

# Koronageräusche an Hochspannungsfreileitungen

Pablo Castaño Perez<sup>1</sup>, Christian Hettig<sup>2</sup>, Roland Kurz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Bertrandt Ingenieurbüro GmbH, 80939 München, Email: pablo.castano\_perez@de.bertrandt.com*

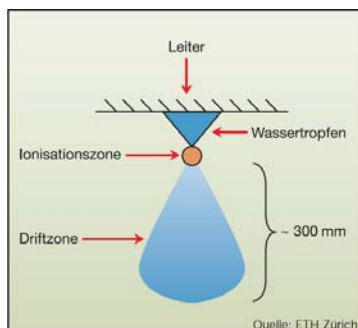
<sup>2</sup> *Kurz u. Fischer GmbH, 71364 Winnenden, Deutschland, Email: winnenden@kurz-fischer.de*

## Einleitung

Zur Ertüchtigung des Leitungsnetzes auf zukünftige Anforderungen ist es geplant an einzelnen Hochspannungsfreileitungen die Betriebsspannung zu erhöhen. Durch die teilweise Erhöhung der Nennspannung des Höchstspannungsnetzes von 220 kV auf 380 kV ist meist für eine solche Umrüstung eine immissionsschutzrechtliche Prüfung notwendig. Hochspannungsfreileitungen sind im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG [1]) so genannte „nicht genehmigungsbedürftige Anlagen“. Daher ist die TA Lärm [2] als Beurteilungsgrundlage für die im Prüfverfahren geforderte Schallimmissionsprognose heranzuziehen. In der Praxis gibt es bisher keine anerkannten Prognoseverfahren zur Beurteilung von Koronageräuschen. Es lagen auch keine systematischen Schalluntersuchungen an Freileitungen, insbesondere bei Niederschlägen, vor. Im Auftrag der EnBW Transportnetze AG, Stuttgart wurden an diversen 380 kV / 220 kV – Freileitungen schalltechnische Messungen von Koronageräuschen bei Niederschlägen über einen längeren Zeitraum vorgenommen.

## Wirkmechanismen

An der Oberfläche hochspannungsführender Leiterseile entstehen elektrische Felder, welche in erster Linie durch die Betriebsspannung sowie durch den Durchmesser und die Oberflächenbeschaffenheit der Leiterseile beeinflusst werden. Eine neu entwickelte und in Laborversuchen untermauerte Theorie geht davon aus, dass bei hohen Betriebsspannungen, vor allem bei Regen, lokale elektrische Entladungen stattfinden. Diese führen zu einer lokalen Ionisation der Umgebungsluft. Abbildung 1 zeigt diesen Vorgang in einer schematischen Darstellung.



**Abbildung 1:** Wassertropfen als schwingende Membranen auf dem Leiterseil (aus [3]).

Der Vorgang wird in der Elektrotechnik als Koronaentladung bezeichnet. Dieses Phänomen führt nicht nur zu Energieverlusten, sondern erzeugt bei feuchten Wetterlagen

Geräusche, die als Knistern, Prasseln oder auch als Brummen beschrieben werden.

## Einflussgrößen

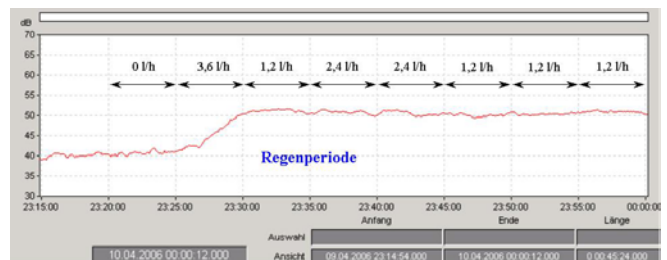
Die wesentlichen Einflussgrößen für die Größenordnung der Schallabstrahlung von Höchstspannungsleitungen gehen aus der Literatur hervor (z. B. [3]) und sind die elektrische Randfeldstärke an den Seilen, der Zustand der Leiterseile, die Anzahl und Form der Wassertropfen auf den Seilen und die meteorologische Bedingungen.

