# Die Flüsterseile

Autor(en): **Straumann, Ueli**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **103 (2012)**

Heft 10

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857348

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Die Flüsterseile

## Geräuschreduktion bei neuen Hochspannungsfreileitungsseilen

Leitungsbetreiber sehen sich heute mit diversen Herausforderungen konfrontiert – magnetische und elektrische Felder am Boden, die optische Erscheinung der Leitungen sowie durch Korona-Entladungen verursachte Geräuschemissionen. Durch die Zunahme der benötigten Übertragungskapazität ist ein entsprechender Ausbaubedarf gegeben. Leisere Leitungen könnten die Akzeptanz in der Gesellschaft steigern und die Genehmigungsverfahren beschleunigen.

**Ueli Straumann**

Der Einsatz von Hochspannung bei der elektrischen Energieübertragung hat hohe Feldstärken in der näheren Umgebung der Leiter der Hochspannungsfreileitungen zur Folge.

Als in den 1920er-Jahren der Bedarf an Übertragungskapazität und -länge so weit angestiegen war, dass man sich gezwungen sah, die Betriebsspannung auf die Spannungsebene von 220 kV zu steigern, traten in diesem Zusammenhang an Freileitungen vermehrt Probleme mit sogenannter Korona auf. Diese besteht aus ionisierenden Entladungen im Bereich hoher elektrischer Feldstärke in unmittelbarer Nähe der Leiterseile (Bild 1). Die Korona-Probleme waren damals so signifikant, dass für eine weitere Steigerung der Betriebsspannung Gegenmassnahmen benötigt wurden, wofür relativ schnell die Vorzüge einer Bündelung mehrerer Einzelseile zu einem Bündel entdeckt wurden. So wurden bei der schwedischen Verbindung Harspåanget–Hallsberg in den 1950er-Jahren, der weltweit ersten Leitung der 380-kV-Spannungsebene, zum ersten Mal Leiterbündel eingesetzt.

Seit dieser Zeit werden die Leitungen grundsätzlich so dimensioniert, dass es an sauberen, mechanisch unbeschädigten Seiloberflächen zu keiner Korona kommt. Weichen die Seile aber durch Beschädigung der Seiloberfläche, Verschmutzungen mit grösseren Partikeln oder Wasser, Schnee und Eis von diesem Idealzustand ab, so können die elektrischen Feldstärken dennoch so gross werden, dass Korona-Entladungen einsetzen.

