

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Über eine Anwendung der Nomographie auf die Berechnung der Beanspruchung der Freileitungsmaste bei Drahtbrüchen (Formel von Colard)  
**Autor:** Fischer, Alexander  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058494>

### **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:** 09.02.2026

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

#### 4. Zusammenfassung.

Durch die beschriebenen Apparate wird der Technik und der Forschung heute ein unbedingt betriebssicheres und leicht transportables Instru-

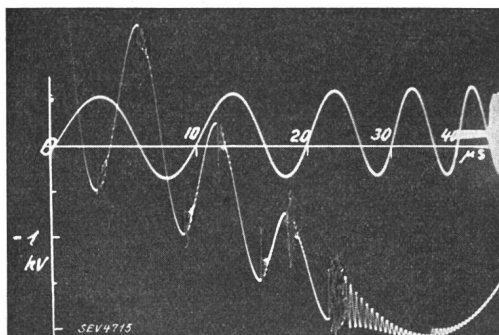


Fig. 9.

Teslaschwingung mit Ueberschlägen und Eichschwingung vom Messender.

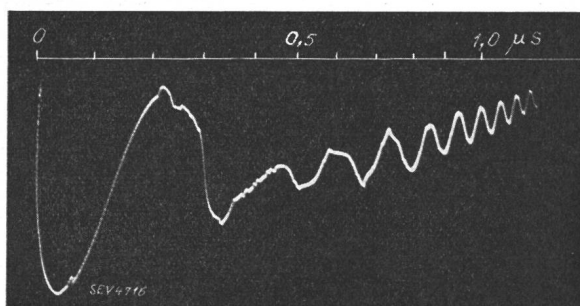


Fig. 10.

Verlauf einer Spannungswelle für biologische Versuche.

ment geboten. Die Dienste, welche der Kaltkathodenstrahl-Oszillograph in der Forschung der Vorgänge bei Blitzentladungen und deren Folgen leistet, sind schon sehr gut bekannt. Als neuere An-

wendungen dürfen u. a. die erfolgreichen Experimente auf elektrobiologischem Gebiet, ferner die Untersuchungen über die Natur der Gleitfunken und über die wiederkehrende Spannung beim Abschalten von Kurzschlüssen und auch die Stückprobe bei der Herstellung von Ueberspannungsableitern erwähnt werden.

Welches seine nächsten Anwendungsgebiete und seine nächsten Entwicklungsstufen im Rahmen dieser Beschreibung sein werden, lässt sich heute nicht ohne weiteres voraussagen. Vielleicht ist ihm als technisch durchgebildetes Elektronenmikroskop hoher Leistung oder als Elektronenspektrograph für Materialuntersuchungen eine ruhmreiche Zukunft beschieden, vielleicht auch als Grossvorfüh-

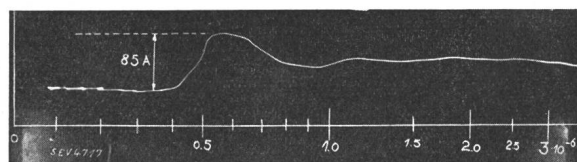


Fig. 11.

Gleitfunkenaufnahme mit dem neuen Entladerohr und vereinfachter Relaischaltung.

rungsempfänger für das kommende Fernsehen. Sicher wird bis dahin noch ein weiter Weg sein. Es wird wieder viel Zeit und Erfahrung dazu nötig sein, bis die kommenden Wünsche der Forschung und der Industrie durch eine fertige Konstruktion erfüllt sein werden.

Jedenfalls stellt der Kaltkathodenstrahl-Oszillograph als solcher, in der Entwicklung Dufour-Berger-Trüb, Täuber & Co. A.-G., eine fertige Konstruktion dar, welche schon heute in mehr als zehnfacher Ausführung der Technik und der Forschung gute Dienste leistet.

## Ueber eine Anwendung der Nomographie auf die Berechnung der Beanspruchung der Freileitungsmaste bei Drahtbrüchen (Formel von Colard).

Von Alexander Fischer, Prag.

518.3 : 621.315.056

Es wird — nach dem allgemeinen Verfahren des Verfassers — ein Rechenbild (Nomogramm) mit Rechtwinkeldreieck als Ablesegerät hergeleitet, das von einfachem Entwurf und auch, besonders nach Ausgestaltung zum Instrument, einfach zu gebrauchen ist.

L'auteur établit, en appliquant sa méthode générale, un nomogramme très simple à construire, dont la lecture s'effectue à l'aide de deux filaments en croix, que l'on peut très bien transformer en un instrument d'emploi facile.

