

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 31/32 (1898)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Beitrag zur Berechnung einiger besonderer Sprengwerksformen  
**Autor:** Mantel, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-20823>

#### 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](#)

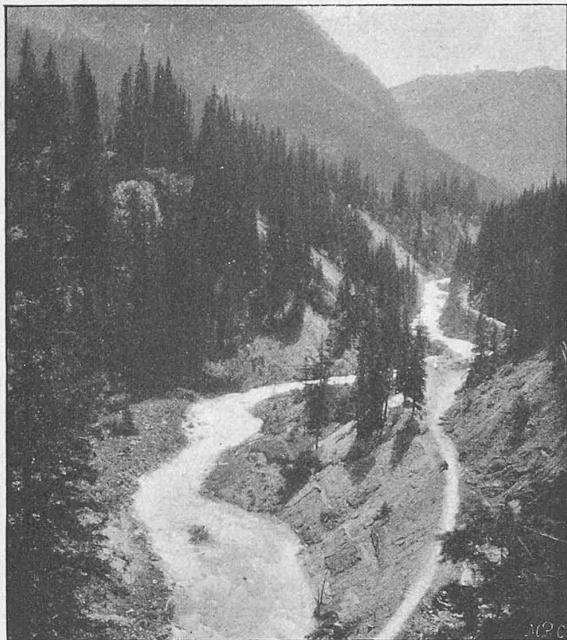
**Download PDF:** 20.02.2026

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

INHALT: Beitrag zur Berechnung einiger besonderer Sprengwerksformen. V. (Schluss.) — Das Elektricitätswerk Arosa. I. — Schweiz. Eisenbahnen. — Miscellanea: Die Rheinübergänge des Julius Caesar. Ueber elektrische Automobile. Bahnhof-Umbau in Zürich. Brockenbahn. — Kon-

kurrenzen: Festhalle in Mannheim. — Nekrologie: † Franco Tosi. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Polytechniker: Stellenvermittlung.

### Das Elektricitätswerk Arosa.



Rohrleitung

Fig. 1. Partie an der Plessur.

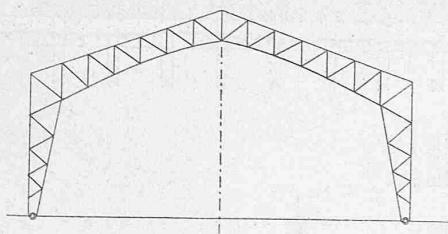
### Beitrag zur Berechnung einiger besonderer Sprengwerksformen.

Von Ingenieur G. Mantel in Zürich.

#### V. (Schluss von Nr. 21.)

Es scheint nicht ausgeschlossen, dass die benutzten Rechnungsarten auch für grössere Bauwerke, wie Hallendächer von der in Fig. 15 dargestellten Form vorteilhaft sein können. Auch die Gerüste für Laufkrahnen und Rahmen, wie sie in neuerer Zeit vielfach angewendet werden,

Fig. 15.



um Starkstromleitungen über Bahnlinien zu führen, Fig. 17, gehören zur nämlichen Kategorie von Bauwerken. Letztere haben bedeutende seitliche Zugkräfte senkrecht zur Bahnachse auszuhalten, nämlich den einseitigen Zug der Leitungsdrähte nebst dem Winddruck, wozu dann noch Belastungen parallel zur Bahnachse treten können.

Die Berechnung beider in Fig. 15 und Fig. 17 dargestellten Formen macht die Kenntnis der Elastizitätsellipse von Stäben mit ab- oder zunehmendem Trägheitsmoment nötig. Bezeichnet man in Fig. 16 den Querschnitt einer Gurtung mit  $F$ , so ist an einer Stelle im Abstand  $x$  vom Scheitel das Gewicht des Elementes

$$dg = \frac{ds}{2(y \cos \alpha)^2 F E} = \frac{dx}{2 \sin^2 \alpha \cos \alpha F E x^2}$$

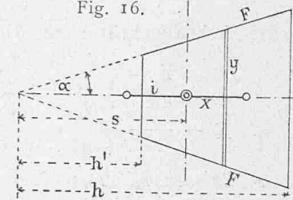
weil  $y^2 = x^2 \tan^2 \alpha$ . Mit den übrigen Bezeichnungen der Figur erhält man durch Ausrechnung der Summe, des statischen und des Trägheitsmomentes der  $dg$ :

$$G = \frac{h-h_1}{2 E F \sin^2 \alpha \cos \alpha h h_1};$$

$$s = \frac{h h_1}{h-h_1} \log. \text{nat.} \frac{h}{h_1};$$

$$i = \sqrt{b b_1 - s^2}$$

Fig. 16.

