

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 47 (1956)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Erwärmung von Freileitungsseilen  
**Autor:** Lang, V.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060099>

### **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:** 04.04.2026

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

Das Einregulieren des Durchhanges erfolgt in der Regel durch Einvisieren mittels Messlatten; bei grossen Durchhängen und Höhenunterschieden muss der Durchhang mit Nivellierinstrumenten eingemessen werden. Um das sogenannte Recken der Seile zu berücksichtigen, ist es üblich, das Seil mit etwa 3% kleinerem Durchhang zu verlegen.

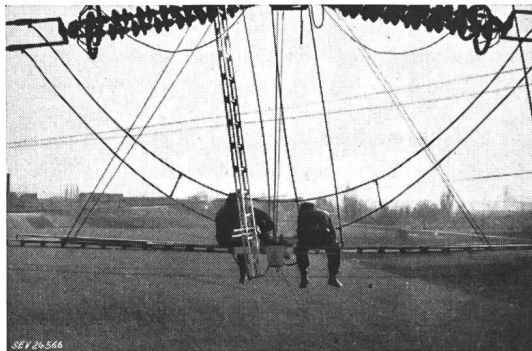


Fig. 24  
Schliessen der Stromschlaufe eines Zweierbündels mit senkrechter Anordnung

Als zugfeste Feldverbinder werden in der Regel die Kerbverbinder eingebaut. Für das Stahlaluminiumseil 240/40 werden z. B. zwei Kerbverbinder mit je 52 cm Länge benötigt. Die Erfahrung zeigt, dass unter dem mechanischen Zug der Kontakt-

druck so verstärkt wird, dass keine Störungen auftreten. In den zugentlasteten Verbindungen der Stromschlaufen ist vor allem dafür zu sorgen, dass der Kontaktdruck genügend gross ist, damit immer eine metallische Berührung zwischen Klemme und Seil vorhanden ist und eine Verschlechterung des Kontaktes durch Oxydation zuverlässig vermieden wird. In der Regel werden Kerbverbinder oder Deckelstromklemmen, mit kräftigen Federplatten zur Erzielung eines ausreichenden Kontaktdruckes versehen, eingebaut. Die sogenannte Alutherm-Schweissverbindung hat sich bis jetzt noch nicht im grossen Umfang durchgesetzt. Bei dieser Art der Verbindung erhält man an der Verbindungsstelle einen homogenen Gusskörper, der mindestens die gleiche Leitfähigkeit wie die verbundenen Seile hat. Für die zugentlastete Stromschlaufenverbindung braucht keine zusätzliche Verstärkung vorgesehen werden. Fig. 24 zeigt das Schliessen der Stromschlaufe eines Zweierbündels.

Mit dem Bau der ersten Bündelleitungen wurde in Deutschland vor 5 Jahren begonnen. Abgesehen von ganz vereinzelt Fällen, in denen infolge von Böen und Stürmen Zweierbündel umschlugen, ohne dass dadurch die Betriebsfähigkeit beeinträchtigt wurde, sind Störungen bis heute nicht bekannt geworden.

Adresse des Autors:

Dipl. Ing. H. Mors, Oberingenieur der Brown, Boveri & Cie., A.-G., Augusta-Anlage 7...11, Mannheim.

## Erwärmung von Freileitungsseilen

Von V. Lang, Baden

621.315.145 : 621.3.017.71

*Es wird die Verwendung eines Diagramms beschrieben, welches für einen beliebigen Leiter und für verschiedene Windgeschwindigkeiten, die Leiter-Erwärmung in Funktion der Belastung rasch abzulesen ermöglicht.*

*Description d'un abaque permettant de déterminer rapidement l'échauffement d'un conducteur quelconque, en fonction de la charge et pour différentes vitesses de vent.*

Der Freileitungsbauer hat oft das Bedürfnis, auf einfache und rasche Weise die maximale Temperatur eines strombelasteten Freileitungsseiles bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten zu ermitteln. Das von der Motor-Columbus A.-G. in Baden seit mehr als 20 Jahren dazu benützte Diagramm (Fig. 1) ist universell verwendbar und hat sich im Gebrauch auf verschiedenen Leitungen als genügend genau erwiesen. Es entspricht den gestellten praktischen Anforderungen. Sein Aufbau soll kurz erläutert und an einem Beispiel die Anwendung gezeigt werden.