## Messungen

Die Messungen zur Bestimmung der Schallabstrahlung von Höchstspannungsleitungen wurden an verschiedenen Anlagen durchgeführt. Dazu wurden wetterfeste Dauermeßanlagen im Freien über einen Zeitraum von rd. 3 Monaten aufgestellt. Die Mikrofone wurden in möglichst ungestörten Situationen mit stark absorbierendem Boden in möglichst geringem Abstand zum Leiterseil installiert.

Zur Eingrenzung und späteren Korrektur von Fremdgeräuschen wurde an zwei Messpunkten parallel gemessen. Dabei wurde das erste Mikrofon in unmittelbarer Nähe zu der Höchstspannungsleitungen und das zweite Mikrofon möglichst weit davon entfernt postiert. Gemessen wurden die Mittelungspegel sowie die jeweiligen Terzspektren in einer Auflösung von 1 sec.

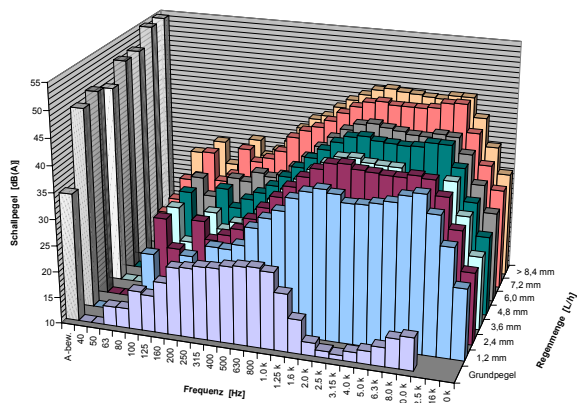
Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt den Pegel-Zeit-Verlauf in unmittelbarer Seilnähe bei einsetzendem Regen. Aus der Darstellung wird deutlich, dass nach einsetzendem kräftigen Regen ein deutlicher Pegelanstieg beobachtet werden kann. Bei unterschiedlichen Regenraten ändern sich die Pegel entsprechend.



**Abbildung 2:** Pegel-Zeit-Verlauf der Geräusche in der Nähe der Seile bei auftretenden Koronageräuschen

Aufgrund der Besonderheiten des Auftretens der Geräusche wurden bei den akustischen Messungen zusätzlich die meteorologischen Bedingungen erfasst, um Zusammenhänge feststellen zu können. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt, den Zusammenhang zwischen dem Frequenzverlauf und den A-Pegeln bei unterschiedlichen Regenraten. Dabei sind die

bei Koronageräuschen typischerweise auftretende Effekte der hervortretenden Terzen bei 100 Hz und im kHz-Bereich deutlich zu erkennen. Im Vordergrund ist zum Vergleich das Grundgeräusch dargestellt.



**Abbildung 3:** Frequenzspektren von Koronageräuschen mit den typisch auftretenden Effekten (deutlich hervortretende Terzen bei 100 Hz und im kHz-Bereich)

Aus der Abbildung geht weiter hervor, dass es eine deutliche Abhängigkeit der A-Pegel und der Regenraten gibt. Je mehr es regnet, desto lauter strahlt die Leitung ab.

### Messtechnisch ermittelte Schalleistungen

Die Bestimmung der Schallabstrahlung erfolgte aus den A-bewerteten Schalldruckpegeln und einem Schallquellenkorrekturfaktor, der mit Hilfe eines Rechenmodells für jede Anlage separat bestimmt wurde. Statistisch gesehen treten Regenmengen über 4 l/h nur selten und dann nur kurzzeitig auf. Daher werden im Folgenden nur die Schalleistungen bei Regenraten von rd. 1 – 4 l/m<sup>2</sup>h angegeben. Die Auswertung der Vielzahl von Stichprobenmessungen ergab unter Berücksichtigung statistischer Unsicherheiten der Stichproben je nach Beseilung für übliche Regenraten Schalleistungen je Meter Seillänge von:

- 380 kV-Leitungen  $L_{wA}' = 55 - 68 \text{ dB(A)}$

### Abschätzverfahren zur Bestimmung der Schalleistung

Für die Prognose von Geräuschen an Höchstspannungsleitungen ist die Bestimmung der Randfeldstärke an den Seilen wesentlich. Diese ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden und bei einer detaillierten Bestimmung nur mittels einer Vielzahl von Angaben lösbar.