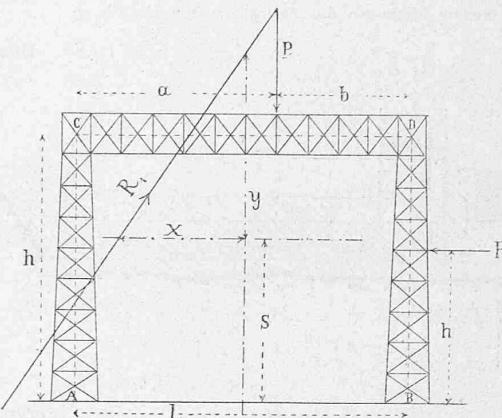


#### VI.

Ist das Trägheitsmoment der Ständer der Fig. 17 konstant (oder kann es so angenommen werden), dann lassen sich auch einfache Rechnungsformeln für die Elemente der Stützdrücke solcher Rahmen in den verschiedenen Belastungsfällen finden, welche oft nützlich werden können.

Diese Formeln sollen zum Schluss hier gegeben werden, ihre Ableitung ist einfach und braucht nicht vorgeführt zu werden. Bezeichnen:  $J_1$  und  $E_1$  Trägheitsmoment und Elastizitätsmodul für die Ständer;  $J_2$  und  $E_2$  dieselben Grössen für den Verbindungs Balken;  $w$  die wagrechte gleichmässige Belastung pro Längeneinheit, über die ganze Höhe eines Ständers wirkend gedacht;  $g$  die gleichmässige lotrechte Belastung des Verbindungs Balkens, ebenfalls über die ganze Länge desselben wirkend. Führen wir ferner die Werte ein  $b^* = b \frac{J_2 E_2}{J_1 E_1}$ ,  $l^* = l \frac{J_1 E_1}{J_2 E_2}$  und verweisen wir bezügl. der übrigen Bezeichnungen auf Fig. 17, so ergeben sich folgende Ausdrücke zur Bestimmung des linken Stützdruckes.

Fig. 17.



#### 1. Rahmen ohne Gelenke.

a) Wagrechte Lasten  $P$  in der Höhe  $b'$  über Boden und  $w$  auf den Ständer wirkend

$$H = \frac{3}{2} \left( \frac{h'}{h} \right)^2 \frac{(h - 2/3 h')h + (h - 1/3 h')l^*}{h(h + 2l^*)} \cdot P + \frac{h(2h + 3l^*)}{8(h + 2l^*)} \cdot w.$$

$$V = \frac{3h^2}{6(6h + l^*)} \cdot P + \frac{h^3}{b(6h + l^*)} w.$$

$$M = \frac{3h^2 P + h^2 w}{6(2h + l^*)}, \quad s = \frac{l + h^*}{l + 2h^*} b = \frac{l^* + h}{l^* + 2h} \cdot b$$

Statt dieser Werte können für die Einzellast auch die Achabschnitte  $X$  und  $Y$  des Stützdruckes berechnet werden:

$$Y = \frac{h^2(2l^* + h)}{3(2h + l^*)(h(h - 2/3 h') + l^*(h - 1/3 h'))} \cdot b;$$

$$X = \frac{(6h + l^*)}{6(2h + l^*)} \cdot l \text{ (konstant)}$$

\* Neuere Methoden der Festigkeitslehre II. Auflage.

