

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Einheitskettenlinie mit Steigungskennlinien : ein Beitrag zur graphischen Lösung von Aufgaben der Seilberechnung  
**Autor:** Maurer, E. / Nather, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060816>

### **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>**

Es ist nicht zu umgehen, dass im Interesse der Normung gewisse Anpassungen nötig werden. Es ist aber nötig, dass besondere Massnahmen getroffen werden, um die mit der Umstellung verbundenen momentanen wirtschaftlichen Nachteile auf ein Minimum zu reduzieren. Dies ist möglich, wenn eine genügend lange Zeit für den Uebergang vorgesehen wird.

Eine Umstellungszeit von 5 bis 10 Jahren, welche für solche Fälle in Frage kommt, bietet immer die Gelegenheit, bei Anlass von Revisionen und Neu-

konstruktionen auf die neue Norm überzugehen, ohne dass wesentliche Nachteile entstehen.

Es ist nun dringend zu wünschen, dass die grosse Mühe und Arbeit, welche von den verschiedensten Stellen auf die Schaffung einer Internationalen Grundnorm für die Stromreihen verwendet wurde, bald einen vollen Erfolg haben wird durch die Anpassung des Textes an die angenommenen Prinzipien der Normzahlen der ISA und durch die internationale Festlegung der Auswahlreihen für die einzelnen Anwendungen, die erst das Problem ganz lösen wird.

## Einheitskettenlinie mit Steigungskennlinien.

### Ein Beitrag zur graphischen Lösung von Aufgaben der Seilberechnung.

Von E. Maurer, Innertkirchen, und E. Nather, Wien.

621.315.1.056.1

Im Anschluss an die grundlegende Arbeit Maurer «Die Berechnung der Freileitungen mit Rücksicht auf die mechanischen Verhältnisse der Leiter» (siehe Bull. SEV 1936, Nrn. 2 und 3) wird für die Bestimmung grosser horizontaler und schiefer Spannfelder eine Methode dargestellt, die mit Hilfe der bereits beschriebenen Einheitskettenlinie und der sogenannten Steigungskennlinien ermöglicht, alle Aufgaben durch direkte Konstruktion zu lösen.

Das Kurvenblatt der Einheitskettenlinie, ergänzt durch die Steigungskennlinie für 0 % Steigung, ist im Format 110 × 75 cm ab Mitte April beim Generalsekretariat des SEV und VSE erhältlich.

Faisant suite à l'article fondamental de M. Maurer «Le calcul mécanique des lignes aériennes», paru dans le Bulletin ASE 1936, Nos. 2 et 3, une méthode est indiquée pour la détermination des grandes portées horizontales et inclinées, qui permet de résoudre tous les problèmes par une construction graphique à l'aide de la chaînette type et de courbes de dénivellation.

L'abaque au format 110 × 75 cm renfermant la chaînette type et la courbe de dénivellation de 0 % pourra s'obtenir dès mi-avril auprès du Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS.

#### Vorwort.

Im Anhang II der Wegleitung: «Die Berechnung der Freileitungen mit Rücksicht auf die mechanischen Verhältnisse der Leiter», erschienen im Bull. SEV 1936, Nr. 2 und 3<sup>1)</sup>, wurde ein graphisches Verfahren zur Lösung von Aufgaben der Seilberechnung mittels der sogenannten Einheitskettenlinie gezeigt. Für schiefe Spannfelder und grosse horizontale Spannfelder, bei denen der Seilzug in den Aufhängepunkten vom Horizontalzug wesentlich verschieden ist, lassen sich die Aufgaben nur durch Probieren lösen, wenn ausser den geometrischen Dimensionen der Spannfelder nur der maximal zulässige Seilzug und das virtuelle oder reelle spezifische Gewicht des Leiters bekannt sind.

In der vorliegenden Abhandlung wird nun gezeigt, wie das Kurvenblatt mit der Einheitskettenlinie durch sogenannte Steigungs-Kennlinien ergänzt werden kann, so dass sich alle Aufgaben durch direkte Konstruktion lösen lassen.

#### I. Die Steigungskennlinie für horizontale Spannfelder.

Gemäss Anhang I der vorgenannten Wegleitung besteht zwischen Seilspannung  $p$ , spez. Gewicht des Seiles  $\gamma$  und Ordinate  $y$  irgendeines Punktes der Seilkurve, also auch für die Aufhängepunkte die Beziehung

$$y = \frac{p}{\gamma} \quad (1)$$

<sup>1)</sup> Ein Sonderdruck dieser grundlegenden Arbeit ist beim Generalsekretariat des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, erhältlich.

