

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 28 (1937)

**Heft:** 25

**Artikel:** Hochfrequente Radiostörungen durch Drehstrom-Gleichstrom-Bahn-Mutatoren

**Autor:** Gerber, W. / Kölliker, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059896>

#### 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:** 17.02.2026

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

dauern, nämlich bis der Elektrokessel abgeschaltet ist. Nach dieser Abschaltung des Kessels kann die Erdschluss-Prüfeinrichtung im Unterwerk den Erdschluss normal anzeigen. Je nach der gewählten Ansprechstromstärke des Erdschlussrelais einer Elektrokesselanlage gibt es aber Erdschlussfälle, bei welchen der Kessel nicht abgeschaltet wird und Zustände wie im vorigen Bild gezeigt entstehen können.

Je kleiner der kapazitive Erdschlussstrom eines Netzes und je grösser die Leistung eines daran an-

geschlossenen Elektrokessels ist, desto eher zeigt die Erdschlussprüfeinrichtung den Erdschluss nicht an. Um solche unliebsame Zustände zu vermeiden, ist es daher zweckmässig, wo es angeht, die Elektrokessel über separate Leitungen, die außerdem an einen Separatbetrieb im Unterwerk angeschlossen sein müssen, anzuschliessen. In diesem Falle werden die Anzeigen der Erdschlussprüfeinrichtung des Normalbetriebes und die EMK an der Erdschlussstelle nicht mehr vom Betriebszustande des Elektrokessels beeinflusst.

## Hochfrequente Radiostörungen durch Drehstrom-Gleichstrom-Bahn-Mutatoren.

Von W. Gerber und H. Kölliker, Bern.

621.396.833

*Die Natur der Radiostörungen, welche Drehstrom-Gleichstrom-Bahn-Mutatoren erzeugen, wird kurz beschrieben. Der massgebende Störungsträger ist in den meisten Fällen die Fahrleitung, d. h. die Gleichstromseite. Kennlinien zeigen die Abhängigkeit der Störspannung von der Belastung des Mutators. Aus den Messungen bei verschiedenen Frequenzen ist weiter ersichtlich, dass Mutatoren hauptsächlich langwellige Störeinflüsse sind. Eisen- und Glasmutatoren sind hinsichtlich der Störwirkung nicht verschieden. Die gebräuchlichen Filter zur niederfrequenten Entstörung sind hochfrequent unwirksam. Für die Ausbreitungsdämpfung der Störwellen über die Fahrleitung einer Schmalspurbahn wird eine Beitragsgleichung angegeben.*

*La nature des perturbations radioélectriques engendrées par les mutateurs polyphasé — continu pour chemins de fer est décrite succinctement. Dans la plupart des cas, les perturbations sont principalement transmises par le fil de contact, c'est-à-dire par le côté courant continu. Des diagrammes montrent la tension perturbatrice en fonction de la charge des mutateurs. Il ressort en outre des mesures effectuées avec différentes fréquences que les mutateurs sont principalement des éléments perturbateurs à ondes longues. Les mutateurs en fer et en verre ne présentent pas de différence en ce qui concerne l'effet perturbateur. Les filtres employés couramment pour l'élimination des perturbations de basse fréquence sont inefficaces dans le cas de la haute fréquence. Une formule indique l'affaiblissement de propagation des ondes perturbatrices sur le fil de contact d'un chemin de fer à voie étroite.*

Infolge zahlreicher Störungen des Rundspruchempfanges durch Quecksilberdampf-Mutatoren der Strassen- und anderer Schmalspurbahnen führte die Telegraphen- und Telephonverwaltung statistische Erhebungen durch. Es wurden zwanzig störende Anlagen mit Eisen-Mutatoren und eine störende Anlage mit Glasmutatoren untersucht; Mutatoren mit Gittersteuerung waren nicht vertreten.

### Störungsbild.

Hochfrequente Störungen werden durch die elektrischen Gasentladungen im Mutator erzeugt und auf die abgehenden Leitungen der Gleich- und Wechselstromseite übertragen. Die Störbeeinflussung der Empfangseinrichtungen erfolgt dabei vorwiegend durch das hochfrequente Nahfeld der Fahrleitungsanlagen. Eine Mutatoranlage kann aber auch über die Wechselstromseite störend wirken, besonders wenn die Primärleitung mit dem Ortsnetz gekoppelt ist. Zur Beurteilung einer Mutatoranlage werden hauptsächlich die Störspannungen am Speisepunkt, zwischen Fahrleitung und Erde, gemessen.