In [4] wurde daher unter anderem ein vereinfachtes Prognosemodell entwickelt. Auf der Basis der Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen und des detaillierten Berechnungsmodells zur Bestimmung der Randfeldstärke wurde das Modell abgeleitet. Ausgehend von einem Grundwert werden die Faktoren Leiterdurchmesser ( $K_D$ ), Bündelzahl ( $K_{BZ}$ ), Anzahl der Stromkreise ( $K_{SK}$ ), und Regenrate ( $K_R$ ) durch Zu- und Abschläge in Form von Einzahlangaben berücksichtigt um auf den längenbezogenen Schalleistungspegel zu kommen.

$$L'_{wA} = L'_{w0} + K_D + K_{BZ} + K_{SK} + K_R \quad \begin{matrix} [\text{dB(A)}] \\ \text{je Meter} \end{matrix} \quad (1)$$

**Tabelle 1:** Faktoren für das vereinfachte Prognosemodell (Pegelwerte in dB(A))

Spannungs-niveau	$L_{w0}$	Parameter			
		$K_D$	$K_{BZ}$	$K_{SK}$	$K_R$
380 KV	91	22 mm	2	2	<4 l/m <sup>2</sup> h
		27 mm	3	3	4-8 l/m <sup>2</sup> h
		32 mm	4	4	>8 l/m <sup>2</sup> h
		0	-16,5	3,5	0
		-4	-29,0	6,0	4
		-7	-34,0	7,5	7

Das entwickelte vereinfachte Prognosemodell soll eine Möglichkeit für eine schnelle und ausreichend genaue Abschätzung bieten.

### Ausblick

Für die einheitliche Beurteilung nach TA Lärm sind neben den bereits durchgeführten und noch an weiteren Anlagen derzeit in Arbeit befindlichen Freifeldversuchen weitere Untersuchungen bezüglich des Tonzuschlages durchzuführen. Zunächst wurde im Expertenkreis übereinstimmend ein Zuschlag von 3 dB(A) pauschal als „auf der sicheren Seite“ festgelegt. Dies wird in der Zukunft noch näher zu untersuchen sein.

Über die tatsächlich auftretenden Einwirkzeiten von Regenereignissen wird im Augenblick ebenfalls ausführlich diskutiert. Im weit überwiegenden Teil der Stunden im Jahr herrschen Wetterlagen vor, die zu keinen Koronareignissen führen. Statistiken des Deutschen Wetterdienstes zeigen, dass nur Ereignisse mit sehr geringen Regenmengen über einen längeren Zeitraum von mehr als 30 Minuten anhalten. Diese Tatsache wirkt sich wesentlich auf die Bildung der Beurteilungspegel nach TA Lärm aus, die sich bei geringeren Einwirkzeiten vermindern.

### Literatur

- [1] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge) vom 26. September 2002
- [2] Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – **TA Lärm**) vom 26. August 1998; Gemeinsames Ministerialblatt, 49. Jahrgang Nr. 26 vom 28. August 1998
- [3] M. Semmler, u. a. (ETH Zürich): „Tonale Schallemission von Hochspannungsfreileitungen – Mechanismen und Reduktionsmaßnahmen“, Bulletin SEV/VSE Vol. 96, No. 15, pp13-17, Zürich, 2005
- [4] Pablo Castaño-Perez „Untersuchung von Koronageräuschen an Hochspannungsfreileitungen“ Diplomarbeit, Studiengang Umweltschutz der FH Bingen vom 27.03.2006