Die dem Diagramm zu Grunde liegenden Temperaturkurven, die Leiterübertemperatur in Abhängigkeit der Erwärmung bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten, wurden in einem kleinen Windkanal experimentell ermittelt. Aus technischen Gründen war es seinerzeit nur möglich, die im Kurzschluss erwärmten Versuchsseile in Längsrichtung anzublasen, wodurch sich über eine genügend lange Meßstrecke eine gleichmässige Windverteilung erreichen liess und welches die Erzeugung von Windgeschwindigkeiten bis zu 12 m/s ermöglichte.

Geprüft wurden verschiedene Leitermaterialien und Seilquerschnitte.

Die Messergebnisse gestatteten, die Koeffizienten  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  und die Exponenten  $a$  und  $b$  der Wärme-gleichung (1) für den stationären Zustand festzulegen. Bekanntlich stellt sich derselbe ein, sobald für eine gegebene Stromstärke die maximale Leitertemperatur erreicht ist und die gesamte Strom-wärmeenergie in den Luftraum übergeht.

Es wird dann:

$$I^2 R = Q = k_1 \Delta t^a (1 + k_2 v^b) + k_3 \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \quad (1)$$

Es bedeuten:

$Q$  an die Luft abgegebene Wärmemenge in  $W/m^2$  Seiloberfläche;

$\Delta t$  Übertemperatur des Leiters, in  $^{\circ}K$ ;

$v$  Windgeschwindigkeit in m/s;

$T_1$  Lufttemperatur, in  $^{\circ}K$ ;

$T_2$  Leitertemperatur, in  $^{\circ}K$ ;

$$\Delta t = T_2 - T_1,$$

$$k_1 = 3,11, \quad k_2 = \frac{181 \cdot \Delta t}{199}, \quad k_3 = 2,5$$

$$a = 1,25, \quad b = \frac{1,04}{(\Delta t - 6,5)^{0,26}} + 0,5$$

(für  $\Delta t \leq 7,5 \text{ }^\circ\text{K}$  ist  $b = 1,54$ )

Das nach Wärmegleichung (1) konstruierte Diagramm (Fig. 1) stellt auf seiner linken Hälfte die

2. Ordinate rechts aussen, verwendeter Seilquerschnitt.

3. Abszissenachse unten rechts, Belastungsstrom des Leiters von 1...3000 A.

4. Eingetragene Leiterlinien für einige gebräuchliche Querschnitte (Parallelen zur Richtlinie).

Zu beiden Diagrammhälften gehörend befindet sich die durch die Mitte gehende Hauptordinatenaxe, Skala für die Heizleistung  $\text{W}/\text{m}^2$ -Seiloberfläche.

conductibilité spécifique en  $\text{mm}^2/\Omega\text{m}$ : Cu 57, Br 36, Al 35, Ad 30,  $\text{St}_{\text{ac}}$  6,5  
 Spezifische Leitfähigkeit in