Entsprechend der Zusammensetzung aus störenden Entladungsvorgängen im Kessel sind die Störungen im Empfangslautsprecher mehr tönend oder geräuschartig kratzend.

### Störkennlinien.

Die Störspannung der Quecksilberdampf-Mutatoren wird zweckmässig in Funktion der Gleich-

strombelastung bei verschiedenen Messfrequenzen aufgenommen. Man erhält dann Kennlinien, wovon Fig. 1 zwei typische Formen zeigt. Entsprechend

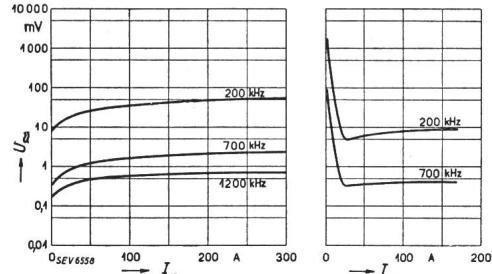


Fig. 1.  
Typische Störkennlinien. Störspannung in mV in Funktion der Gleichstrombelastung in A von zwei verschiedenen Gleichrichteranlagen.

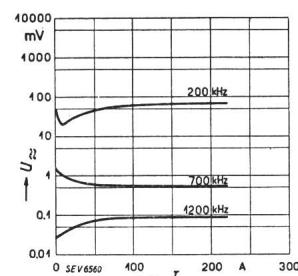


Fig. 2.  
Zwischenformen von Störkennlinien.

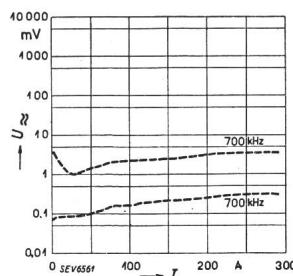


Fig. 3.  
Unstabile Störkennlinien.

Fig. 2 bestehen weiter unzählige Zwischenformen, nach dem Aufbau der resultierenden Störspannung aus den einzelnen physikalischen Störkomponenten.

Die gleichzeitige Existenz verschiedener Störkomponenten wird u. a. durch das Auftreten instabiler Störkennlinien nach Fig. 3 erhärtet, wonach der Störungszustand eines Gleichrichters sprungartig 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 Fahrdrat auf maximal 10 mV mit einfachen Mit-

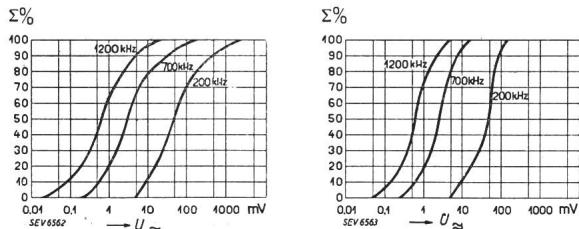


Fig. 4.

Summenkurven für die Grösse der gemessenen Störspannung von zwanzig Mutatoranlagen.

Mutator im Leerlauf (links); 200-A-Gleichstrombelastung (rechts).

teln 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 niedrfrequente Entstörungen der Mutatoren verwendeten Filter im Bereich der Rundspruchfrequenzen unwirksam sind. Ferner wurde zwischen den Störwerten von Eisen- und Glas-Mutatoren kein Unterschied gefunden.

#### 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 Urspannung  $U_0'$  und der Hoch-

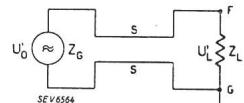


Fig. 5.

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:

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

#### Messungen der hochfrequenten Fahrdrahtimpedanz von Strassenbahnen.

Von W. Gerber und H. Kölliker, Bern.

621.317.334 : 621.332.31 : 621.393.823

An einem zentralen Knotenpunkt und an drei Außenlinien der Berner Strassenbahnen wurden Fahrdrahtimpedanzen in Funktion der Frequenz gemessen. Es zeigt sich, dass die Fahrdrahtimpedanz 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.

*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.*

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

durchgeführt. Die Ergebnisse sind gleichzeitig ein Beitrag zum Wanderwellenproblem.

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

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