

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 30 (1939)

**Heft:** 7

**Artikel:** La chaînette type avec courbes de dénivellation : Contribution à la solution graphique des calculs mécaniques des conducteurs

**Autor:** Maurer, E. / Nather, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058348>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 24.12.2024

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

Ceci offre toute garantie que la norme sera introduite dans la pratique et ne subira plus de modifications. Sa construction logique et bien conforme aux nécessités en est d'ailleurs le plus sûr garant. Cette question est d'extrême importance, car des modifications provoquées par la normalisation ne sont vraiment justifiables que si elles permettent d'obtenir une réglementation générale rationnelle de longue durée.

Dans l'intérêt de la standardisation, certaines adaptations sont inévitables. Il est cependant nécessaire de créer des mesures spéciales pour réduire à un minimum les désavantages économiques momentanés qu'entraînent ces adaptations. Ceci est possible à condition qu'une période transitoire d'assez longue durée soit prévue.

Une période transitoire de 5 à 10 ans, qui entrerait en ligne de compte pour des cas de ce genre, permet de passer à la nouvelle normalisation à l'occasion de révisions et de l'introduction de nouvelles constructions, sans que des désavantages importants en résultent.

Au point où en est la question aujourd'hui, on ne saurait assez désirer que les efforts entrepris et le grand travail accompli par les différentes instances pour créer une norme internationale de base pour les séries de courants soient bientôt pleinement récompensés par l'adaptation du texte aux principes des nombres normaux de l'ISA et par la réglementation internationale des séries préférées pour les différentes applications, qui seule permettra de résoudre complètement le problème.

## La chaînette type avec courbes de dénivellation.

### Contribution à la solution graphique des calculs mécaniques des conducteurs.

Par E. Maurer, Innertkirchen, et E. Nather, Vienne.

621.315.1.056.1

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.

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.

(Traduction.)

#### Avant-propos.

A l'annexe II des directives concernant «Le calcul mécanique des lignes aériennes» parues dans le Bulletin ASE 1936, nos 2 et 3<sup>1)</sup>, un procédé graphique a été indiqué, qui permet de résoudre les calculs mécaniques des conducteurs à l'aide de la chaînette type. Pour les portées inclinées et les grandes portées horizontales, où l'effort de tension du conducteur aux points d'appui diffère sensiblement de l'effort horizontal, les problèmes ne peuvent être résolus que par tâtonnements, lorsque l'on ne connaît, outre les dimensions géométriques des portées, que l'effort de tension maximum admissible et le poids spécifique virtuel ou réel du conducteur.

Dans cet article, nous montrerons que la chaînette type peut être complétée par des courbes de dénivellation, de façon à obtenir, par une construction graphique, la solution de tous les problèmes.

#### I. La courbe de dénivellation pour portées horizontales.

Selon l'annexe I des directives en question, il existe entre l'effort de tension du conducteur  $p$ , le poids spécifique du conducteur  $\gamma$  et l'ordonnée  $y$  en

un point quelconque de la courbe du conducteur, c'est-à-dire également pour les points d'appui, la relation

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

Pour des portées horizontales  $a$ , l'abscisse des points d'appui est

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

En divisant l'équation (2) par l'équation (1), on a

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

En divisant  $x$  et  $y$  par le paramètre  $c$ , on obtient les coordonnées correspondantes  $X$  et  $Y$  de la chaînette type. En déplaçant l'origine des coordonnées de la chaînette au point le plus bas de celle-ci par la nouvelle ordonnée  $Y' = Y - 1$ , l'équation (3) devient

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

Pour la chaînette type à coordonnées  $X Y'$ , nous définirons comme courbe de dénivellation pour portées horizontales (dénivellation 0 %) une courbe dont les coordonnées sont

<sup>1)</sup> Un tirage à part de cet important travail peut s'obtenir auprès du Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS, Seefeldstrasse 301, Zurich 8.

