Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 53/54 (1909)
Heft: 24

Artikel: Die Bahnlinie Davos-Filisur
Autor: Salus, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28159

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: 28.01.2026

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

INHALT: Die Bahnlinie Davos-Filisur. — Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren. — Das Geschäftshaus „Rot-Haus" in Winterthur. — Das Warenhaus Tietz in Düsseldorf. — Kraftübertragung mit 110 000 Volt. — Miscellanea: Die Delegierten-Versammlung des Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Der rechtliche Schutz der Bezeichnung „Diplom-Ingenieur" („Dipl. Ing.") Der Berliner Eispalast. Die Jahresversammlung des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Ueberbauung des „Schlössli"- und „Susenberg"-Areals in Zürich. Die schweizerische Motorwagen-Industrie. Münster-Grenchen-Bahn. Büste von K. Schäfer. Schiffahrt auf dem Oberrhein. Neues Verwaltungsgebäude der Stadt Zürich. Rheinregulierung und Diepoldsauer Durchstich. — Konkurrenzen: Transformatorenstationen der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich. — Nekrologie: A. Egli. Eduard Oehler. Hans Studer. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Tafel XIX: Das Warenhaus Dietz in Düsseldorf.

Bd. 53. *Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.* Nr. 24.

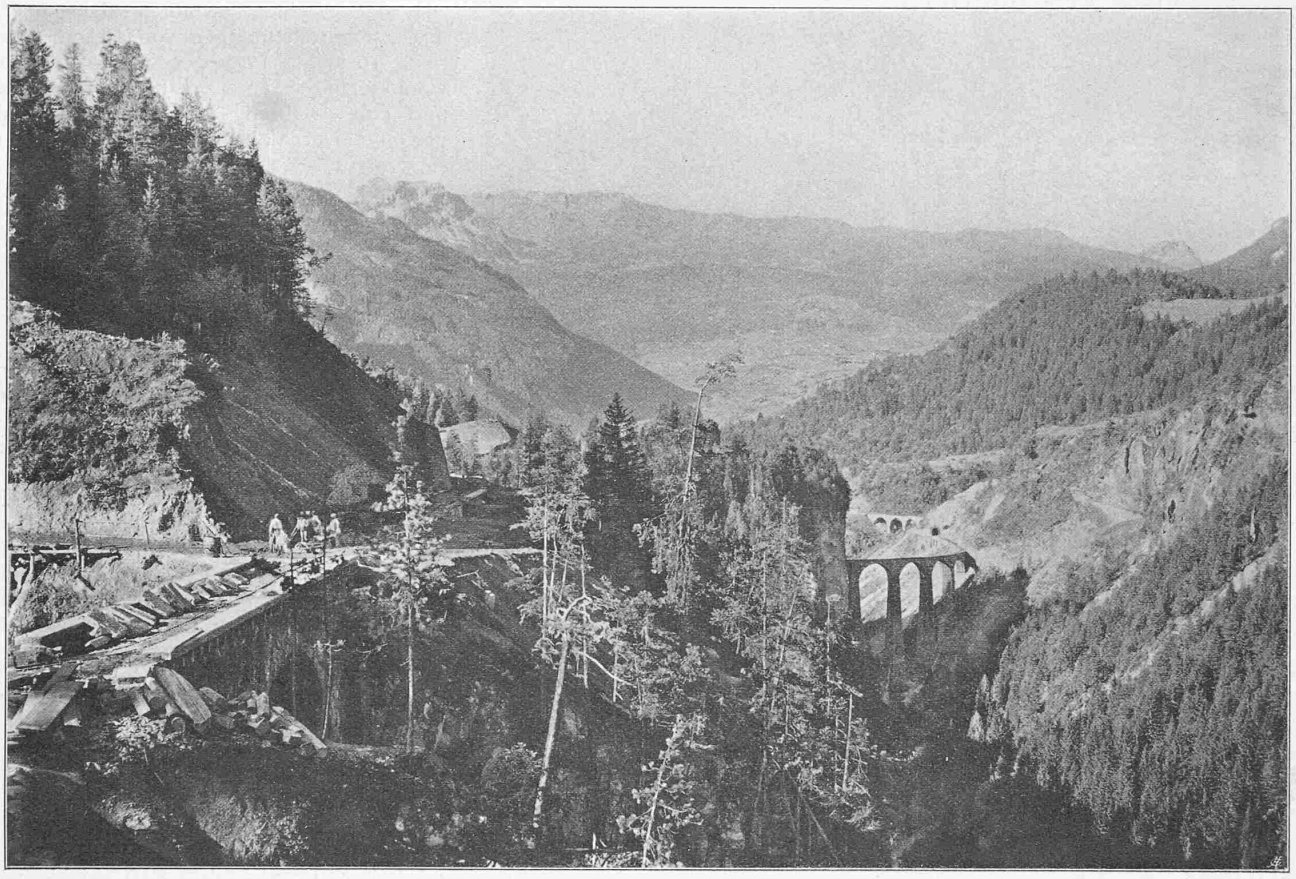


Abb. 18. Blick von der Pflanzgartenbrücke talauswärts auf den Landwasserviadukt der Albulalinie.