### 1. Aufgabenstellung.

Im zweiten Bande des bekannten Taschenbuches für Elektrotechniker «Starkstromtechnik» von E. v. Rziha und J. Seidener [4]<sup>1)</sup> findet sich bei der Berechnung des Gestänges bei Drahtbrüchen folgende Formel von Colard, die von A. Pillone (3) wieder gegeben wurde:

$$T_n = T \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\varepsilon a}{2 n \kappa} - \sqrt{\frac{\varepsilon a}{n \kappa} + \left( \frac{\varepsilon a}{2 n \kappa} \right)^2} \right)^n \right] \quad (1)$$

<sup>1)</sup> Die Zahlen in [eckigen] Klammern beziehen sich auf den Schriftennachweis am Schlusse der Arbeit.

Hierin bedeuten:

$T$  die Gesamtkraft aller Leitungen bei unbeschädigter Leitung;

$T_n$  den Gesamtzug aller Leitungen im  $n$ -ten Feld, vom beschädigten Feld an gerechnet;

$a$  die Spannweite in m;

$\kappa$  die Durchbiegung des Mastes in m für 1 kg Zugkraft;

$\varepsilon = \frac{1}{E}$ , worin

$E$  die Elastizitätszahl bedeutet. Nach [4], S. 524, ist

für Kupfer und Bronze:  $E = 1,3 \cdot 10^4$ ,  
 » Aluminium:  $E = 0,716 \cdot 10^4$ ,  
 » Leitungseisen:  $E = 2,0 \cdot 10^4$ ,  
 » Stahl:  $E = 2,2 \cdot 10^4$ .

Die obige Formel, eine Funktionsbeziehung zwischen den sechs Veränderlichen  $T$ ,  $T_n$ ,  $\varepsilon$ ,  $a$ ,  $n$  und  $z$ , scheint auf den ersten Anblick recht schwer ver-  
 tafeln zu sein. Im folgenden soll nun gezeigt werden, dass dies nicht der Fall ist und dass sich, unter Anwendung meines allgemeinen Verfahrens (vgl. [1; 1], ferner insbesondere die hieran anknüpfende [1; 4]) eine Tafel, bzw. ein Gerät herleiten lassen, die beide als Ablesegerät ein Rechtwinkeldreieck benutzen und recht einfach in Entwurf und Gebrauch sind.

Setzen wir in (1)

$$\frac{\varepsilon a}{\kappa} = \mu z, \quad (2)$$

( $\mu$  = beliebiger Faktor, um die Tafel zweckmässig gestalten zu können), so ist

$$T_n = T \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\mu z}{2n} - \sqrt{\frac{\mu z}{n} + \left( \frac{\mu z}{2n} \right)^2} \right)^n \right], \quad (3)$$

daher allgemein:

$$\frac{a}{\kappa} = \varphi_1(\varepsilon, \mu z), \quad (4)$$

$$\frac{T_n}{T} = \varphi_2(\mu z, n), \quad (5)$$

was sich in beiden Fällen der allgemeinen Form

$$\frac{f_1(x_1)}{f_2(x_2)} = f_{3,4}(x_3, x_4) \quad (6)$$

unterordnet.

## 2. Mathematische Grundlagen des Entwurfs.

a) Die Gleichung einer durch den Ursprung eines rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystems hindurchgehenden Geraden mit der Richtungskonstante  $a/b$  lautet:

$$y = \frac{a}{b} x, \quad (I)$$

wodurch, wenn man die aus Fig. 1 ersichtliche Deutung des Verhältnisses  $a/b$  auswertet, man das Rechtwinkeldreieck als Ablesegerät erhält. Hierbei ist ein Faden desselben als «Einstell-», der andere als «Ablesefaden» zu bezeichnen, je nachdem, welchen der Veränderlichen dieselben zugeordnet sind.

b) Fasst man  $x$  und  $y$  als Funktionen zweier Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  auf, also

$$x = x(\alpha, \beta), \quad y = y(\alpha, \beta) \quad (II) \quad (III)$$

so heisst dies, dass die Gerade (I) durch den

Schnittpunkt  $S$  einer Kurve aus der  $\alpha$ -Schar mit einer solchen aus der  $\beta$ -Schar hindurchgeht.

c) Hierzu tritt schliesslich der leitende Gedanke des erwähnten allgemeinen Verfahrens: Die vorgelegte Funktionsbeziehung ist

*zunächst rein formal*

in die Gleichungsdreierheit:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gleichung der «Ablesekurve» (I),} \\ \text{Gleichung der «Lösenden Kurve»} \\ \text{und Gleichung ihrer «Bezifferung»} \end{array} \right\} \quad (II) \quad (III)$$

zu zerlegen und diese Zuordnungsbeziehung ist

*dann erst geometrisch*

zu deuten, und zwar im vorliegenden Fall im rechtwinkligen kartesischen System (Implizite Definition der allgemeinen «Fluchtlinientafel»!).