Für horizontale Spannweiten  $a$  ist die Abszisse der Aufhängepunkte

$$x = \frac{a}{2} \quad (2)$$

Durch Division der Gl. (2) durch Gl. (1) erhält man

$$\frac{2x}{y} = \frac{a \cdot \gamma}{p} \quad (3)$$

Dividiert man in dieser Gleichung  $x$  und  $y$  durch den Parameter  $c$ , so erhält man die entsprechenden Koordinaten  $X$  und  $Y$  der Einheitskettenlinie. Verlegt man noch den Nullpunkt der Einheitskettenlinie in den Scheitel durch Bildung der neuen Ordinate  $Y' = Y - 1$ , so geht Gl. (3) über in Gleichung

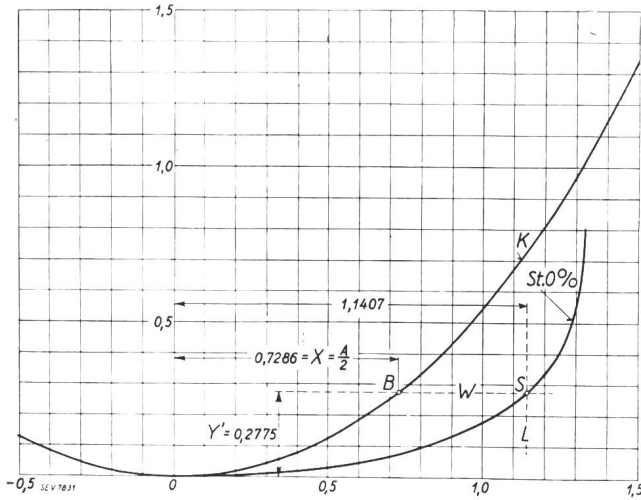
$$\frac{2X}{Y' + 1} = \frac{a \cdot \gamma}{p} \quad (4)$$

Für die Einheitskettenlinie mit den laufenden Koordinaten  $X Y'$  definieren wir nun als zugehörige Steigungskennlinie für horizontale Spannfelder (Steigung 0 %) eine Kurve mit den laufenden Koordinaten

$$\xi = \frac{2X}{Y' + 1} = \frac{a \cdot \gamma}{p} \quad \text{und} \quad \eta = Y' \quad (5)$$

Die Koordinaten der Steigungs-Kennlinie können somit aus den Koordinaten der Einheitskettenlinie berechnet werden. In Fig. 1 sind Einheitskettenlinie und zugehörige Steigungskennlinie für 0 % Steigung dargestellt, und zwar für den Bereich von  $X = 0$  bis  $X = 1,2$ . Noch höhere Abszissenwerte als  $X = 1,2$  kommen nicht mehr in Betracht, denn hierfür

würden sich Durchhänge von mehr als 33,8 % ergeben, bei welchen die Seillänge übermässig gross ausfällt, so dass sie im normalen Freileitungsbau nicht in Frage kommen.



Hierin bedeuten  $y_1$  und  $y_2$  die Ordinaten des untern bzw. obern Aufhängepunktes,  $\psi$  den Neigungswinkel der Verbindungsgeraden der Aufhängepunkte gegen die Horizontale und  $y_0$  die Ordinate des äquivalenten Horizontalspannfeldes. Ist die max. zulässige Seilspannung  $p_z$  im obern Aufhängepunkt gegeben, so ist

$$\frac{p_0}{p_z} = \frac{y_0}{y_2} \quad (7)$$

Nun wird das graphische Verfahren angewandt wie für ein horizontales Spannungsfeld, dessen Spannweite  $a$  gleich der Distanz der Aufhängepunkte und dessen Seilspannung in den Aufhängepunkten gleich  $p_0$  ist. Hat man den Parameter  $c$  durch die graphische Lösung bestimmt, so beträgt die relative Distanz  $A = \frac{a}{c}$ . Es bleibt nur noch übrig, diese Strecke

$A$  im Kurvenblatt um den Neigungswinkel  $\psi$  zu drehen (siehe Fig. 1), worauf die noch unbekannten Werte von dem so konstruierten Abbild des schiefen Spannungsfeldes in der Einheitskettenlinie abgemessen werden können.

