

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 27 (1936)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Über einige Integralreliefs für die nomographische, bzw. nomographisch-graphische Berechnung der Freileitungen vom Standpunkte der Festigkeit aus  
**Autor:** Fischer, Alexander  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057496>

### **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:** 11.01.2026

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

durch den Lastumschalter mit Federsprungwerk in einem Zuge unaufhaltsam vollzogen. Die konstruktive Ausführung von Koch & Sterzel hat den Vorzug des einfachen und übersichtlichen Aufbaues bei guter Trennung des Lastschalters vom Wähler.

Das erste, was bei den Motoren auffiel, ist die Verwendung von in den Eisenkörper eingepressten *Rotorarmaturen aus Aluminium-Spritzguss*. Siemens, AEG, Heemaf und Sachsenwerk stellten solche Rotorarmaturen aus in Durchmessern bis zu 20 cm. Nach beiden Seiten stehen die Rotorstäbe vor und sind zu starken Ventilatorflügeln verbreitert. Heemaf erwähnt, dass der Pressdruck 300 Tonnen betrage.

Das Sachsenwerk geht noch weiter und *giesst* bei gewissen Typen auch die *Statoren* in eine Aluminiumlegierung ein. Hierdurch soll eine absolute Geräuschlosigkeit erzielt werden. Diese Lösung wird speziell angewendet bei ganz geschlossenen Motoren mit Oberflächenkühlung, wo sie die Wärmeabgabe vom Statorisen an die belüftete Motorenaussenfläche stark erleichtert.

Die Ausstellung der Einheitsmotoren des Sachsenwerkes war sehr eindrucksvoll. Von BBC sind ebenfalls eine Reihe von Motoren ausgestellt, während sowohl bei Siemens als auch bei AEG die Motoren mehr im Hintergrund waren. Siemens propagiert an einem Springbrunnen seine Hauswasserpumpen mit Elektromotoren.

Auch dieses Jahr nehmen die *Schweissschmaschinen* mit Zubehör und die verwandten Apparate einen grossen Raum in

der Ausstellung ein. AEG und speziell Siemens zeigen eine Reihe von Punkt-, Naht- und Stumpf-Schweissschmaschinen, während BBC mehr Schweisstransformatoren und Schweissumformer mit elektrischem und Dieselantrieb ausstellt.

*Gleichrichter* waren bei den zwei Grossfirmen nur als Glasgleichrichter ausgestellt; Metallgleichrichter waren keine zu sehen. Bei Siemens ist als Kuriosität ein sechsanodiger Gleichrichter mit Porzellankolben zu erwähnen für 13 000 V und 10 A.

Merkwürdigerweise ist von den *Dampfentladungslampen* noch nicht viel zu sehen. In der grossen Osramhalle werden sie zugunsten der Doppelwendel-Glühlampe fast ganz übergangen. Es wird dort mit grossem Aufwand der Schvorgang volkstümlich erläutert und die Wichtigkeit guter Beleuchtung dargestellt. Die AEG aber zeigt in lehrreicher Weise an ihrem Stand die Anwendung von Quecksilberdampflampen zur Kontrolle von Textilerzeugnissen und Beispiele von modernen Strassenbeleuchtungen.

Die Zunahme der Verwendung von *Pressmaterialien* im Apparatebau, speziell im Kleinapparatebau, ist von Jahr zu Jahr ausgesprochen. Neben den zahlreichen Bakelitpresswerken ist dem Porzellan und dem Steatit im Ardorit seit einigen Jahren ein neuer Konkurrent entstanden. Es ist dies ein keramischer Stoff, der schieferähnliche Farbe und Oberfläche hat, aber viel härter ist und sich für plattenartige Preßstücke besonders gut eignet. Verwendet wird er schon von einigen Apparatefabriken, u. a. von BBC und Stotz.