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

Les coordonnées de la courbe de dénivellation peuvent donc se déduire des coordonnées de la chaînette type. La figure 1 renferme la chaînette type et la courbe de dénivellation correspondante pour une dénivellation de 0 %, allant de  $X = 0$  à  $X = 1,2$ .

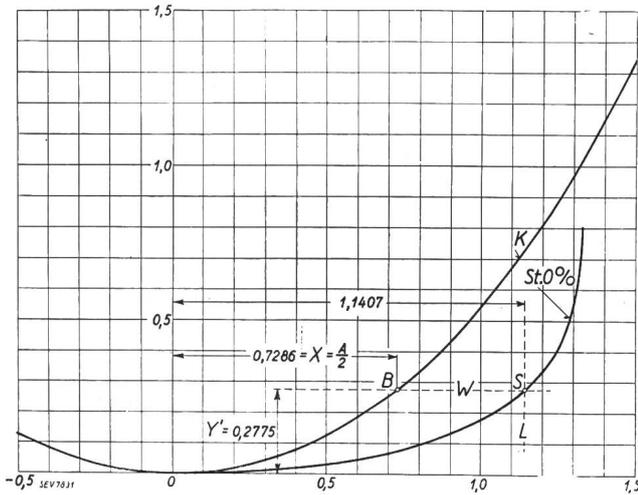


Fig. 1.  
K Chaînette type.  
St. 0 % Courbe de dénivellation de 0 %.

Des valeurs supérieures à  $X = 1,2$  n'entrent pas en ligne de compte, car il en résulterait des flèches dépassant 33,8 % et des longueurs de conducteur beaucoup trop grandes pour la construction normale des lignes aériennes.

La courbe de dénivellation étant ainsi dessinée à la même échelle que la chaînette type, il est facile de résoudre pour les portées horizontales le problème de la détermination de l'effort horizontal, du paramètre de la courbe, de la flèche et de la longueur du conducteur en connaissant la portée, l'effort de tension maximum aux points d'appui et le poids spécifique du conducteur. On calcule d'après l'équation (5) l'abscisse  $\xi$  de la courbe, on la reporte sur le dessin de la courbe et l'on mesure l'ordonnée  $\eta$ , qui est également l'ordonnée  $Y'$  de la figure correspondante de la chaînette type.

Nous procéderons selon cette méthode à la solution graphique du calcul mentionné au troisième exemple des directives.

## II. Exemple numérique d'une portée horizontale.

Un câble en cuivre dur d'une section de 67,5 mm<sup>2</sup> doit être tendu entre 2 points d'appui au même niveau distants de 800 m, de façon que l'effort de tension maximum pour 2 kg/m de neige ne dépasse pas la valeur maximum de 2700 kg/mm<sup>2</sup> prescrite par l'Ordonnance fédérale. On pose donc

$$a = 800 \text{ m}$$

$$p_z = 2700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = 0,0089 + \frac{0,02}{0,675} = 0,0385 = 38,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$$

L'expression

$$\frac{\text{Portée} \times \text{Poids spécifique du câble}}{\text{Tension max. admissible du câble}}$$

donne

$$\frac{a \cdot \gamma}{p_z} = \frac{80000 \cdot 38,5 \cdot 10^{-3}}{2700} = 1,1407 \text{ (en unités de paramètre).}$$

A cette distance (à partir de  $Y = \text{Axe}$ ), on tire une perpendiculaire  $L$  qui coupe en  $S$  la courbe de dénivellation 0 % (figure 1).

De ce point  $S$ , on mène une horizontale  $W$  jusqu'au point  $B$  où elle coupe la chaînette type, ce point étant le point d'appui cherché (sur la chaînette type).

Pour ce point  $B$ , les coordonnées peuvent être estimées d'après le tableau des chaînettes type (ou sur la figure 1) et l'on a

$$\text{Abscisse } X = 0,7286$$

$$\text{Ordonnée } Y' = 0,2775$$

Le paramètre dont la cote  $C$  est égale à 1 sur la chaînette type a en réalité la valeur

$$c = \frac{a}{X} = \frac{800}{0,7286} = 549 \text{ m}$$

Pour la flèche  $f$ , il existe la relation  $\frac{f}{c} = F^2$ .