Hierzu kann die Ordinate  $Y'_2$  des obern Aufhängepunktes des schiefen Spannungsfeldes in der Einheitskettenlinie berechnet werden, sie ergibt sich zu

$$Y'_2 = \frac{y - c}{c} = \frac{p_z}{\gamma \cdot c} - 1 \quad (8)$$

#### IV. Zahlenbeispiel für ein schiefes Spannungsfeld.

Zwischen zwei Abspannpunkten mit einer Horizontalabstand von 900 m und einem Höhenunterschied von 120 m soll ein Bronzeseil von 62 mm<sup>2</sup> Querschnitt gezogen werden, so dass die maximale Zugspannung im obern Aufhängepunkt bei 2 kg Schnee pro Laufmeter höchstens 77 % der nach Starkstromverordnung zulässigen Beanspruchung (4300 kg/cm<sup>2</sup>) betragen soll.

Man setzt also

$$a = 900 \text{ m} \quad \cos \psi = 0,991; \quad \psi = 7^\circ 40'$$

$$h = 120 \text{ m}$$

$$p_z = 77 \% \text{ von } 4300 = 3300 \text{ kg/cm}^2 = p_2$$

$$\gamma = 0,087 + \frac{0,02}{0,62} = 0,041 = 41 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$$

Die Ordinate des obern Aufhängepunktes

$$y_2 = \frac{p_2}{\gamma} = \frac{3300}{41 \cdot 10^{-3}} = 80\,500 \text{ cm} = 805 \text{ m.}$$

Die Ordinate des untern Aufhängepunktes

$$y_1 = y_2 - 120 = 685 \text{ m}$$

$$y_0 = \frac{1}{2} (y_1 + y_2) \cos \psi$$

$$= \frac{1}{2} (685 + 805) \cdot 0,991 = 738,5 \text{ m}^5$$

<sup>5)</sup>  $y_0$  ist Abspannungspunkts-Ordinate des äquivalenten horizontalen Spannungsfeldes, d. h. eines Spannungsfeldes mit gleich hohen Aufhängepunkten, deren Spannweite  $a$  und Parameter  $c$  mit den entsprechenden Werten des zu berechnenden schiefen Spannungsfeldes übereinstimmen. Index 0 soll andeuten, dass sich die betreffenden Werte auf das horizontale Ersatzfeld, nicht auf das schiefe Spannungsfeld selbst beziehen.

Die Beanspruchung  $p_0$  im Aufhängepunkt des äquivalenten Horizontalspannfeldes folgt aus der Bezeichnung

$$\frac{p_0}{p_z} = \frac{y_0}{y_2}$$

$$p_0 = p_z \cdot \frac{y_0}{y_2} = 3300 \cdot \frac{738,5}{805} = 3027,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\xi_0 = \frac{a \cdot \gamma}{p_0} = \frac{900 \cdot 41 \cdot 10^{-3}}{3027,4} = 1,2189 \text{ (in Parametereinheiten).}$$

In diesem Abstand (ab  $Y$ -Achse) ist eine Lotrechte  $L_0$  zu zeichnen (Fig. 3); sie schneidet die

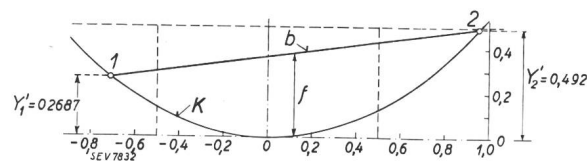


Fig. 2.

Kennlinie (für 0 % Steigung) in Punkt  $S_0$ ; eine Waagrechte durch  $S_0$  trifft die Einheitskettenlinie in Punkt 2; der Abszissenwert von Punkt 2 ist zu schätzen auf  $X_0 = 0,834$  (in Parametereinheiten).

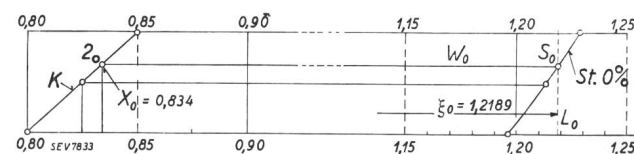


Fig. 3.

K Einheitskettenlinie.  
St. 0 % Kennlinie für 0 % Steigung.