Die Bahnlinie Davos-Filisur.

Von Oberingenieur *P. Saluz.*

(Fortsetzung.)

Die Station Wiesen liegt in günstigem Gelände 1200 *m* ü. M. und 240 *m* unterhalb der Ortschaft. Sie ist durch eine Zufahrtsstrasse mit 10 % Steigung, 3,2 *m* Breite und 1230 *m* Länge mit der Landstrasse verbunden. Wie bei den Zufahrtsstrassen der Linie Reichenau-Ilanz[1]) wurden auch hier in Abständen von höchstens 150 *m* bequeme Ausstellplätze angebracht uud derart verteilt, dass die Strassenstrecken zwischen den Ausstellplätzen von diesen aus übersehen werden können. So genügt die angewandte Strassenbreite, wie die Erfahrung lehrt, auch einem grössern Verkehr, selbst mit schweren Fuhrwerken. Diese Zufahrtsstrasse wurde im Jahre 1906 ausgeführt, um zeitig Wegverbindung zum wichtigsten Bauplatze des Bahnbaues zu erhalten; sie kostete 21 Fr. für den laufenden Meter. Mit der Station Wiesen ist auch das auf dem linksseitigen Berghang 1500 *m* ü. M. malerisch gelegene Dörfchen Jennisberg mit einem von der Gemeinde Filisur erstellten Strässchen und einer steinernen Brücke, die sich in einer Höhe von 75 *m* mit 22 *m* Weite über die enge Landwasserschlucht wölbt, verbunden (Abb. 12, S. 309).

Unmittelbar nach der Station Wiesen folgt der grosse Talübergang über das Landwasser auf dem 210 *m* langen gewölbten Wiesener Viadukt mit einer Oeffnung von 55 *m* und sechs Oeffnungen von 20 *m* Weite in einer Höhe von 88 *m* über dem Landwasser. Dann führt die Bahn auf dem linksseitigen Berghang durch ein sehr coupiertes, grösstenteils bewaldetes Gelände und erreicht bei Km. 19,297 die Station Filisur der Albulalinie, 1083,50 *m* ü. M. (Abb. 13).

Neben dem Wiesener Viadukt, dem hervorragendsten Objekte der ganzen neuen Linie, von dem weiter unten

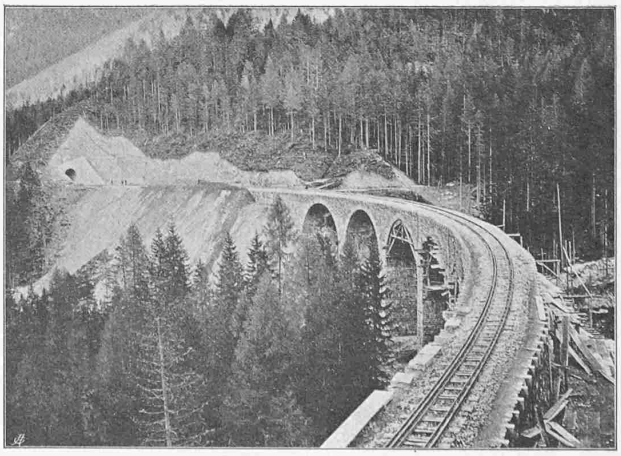


Abb. 15. Cavia-Viadukt, taleinwärts gesehen.
Steilgeböschter Tunnel-Voreinschnitt in der Rauhwacke.

[1]) Bd. XLI, S. 243 und 258, mit Abbildungen.

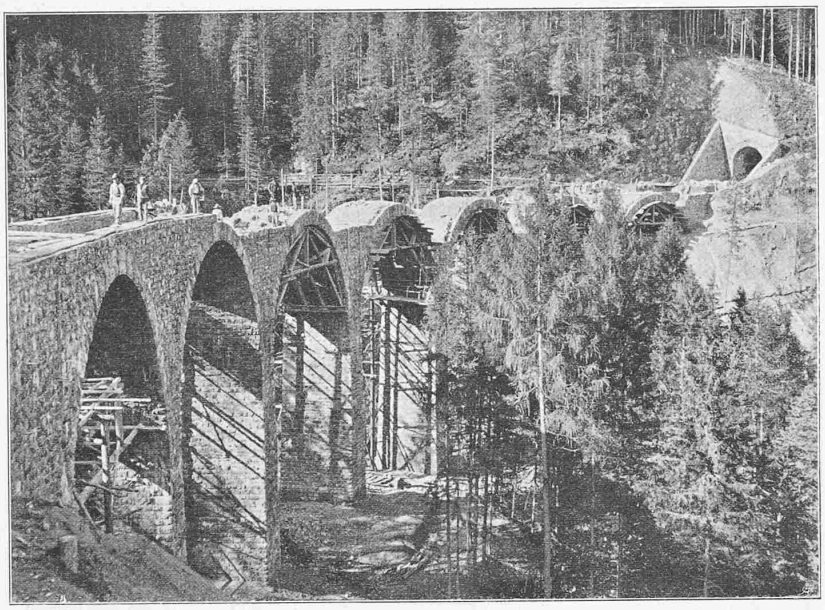


Abb. 14. Cavia-Viadukt im Bau, talauswärts gesehen.