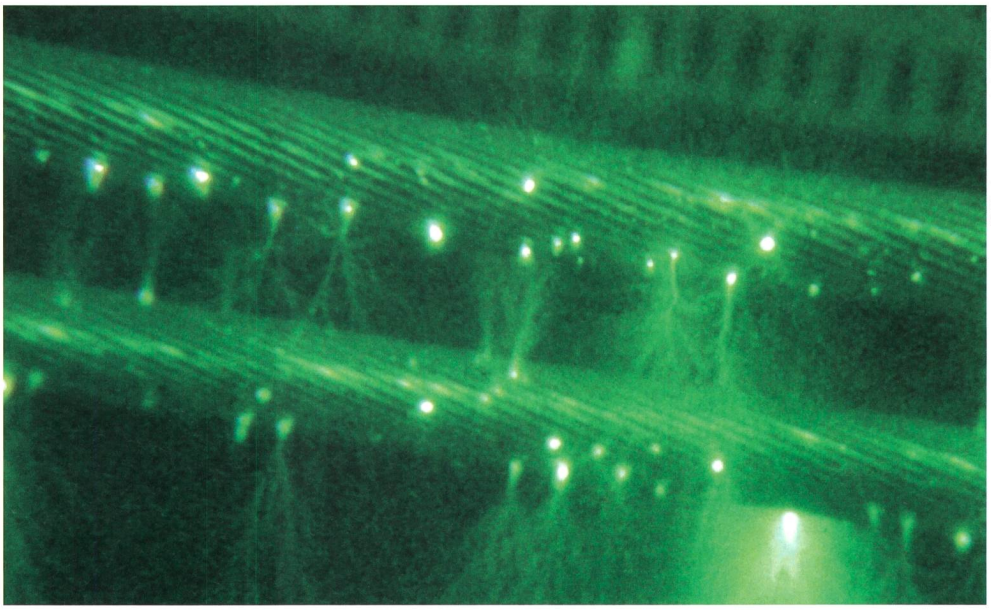
### Auswirkung der Korona

Nebst elektrischen Verlusten und heute nicht mehr sonderlich relevanten Störungen des (Mittelwellen-)Radioempfangs macht sich ein Teil der Korona-Entladungen auch akustisch durch ein prasselndes und knackendes Geräusch bemerkbar. Diese breitbandigen Geräusche werden gewöhnlich durch eine weitere, tonale Emission doppelter Netzfrequenz (Brummton mit 100 Hz) und, schwächer, deren höheren Harmonischen begleitet (Bild 2).

### Mechanismus der Geräuschemissionen

Das Phänomen der tonalen Emission blieb lange weitgehend unverstanden. Erst in jüngster Zeit konnte der hierzu relevante physikalische Prozess befriedigend beschrieben und durch Messungen quantitativ untermauert werden [1, 2].

Während das breitbandige Geräusch seinen Ursprung direkt in der Ionisation während pulshaft verlaufender Korona hat, entsteht das tonale Geräusch durch die Bewegung der Ionen, welche durch die Ionisationen in den Korona-Entladungen gebildet wurden. Diese Ionen



FG Hochspannungstechnik, ETH Zürich

**Bild 1** UV-Aufnahme an zwei Hochspannungsleiterseilen mit starker Korona.

FG Hochspannungstechnik, ETH Zürich

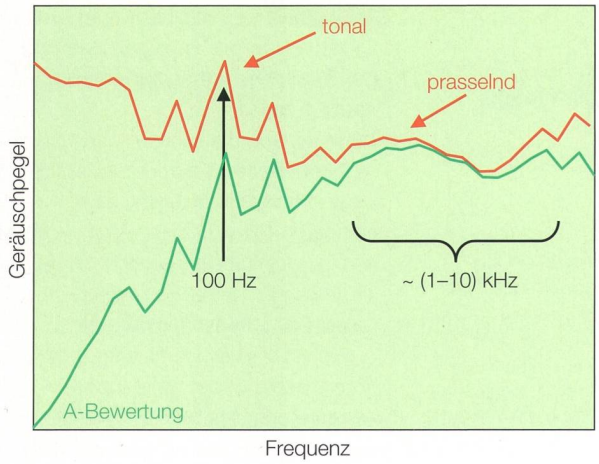



**Bild 2** Beispiel eines Spektrums der akustischen Emission einer Hochspannungsfreileitung mit und ohne A-Bewertung der Pegel.

FG Hochspannungstechnik, ETH Zürich

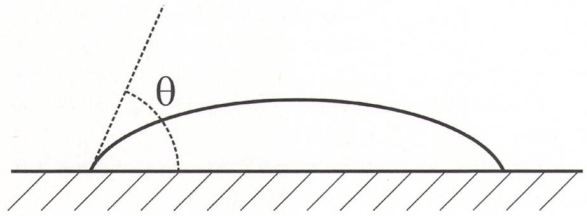



**Bild 3** Wassertropfen mit Kontaktwinkel $\theta$ auf einer Ebene sitzend.

weisen eine durch das elektrische Feld verursachte mittlere Bewegung im Gas um die Leiterseile auf. Durch diese gerichtete Bewegung der Ionen werden dem neutralen Gas über Stossprozesse Wärme und, in der Summe, Impulse übertragen. Beide Grössen sind Quellen einer tonalen Emission, die bei genauerer Untersuchung oft in derselben Grössenordnung liegt.

Andere in der Literatur vorgeschlagenen Mechanismen der tonalen Emission, wie z.B. tonale Emission durch die Bewegung von Wassertropfen (analog zu Lautsprechermembranen) oder die Modulierung der einzelnen Pulse der Entladung (d.h. der Bestandteile des breitbandigen, prasselnden Geräuschs), halten einer genauen Überprüfung nicht stand.

Die tonale Emission ist also, wie das breitbandige Geräusch, quantitativ mit der Korona-Aktivität verknüpft.

