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

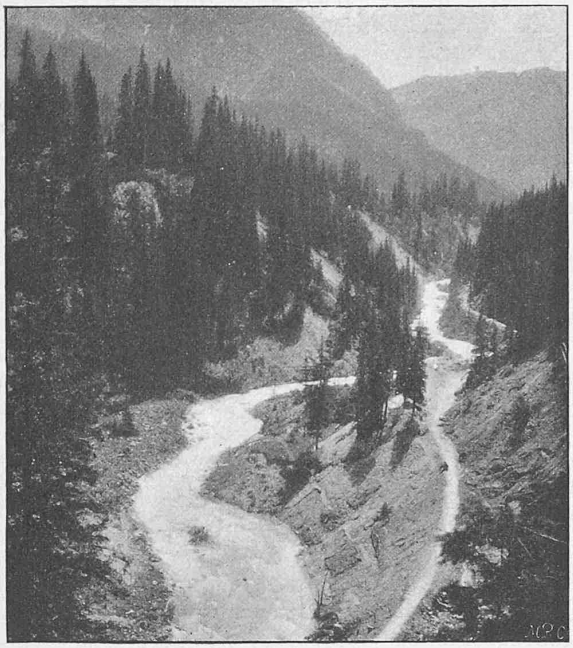
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

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

Das Elektricitätswerk Arosa.



Rohrleitung

Fig. 1. Partie an der Plessur.

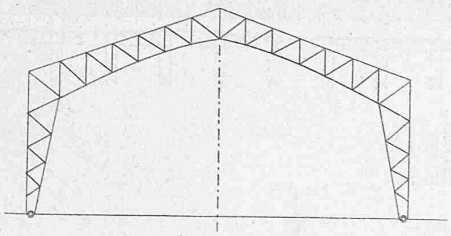
Beitrag zur Berechnung einiger besonderer Sprengwerksformen.

Von Ingenieur *G. Mantel* in Zürich.

V. (Schluss von Nr. 21.)

Es scheint nicht ausgeschlossen, dass die benutzten Berechnungsarten 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 Elasticitätsellipse 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

$$dg = \frac{ds}{2(y\cos\alpha)^2 FE} = \frac{dx}{2\sin^2\alpha\cos\alpha\, FEx^2}$$

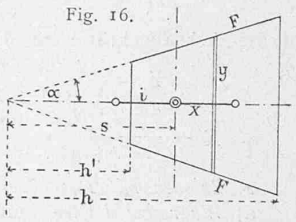
weil $y^2 = x^2 tg^2\alpha$. Mit den übrigen Bezeichnungen der Figur erhält man durch Ausrechnung der Summe, des statischen und des Trägheitsmomentes der dg:

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

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

$$i = \sqrt{h h_1 - s^2}$$

Fig. 16.

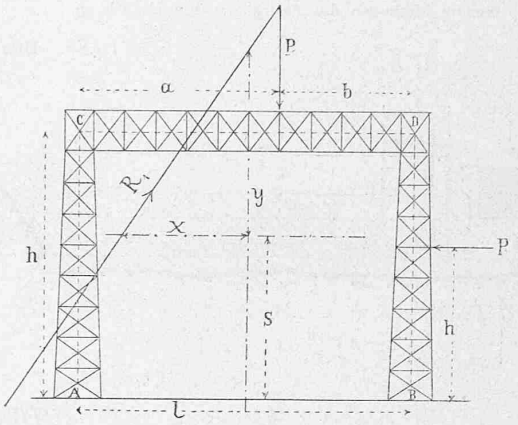


VI.

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 Stützendrücke 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 Elasticitätsmodul für die Ständer; J_2 und E_2 dieselben Grössen für den Verbindungsbalken; w die wagrechte gleichmässige Belastung pro Längeneinheit, über die ganze Höhe eines Ständers wirkend gedacht; g die gleichmässige lotrechte Belastung des Verbindungsbalkens, ebenfalls über die ganze Länge desselben wirkend. Führen wir ferner die Werte ein $h^* = h\frac{J_2 E_2}{J_1 E_1}$, $l^* = l\frac{J_1 E_1}{J_2 E_2}$ und verweisen wir bezügl. der übrigen Bezeichnungen auf Fig. 17, so ergeben sich folgende Ausdrücke zur Bestimmung des linken Stützendruckes.

Fig. 17.