## Ueber einige Integralreliefs für die nomographische, bzw. nomographisch-graphische Berechnung der Freileitungen vom Standpunkte der Festigkeit aus.<sup>1)</sup>

Von Alexander Fischer, Prag.

518.3 : 621.315.056

Es werden durch Zurückgehen auf das vollständige Integral der der Leitungszustandsgleichung zugrunde liegenden Differentialgleichung erster Ordnung drei Integralreliefs entworfen, die für alle Baustoffe usw. gelten, daher als «Universalnomo-», bzw. «diagramme» angesprochen werden können. Und zwar ergibt sich erstens ein Gegenstück zu der bekannten Netztafel von L. Truxa, zweitens eine neue Herleitung und Verbesserung des «Freileitungsnomogramms» von J. Schwarzkopf und drittens ein Integralrelief in Form einer Fluchlinientafel mit Doppelknotenpunkten und Ablesegerade. In allen drei Fällen erhält man die gesuchten Grössen unmittelbar, und zwar nach Durchführung kleiner Nebenrechnungen.

En retournant à l'intégrale générale de l'équation différentielle du premier ordre sur laquelle se base l'équation fondamentale des lignes aériennes, l'auteur esquisse trois «reliefs d'intégrale» qui sont valables pour tous les matériaux et, partant, peuvent être considérés comme «abaques» ou «diagrammes universels». On obtient ainsi premièrement un pendant de la table connue de L. Truxa, deuxièmement un nouveau développement et une amélioration de l'abaque pour lignes aériennes de J. Schwarzkopf et troisièmement un relief d'intégrale sous forme d'un nomogramme avec points à deux cotes et droite de lecture. Dans tous les trois cas on obtient immédiatement les grandeurs cherchées, après avoir effectué quelques petites opérations auxiliaires.

Die Berechnung der Freileitungen in mechanischer Hinsicht mit Hilfe graphischer und nomographischer Verfahren hat bereits ein geradezu unübersehbares Schrifttum zur Folge gehabt [vgl. hierzu z. B. (4b), (6)]<sup>\*)</sup>. Wenn ich es im folgenden unternehme, die Zahl dieser Arbeiten um eine weitere zu vermehren, so dürfte diese dennoch nicht ohne Nutzen sein. Wird doch in ihr nicht nur gezeigt, wie eine weitere Lösung durch das Zurückgehen auf die ursprüngliche, dem Problem zugrunde liegende Differentialgleichung — bzw. auf deren als bekannt vorausgesetztes vollständiges Integral — erhalten werden kann, sondern es fällt auch dadurch ein helles Licht auf einige bisher erhaltene Lösungen, deren Begründung sich nunmehr auf ganz naturgemässe Weise ergibt, ohne dass man, wie dies mitunter geschehen ist, zu nicht ganz einwandfreien Schlüssen zu greifen gezwungen wäre.

### I. Problemstellung.

Die Differentialgleichung, die der allgemeinen Zustandsgleichung der Leitung zugrunde liegt, lautet [vgl. (6), S. 77]:

$$dt = \frac{16}{3} 10^{-4} \frac{\varphi}{\alpha} d\varphi - \frac{1,25 a}{E \alpha} d\left(\frac{\gamma}{\varphi}\right);$$

ihr vollständiges Integral

$$t = \frac{16}{6} \frac{10^{-4}}{\alpha} \varphi^2 - \frac{1,25 a}{E \alpha} \frac{\gamma}{\varphi} + c, \quad (I)$$

wo  $c$  die Integrationskonstante ist.

Hierin bedeutet:

- $t$  die Temperatur,
- $a$  die lineare Ausdehnungszahl der Wärme,
- $E$  den Elastizitätsmodul,
- $\gamma$  die Gewichtsbelastung,
- $a$  die Spannweite der Leitung,
- $f$  den Durchhang,
- $\varphi = f/a$  den verhältnismässigen Durchhang.

<sup>1)</sup> Bei der Redaktion eingegangen am 11. Dez. 1934.