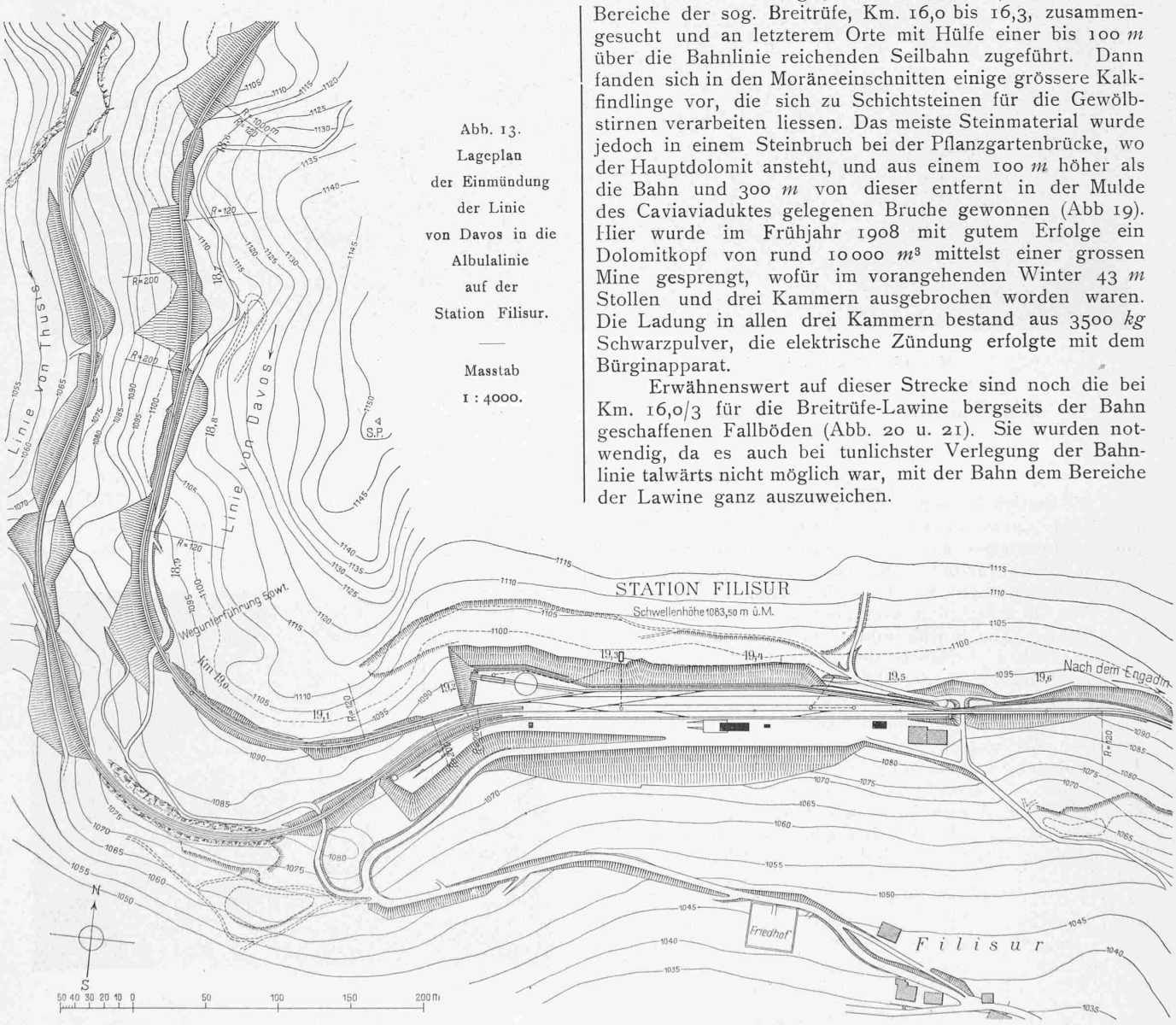
eingehend berichtet wird, waren auf dieser Strecke bedeutende Erd- und Felsarbeiten, mit Stütz- und Futtermauern, fünf Tunnel von 250 *m*, 24 *m*, 66 *m*, 235 *m* und 52 *m* Länge, der gewölbte Cavia-Viadukt mit sieben Oeffnungen zu 15 *m* (Abb. 14 u. 15), ein Lehnenviadukt mit vier Oeffnungen zu 5 *m*, ein solcher mit drei Oeffnungen zu 5 *m*, die beiden gewölbten Pflanzgartenbrücken mit Oeffnungen von 18 und 23 *m* (Abb. 16 und 17), zwei gewölbte Lehnenviadukte mit je einer Oeffnung von 10 *m* und eine Oeffnung von 5 *m* und eine gewölbte Durchfahrt mit zwei Oeffnungen zu 5 *m* und 3,5 *m* Weite, auszuführen.