1. *Rahmen ohne Gelenke.*

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

$$H = \frac{3}{2}\left(\frac{h'}{h}\right)^2 \frac{(h-{}^2/_3 h')h + (h-{}^1/_3 h')l^*}{h(h+2l^*)}\cdot P + \frac{h(2h+3l^*)}{8(h+2l^*)}\cdot w.$$

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

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

Statt dieser Werte können für die Einzellast auch die Achsabschnitte X und Y des Stützendruckes berechnet werden:

$$Y = \frac{h^2(2l^*+h)}{3(2h+l^*)\left(h(h-{}^2/_3 h') + l^*(h-{}^1/_3 h')\right)}\cdot h;$$

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

*) Neuere Methoden der Festigkeitslehre II. Auflage.

b) *Lotrechte Lasten P* in den Entfernungen a und b von den Ständerachsen und g *auf den Verbindungsbalken* wirkend:

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

(Einflusslinie für Einzellast eine Parabel)

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

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

und die Achsabschnitte für die Einzellast

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

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

2. *Rahmen mit Fussgelenken.*

a) *Wagrechte Lasten P* und *w auf den Ständer.*

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

b) *Lotrechte Lasten P* und g auf den *Verbindungsbalken* 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.

$$H = \frac{1}{4}\left(\frac{h'}{h}\right)^2\left(3 - \frac{h}{h'}\right)P + {}^3/_{16}\,g\,h;$$

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

b) *Lotrechte Lasten P* und g auf den *Verbindungsbalken* wirkend.

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

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

*) Neuere Methoden der Festigkeitslehre II. Auflage.

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

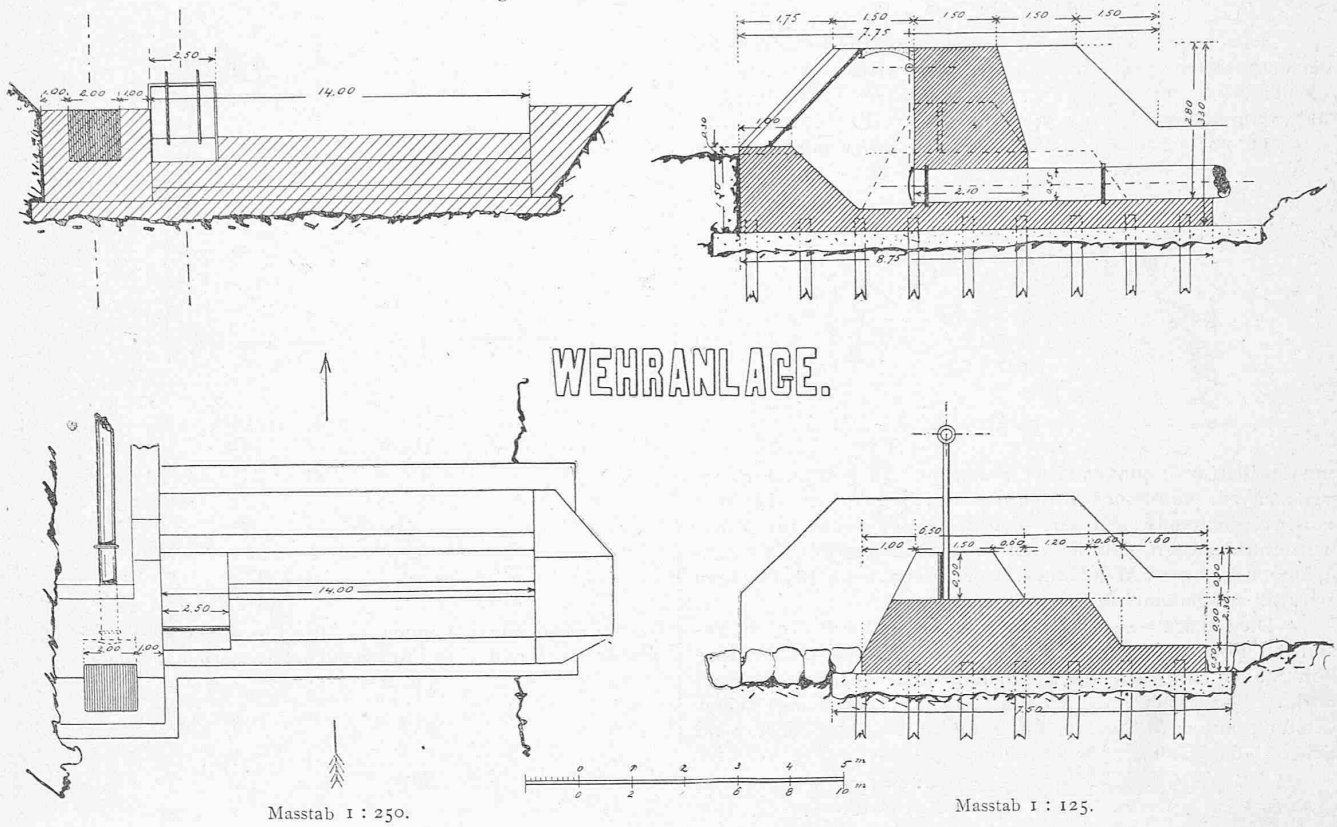
In manchen Fällen dürften diese Formeln nützlich werden; selbst bei flachen Perrondächern, also geknicktem Verbindungsbalken würde deren Verwendung kaum einen grossen Fehler bedingen. Einige derselben sind von Müller-Breslau gegeben*), welcher auch mehrere, sehr hübsche Beziehungen für den Rahmen ohne Gelenke abgeleitet hat, die eine einfache, zeichnerische Bestimmung der Stützendrücke 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 frühern 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 benützten 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 $M = R \,.\, r$ bleiben ungeändert. Aus den Teilkräften in den Achsen X und Y und dem Moment M findet man wie früher den Stützendruck R_1. — Benützt man zu dessen Bestimmung den rein zeichnerischen Weg, indem man R_1 nach Lage und Richtung als Antipolare in der nun schief liegenden Gesamtellipse zum Antipol der