<sup>\*)</sup> Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf den Schrifttennachweis am Ende der Arbeit.



Eine solche Funktionsbeziehung ist aber nach bekannten Verfahren [vgl. hierzu auch (1a)] durch eine Fluchtlinientafel mit Ablesegerade mit zwei parallelen Trägern für  $\mathfrak{U}_i$  und  $\mathfrak{B}_i$  und einer Kurve für  $\varphi_i$  darstellbar, wobei zusammengehörige Werte

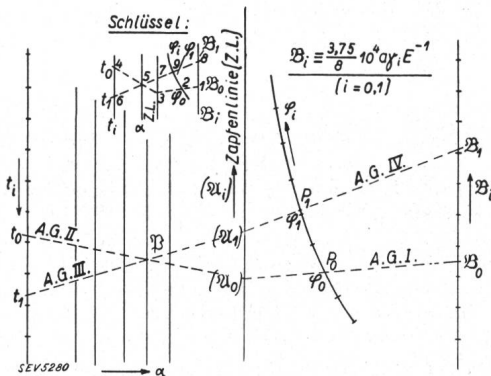


Fig. 2.  
Zweites Integralrelief.

$\mathfrak{U}_i$ ,  $\mathfrak{B}_i$  und  $\varphi_i$  auf der Ablesegeraden liegen (vgl. Fig. 2, rechte Teiltafel).

Die Bildung des Ausdrucks  $\mathfrak{U}_i$  könnte gemäss

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_0 + \frac{3}{8} 10^4 (t_1 - t_0) \alpha$$

wieder durch Nebenrechnung erfolgen. Es ist aber zweckmässiger, sie mit Hilfe der linken Teiltafel der Fig. 2 zu bewerkstelligen. Diese ist nämlich ein Integralrelief für die Funktionsbeziehung (Ib<sub>2</sub>), und zwar mit zwei parallelen Trägern für  $\mathfrak{U}$  und  $t$  und dem Doppelknotenpunktsnetz ( $\alpha$ ,  $K$ ). Hierin ist  $K$  die Integrationskonstante. Da es auf den Wert von  $K$  nicht ankommt, wurde das Strahlenbüschel für  $K$  nicht eingezeichnet.

$\beta$ ) Die Benützung des Rechenbildes (Nomogramms) erfolgt wieder in 4 Schritten:

1. Schritt: Durch  $\mathfrak{B}_0$  und  $\varphi_0$  ist «Ablesegerade I» festgelegt, die auf der  $\mathfrak{U}$ -Leiter den Punkt  $\mathfrak{U}_0$  ergibt.

2. Schritt:  $\mathfrak{U}_0$  und  $t_0$  legen «Ablesegerade II» fest, die auf der Geraden  $\alpha$  den Punkt  $\mathfrak{B}$  ergibt.

3. Schritt: Durch  $\mathfrak{B}$  und  $t_1$  ist «Ablesegerade III» festgelegt, die auf der  $\mathfrak{U}_i$ -Leiter den Wert  $\mathfrak{U}_1$  heraus-schneidet.

4. Schritt: Durch  $\mathfrak{U}_1$  und  $\mathfrak{B}_1$  ist schliesslich «Ablesegerade IV» bestimmt. Sie schneidet auf der  $\varphi$ -Kurve das gesuchte  $\varphi_1$  aus.

Wie leicht einzusehen, dient der Träger der  $\mathfrak{U}_i$ -Leiter bloss als «Zapfenlinie». Da es nämlich auf den Wert von  $\mathfrak{U}_0$  und  $\mathfrak{U}_1$  nicht ankommt, kann der Träger hierfür unbeziffert bleiben. — Ein Vergleich dieses Vorganges mit demjenigen bei J. Schwarzkopf (5) dürfte seine Ueberlegenheit klar erkennen lassen.