d) Die Anwendung des vorstehenden auf (6) ergibt folgende Gleichungsdreierheit:

$$\text{Gleichung des Ablesefadens: } \frac{y}{x} = \frac{\mu_1 f_1(x_1)}{\mu_2 f_2(x_2)} \quad (I)$$

Gleichungen der Lösenden Kurve und ihrer Bezifferung:

$$\frac{y}{x} = \mu_1 \mu_2 f_{3,4}(x_3, x_4), \quad \psi(x, y, x_3, x_4) = 0 \quad (II) \quad (III)$$

Hierin ist  $\psi$  eine beliebige, aber derart zu wählende Funktion, dass die so entstehende Tafel möglichst einfach und zweckmässig wird. Es erweist sich die im allgemeinen günstige Wahl  $x = x_3$  auch im folgenden am zweckmässigsten.

## 3. Tafelentwurf.

a) Vertafelung von (2):

$$\text{Gleichung des Ablesefadens I: } \frac{y}{x} = \frac{\mu_1 \varepsilon}{\mu_2 a} \quad (I_1)$$

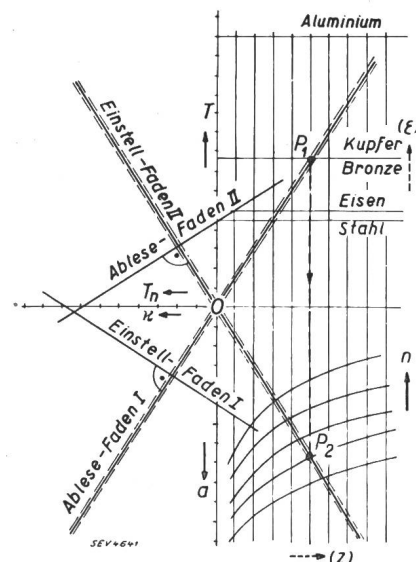


Fig. 2.

Nomogramm für die Formel von Colard.

$$T_n = T \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\varepsilon a}{2n} - \sqrt{\frac{\varepsilon a}{n} + \left( \frac{\varepsilon a}{2n} \right)^2} \right)^n \right]$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gleichungen der Lösenden Kurve} \\ \text{und ihrer Bezifferung:} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{y}{x} = \frac{\mu_1 \varepsilon}{\mu_2 \mu z} \quad (II_1) \\ x = \mu_2 \mu z. \quad (III_1) \end{array}$$

$\beta$  Vertafelung von (3):

$$\text{Gleichung des Einstellfadens II: } \frac{y}{x} = \frac{\mu_3 T_n}{\mu_2 T} \quad (\text{I}_2)$$

Gleichungen der Lösenden Kurve  
und ihrer Bezifferung:

$$\frac{y}{x} = \frac{\mu_3}{\mu_2} [1 - (1 + \dots)^n] \quad x = \mu_2 \mu z. \quad (\text{II}_2) (\text{III}_2)$$

Hierin sind  $\mu_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) Maßstabsfaktoren.

Die in beiden Fällen getroffene Anordnung der Leitern hat den Vorteil, dass man, da  $\varepsilon$  und  $n$  bloss wenige diskrete Werte annehmen, möglichst wenige Gerade bzw. Kurven berechnen und zeichnen muss. Die einzige, allerdings etwas langwierige Arbeit, die beim Entwurf zu leisten ist, ist die punktweise Berechnung der  $n$ -Kurven nach (II<sub>2</sub>) und (III<sub>2</sub>); alles übrige ist sofort erledigt. Die so hergeleitete Tafel zeigt schematisch Fig. 2.

#### 4. Benutzung der Tafel: $T_n = ?$

1. *Schritt*: Durch  $z$  und  $a$  ist «Einstellfaden I» bestimmt.

2. *Schritt*: Der hierzugehörige «Ablesefaden I» gibt im Schnittpunkt  $P_1$  mit der dem gegebenen  $\varepsilon$  entsprechenden Waagerechten im  $(\varepsilon, z)$ -Netz den Hilfswert  $z$ . (Da  $z$  ersichtlich nur Hilfsgrösse ist, kommt es auf seinen Wert nicht an, es kann die  $z$ -Parallelenschar daher unbeziffert bleiben!)

3. *Schritt*: Die eben festgelegte  $z$ -Gerade ist nun bis in die zweite (untere) Tafelhälfte zu verfolgen und ihr Schnittpunkt  $P_2$  mit der dem gegebenen  $n$  entsprechenden Kurve des  $(n, z)$ -Netzes zu vermerken.

4. *Schritt*: Der um den Ursprung 0 drehbare Faden des Rechtwinkelkreuzes wird nun zum «Einstellfaden II», wenn er im Punkt  $P_2$  einspielt.