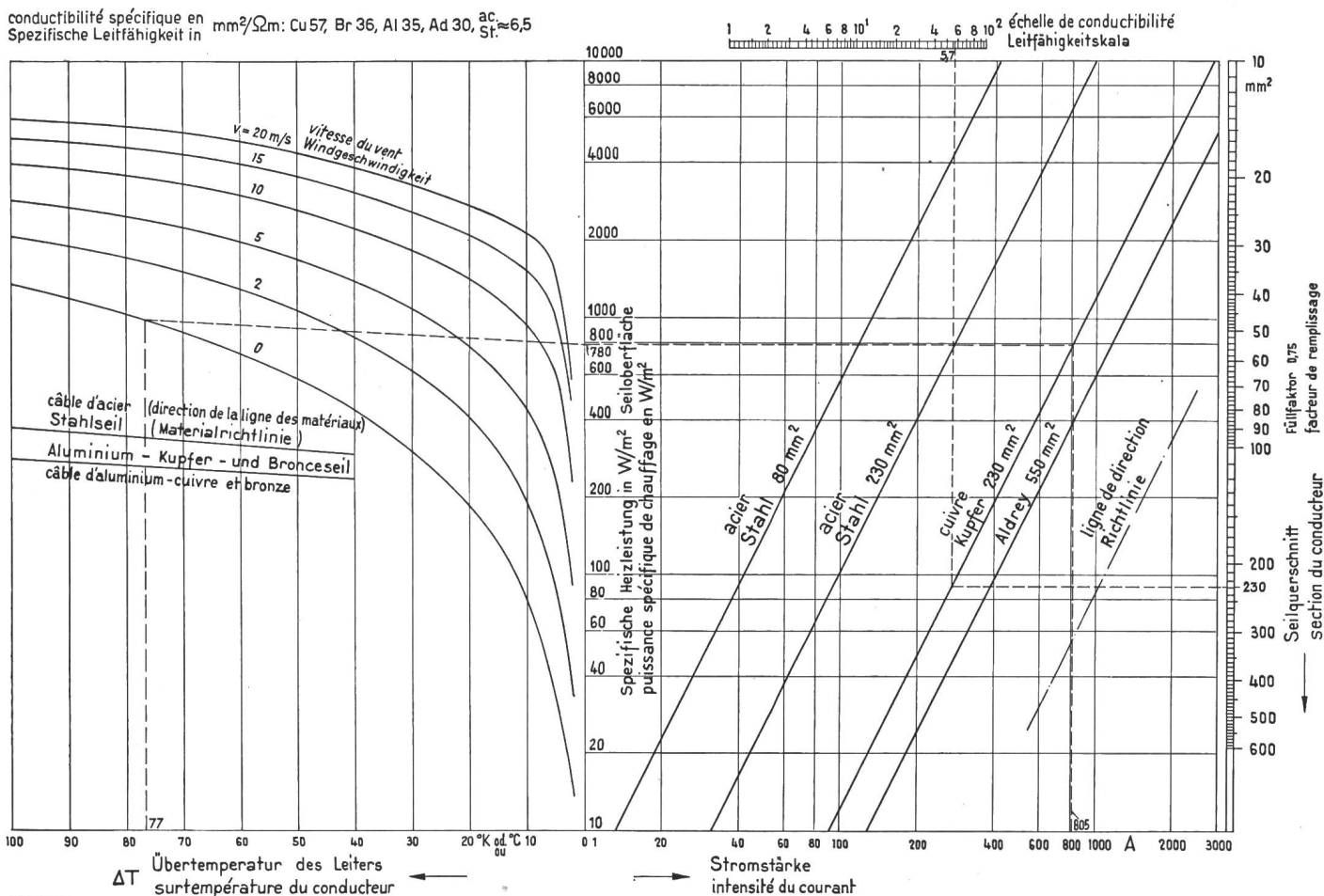


Fig. 1

Diagramm zur Bestimmung der Leitererwärmung in Funktion der Strombelastung bei Windgeschwindigkeiten von 0...20 m/s

massgebenden Elemente für die vom Leiter abgegebene Wärme dar. Es sind dies:

1. Abszissenachse, links unten, Skala für die Übertemperatur  $\Delta t$  des Leiters mit steigenden Werten von rechts nach links.

2. Temperaturkurven,  $\Delta t$  in Funktion der Heizleistung, Kurvenschar für verschiedene Windgeschwindigkeiten,  $v = 0...20 \text{ m/s}$ .

3. Materialrichtlinien, welche die Heizleistungserhöhung berücksichtigen, infolge Widerstandsänderung des betreffenden Leitermaterials durch Temperaturänderung.

Die rechte Hälfte des Diagramms gibt die Elemente für die erzeugte Wärme wieder.

1. Abszissenachse rechts oben, Skala der Leitfähigkeit für das in Betracht gezogene Leitermaterial.

Diese Anordnung ermöglicht eine direkte Verbindung beider Diagramme und gestattet den direkten Übergang von der rechten zur linken Seite. Sie entspricht auch, physikalisch gesprochen, der Tatsache, dass die erzeugte Wärme gleich der abgegebenen Wärme ist (stationärer Zustand vorausgesetzt).