Daraus folgt der Meterwert des Parameters  $c$  gemäss:

$$c = \frac{a}{\frac{2}{X_0}} = \frac{450}{0,834} = 539,6 \text{ m}$$

Für den Durchhang erhält man

$$f = \frac{y_0 - c}{\cos \psi} = \frac{738,5 - 539,6}{0,991} = 200,7 \text{ m}$$

Höhenunterschied zwischen Kurvenscheitel und unterm Aufhängepunkt:

$$y' = y_1 - c = 685 - 539,6 = 145 \text{ m}$$

Bogenlänge:

$$l = \sqrt{y_1^2 - c^2} + \sqrt{y_2^2 - c^2} = \sqrt{685^2 - 539,6^2} + \sqrt{805^2 - 539,6^2} = 597,38 + 421,97 = 1019 \text{ m.}$$

Als Endergebnis zeigt sich: die ermittelten Werte (für Durchhang  $f$  und Bogenlänge  $l$ ) stehen in praktisch ausreichender Übereinstimmung mit den Berechnungsergebnissen von Beispiel 4 der Wegleitung<sup>6)</sup>: «Die Berechnung der Freileitungen, mit

<sup>6)</sup> Die in der Wegleitung rein arithmetisch-algebraisch ermittelten Werte sind:  $f = 199,3 \text{ m}$ ,  $l = 1016 \text{ m}$ .

Rücksicht auf die mechanischen Verhältnisse der Leiter».

Um die Annäherung der Seillinie an kreuzende Objekte bzw. an das Terrain zu bestimmen, kann man das Spannungsfeld in die Einheitskettenlinie folgendermassen einzeichnen:

Der Ordinate des oberen Aufhängepunktes ( $y_2 = 805$  m) kommt in der Einheitskettenlinie die kottierte Länge  $Y_2 = \frac{y_2}{c} = \frac{805}{539,6} = 1,492$  zu, d. i.  $Y_2 = 0,492$ ; der Punkt mit dieser Ordinate ist im rechten Kettenlinienast (Fig. 2) zu markieren; es ist der obere Aufhängepunkt 2.

In der Neigung  $\psi = 7^\circ 40'$  nach unten (gegenüber der Waagrechten) ist durch den gefundenen Punkt 2 eine Gerade zu ziehen, bis sie den linken Kettenlinienast bei Punkt 1 trifft (Fig. 1); diese Gerade  $b$  stellt die gesuchte Spannungsfeldsehne (in der Einheitskettenlinie) dar, der Punkt 1 den unteren Aufhängepunkt.

Das vorstehend beschriebene graphische Verfahren für schiefe Spannungsfelder gibt nur für Neigungen bis zu ca. 40 % genügend genaue Resultate. Für grössere Neigungen wird man für graphische Lösungen wie bisher das in der Wegleitung im Anhang II beschriebene Probiervorgehen anwenden.

## Neues Scheinwerfergerät für den alpinen Rettungsdienst.<sup>1)</sup>

Von Th. Hauck, St. Moritz.

796.52.045

*Es wird ein für Skifahrer wie für Kletterer bequem tragbares elektrisches Scheinwerfergerät beschrieben, das besonders für den alpinen Rettungsdienst zusammengestellt wurde.*

*Leuchtweite 230 m (kleiner Lichtkegel).*

*Mit Streuscheibe Nahbeleuchtung bei breitem Lichtkegel.*

*Leuchtdauer: Mit der 8-Watt-Fernlichtlampe 12 h.*

*Mit der Nahlichtsparlampe . 48 h.*

*Totales Gewicht: 11 kg.*

*Preis bei Serienfabrikation von mindestens 5 Stück ca. 500 Franken.*

*Die Berichtersteller erheben keine Prioritätsansprüche. Jeder nehme davon, was er brauchen kann, und mache es noch besser. Diejenigen, die es noch besser «gekunnt» haben, teilen uns dies bitte mit, wir lernen gerne zu!*

*Geschäfte «tätigen» wir nicht, erteilen aber gerne alle Auskünfte.*

*Description d'un projecteur électrique portatif pour skieurs et varappeurs, spécialement étudié pour les colonnes de secours en montagne, mais qui peut également servir aux Corps de Sapeurs-Pompiers, etc.*