C. Drittes Integralrelief: Rechenbild mit Doppelknotenpunkten.

$\alpha$ ) Herleitung der Tafel. Hier ist (I) auf die Form

$$\frac{\mathfrak{U}_i}{\varphi_i^2 + u} + \frac{\mathfrak{B}_i}{\varphi_i(\varphi_i^2 + C)} = 1 \quad (\text{Ic})$$

zu bringen, wo unter Einführung von  $C = \frac{3}{8} 10^4 \alpha c$ :

$$\mathfrak{U}_i = \frac{3}{8} 10^4 \alpha t_i, \quad \mathfrak{B}_i = \frac{3,75}{8} 10^4 \frac{\alpha \gamma_i}{E} \quad (i = 0, 1)$$

ist. Eine solche Funktionsbeziehung ist aber — wieder nach bekannten Verfahren — durch eine Fluchtlinientafel mit Ablesegerade mit 2 parallelen Trägern für  $\mathfrak{U}_i$  und  $\mathfrak{B}_i$  und einem Netz von Doppelknotenpunkten ( $\varphi_i$ ,  $C$ ) darstellbar, wobei zusammengehörige Werte von  $\mathfrak{U}_i$ ,  $\mathfrak{B}_i$ ,  $\varphi_i$ ,  $C$  auf der Ablesegeraden liegen. Da es auf den Wert von  $C$  nicht ankommt, kann die  $C$ -Schar unbeziffert bleiben. Eine schematische Darstellung dieser Tafel zeigt Fig. 3.

$\beta$ ) Die Benützung der Tafel erfolgt hier im Gegensatz zu den vorstehenden Lösungen bereits in zwei Schritten.

1. Schritt: Durch  $\mathfrak{U}_0$  und  $\mathfrak{B}_0$  ist «Ablesegerade I» festgelegt. Sie schneidet die dem gegebenen  $\varphi_0$  zugehörige  $\varphi_0$ -Gerade in einem Doppelknotenpunkt  $P_0$ , dessen zweite Knotenlinie — die das gesuchte  $C$  ergäbe, falls sie beziffert wäre — zu vermerken ist.

2. Schritt: Durch  $\mathfrak{U}_1$  und  $\mathfrak{B}_1$  ist «Ablesegerade II» festgelegt, deren Schnitt  $P_1$  mit der eben erwähnten

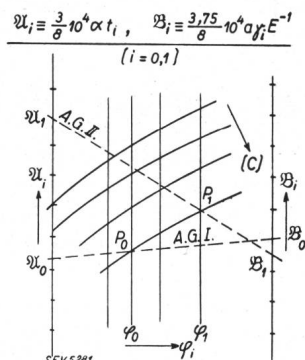


Fig. 3.  
Drittes Integralrelief.

$C$ -Kurve aufzusuchen ist. Seine zweite Kote gibt bereits das gesuchte  $\varphi_1$ . —

Die Ausdrücke  $\mathfrak{U}_0$ ,  $\mathfrak{B}_0$ ,  $\mathfrak{U}_1$ ,  $\mathfrak{B}_1$  sind wieder durch Nebenrechnung, z. B. mittels Rechenschiebers, zu bilden.

### 3. Anmerkungen.

1. Die Spannung  $\sigma$  erhält man aus  $\varphi$  vermöge

$$\sigma_i = \frac{\alpha \gamma_i}{80 \varphi_i} \quad (i = 0, 1)$$

[vgl. (6)]; auf die nomographische Berechnung sei jedoch, da ohne wesentliches Interesse, nicht näher eingegangen.