Die gestrichelten Linien deuten auf ein Beispiel hin, mit welchem die Verwendung des Diagramms erläutert werden soll:

Ein Kupferleiter von  $230 \text{ mm}^2$  wird mit  $805 \text{ A}$  belastet. Gesucht ist seine Übertemperatur  $\Delta t$  bei Windstille ( $v = 0 \text{ m/s}$ ).

Von der Leitfähigkeitsskala (Pkt. 57, Cu) wird die vertikal gestrichelte mit der horizontal gestrichelten Linie der Querschnittsskala (Pkt.  $230 \text{ mm}^2$ )

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 641  
 Es folgen «Die Seiten des VSE»

Fortsetzung von Seite 632

**Erwärmung von Freileitungsseilen (Fortsetzung)**

zum Schnitt gebracht. Durch diesen Punkt, parallel zur Richtlinie geht die Leiterlinie, welche für diesen Leiterquerschnitt und für das betreffende Material charakteristisch ist. Auf dieser Leiterlinie schneiden sich alle von unten senkrecht nach oben gezogenen Belastungswerte mit den diesem Querschnitt entsprechenden Heizleistungswerten.

In unserem Beispiel ergibt 805 A von der Belastungsskala, vertikal aufwärts, bis zum Schnitt

mit der 230-mm<sup>2</sup>-Cu-Leiterlinie 780 W/m<sup>2</sup> Heizleistung (horizontal gestrichelte Linie nach links bis zur Skala der Heizleistungen). Von der gleichen Heizleistung (Pkt. 780) schräg aufwärts nach links gezogen, parallel zur Materiallinie für Kupfer, erhält man auf der Kurve  $v = 0$  einen Schnittpunkt, dessen Abszisse auf der  $\Delta t$ -Axe (links unten)  $\Delta t = 77^\circ \text{K}$  (oder  $^\circ \text{C}$ ) beträgt. Damit ist die Leitererwärmung bestimmt und das gesteckte Ziel erreicht.

**Adresse des Autors:**

V. Lang, Dipl. El.-Ing. ETH, Motor-Columbus A.-G., Baden (AG).

**Technische Mitteilungen — Communications de nature technique**

**Anwendung des Lee-Effektes in der Stimmforschung**

534.785 : 534.852

[Nach W. Meyer-Eppler: Verzögerte Rückkopplung als Mittel der Stimmforschung. Elektron. Rdsch. Bd. 10(1956), Nr. 4, S. 91...93]

Die menschliche Sprache hängt ausser der Funktionstüchtigkeit der Phonations- und Artikulationsorgane auch von der Beschaffenheit des Schallsinnorgans ab. Wird dieses gestört, so können schwere Störungen in der Sprache vorkommen, ja diese kann sogar völlig unkenntlich werden.

Um die Steuerung des Sprechvorganges durch das Ohr zu beeinflussen, wendete 1950 B. S. Lee eine verzögerte phonoakustische Rückkopplung an. Fig. 1 zeigt die Versuchsanordnung. Der Versuchsperson, die normalerweise die eigene

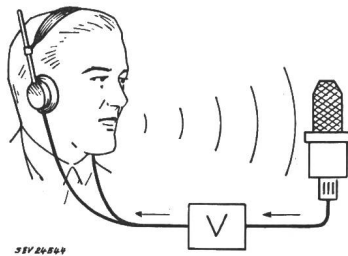


Fig. 1

**Versuchsanordnung zur phono-akustischen Rückkopplung**

Die eigene Sprache wird den Ohren des Sprechenden über ein Mikrofon, einen Verzögerungsmechanismus (mit gleichzeitiger Verstärkung) V und einen Kopfhörer dargeboten

Stimme nicht nur durch das Ohr hört, sondern auch durch unmittelbare Knochenleitung, wird die Stimmaufnahme durch das Ohr unterbunden, indem ihr ein gutsitzender Kopfhörer angelegt wird, welcher durch einen, für die Versuchsperson unsichtbaren Verstärker zu einem Mikrofon führt. Die Versuchsperson hört demnach die eigene Stimme, ausser durch Knochenleitung, nur durch Vermittlung des Mikrophons. Tritt nun zwischen den durch Knochenleitung gehörten Laut oder zwischen der Sprache und jener durch das Mikrofon gehörten, eine messbare Verzögerung auf, so entsteht durch die verzögerte Rückkopplung der sog. Lee-Effekt, eine Beeinträchtigung der Sprache, die bei geeigneter Verzögerung (zwischen 0,1...0,2 s) und bei labilen Versuchspersonen zu einer überraschenden Beeinträchtigung des Sprechvermögens führt.