Avec  $F = Y' = 0,2775$ , la flèche  $f = c \cdot F^2 = 549 \cdot 0,2775^2 = 152,34 \text{ m}$ .

L'ordonnée  $y_2$  du point d'appui  $B$

$$y_2 = y_1 = \frac{p}{\gamma} = \frac{2700}{38,5 \cdot 10^{-3}} = 70130 \text{ cm} = 701,3 \text{ m}^3$$

La longueur de l'arc est selon l'équation (9) <sup>4)</sup>

$$l = 2 \sqrt{y_1^2 - c^2} = 2 \sqrt{701,3^2 - 549^2} = 872,8 \text{ m}$$

La tension horizontale est donc

$$p = c \cdot \gamma = 549 \cdot 38,5 \cdot 10^{-3} = 2110 \text{ kg/cm}^2.$$

Cet exemple montre que ce procédé graphique permet un contrôle rapide et précis du calcul arithmétique et algébrique.

## III. Portées inclinées.

La courbe dessinée pour une dénivellation de 0 % n'est naturellement valable que pour les portées horizontales. Pour toutes les portées inclinées, il est donc nécessaire de disposer d'une famille de courbes dont le calcul est beaucoup plus compliqué et plus long que celui de la courbe de dénivellation de 0 %. L'exactitude de ce procédé basé sur cet abaque a été démontrée d'une façon générale (y compris les portées inclinées) dans les «Communications

<sup>2)</sup> Cf. Tirage à part, annexe II.

<sup>3)</sup> Valeur qui correspond bien à la valeur résultant de ce qui précède.

<sup>4)</sup> Cf. Tirage à part, p. 16, annexe I.

Techniques» de l'Administration fédérale des Télégraphes et Téléphones, 1938, p. 26 à 29.

Un procédé plus simple de détermination graphique des portées inclinées est basé sur l'équation (15) des directives

$$y_0 = \frac{1}{2} (y_1 + y_2) \cos \psi \quad (6)$$

où  $y_1$  et  $y_2$  sont les ordonnées des points d'appui inférieur et supérieur,  $\psi$  l'angle d'inclinaison sur l'horizontale de la droite reliant les points d'appui et  $y_0$  l'ordonnée de la portée horizontale équivalente. Si  $p_z$  est la tension maximum admissible du câble au point d'appui supérieur, on a

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

On applique alors le même procédé graphique que pour une portée horizontale où la distance  $a$  est égale à celle des points d'appui et dont la tension du câble aux points d'appui est égale à  $p_0$ . Le paramètre  $c$  étant déterminé graphiquement, la distance relative  $A = \frac{a}{c}$ . Il ne reste plus qu'à tourner le tronçon  $A$  de l'angle d'inclinaison  $\psi$  sur l'abaque (figure 1), pour pouvoir mesurer sur la chaînette type les inconnues de la courbe représentant la portée inclinée.

L'ordonnée  $Y_2'$  du point d'appui supérieur de la portée inclinée peut être calculée sur la chaînette type d'après l'équation

$$Y_2' = \frac{y - c}{c} = \frac{p_z}{\gamma \cdot c} - 1 \quad (8)$$

#### IV. Exemple numérique pour une portée inclinée.

Entre deux points d'appui distants horizontalement de 900 m et présentant une dénivellation de 120 m, un câble de bronze d'une section de 62 mm<sup>2</sup> doit être tendu de façon que l'effort de tension maximum au point d'appui supérieur pour 2 kg/m de neige ne dépasse pas le 77 % de la valeur maximum de 4300 kg/cm<sup>2</sup> prescrite par l'Ordonnance fédérale.