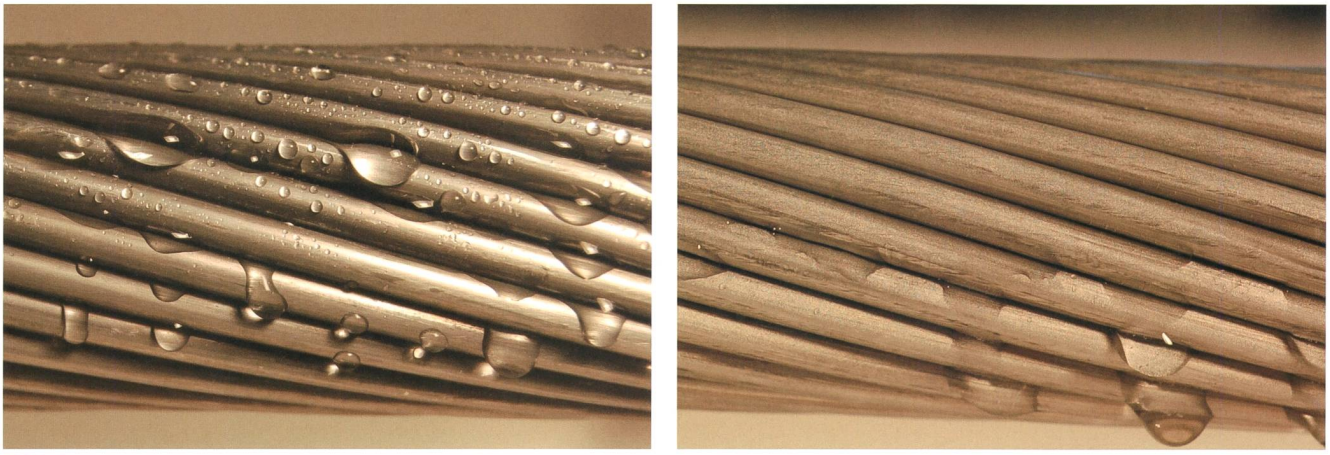
## Massnahmen

Die grössten Geräuschpegel treten normalerweise bei nassen Freileitungsseilen im Zusammenhang mit Regen auf. Durch das elektrische Wechselfeld bewegen sich die Wassertropfen auf dem Leiterseil. Für die Anhebung des elektrischen Feldes an einem Wassertropfen und damit für den Einsatz von Korona ist die Form des oszillierenden Wassertropfens entscheidend. Letztere wird durch die Benetzbarkeit der Oberfläche, auf der sich die Tropfen befinden, wesentlich beeinflusst. Diese Eigenschaft kann mittels des Kontaktwinkels **(Bild 3)** charakterisiert werden. Oberflächen mit sehr kleinen Kontaktwinkeln bezeichnet man als hydrophil, während jene mit grossen Kontaktwinkeln als hydrophob bezeichnet werden.

Mit zunehmendem Alter der Leiterseile, die zumindest in den oberen Drahtschichten alle aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen bestehen, nimmt die Hydrophilie der Oberfläche stetig zu. Diese vermutlich auf dem Übergang von Aluminiumoxid an der Seiloberfläche zu Aluminiumhydroxid basierende Zunahme an Hydrophilie findet über Jahre statt [3].

Wenn nun neue Leiterseile Verwendung finden (Neubau oder Umrüstung), so ist mit den neuen Seilen (im Vergleich zu den alten) mit einer Zunahme an Korona und damit der Geräusche zu rechnen. Entsprechend ist es für Leitungsbetreiber von Interesse, den gewünschten geräuschreduzierenden Effekt der Alterung durch eine geeignete Massnahme in der Seilproduktion schon früher zu erreichen.

In der Literatur sind deshalb viele Vorschläge zur hydrophilisierenden Behandlung (neuer) Leiterseile zu finden. Von all diesen Vorschlägen hat jedoch keine Massnahme den Weg in die Realisierung gefunden, und die bisher einzig angewandte Massnahme zur Senkung der Geräuschemission war die Verwendung einer höheren Anzahl Teilleiter oder dickerer Teilleiter im Bündel. Diese Massnahme ist für die Leitungsbetreiber meist mit inakzeptabel hohen Kosten verbunden und geht zudem mit erhöhten elektrischen Feldern in Bodennähe einher.