*Portée pratique 230 m (petit faisceau lumineux).*

*Portée restreinte avec large faisceau par l'adjonction d'un verre dépoli.*

*Durée d'éclairage avec lampe de projection 8 watts . 12 h.*

*Avec lampe ordinaire, régime économique . . . 48 h.*

*Poids total: 11 kg.*

*Prix de fabrication par série (minimum 5 pièces) 250 fr. environ.*

*Les rapporteurs ne demandent aucun droit de priorité. Que chacun fasse ses expériences avec l'appareil et cherche à le perfectionner, en utilisant les suggestions qui lui semblent bonnes. Les personnes qui réalisent des améliorations sont priées de nous en donner connaissance; c'est toujours avec intérêt que nous acceptons des idées nouvelles!*

*Nous ne faisons pas de commerce, mais nous donnons volontiers tous les renseignements demandés.*

Im Frühjahr 1934 beschaffte die Feuerwehr der Gemeinde St. Moritz nach eingehender Prüfung der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten zwei grosse tragbare Scheinwerfergeräte der Firma Robert Bosch in Genf, sogenannte «Eisenmann-Scheinwerfergeräte», bestehend aus je einem grossen Scheinwerfer von 240 mm Durchmesser für eine Leuchtweite von 500 m, einer Akkumulatorenbatterie im Tragtornister für eine Leuchtdauer von 5 h und einem grossen Universalstativ. Das Gewicht des Batterietornisters beträgt 20 kg, das des Scheinwerfers 3,8 kg, zusammen rund 24 kg. Preis pro Gerät ca. 500 Fr.

Kaum vorhanden, wurden die Geräte für sommerliche und winterliche hochalpine Rettungsexpeditionen, bei Elementarkatastrophen, wie Hochwasser, Erdschlipfen usw. gebraucht. Es zeigte sich, dass diese Geräte vorzügliche Dienste leisten können. Weniger begeistert waren diejenigen, welche die 24 kg mehrere Stunden im hochalpinen Gelände herumschleppen mussten. Ausserdem ergaben sich für die Feuerwehr bald berechnete grundsätzliche Bedenken gegen die Gütergemeinschaft mit der Rettungsstation.

Um die genannten Uebelstände zu beheben, beantragten wir der alpinen Rettungsstation St. Moritz die Anschaffung eines für ihre Zwecke besonders zusammengestellten Gerätes. Der langjährige Obmann Rudolf Jilli griff die Sache sofort auf, suchte und fand Geldgeber für die Deckung der Anschaffungskosten.

Vorher wurden im Kreise der Interessenten die an das Gerät zu stellenden Bedingungen gründlich besprochen und

für die Ausstattung des Gerätes folgende Hauptbedingungen aufgestellt:

1. Mindestens 10...12 Stunden garantierte ununterbrochene Leuchtdauer, berechnet von einem Nachteinbruch zur nächsten Morgendämmerung.
2. Möglichst kleines Gewicht.
3. Vorhandensein eines Fernlichtscheinwerfers für eine Leuchtweite von ca. 200 m für Suchaktionen und ein Nahlicht mit möglichst breitem Lichtkegel als Platzbeleuchtung.
4. Bequeme, sichere Tragbarkeit, auch für Skifahrer in schwierigem Gelände.
5. Robuste Ausführung aller Bestandteile.
6. Reserveersatzteile in stets greifbarer Nähe, die auch von Ungeübten unter schwierigen Umständen leicht ausgetauscht werden können.

Das Absuchen des Marktes ergab, dass kein vorhandenes «Konfektionsgerät» alle diese Bedingungen befriedigend erfüllte. Wir suchten darum von allem das Beste und stellten damit das im folgenden beschriebene Gerät zusammen:

### A. Beschreibung.

Das vollständige Gerät in Aktionsbereitschaft zeigt Fig. 1. Es besteht aus:

1. «Eisenmann-Handscheinwerfer» (Fig. 2 und 3) der Firma Robert Bosch in Genf mit parabolischem Silberspiegel von 105 mm lichter Weite, ausgerüstet mit einer 4,8-V., 8-W.-Fernlichtlampe für eine Leuchtweite von 230 m und einer Nahlichtsparlampe von 4,8 V., ca. 2 W (normale Taschenlampenglühhirne). Ein in das Gehäuse eingebauter Umschal-

<sup>1)</sup> Zum Teil Nachdruck aus «Die Alpen», Monatsschrift des SAC, 1939, Februarheft, 2. Teil. — Für nähere Auskunft wende man sich an den Autor, Herrn Direktor Th. Hauck, EW St. Moritz.