Die ersten 2,3 Kilometer dieser Strecke mit einigen bis 20 *m* tiefen Einschnitten und vier Tunnels liegen in der obern Rauhwacke, dann folgen 1 *km* in Moräne und 0,7 *km* im Muschelkalk. Letzterer war meist dünnschichtig und mergelig. Es bot dementsprechend die Steinbeschaffung auf dieser Strecke grosse Schwieigkeiten. Zunächst wurden die in der Nähe der Linie befindlichen Findlinge und die von den höher gelegenen Dolomitköpfen heruntergefallenen Kalkblöcke, besonders im Bereiche der sog. Breitrüfe, Km. 16,0 bis 16,3, zusammengesucht und an letzterem Orte mit Hülfe einer bis 100 *m* über die Bahnlinie reichenden Seilbahn zugeführt. Dann fanden sich in den Moräneeinschnitten einige grössere Kalkfindlinge vor, die sich zu Schichtsteinen für die Gewölbstirnen verarbeiten liessen. Das meiste Steinmaterial wurde jedoch in einem Steinbruch bei der Pflanzgartenbrücke, wo der Hauptdolomit ansteht, und aus einem 100 *m* höher als die Bahn und 300 *m* von dieser entfernt in der Mulde des Caviaviaduktes gelegenen Bruche gewonnen (Abb 19). Hier wurde im Frühjahr 1908 mit gutem Erfolge ein Dolomitkopf von rund 10000 m^3 mittelst einer grossen Mine gesprengt, wofür im vorangehenden Winter 43 *m* Stollen und drei Kammern ausgebrochen worden waren. Die Ladung in allen drei Kammern bestand aus 3500 *kg* Schwarzpulver, die elektrische Zündung erfolgte mit dem Bürginapparat.

Erwähnenswert auf dieser Strecke sind noch die bei Km. 16,0/3 für die Breitrüfe-Lawine bergseits der Bahn geschaffenen Fallböden (Abb. 20 u. 21). Sie wurden notwendig, da es auch bei tunlichster Verlegung der Bahnlinie talwärts nicht möglich war, mit der Bahn dem Bereiche der Lawine ganz auszuweichen.

Abb. 13. Lageplan der Einmündung der Linie von Davos in die Albulalinie auf der Station Filisur.

Masstab 1 : 4000.



Von Stationsmitte Davos-Platz bis Stationsmitte Filisur beträgt die Länge der Bahn 19297 *m*. Nach Abzug der auf die Stationen Davos-Platz und Filisur entfallenden Länge von 417 *m*, ergibt sich eine Baulänge von 18880 *m*, von der 11466 *m* gleich 59,4 % in Geraden und 7831 *m* oder 40,6 % in Kurven liegen, die sich wie folgt auf die verschiedenen Radien verteilen:

Radien	Anzahl	Länge *m*	% der Bahnlänge	Radien	Anzahl	Länge *m*	% der Bahnlänge
120	19	1884	9,2	300	7	553	2,8
130	3	212	1,1	350	2	257	1,4
140	1	73	0,3	400	7	731	3,8
150	6	438	2,3	500	2	85	0,6
160	8	801	4,1	600	2	113	0,7
180	1	114	0,6	800	1	68	0,5
200	12	1205	6,2	1000	1	115	0,8
250	8	1032	5,3	10000	2	105	0,7
280	1	45	0,2	Total	83	7831	100,0

Das Gefälle der Bahn von der Station Davos-Platz 1543,45 *m* ü. M. bis Station Filisur 1083,50 *m* ü. M. beträgt 459,95 *m*, das mittlere Gefälle 24,4 ‰, das Maximalgefälle wie bei der Albulalinie 35 ‰. Dieses war notwendig, um den Höhenunterschied zwischen den Stationen Wiesen und Schmelzboden ohne künstliche Entwicklung zu überwinden und um die Bahn vor der Station Filisur über die dortigen Felsköpfe zu führen, musste aber auch sonst auf längeren Strecken angewendet werden, im ganzen auf 9711 *m*, gleich 50,3 % der ganzen Länge, auf der sich die Gefälle wie folgt verteilen:

	∞	bis 5	5—10	10—15	15—20	20—25	33	35 ‰	Total
m	2009	1306	2132	304	1000	1842	993	9711	19297
%	10,5	6,7	11,2	1,5	5,2	9.5	5,1	50,3	100

Die Stationen sind alle horizontal und weisen eine Länge der Ausweichgeleise zwischen den Polizeipfählen von 120 *m* auf. Die Station Schmelzboden ist als Wasserstation ausgerüstet.