b) Lotrechte Lasten  $P$  in den Entfernungen  $a$  und  $b$  von den Ständerachsen und  $g$  auf den Verbindungs Balken wirkend:

$$H = \frac{6 P a b + g l^3}{4 h (3 l + 2 h^*)}$$

(Einflusslinie für Einzellast eine Parabel)

$$V = \frac{b (6 l h^* + b (3 l - 2 b)) P}{l^2 (6 h^* + l)} + \frac{1}{2} g l;$$

$$M = \frac{3 b (2 h^* + b) P + (3 h^* + l) l^2 g}{6 (2 h^* + l)}$$

und die Achsabschnitte für die Einzellast

$$Y = \frac{(2 l + h^*) (b + 2 h^*)}{3 a (l + 2 h^*)} \cdot b;$$

$$X = \frac{l (l + 6 h^*) (b + 2 h^*)}{2 l (l + 2 h^*) + (6 l h^* + b (3 l - 2 b))} \cdot l$$

## 2. Rahmen mit Fussgelenken.

### a) Wagrechte Lasten $P$ und $w$ auf den Ständer.

$$H = \frac{h^* (3 h (h + l^*) - h^2) P}{2 h^2 (2 h + 3 l^*)} + \frac{h (5 h - 6 l^*) w}{8 (2 h + 3 l^*)}$$

### b) Lotrechte Lasten $P$ und $g$ auf den Verbindungs Balken wirkend

$$H = \frac{6 a b P + g l^3}{4 h (3 l + 2 h^*)}$$

(Einflusslinie für Einzellast eine Parabel).

## 3. Rahmen mit Scheitelgelenk.

### a) Wagrechte Lasten $P$ und $w$ auf den Ständer wirkend.

$$H = \frac{1}{4} \left( \frac{h^*}{h} \right)^2 \left( 3 - \frac{h}{h^*} \right) P + \frac{3}{16} g b;$$

$$V = \frac{3 h^2 P + h^3 g}{b (6 h + l^*)}$$

### b) Lotrechte Lasten $P$ und $g$ auf den Verbindungs Balken wirkend.

$$H = \frac{3}{4} \frac{b}{h} P + \frac{3}{8} \frac{l^2}{h} g;$$

$$V = \frac{b (6 l h^* + b (3 l - 2 b))}{l^2 (6 h^* + l)} \cdot P + \frac{1}{2} g l.$$

\*) Neuere Methoden der Festigkeitslehre II. Auflage.

Die Werte der  $V$  sind die nämlichen wie beim Rahmen ohne Gelenke.

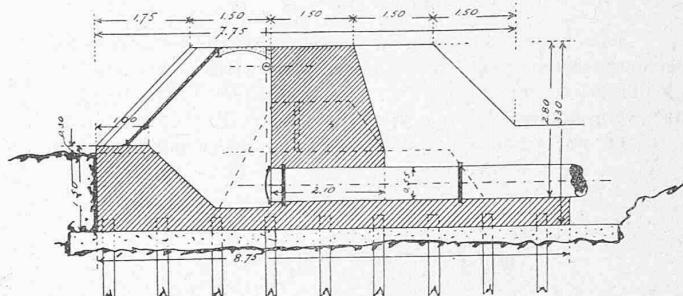
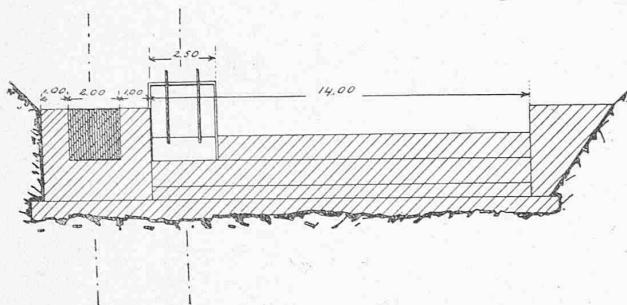
In manchen Fällen dürften diese Formeln nützlich werden; selbst bei flachen Perrondächern, also geknicktem Verbindungs Balken würde deren Verwendung kaum einen grossen Fehler bedingen. Einige derselben sind von Müller-Breslau gegeben\*), welcher auch mehrere, sehr hübsche Beziehungen für den Rahmen ohne Gelenke abgeleitet hat, die eine einfache, zeichnerische Bestimmung der Stützen drücke gestatten.