[3]

**Bild 4** Wassertropfen auf einem besprühten neuen Seil ohne Behandlung (links) und mit Aufrauung (rechts).

Die Hydrophilie neuer Leiterseile lässt sich auch durch Aufrauen der Seiloberfläche verbessern. Das Aufrauen glatter Oberflächen verstärkt eine bestehende Tendenz in Richtung grosser ($\theta > 90°$) bzw. kleiner ($\theta < 90°$) Kontaktwinkel. Mittels geeigneter Reinigung und Aufrauung der Seiloberfläche lassen sich so deutliche Steigerungen der Benetzbarkeit neuer Leiterseile erreichen **(Bild 4)**.

Die Geräuschreduktionen durch die Massnahme sind umso grösser, je tiefer die Randfeldstärken bei den Leitern sind: Bei ACSR-560/50-Viererbündeln wurden bei 380-kV-Leitungen Reduktionen von 9 dB(A) ermittelt [3, 4]. Die vorgestellte Massnahme findet heute grossflächigen Einsatz; bisher wurden 900 km Seil mit der vorgestellten Abhilfemassnahme behandelt.

## Referenzen

[1] Ueli Straumann, «Mechanism of the tonal emission from ac high voltage overhead transmission lines», J. Phys. D: Appl. Phys., 44 (2011) 075501.
[2] Ueli Straumann, «Simulation of the space charge near coronating conductors of AC overhead transmission lines», J. Phys. D: Appl. Phys., 44 (2011) 075502.
[3] Ueli Straumann und Hans-Jürg Weber, «Potential reduction of audible noise from new and aged overhead transmission line conductors by increasing their hydrophilicity», Cigré Session, Paris, France, 2010.
[4] H. Röhsler, «AC Corona Line Noise», RTE-Seminar ‹Research & Prospective Studies on High Voltage Networks›, Paris, 7. April, 2009.

## Angaben zum Autor

Dr. **Ueli Straumann** ist seit Mai 2012 als Entwicklungsingenieur bei der GIS-Entwicklung der ABB Schweiz AG tätig und Dozent an der ETH Zürich. Davor war er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Hochspannungstechnik, ETH Zürich.

**ETH Zürich, 8092 Zürich**
**u.straumann@bluewin.ch**

Der Mechanismus zur tonalen Geräuschemission ist im Rahmen des Projekts Conor der Fachgruppe Hochspannungstechnik an der ETH Zürich geklärt worden. Das Projekt wurde von Swisselectric Research, EnBW Regional AG, Austrian Power Grid AG APG, Vorarlberger Illwerke VIW, Bundesamt für Umwelt Bafu und den Elektrizitätswerken der Stadt Zürich EWZ grosszügig gefördert. Für die Unterstützung und Zusammenarbeit bei der Erarbeitung der Aufrau-Methode gilt der Dank EnBW Regional AG (W. Tausend) und Lumpi-Berndorf (P. Fiers). Für die wertvollen Diskussionen ist auch K. Heutschi (Empa), R. Bräunlich (FKH), sowie H.-J. Weber, C. Franck, T.H. Teich und K. Fröhlich (alle ETH) zu danken.

**Résumé** **Les câbles susurrants**

**La réduction des émissions sonores des nouvelles lignes aériennes à haute tension**

Les exploitants des lignes à haute tension sont actuellement confrontés à des défis variés: les champs magnétiques et électriques au sol, l'aspect visuel des lignes ainsi que les émissions sonores causées par les décharges corona. L'accroissement de la capacité de transport requise crée également des besoins en matière de développements. Des lignes moins bruyantes sont susceptibles d'augmenter leur acceptation par la société et d'accélérer les procédures d'autorisation.
L'article explique le mécanisme des émissions sonores et expose les raisons pour lesquelles les lignes plus anciennes sont moins bruyantes que les nouvelles. En traitant les câbles neufs de manière à les rendre plus rugueux, il est possible de les rendre plus hydrophiles. Or, les câbles conducteurs sont moins bruyants lorsqu'ils sont mouillés. A l'heure actuelle, cette méthode est la seule à être utilisée à grande échelle. No

Anzeige