Die Gesamtlänge der weiter oben bereits aufgeführten 15 Tunnel beträgt 4206 *m*, gleich 22,3 % der Baulänge, die Gesamtlänge der Brücken 940 *m*, gleich 6,4 % der offenen Bahn. Die Arbeitsmengen an Erd- und Felsbewegung, Stütz- und Futtermauern und Mauerwerk der Kunstbauten zeigt nebenstehende Tabelle.

Die Unterbauarbeiten wurden mit Vertrag vom 15. bezw. 25. September 1906 für das I. Los, Davos-Platz bis Km. 6,615 unterhalb Station Glaris, an Bauunternehmer *A. Baratelli* in Davos-Platz und für die übrigen drei Lose, von dort bis Filisur an die Unternehmung Froté, Westermann & Cie. in Zürich vergeben. Für diese übernahm im Februar 1908 die „A.-G. Davos-Filisur" die Weiterführung der Arbeiten und übertrug die Leitung Herrn Obering. *Marasi*, der diese schon für Froté, Wester-mann & Cie. inne hatte. Im Herbst 1906 ist von beiden Unternehmungen mit den Arbeiten begonnen worden. Trotzdem wurden infolge einer Stockung der Arbeiten im Jahre 1907, die vertraglichen Zwischentermine für den Wiesener Viadukt und für Vollendung der Arbeiten im Rohen nicht eingehalten. Immerhin konnten diese, dank auch der vorzüglichen Witterung des letzten Herbstes, soweit gefördert werden, dass die Eröffnung der Bahn zur diesjährigen Saison sichergestellt ist.

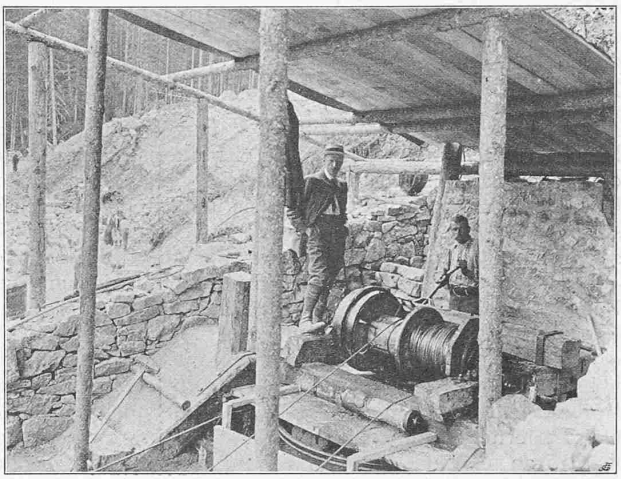


Abb. 19. Bremsberganlage beim Cavia-Steinbruch.

Offene Bahn Baulänge 14674 *m*	Erd- und Felsbewegung m^3	Trockenmauern m^3	Mörtelmauern m^3	Mauerwerk der Kunstbauten m^3
Arbeitsmengen total	293000	4140	11070	21480
» auf den *km*	20000	753	282	1461

(Fortsetzung folgt.)

