

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band:	27 (1936)
Heft:	7
Artikel:	Ueber 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-1061483

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: 10.01.2026

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 Motoren-aussenfläche 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 *Schweissmaschinen* 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-Schweissmaschinen, 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 übergegangen. 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 ausgesprochener. Neben den zahlreichen Bakelitpresswerken ist dem Porzellan und dem Steatit im Ardit 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.¹⁾

Von Alexander Fischer, Prag.

518.3 : 621.315.056

Es werden durch Zurückgehen auf das vollständige Integral 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 Fluchtlinientafel mit Doppelkotenpunkten und Ablesegerade. In allen drei Fällen erhält man die gesuchten Größen unmittelbar, und zwar nach Durchführung kleiner Nebenrechnungen.

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) *]. 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 erhaltenen 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.

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.

1. Problemstellung.

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

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

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

¹⁾ Bei der Redaktion eingegangen am 11. Dez. 1934.

^{*}) Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf den Schriftennachweis am Ende der Arbeit.

Anstatt nun, wie üblich, die Integrationskonstante c zunächst auf algebraischem Weg zu bestimmen und dann erst das so erhaltene *partikuläre Integral* zu vertafeln, kann auch die Lösung dieser «Anfangswertaufgabe» durch ein «Integralrelief», d. h. *unmittelbar* im Anschluss an das *vollständige Integral* der Differentialgleichung erfolgen. Wie ich in meiner ersten Arbeit (1c) über derartige Integralreliefs dargelegt habe, bilden diese das Gegenstück zu vielen, in den verschiedensten technischen Wissenschaften verwendeten Verfahren. Da es sich hierbei oft als nötig erweist, auf solchen, dann als «Diagramme» oder «Reliefs» zu bezeichnenden Nomogrammen, noch tatsächliche Linienzüge einzuziehen (vgl. z. B. die in der technischen Thermodynamik unentbehrlich gewordenen IS-Diagramme, ferner die folgende erste Lösung), so habe ich für diese bisher unbenannt gebliebene Weiterbildung der reinen Nomographie — in (1b) — die einheitliche Bezeichnung «*Nomographisch-graphisches Rechnen*» eingeführt. Wie leicht einzusehen ist, handelt es sich bei allen derartigen Verfahren um die Abbildung von Zustandsverläufen, also um dem sinnlichen Auge unmittelbar zugängliche Ausdrucksweisen des «funktionalen Denkens».

Und zwar sollen im folgenden drei solche «Integralreliefs» hergeleitet werden, die für *alle* Baustoffe, Spannweiten u. dgl. gültig sind, daher wohl als «Universalnomo-», bzw. «-diagramme» [vgl. über drei solche auch (3), (8)] bezeichnet werden können. Es wäre naheliegend, auf Grundlage der einzelnen Lösungen weitere, z. B. bloss für bestimmte, fest gewählte Baustoffe gültige Tafeln herzuleiten; es sei jedoch hierauf nicht näher eingegangen.

2. Drei Integralreliefs für die Funktionsbeziehung (I).

Diese Reliefs entstehen aus der vorgelegten Funktionsbeziehung durch zunächst rein formale Umformung behufs nachfolgender geometrischer Deutung. [Der Zeiger i für die Zustände $i = 0$ (bekannter Anfangszustand) und $i = 1$ (irgendein weiterer Zustand) wurde der Deutlichkeit halber eingeführt.]

A. Erstes Integralrelief: Gegenstück zum «Diagramm» von L. Truxa. [Vgl. (7), ferner auch (4b).]

a) Herleitung der Tafel. Hier ist (I) auf die Form

$$\mathfrak{B}_i = \varphi_i^2 - \mathfrak{A}_i \varphi_i^{-1} \quad (Ia)$$

zu bringen, mit

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

Eine solche Funktionsbeziehung ist aber nach alten Verfahren [vgl. z. B. (2), ferner auch (1a)] durch eine «Netztafel» nach Art der Fig. 1 darstellbar.

β) Die Benützung des Reliefs erfolgt in vier Schritten.