On pose donc

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

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

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

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

L'ordonnée du point d'appui supérieur

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

L'ordonnée du point d'appui inférieur

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

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{1}{2} (y_1 + y_2) \cos \psi \\ &= \frac{1}{2} (685 + 805) \cdot 0,991 = 738,5 \text{ m} \end{aligned}$$

L'effort  $p_0$  au point d'appui de la portée horizontale équivalente peut être déduit de la relation

$$\frac{p_0}{p_2} = \frac{y_0}{y_2}$$

$$p_0 = p_2 \cdot \frac{y_0}{y_2} = 3300 \cdot \frac{738,5}{805} = 3027,4 \text{ kg/cm}^2$$

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

A cette distance (à partir de  $Y = \text{Axe}$ ) on tire une perpendiculaire  $L_0$  (figure 3) qui coupe en  $S_0$  la courbe de dénivellation de 0 %. Une horizontale

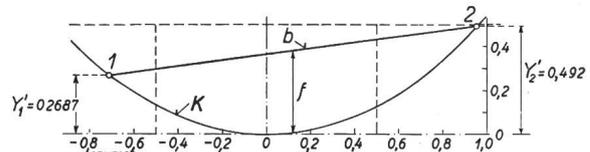


Fig. 2.

menée par  $S_0$  coupe en  $2_0$  la chaînette type. L'abscisse du point  $2_0$  est estimée à  $X_0 = 0,834$  (en unités de paramètre).

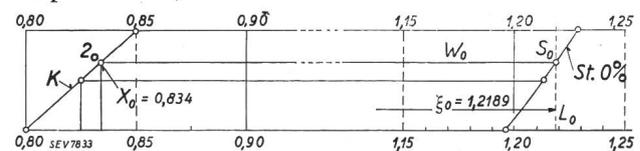


Fig. 3.

K Chaînette type.  
St. 0 % Courbe de dénivellation de 0 %.

On a alors la valeur en mètres du paramètre  $c$

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

Pour la flèche, on obtient

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

La dénivellation entre le point le plus bas de la courbe et le point d'appui inférieur

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

La longueur de l'arc

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

<sup>5)</sup>  $y_0$  est l'ordonnée du point d'appui de la portée horizontale équivalente, c'est-à-dire d'une portée dont les points d'appui sont au même niveau et dont la distance  $a$  et le paramètre  $c$  correspondent aux valeurs de la portée inclinée à calculer. L'indice 0 signifie que les valeurs se rapportent à la portée horizontale équivalente et non pas à la portée inclinée.

On constate que les valeurs ainsi déterminées (flèche  $f$  et longueur  $l$ ) concordent avec une précision pratiquement suffisante avec les résultats du calcul de l'exemple 4 des directives<sup>6)</sup>.

Pour déterminer le rapprochement de la courbe du conducteur par rapport à des objets qui la croisent ou par rapport au terrain, la portée peut être dessinée sur la chaînette type de la façon suivante:

L'ordonnée du point d'appui supérieur ( $y_2 = 805$  m) devient sur la chaînette type la cote  $y_2 = \frac{y_2}{c} = \frac{805}{539,6} = 1,492$ , c'est-à-dire  $Y'_2 = 0,492$ . Le point

<sup>6)</sup> Les valeurs arithmétiques et algébriques indiquées dans les directives sont  $f = 199,3$  m et  $l = 1016$  m.

de cette ordonnée peut être marqué sur la branche de droite de la chaînette (figure 2). C'est le point d'appui supérieur 2.

On tire ensuite par le point 2 une droite d'inclinaison  $\psi = 7^\circ 40'$  (par rapport à l'horizontale) se dirigeant vers le bas et coupant en  $l$  la branche de gauche de la chaînette (figure 1). Cette droite  $b$  représente la corde cherchée de la portée (sur la chaînette type) et le point  $l$  le point d'appui inférieur.

Ce procédé graphique ne donne des résultats suffisamment précis que pour des inclinaisons allant jusqu'à environ 40%. Pour des inclinaisons plus fortes, il faudra utiliser le procédé par tâtonnements indiqué à l'annexe II des directives.

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

Von Th. Hauck, St. Moritz.

795.52.045

*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. 250 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 Tragornister 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 berechtigte 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

<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.

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 Taschenlampenleuchtbirne). Ein in das Gehäuse eingebauter Umschal-