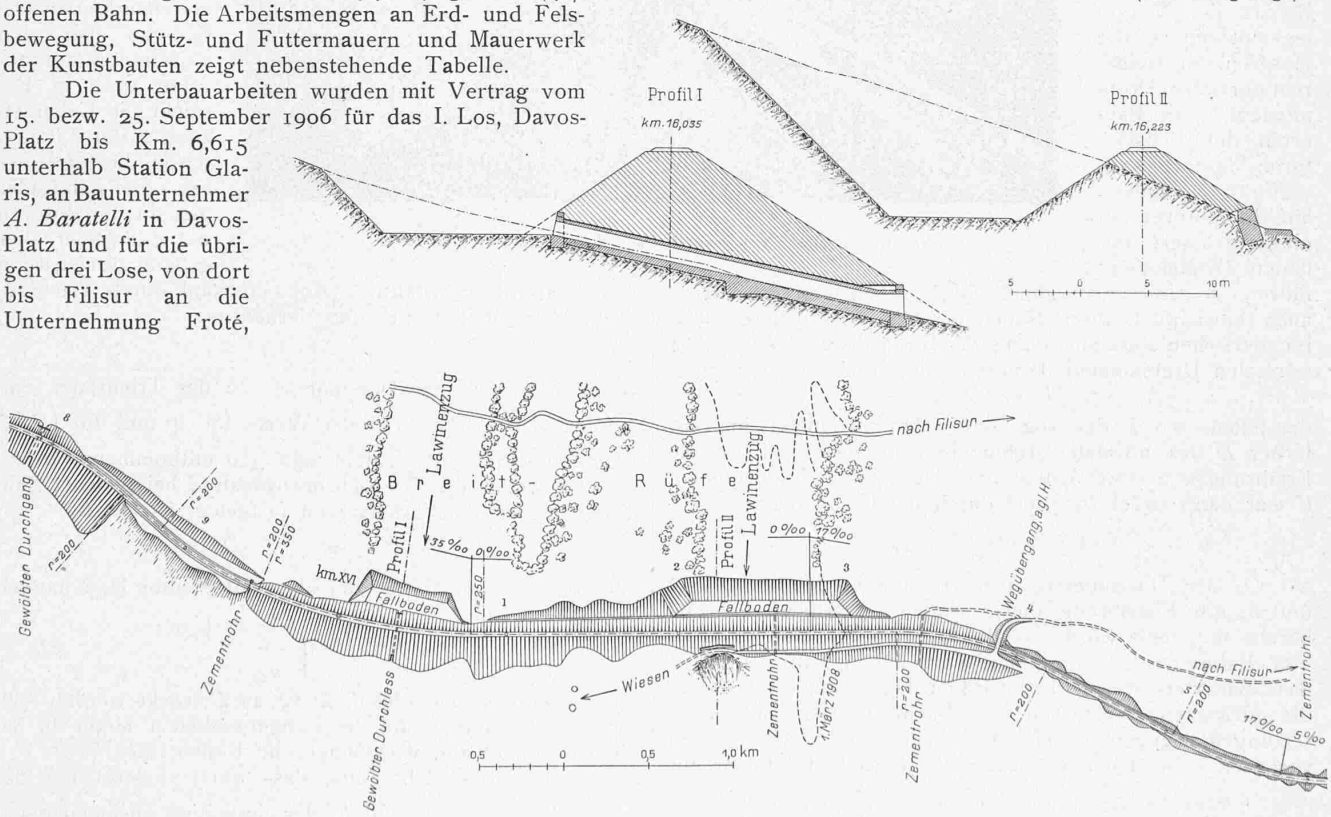


Abb. 20 und 21. Lawinen-Fallböden im Breitrüfezug. — Lageplan 1 : 4000, Querprofile 1 : 500.

Ueber die Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren.

Von Dr. *W. Kummer*, Ingenieur.

Schon aus den im Laufe des Jahres 1907 veröffentlichten Abhandlungen [1]) über die charakteristischen Kurven der für den elektrischen Bahnbetrieb geeigneten Motortypen (Seriemotoren für Gleichstrom und Einphasenwechselstrom und Drehstrommotoren mit Stufenregelung der Geschwindigkeit), insbesondere aber aus der im November 1908 veröffentlichten Arbeit [2]) über die Entwicklung und Beschaffenheit der verschiedenen Hauptbauarten elektrischer Triebmotoren und Triebwerke für Traktionszwecke ergab sich, dass für die Dimensionierung der Bahnmotoren lediglich das von den Motoren zu entwickelnde normale Drehmoment entscheidend ist. In der letztgenannten Arbeit ist ferner gezeigt worden, dass aus den zwei wesentlichen, an eine bestimmte Fahrzeugsausrüstung gestellten Anforderungen hinsichtlich Fahrzeugsgeschwindigkeit und Triebachsenzugkraft für den Entwurf der Fahrzeuge massgebend ist, ob die Fahrzeuge mit kleiner Triebachsenzugkraft zu entwerfen seien, wobei ausschliesslich Anwendungen der Bauart der Vorgelegemotoren in Betracht kommen, oder ob die Fahrzeuge mit grosser Triebachsenzugkraft auszubilden seien, wobei je nach der Fahrzeugsgeschwindigkeit Anwendungen der Bauart der Achsmotoren oder der Gestellmotoren mit oder ohne Zahnräder in Betracht fallen. Da die Bauart der Vorgelegemotoren auf die Motoren mit kleinerem normalem Drehmoment, die Bauarten der Achsmotoren und Gestellmotoren dagegen auf die Motoren mit einem grössern normalen Drehmoment führen, so sind damit gleichzeitig die einzelnen Bauarten auch hinsichtlich ihrer Raumansprüche klassifiziert. Den rechnerischen Zusammenhang der Raumansprüche mit dem normalen Drehmoment konnten wir durch die Beziehung

$$V = D \cdot C$$

darstellen, wo V das sog. aktive Motorvolumen in cm^3, ferner D das normale Drehmoment in *mkg* und C eine Erfahrungskonstante bedeuteten. Das aktive Motorvolumen V war dann näher definiert durch die Beziehung:

$$V = \frac{D_a^2 \cdot \pi}{4} \cdot b_a$$

wo D_a der Durchmesser des rotierenden Motorenankers und b_a die Eisenbreite dieses Ankers darstellen. Es ist bereits mitgeteilt worden, dass b_a nicht für alle Bauarten von Bahnmotoren denselben Wert haben kann, sondern dass Bauarten, welche keine Räderübersetzung verwenden, die grösseren Werte für b_a, Bauarten mit Räderübersetzungen dagegen die kleineren Werte für b_a auszunützen gestatten. Demnach wird auch D_a je nach der Bauart für ein bestimmtes normales Drehmoment verschieden ausfallen und zwar zufolge der Beziehung:

$$D_a = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{b_a}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{C}{b_a} \cdot D}$$

