die daraus resultierende Parallelschaltung der zahlreichen abgehenden Speisekabel sind die Störspannungen gegen Erde hochfrequent kurzgeschlossen, so dass die Störwerte an den Speisepunkten des Fahrleitungsnetzes innerhalb zulässiger Grenzen bleiben.

Störwellen werden auf der Fahrleitung mit zunehmender Entfernung vom Speisepunkt gedämpft. Für den Mittelwert der Dämpfung über grössere Distanzen wurde an einer Schmalspurbahn folgende Betragsgleichung ermittelt:

$$\beta_{Nep/km} = 0,5 \cdot f_{MHz} + 0,14 f_{MHz}^2$$

*L'impédance du fil de contact a été mesurée en fonction de la fréquence à un point nodal central et sur trois lignes extérieures des tramways bernois. On a constaté que, dans la bande de fréquences de 150 à 1500 kHz, l'impédance du fil de contact varie entre 25 et 1800 ohms par suite de nombreux points de réflexion; dans le 50 % des cas, la valeur mesurée est au-dessus ou au-dessous de 200 ohms.*

durchgeführt. Die Ergebnisse sind gleichzeitig ein Beitrag zum Wanderwellenproblem.

Durch einfache Umformungen der bekannten Formel der Doppelleitung erhält man für den Wellenwiderstand eines gleichförmigen Fahrdrabtes folgende Beziehung:

$$Z_w = 60 \log. \text{nat.} \frac{2 h}{r}$$

Darin bedeuten:

- $Z_w$  Wellenwiderstand des Fahrdrahtes gegen Erde in Ohm.  
 $h$  Höhe des Fahrdrahtes über Erdboden in cm.  
 $r$  Fahrdrahtradius in cm.

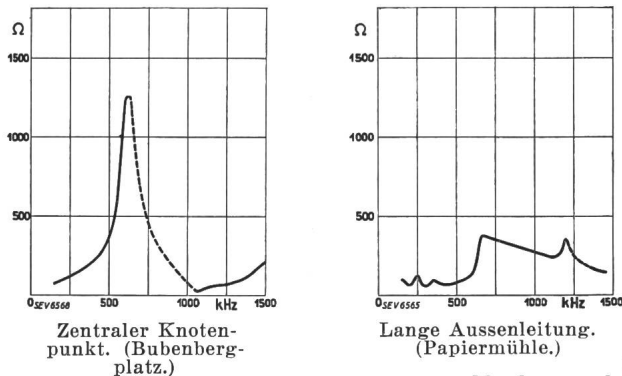


Fig. 1.  
 Messkurven der Fahrdrahtimpedanz.  
 — ohmisch-induktive Werte. ---- ohmisch-kapazitive Werte.

Ein normaler Fahrdraht von 0,5 cm Radius, in 580 cm mittlerer Höhe, hat demnach einen Wellenwiderstand von 464 Ohm.

Erstreckt sich die Fahrleitung vom Aufpunkt nach beiden Richtungen, so sind die Wellenwiderstände der beiden Richtungen parallel geschaltet.

Infolge zahlreicher Reflexionsstellen im Fahrleitungsnetz tritt der Wellenwiderstand praktisch jedoch nicht in Erscheinung. Solche Reflexionsstellen sind: Fahrdrahtverzweigungen, Speisepunkte, Fahrleitungsenden, Streckentrenner, Parallelschaltungen, Profiländerungen, Unterführungen und die Triebfahrzeuge der Strassenbahn.

Fig. 1 zeigt nun die Resultate statistischer Impedanzmessungen im Fahrleitungsnetz der Berner Strassenbahnen. Die Messungen wurden durchgeführt an einem zentralen Knotenpunkt des gesam-

ten Netzes und an drei Aussenlinien. Im Messbereich von 150 bis 1500 kHz liegen bereits ein bis mehrere Resonanzstellen. Dabei sind sowohl die Absolutwerte der Impedanzen, als auch die ohmisch-induktiven und ohmisch-kapazitiven Werte, im