1. Schritt: Durch \mathfrak{A}_0 und φ_0 ist auf der Geraden φ_0 der Punkt P_0 festgelegt.

2. Schritt: Auf der Waagerechten durch P_0 ist sodann bis zu deren Schnittpunkt \mathfrak{B} mit der Ordinatenachse \mathfrak{B}_0 der Abstand Δ abzulesen.

$$\mathfrak{A}_i = \frac{3,75}{8} 10^4 \alpha \gamma_i E^{-1}, \quad \Delta = \frac{3}{8} 10^4 \alpha (t_i - t_0) \quad (i = 0, 1)$$

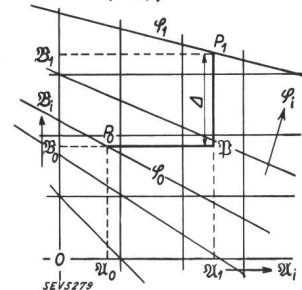


Fig. 1.

Erstes Integralrelief.

3. Schritt: Durch \mathfrak{A}_1 fortzuschreiten und dieser zu vermerken.

3. Schritt: Da

$$\mathfrak{B}_0 = \frac{3}{8} 10^4 \alpha (t_0 - c) \quad \text{und} \quad \mathfrak{B}_1 = \frac{3}{8} 10^4 \alpha (t_1 - c),$$

folgt hieraus

$$\mathfrak{B}_1 = \mathfrak{B}_0 + \Delta, \quad \Delta = \frac{3}{8} 10^4 (t_1 - t_0) \alpha.$$

D. h., es ist die Strecke Δ von \mathfrak{B} aus aufzutragen, wodurch Punkt P_1 erhalten wird.

4. Schritt: Die Bezifferung der Geraden φ_1 durch den Punkt P_1 mit den Koten $\mathfrak{A}_1, \mathfrak{B}_1$ gibt bereits das gesuchte φ_1 .

Hierbei sind die Ausdrücke $\mathfrak{A}_0, \mathfrak{A}_1$ und Δ durch Nebenrechnung aus den gegebenen Größen zu bilden. Ihre Berechnung auf nomographischem Wege wäre zwar ebenfalls möglich, werde aber, wie auch für das folgende, nicht empfohlen.

γ) Wie ersichtlich, gelangt man vom Punkt P_0 zum Punkt P_1 durch den stärker ausgezogenen Linienzug, der allenfalls auf einem durchsichtigen Papier tatsächlich eingezeichnet werden könnte. Man rechnete dann eben «nomographisch-graphisch». Hierbei ist die Analogie einerseits zum Verfahren von L. Truxa und anderseits zu den andern nomographisch-graphischen Verfahren, z. B. in der technischen Thermodynamik, ganz deutlich ersichtlich.

B. Zweites Integralrelief: Neue Herleitung und Verbesserung des «Freileitungsnomogramms» von J. Schwarzkopf [vgl. (5)].

a) Herleitung der Tafel. Hier ist (I) zu schreiben:

$$\frac{\mathfrak{A}_i}{\varphi_i^2} + \frac{\mathfrak{B}_i}{\varphi_i^3} = 1, \quad (Ib_1)$$

wo — mit $K = ac$ —

$$\mathfrak{A}_i = \frac{3}{8} 10^4 (\alpha t_i - K), \quad (Ib_2)$$

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

in beiden weder auf die Netztafeln noch auf die immer wichtiger werdenden Tafeln mit Doppelkotenpunkten näher eingegangen wird. — Der Entwurf aller der den genannten Funktionsbeziehungen zugehörigen Tafeln kann aber auch unter Heranziehung eines *einzigsten* 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 (Ib₁), (Ib₂) 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^e éd., Paris 1921.
3. *J. Reznicek — S. Matena.* Universální diagramy pro výpočet vrchních vedení krátkých rozpetí. (Universaldigramme 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.* Universální nomogram pro mechanický výpočet venkovních elektrických vedení. (Universalmogramm 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 Öl 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 Vorteil. Die Unterstellungskosten sind gering, da besondere, den feuerpolizeilichen Vorschriften unterliegende Garagen nicht erforderlich sind. Die Batteriepflege ist ein-