Den Tabellen auf Seite 310 kann entnommen werden, welche Werte von b_a bei normalspurigen Bahnen für Gleichstrom, Drehstrom und Einphasenwechselstrom zur Zeit gebräuchlich sind. Beschränkt man sich auf Kollektormotoren, so dürften für normalspurige Bahnen in unsere Untersuchungen entsprechend dem heutigen Stande der Technik folgende Werte benützt werden:

Für Kollektormotoren ohne Zahnräder:

$$b_a = 65 \ cm$$

Für Kollektormotoren mit Zahnrädern:

$$b_a = 35 \ cm$$

Den genannten Tafeln können auch die heute üblichen Werte für C entnommen werden, aus denen wir den Wert:

$$C = 300 \ cm^3 \text{ pro } mkg$$

als einen für die heutige Technik bei Kollektormotoren brauchbaren Mittelwert entnehmen.

Damit erhalten wir:

$$D_a = 2{,}42 \cdot \sqrt{D}$$

für Motoren ohne Zahnräder und

$$D_a = 3{,}30 \cdot \sqrt{D}$$

für Motoren mit Zahnrädern

als rechnerische Beziehungen zwischen dem Durchmesser der Motoranker in *cm* und dem normalen Motordrehmoment in *mkg* für die in Betracht fallenden Motorbauarten. Daneben kommen als charakteristische Grössen bei den einzelnen Motorbauarten noch in Betracht die Uebersetzung $\ddot{u}$ der Zahngetriebe, die für Motoren ohne Zahnräder gleich 1, für Motoren mit Zahnräder aber grösser als 1 ist, wenn man $\ddot{u}$ als das Verhältnis: Motordrehzahl durch Triebraddrehzahl festlegt, ferner das Verhältnis:

$$\left(\frac{D_a}{D_r}\right) \lesseqgtr 1$$

womit nun auch der Durchmesser D_r der Triebräder eingeführt wird. Die heutigen Werte für $\ddot{u}$ und für $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$ können ebenfalls den Tafeln Seite 310 entnommen werden.

Da weiter die Triebachsenzugkraft Z bei gleicher Zahl Triebmotoren und Triebachsen festgelegt ist durch:

$$Z = 2 \cdot \frac{\ddot{u}}{D_r} \cdot D$$

so lässt sich nun mittels der oben mitgeteilten Beziehungen folgern:

$$Z = \left(\frac{D_a}{D_r}\right) \cdot \frac{\ddot{u}}{\sqrt{\frac{C}{\pi \, b_a}}} \cdot \sqrt{D}$$

Wenn Z, wie üblich, in *kg* ausgedrückt werden soll, dann sind C und b_a auf die Längeneinheit 1 Meter zu beziehen; für D gilt, wie immer, die Einheit *mkg*.

Die Formel lehrt uns, dass durch Festsetzung der Grössen $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$, $\ddot{u}$, C und b_a der eindeutige Zusammenhang

Die Bahnlinie Davos-Filisur.

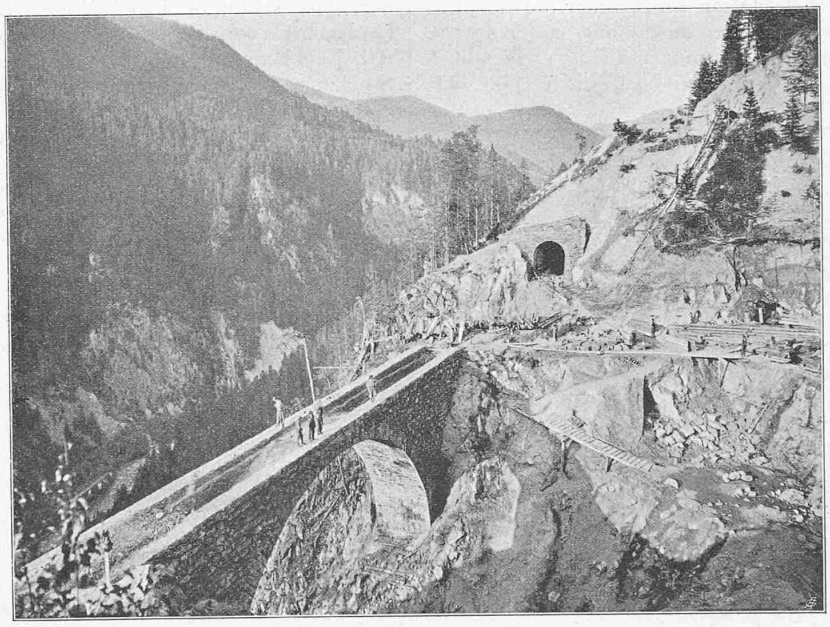


Abb. 17. Pflanzgartenbrücke II, nach Vollendung des Mauerwerks.