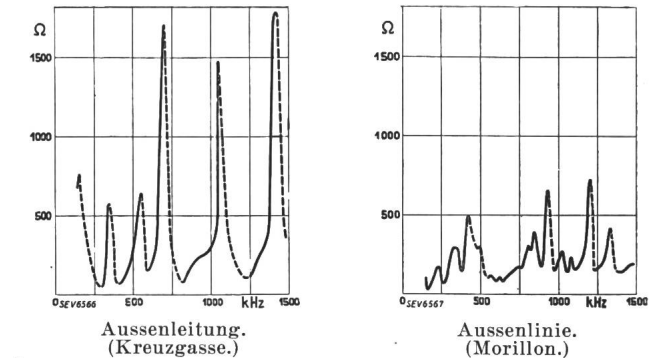


Fig. 2.  
 Häufigkeitssummenkurve der Fahrdrahtimpedanzwerte im Frequenzbereich von 150 bis 1500 kHz.

Mittel der gesamten Statistik ziemlich gleichmässig über den gemessenen Frequenzbereich verteilt.

In Fig. 2 sind die Impedanzwerte der Fig. 1 zusammengefasst. Im Frequenzbereich von 150 bis

1500 kHz streut also die Fahrdrahtimpedanz in den Grenzen von 25 bis 1800 Ohm; 50% aller Werte liegen über bzw. unter 200 Ohm.

## Considération sur les coupe-circuit haute tension à haut pouvoir de coupure.

Par René Besson, Genève.

621.316.923.2

L'auteur retrace brièvement l'évolution du coupe-circuit à fusible dont il rappelle les qualités fondamentales de simplicité et de constance dans le fonctionnement, puis il considère les cartouches fusibles modernes dites «à haut pouvoir de coupure». La notion du pouvoir de coupure d'une cartouche fusible est encore mal déterminée: est-ce la plus forte intensité de fusion admissible dans cette cartouche, valeur représentative du travail interne développé par la coupure du courant de court-circuit considéré si le fusible n'y était pas intercalé? L'auteur indique que cette notion devra être précisée par l'ASE en même temps que sera établie une méthode d'investigation permettant de déterminer le pouvoir de coupure réel d'une cartouche sous les diverses surintensités qui peuvent pratiquement la solliciter. Ayant ainsi exposé les données d'un problème qui reste à résoudre, l'auteur décrit ensuite dans tous ses détails constructifs un coupe-circuit à cartouche fusible pour hautes tensions auquel de récents essais ont permis d'assigner un pouvoir de coupure de 100 000 kVA environ.

Der Autor skizziert kurz die Entwicklung der Schmelzsicherung, ihre Einfachheit und Regelmässigkeit und betrachtet hierauf die modernen, sogenannten «Hochleistungs-Schmelzsicherungen». Der Begriff der Abschaltleistung einer solchen Schmelzsicherung ist noch unklar definiert; entspricht sie dem maximal zulässigen Schmelzstrom in dieser Patrone, d. h. der inneren Leistung, welche durch die Unterbrechung des Kurzschlussstromes aufgenommen werden kann, oder entspricht sie dem Ueberstrom, der erreicht würde, wenn die Schmelzpatrone nicht in den betrachteten Stromkreis eingeschaltet wäre? Der Autor regt an, diesen Begriff durch den SEV genau definieren zu lassen und gleichzeitig eine Methode aufzustellen, welche erlaubt, die wirkliche Abschaltleistung einer Patrone bei den verschiedenen Ueberströmen, denen sie praktisch ausgesetzt werden kann, zu bestimmen. Nach Stellung dieses noch zu lösenden Problems wird eine Hochleistungssicherung für Hochspannung in allen ihren konstruktiven Einzelheiten beschrieben, eine Sicherung, die sich bei kürzlich ausgeführten Versuchen über eine Abschaltleistung von ungefähr 100 000 kVA ausgewiesen hat.

Le coupe-circuit avec élément fusible est le plus ancien de tous les appareils utilisés pour parer aux conséquences des surintensités électriques et il a la

réputation d'être aussi le plus simple et le plus sûr, de par l'absence de tout mécanisme et la constance de l'effet joule sur lequel son fonctionnement est basé.