## VII.

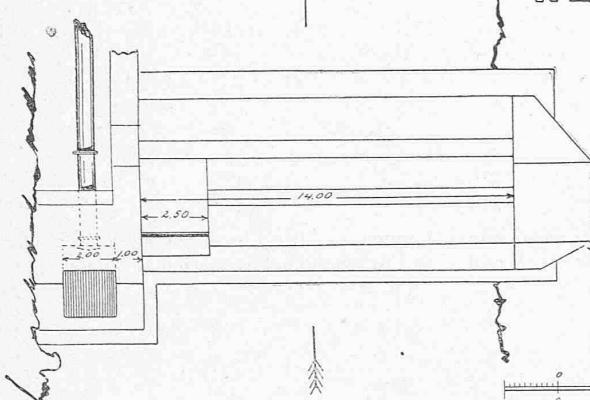
Die Rahmen für die Ueberführung von Starkstromleitungen werden, wie ich mich in jüngster Zeit überzeugte, sehr oft unsymmetrisch, d. h. mit ungleich hohen Ständern erbaut, wegen ungleicher Höhenlage des Geländes links und rechts der Bahnachse. Dann sind die obigen Formeln nicht mehr verwendbar und man muss auf die früheren zeichnerischen Methoden zurückgreifen, die nur geringe Abänderungen gegenüber der symmetrischen Anordnung nötig machen. Diese sollen hier noch kurz für den Fall eingespannter Füsse erwähnt werden.

Man berechnet in erster Linie wieder die Trägheitsmomente  $T_h$  und  $T_v$ , der  $g$  in Bezug auf die horizontale und vertikale Schwerpunktsachse nebst dem Centrifugalmoment  $T_{hv}$ , aus welchen drei Grössen die Lage und Grösse der Hauptachsen  $i_x$  und  $i_y$  der Elasticitätsellipse nebst den auf sie bezüglichen Trägheitsmomenten  $T_x$  und  $T_y$  in bekannter Weise ermittelt werden. Es müssen jetzt die Bewegungen des Schwerpunktes  $O$  unter dem Einfluss der Last  $P$  nach den Richtungen der Hauptachsen gesucht und durch Kräfte in diesen rückgängig gemacht werden, d. h. in den früher benutzten Ausdrücken sind die Längen  $x$  und  $y$  nicht mehr lotrecht und wagrecht, sondern parallel zu den schiefen Hauptachsen  $X$  und  $Y$  zu messen und die Werte  $T_h$  und  $T_v$  durch  $T_x$  und  $T_y$  zu ersetzen. Die Ausdrücke für das Moment  $M = R \cdot r$  bleiben ungeändert. Aus den Teilkräften in den Achsen  $X$  und  $Y$  und dem Moment  $M$  findet man wie früher den Stützendruck  $R_1$ . — Benutzt man zu dessen Bestimmung den rein zeichnerischen Weg, indem man  $R_1$  nach Lage und Richtung als Antipolare in der nun schief liegenden Gesamteilipse zum Antipol der

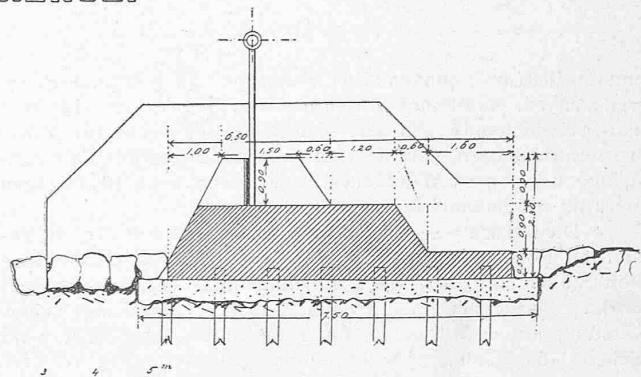
Fig. 2. Das Elektricitätswerk Arosa.



## WEHRANLAGE.



Masstab 1 : 250.



Masstab 1 : 125.