5. *Schritt*: Der «Einstellfaden II» ist schliesslich solange in sich zu verschieben, bis der «Ablesefaden II» durch den gegebenen  $T$ -Wert hindurchgeht. Er schneidet dann auf der  $T_n$ -Leiter das gesuchte  $T_n$  ab, womit die Aufgabe gelöst ist.

#### Anmerkungen.

1. Wie unmittelbar ersichtlich, kann die Tafel sehr leicht zu einem Instrument ausgestaltet werden. Es braucht nur an der Unterseite des etwas stärker zu wählenden Zellhornes — auf dem das Rechtwinkelkreuz eingezeichnet ist — eine zum

darüberliegenden einen Faden desselben symmetrische Nut eingefräst werden, in welche der im Mittelpunkt 0 anzubringende Zapfen genau eingepasst ist.

2. Will man eine dritte Stellung des Rechtwinkelkreuzes — zwischen den beiden im Vorstehenden erforderlichen — zulassen, so kann auch die Einzeichnung der  $z$ -Schar entfallen. Man weist dann das Herabloten des Punktes  $P_1$  auf Punkt  $P_2$  dem einen, und zwar freibeweglichen Faden zu, während der andere, um 0 drehbare Faden in die durch ihn gehende Waagerechte zu legen ist.

3. Aus dem Grunde der Ausgestaltung zum Gerät und auch der Einheitlichkeit halber wurde die Vertafelung von (2) nicht auf andere, etwas einfachere Weise vorgenommen. Vgl. hierzu z. B. [2], S. 78: «Kreuzfluchtentafel», ferner auch [1; 2].

4. Die Bestimmung von  $n$  oder  $\varepsilon$ , die ja wohl nie vorkommen dürfte, ist bei *eingezeichneter* Hilfsparallelenschar stets ohne weiteres, im entgegengesetzten Fall aber ebenfalls ohne Probieren möglich, wenn man entweder zwei übereinanderliegende Rechtwinkelkreuze verwendet oder aber die geometrische Konstruktion auf dem Rechenbild (Schnitt zweier «geometrischer Oerter») zulässt. Im letzteren Fall betritt man das Gebiet des «Nomographisch-graphischen Rechnens», das eine sehr wesentliche und wichtige Erweiterung der «reinen» Nomographie darstellt. (Vgl. hierzu z. B. [1; 3].) Es sei aber hierauf nicht näher eingegangen.

5. Eine weitere elektrotechnische Anwendung der oben dargelegten Vertafelungsart findet sich in meiner Arbeit [1; 2].

#### Literatur.

1. A. Fischer, 1. Ueber ein neues allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln (Nomogrammen), insbesondere von Fluchtlinientafeln. Z. angew. Math. u. Mech. (Zamm), 1927, H. 3 u. 5; 1928, H. 4; 1929, H. 5.
2. Graphische Rechentafeln (Nomogramme) für die Berechnung der Selbstinduktion einer Spule. Elektr. Nachrichtentechn. 1931, H. 4.
3. Beiträge zur Nomographie. II. Zamm 1934, H. 2.
4. Beiträge zur Nomographie. III. Zamm 1935, H. 3.
2. P. Luckey, Nomographie. Zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage der «Einführung in die Nomographie. 2. Teil.» Leipzig-Berlin, 1927.
3. A. Pillonel, La révision des prescriptions fédérales suisses concernant la construction des lignes électriques. Bull. SEV 1917, H. 3.
4. E. v. Rziha — J. Seidener, Starkstromtechnik. 7. Aufl., Bd. II. Zweiter Abschnitt: L. Kallir, Leitungen, S. 543.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

### L'orgue électronique. 681.816 : 621.396.9

La gamme naturelle (ou gamme des physiciens) diffère de la gamme tempérée; celle-ci comprend, outre les sept notes fondamentales, cinq notes intermédiaires (dièzes et bémols), l'octave étant divisée en douze intervalles égaux et formée par les termes d'une progression géométrique ayant pour raison  $\sqrt[12]{2}$ . La gamme tempérée est seule utilisée dans les instruments modernes à clavier, la gamme naturelle possédant

des harmoniques extrêmement gênants en raison des interférences qu'ils produisent avec d'autres notes ou harmoniques.

On a préconisé les dispositifs les plus variés pour la production de sons musicaux par voie électrique. En 1914, l'américain Cahill propose un orgue où les divers sons et leurs harmoniques sont produits par une série d'alternateurs; ce moyen sera repris et perfectionné, par l'usage de filtres et d'amplificateurs, par Givélet, Béthenod, etc. Lee de Forest utilise le premier la lampe à trois électrodes en produisant