Als Beispiel und zur Illustration des Gesagten sei ein Auszug eines schriftlich fixierten Test-Gesprächs, beim welchem eine Verzögerung von 170 ms angewendet wurde, wiedergegeben:

**Versuchsleiter:** «Fällt Ihnen das Sprechen sehr schwer?»

**Versuchsperson:** «Also ich meine keine, ganz kurz, wenn Sie überlegen, was Sie sprechen wollen, nä, und sprechen dasnas Ganze schnell hinintana- hinteinander, jaa, dann klapp-

tat es, wenn Sie aber überlegen, dann stottetn- stottetsn- (skandierend): stot-tern-Sie!»

Ausser Sprachschwierigkeiten kann der Lee-Effekt das Ansteigen der Stimmfrequenz und die Verlangsamung der Sprache verursachen. Bei gelernten Sängern kann auch der Glanz der Stimme verloren gehen.

Mit dem Lee-Effekt ist es möglich, die Hörschärfe zu prüfen, da auch bei Vorlesen von Texten die Stimme lauter und höher wird, bzw. das Sprechtempo sich verringert. Es dürfte dann nicht schwer fallen, die Resultate mit jenen bekannter Testpersonen zu vergleichen.

Auch solche, die Schwerhörigkeit simulieren, können entlarvt werden, da der Lee-Effekt nur bei echten Schwerhörigen ausbleibt. Zuletzt soll noch erwähnt werden, dass der Lee-Effekt Wege zur psychiatrischen Diagnose bei schizoiden und paranoiden Tendenzen eröffnet. *E. Schiessl*

**Messeinrichtung zur Messung des elektrostatischen Feldes in der Atmosphäre**

621.317.321 : 551.594.11

[Nach J. S. Carroll, S. B. Hammond und E. H. Stewart: Measuring and Recording Atmospheric Electrostatic Potential. Trans. AIEE Bd. 74(1955), Part I: Communications and Electronics, Nr. 20, S. 517...520]

Die Einrichtung zur Messung des elektrostatischen Feldes in der Atmosphäre besteht aus einer radioaktiven Sonde, die mit Hilfe einer poloniumbestrichenen Folie gebildet wird, und einem Influenzvoltmeter («rotierendes Voltmeter») mit Verstärker und Registrierinstrument.

Fig. 1 zeigt diese Anordnung. Die Sonde 1 nimmt infolge der Leitfähigkeit der umgebenden, ionisierten Luft deren Potential an, und teilt es über das geschirmte Kabel 2 dem oberen Halbzylinder des Influenzvoltmeters 3 mit.

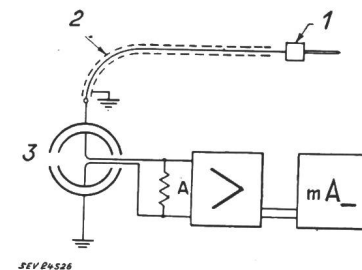


Fig. 1  
Prinzipialschaltung des Messgerätes

- 1 Mess-Sonde
- 2 abgeschirmtes Kabel
- 3 rotierender Kondensator

Der Zweck dieses Influenzvoltmeters ist die Umwandlung der Gleichstromaufladung in eine Wechselfspannung zwischen den beiden internen, rotierenden Halbzylindern des Instrumentes. Diese Wechselfspannung, deren Frequenz durch die Drehzahl des «rotierenden Voltmeters» gegeben ist, kann durch einen üblichen Tonfrequenzverstärker dem Gleichstrom-Registrierinstrument am Ausgang zugeführt werden.

Die Anordnung zeichnet sich dadurch aus, dass sie sehr stabil arbeitet, so dass sie ihre Eichung für lange Zeit bei-