Last  $P$  in der Teillellipse  $Bw$  ermittelt, so ändert sich am ganzen Verfahren nichts, auch nicht am Ausdruck für die Grösse von  $R_1$

$$R_1 = p_s \sum_w g \cdot P; Gr$$

Auf die Fälle von unsymmetrischen Rahmen mit Gelenken einzutreten, liegt vorläufig keine Veranlassung vor, da solche meines Wissens noch nicht gebaut worden sind.

## Das Elektricitätswerk Arosa.

### I.

Die 1800 m ü. M. in den Graubündner Alpen gelegene Ortschaft Arosa bildet einen weiten, von einem Kranze hoher Berge umschlossenen, gegen West und Nordwest sanft ansteigenden Thalkessel, dessen geschützte Lage und klimatische Vorzüge Arosa zu einem beliebten und gutbesuchten Höhenkurort gemacht haben.

In einer Längenausdehnung von mehr als 3 km über einen Flächenraum von annähernd 2 km<sup>2</sup> verteilt, liegen die etwa 60 Wohnhäuser und Hotels des Ortes, welch letztere — 20 an der Zahl — über 700 Gäste beherbergen können. Die Zahl derselben betrug im letzten Winter 290, im Sommer 400, während die bei der eidg. Volkszählung 1888 mit 115 ermittelte Einwohnerzahl heute einschliesslich Hoteldienstboten auf etwa 700 angestiegen ist.

Seit dem Sommer 1893 versorgt eine Wasserleitung den ganzen Kurort mit reichlichem Quellwasser; ein weit verzweigtes Kanalnetz nimmt sämtliche aus Wirtschaftsräumen und Aborten herrührenden Abwässer auf, dieselben weit unterhalb der bewohnten Gegend im Walde dem Abfluss des sog. unteren Sees und damit der rasch fliessenden

Plessur zuführend. Beide Werke, Wasserleitung und Kanalisation, sind in demselben

Jahre fertiggestellt und bilden ein schönes Zeugnis für die Thatkraft der Gemeindeverwaltung wie für die Opferwilligkeit der Einwohnerschaft.

Das rasche Emporblühen des Ortes liess bald den Wunsch nach einer guten öffentlichen Beleuchtung auftauchen; naturgemäss richtete man sein Augenmerk hauptsächlich auf die umliegenden Wasserkräfte, um dieselben durch eine elektrische Anlage nutzbar zu machen. Es wurden daher im Winter 1895/96 verschiedene Wassermessungen vorgenommen, welche ergaben, dass sich ein Gefälle der Plessur unterhalb Arosa zur Gewinnung einer ausreichenden Kraftanlage am besten eignen würde.

Eine Gruppe von Interessenten unternahm alsbald die Gründung einer Aktien-Konsum-Gesellschaft für elektrisches Licht, wobei auf Grund eines von der Maschinenfabrik Oerlikon eingeholten Kostenvoranschlages die Konsumenten verpflichtet wurden, sich für den Anschluss jeder 16kerzigen Lampe oder deren Aequivalent mit einer Aktie von 60 Fr. zu beteiligen. Der pro Kerze und Jahr zu entrichtende Lichtpreis wird jeweilen am Schluss des Rechnungsjahres festgestellt.

Die Ausführung aller Anlagen wurde mit Vertrag

vom 9. April 1897 der Maschinenfabrik Oerlikon als Generalunternehmerin übertragen.

Anfangs Mai wurden die Arbeiten begonnen und am 10. November desselben Jahres trat die Anlage zur allgemeinen Befriedigung das erste Mal in Funktion; eine in Anbetracht des nassen Sommers und der sehr schwierigen

### Das Elektricitätswerk Arosa.

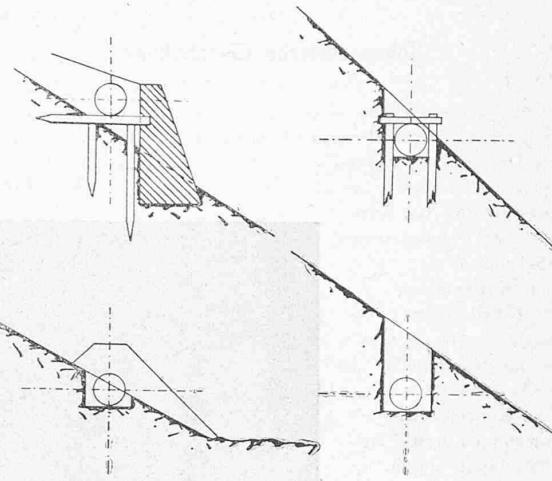


Fig. 5. Querschnitte durch die Rohrleitung 1:100.