2. Bezüglich des Entwurfs der Rechenbilder für die Funktionsbeziehungen (Ia), (Ib<sub>1</sub>), (Ib<sub>2</sub>) und (Ic) sei folgendes bemerkt: Für die Darstellung aller dieser Funktionsbeziehungen sei vor allem auf das Hauptwerk (2) des Begründers der modernen Nomographie, M. d'Ocagne, verwiesen. Die beiden Einführungen in die Nomographie, die sich in den Werken (4a) und (6) vorfinden, genügen bloss für die Vertafelung der Funktionsbeziehung (Ib<sub>1</sub>), da

in beiden weder auf die Netztafeln noch auf die immer wichtiger werdenden Tafeln mit Doppelknotenpunkten näher eingegangen wird. — Der Entwurf aller der den genannten Funktionsbeziehungen zugehörigen Tafeln kann aber auch unter Heranziehung eines *einzigen* Grundgedankens auf *einheitlicher* Grundlage erfolgen, und zwar nach dem allgemeinen Verfahren des Verfassers [vgl. (1a)]. Da hierfür aber insbesondere für den Entwurf der Tafeln für (Ib<sub>1</sub>), (Ib<sub>2</sub>) und (Ic) mehr mathematische Ausführungen erforderlich wären, sei hierauf nicht näher eingegangen.

3. Noch ein paar Worte über das *Verhältnis der bisherigen hierher gehörigen Lösungsverfahren* zu denjenigen mittels Integralreliefs. Die analytisch-algebraische Lösung der Anfangswertaufgabe führt zu folgendem Endergebnis [vgl. z. B. (6)]:

$$t_1 - t_0 = \frac{267}{\alpha} (\varphi_1^2 - \varphi_0^2) 10^{-6} + 1,25 \frac{a}{E\alpha} \left( \frac{\gamma_0}{\varphi_0} - \frac{\gamma_1}{\varphi_1} \right)$$

Setzt man, wie dies im Anschluss an L. Truxa (7) bei verschiedenen Verfassern geschieht:

$$t_1 - \frac{267}{\alpha} \varphi_1^2 10^{-6} + 1,25 \frac{a}{E\alpha} \frac{\gamma_1}{\varphi_1} = K,$$

$$t_0 - \frac{267}{\alpha} \varphi_0^2 10^{-6} + 1,25 \frac{a}{E\alpha} \frac{\gamma_0}{\varphi_0} = K,$$

so kommt man zu unserer Funktionsbeziehung (I), wobei die als Kunstgriff eingeführte Konstante K natürlich nichts anderes ist als die Integrationskonstante des vollständigen Integrals. — Im vorliegenden Fall scheint also durch die neue Auffassung, d. h. durch das Zurückgehen auf das Integral, *praktisch* nichts gewonnen worden zu sein. Demgegenüber ist jedoch zu bemerken, dass erstens der Umweg über die Algebra erspart und zweitens eine naturgemässe Deutung der Konstanten K erhalten wird. Gerade bezüglich der Einführung und Deutung dieser Konstanten finden sich in verschiedenen

Arbeiten die merkwürdigsten und oft widersinnigsten Erklärungen. Das Integralrelief lässt dagegen ihre wahre Bedeutung erkennen. — Im übrigen sei auf die Arbeit (1c) verwiesen, die die Leistungsfähigkeit eines Integralreliefs, und zwar eines solchen für die lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, viel deutlicher zeigt.