Fig. 2. **Das Elektricitästwerk Arosa.**



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

$$R_1 = p_s \sum_{w}^{l} g \,.\, P : Gr$$

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^2 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 weitverzweigtes 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 Terrain- und Zufahrtsverhältnisse gewiss sehr kurze Bauperiode. Seit der Inbetriebsetzung funktioniert die Anlage tadellos. Das erste Betriebsjahr hat keinerlei Betriebsstörungen zu verzeichnen.

Das Elektricitätswerk Arosa.

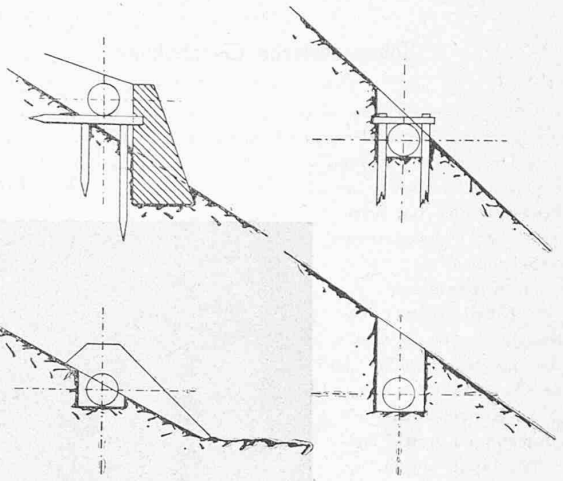


Fig. 5. Querschnitte durch die Rohrleitung 1 : 100.

Das Elektricitätswerk Arosa.

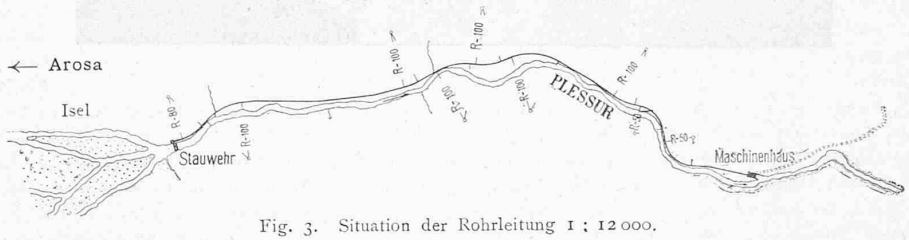


Fig. 3. Situation der Rohrleitung 1 : 12 000.

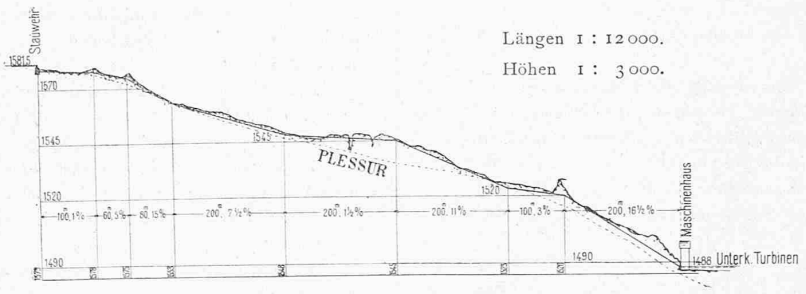


Fig. 4. Längenprofil der Rohrleitung.

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^3 Inhalt verwandelt. Das Gefälle der Plessur betrug von jener Stelle bis Rütland auf etwa 1400 *m* Entfernung ungefähr 117 *m* (1580—1463 *m* ü. M.), hievon gelangt der obere Teil zur Ausnützung. 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 Unterkante 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