Terrain- und Zufahrtsverhältnisse gewiss sehr kurze Bauperiode. Seit der Inbetriebsetzung funktioniert die Anlage tadellos. Das erste Betriebsjahr hat keinerlei Betriebsstörungen zu verzeichnen.

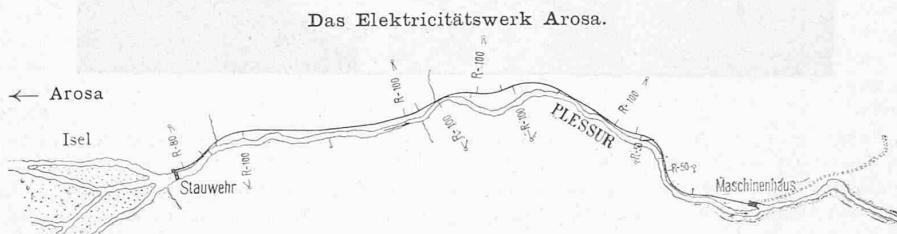


Fig. 3. Situation der Rohrleitung 1:12000.

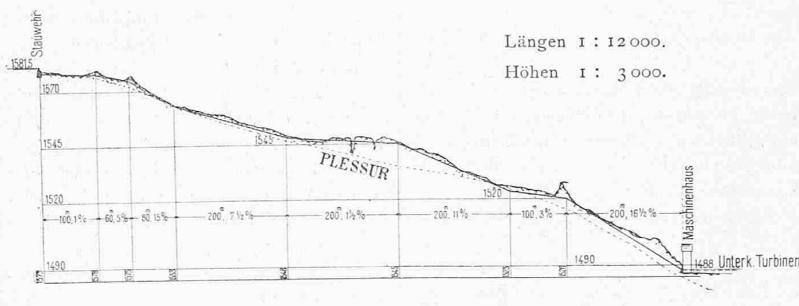


Fig. 4. Längenprofil der Rohrleitung.

Ü. M.), hievon gelangt der obere Teil zur Ausnutzung. Ein offener Zuleitungskanal war wegen des Gefrierens und der Terrainverhältnisse von vornherein ausgeschlossen; es wurde deshalb die Rohrleitung auf die ganze Entfernung zwischen dem Stauwehr und den Turbinen ausgedehnt (Fig. 3 u. 4). Die Oberkante des Stauwehres liegt 1581,5 m, die Unterseite der Turbinen 1488 m ü. M., das Bruttogefälle beträgt somit 93,5 m. Bei einer Wassermenge von 360 Sekundenlitern und einer Rohrleitung von 550 mm lichter Weite und 1150 m Länge beträgt der Druckverlust einschl. Krümmungsverluste des Wassers etwa 6,5 m, die verfügbare Energie an den Turbinenwellen, 75 % Nutzeffekt der Turbinen vorausgesetzt, 312 PS.

Der Einlauf der Rohrleitung (Fig. 3, 4, 6 u. 7) liegt 1,2 m unter der Oberkante des Wehres und 0,3 m unter

*Die Wasserfassung.* Ein Thalkessel, die sogen. Isel, mit 250 bis 300 m Länge und etwa 100 m Breite, in den sich eine Anzahl Bäche ergießen und von dort vereint unter dem Namen Plessur weiter zu Thal rauschen (Fig. 1), wurde durch ein Stauwehr von etwa 2,3 m Höhe und 18 m Breite (Fig. 2 u. 6) zu einem Weiher von 1100 bis 1200 m<sup>3</sup> Inhalt verwandelt. Das Gefälle der Plessur betrug von jener Stelle bis Rütland auf etwa 1400 m Entfernung ungefähr 117 m (1580—1463 m