#### Literatur.

1. A. Fischer. a) Ueber ein neues allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln (Nomogrammen), insbesondere von Fluchtlinientafeln. Z. f. angew. Math. u. Mech. 1927, H. 3 u. 5; 1928, H. 4; 1929, H. 5.  
b) Ueber eine Anwendung des nomographisch-graphischen Rechnens auf eine Aufgabe aus der technischen Schwingungslehre. HDI-Mitteilungen des Hauptvereins deutscher Ingenieure in der Tschechoslowak. Republik 1932, H. 14.  
c) Ueber das allgemeine «Integralrelief» zur nomographisch-graphischen Lösung von Randwertaufgaben gewöhnlicher linearer Differentialgleichungen zweiter Ordnung — das reelle Gegenstück zum «Sinusrelief und Tangensrelief in der Elektrotechnik» von Fritz Emde. HDI-Mitt. usw. 1933, H. 1/2.
2. M. d'Ocagne. Traité de Nomographie, 2<sup>e</sup> éd., Paris 1921.
3. J. Reznicek — S. Matena. Universalni diagramy pro vypočet vrchních vedení kratkých rozpetí. (Universalprogramme für die Berechnung von Oberleitungen von kurzer Spannweite.) Elektrotechnický Obzor (Prag). 1933, H. 14.
4. E. v. Rziha — J. Seidener. Starkstromtechnik. 7. Aufl., Berlin 1930/1931.  
a) Band I: 1. Abschnitt, Kap. I: P. v. Stritzl, Nomographie.  
b) Band II: 2. Abschnitt, Kap. G: L. Kallir, Berechnung der Freileitungen vom Standpunkte der Festigkeit.
5. I. Schwarzkopf. Das Freileitungsnomogramm. E. u. M. 1929, H. 6.
6. E. E. Seefehlner. Elektrische Zugförderung. 2. Aufl., Berlin 1924.
7. L. Truxa. Schaulinien zur raschen Ermittlung des Durchhanges und der Beanspruchung von Leitungsseilen. E. u. M. 1923, H. 34.
8. V. Hruska — V. Kelbich. Universalni nomogram pro mechanický vypočet venkovních elektrických vedení. (Universalnomogramm für die mechanische Berechnung elektrischer Freileitungen.) Elektrotechnický Obzor. 1936, H. 2.

## Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

### Akkumulator-Fahrzeuge.

629.113.65

In Deutschland werden seit einiger Zeit sehr grosse Anstrengungen gemacht, ausländische Rohstoffe und Produkte durch einheimische zu ersetzen. Wie kritisch man solchen Bestrebungen gegenüberstehen mag, so wird man gewisse wertvolle Erkenntnisse und Ergebnisse nicht grundsätzlich ablehnen wollen. Im Rahmen dieser Bestrebungen stehen auch die Bemühungen, an Stelle von Oel und Benzin andere Energieträger als Triebstoffe für Kraftfahrzeuge heranzuziehen. Was insbesondere für die Verbreitung des Elektromobils geschieht, dürfte auch für die schweizerischen Verhältnisse von besonderem Interesse sein; *denn die meisten Gründe, welche die deutsche Wirtschaft veranlassen, das Akkumulator-Fahrzeug zu begünstigen, gelten in vermehrtem Masse für die Schweiz.* Wir entnehmen die folgenden Ausführungen, die der Werbung für das Elektrofahrzeug dienen, einem in der «Elektrizitätswirtschaft» erschienenen Aufsatz.

Kurz zusammengefasst sind die Vorzüge des akkumulator-elektrischen Antriebes vor allem in dem denkbar einfachen Aufbau der Elektrofahrzeuge begründet. Komplizierte und empfindliche Maschinenteile gibt es dabei nicht. Elektromotor und Batterie sind bewährte Bauteile und unempfindlich gegen Kälte. Das in der Natur des elektrischen Antriebes liegende weiche Anfahren und gleichmässige Beschleunigen schont Wagen und Frachtgut. Der Reifenverschleiss ist um 30 % niedriger. Die Störungsanfälligkeit und damit der Reparaturkostenanteil ist sehr gering. Ebenso einfach wie im Aufbau sind Elektrofahrzeuge auch in der Bedienung. Das Anlassen der Maschine fällt ganz fort. Startschwierigkeiten bei Kälte und Einfrieren von Kühlern gibt es nicht. Der Betrieb ist sehr sauber. Geräusch- und Geruchlosigkeit sind für den Stadtverkehr ein hoch zu wertender Vorzug. Die Unterstellungskosten sind gering, da besondere, den feuerpolizeilichen Vorschriften unterliegende Garagen nicht erforderlich sind. Die Batteriepflege ist ein-