[1]) Bd. IL, S. 247 u. 256, sowie Bd. L, S. 112 u. 153.

[2]) Bd. LII, S. 245, 265 u. 288.

zwischen der Triebachsenzugkraft und dem normalen Motordrehmoment hergestellt ist; es kommt höchstens noch eine Verhältniszahl hinzu, wenn mehrere Triebachsen gleichzeitig von einem einzigen Motor angetrieben werden, oder überhaupt eine Verschiedenheit in der Anzahl Motoren und Triebachsen herrscht.

Für die Erreichung der in jedem einzelnen Fall gewünschten *Fahrzeugsgeschwindigkeit* ist dann ausser den bereits genannten Grössen $\left(\frac{D_a}{D_r}\right)$ und $\ddot{u}$ noch die *Umdrehungszahl der Motoren* festzuetzen. Zunächst gilt die Beziehung:

$$v = \frac{3600}{1000} \cdot \frac{n}{\ddot{u}} \cdot \pi \cdot D_r$$

wenn die Fahrzeugsgeschwindigkeit v in *km* pro Stunde, die Motordrehzahl n in Umdrehungen pro Sekunde und der Triebraddurchmesser D_r in Meter gegeben sind. Je nach der Wahl der sekundlichen Umdrehungszahl n der Bahnmotoren wird dann aber auch deren Leistungsfähigkeit L in Pferdestärken festgelegt gemäss der Beziehung:

$$L = \frac{1}{75} \cdot 2\,\pi \cdot n \cdot D$$

Die Forderung nach einer hohen Fahrzeugsgeschwindigkeit, sowie diejenige einer grossen Leistungsfähigkeit der Bahnmotoren, rufen daher der Wahl einer grossen Drehzahl der Motoren.

Es frägt sich nun, wie weit man in der Bemessung der Drehzahl gehen darf und sind diesbezüglich zwei Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen. Einerseits kann man die Forderung eines Maximums für die zulässige Umfangsgeschwindigkeit am Motoranker aufstellen, welche analytisch auf die Beziehung:

$$D_a \cdot n = K_1$$

führt, wo K_1 eine Konstante bedeutet. Anderseits kann man die Forderung eines Maximums für die zulässie Zentrifugalkraft pro Masseneinheit am Ankerumfang aufstellen, welche analytisch auf die Beziehung:

$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

führt, wo K_2 eine Konstante bedeutet.

Für die beiden Varianten, die demnach als Grundlagen für die Bemessung der Motordrehzahl in Betracht kommen können, ergeben sich nun wesentlich verschiedene Resultate für v und L.

Für die Forderung eines Maximums für die zulässige Ankerumfangsgeschwindigkeit wird:

$$v = \frac{3600}{1000} \cdot \left(\frac{K_1}{D_a}\right) \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot D_r$$

$$= \frac{3600}{1000} \cdot K_1 \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_a}{D_r}\right)}$$

$$L = \frac{Z \cdot v}{75} \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{1}{75} \cdot \frac{\pi \cdot K_1}{\sqrt{\frac{C}{\pi\, b_a}}} \cdot \sqrt{D}$$

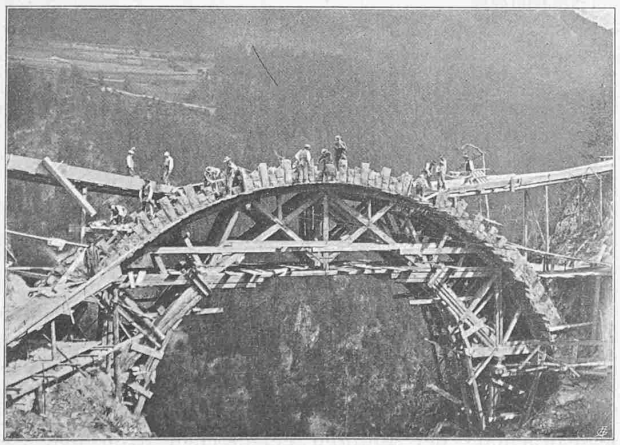


Abb. 16. Pflanzgartenbrücke II im Bau.

Abb. 19. Gewölbte Brücke der Zufahrtsstrasse nach Jennisberg und unteres Portal des Wiesener Tunnels II.

Für die Forderung eines Maximums für die zulässige Zentrifugalkraft der Masseneinheit am Ankerumfang wird:

$$v = \frac{3600}{1000} \sqrt{\frac{K_2}{D_a}} \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \cdot D_r$$

$$= \frac{3600}{1000} \sqrt{K_2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{D_a}{D_r}\right)} \cdot \frac{\pi}{\ddot{u}} \sqrt[4]{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{C}{b_a} \cdot D}$$

$$L = \frac{Z \cdot v}{75} \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{\pi}{75} \sqrt{K_2} \cdot \sqrt[4]{\frac{4}{C} \cdot \pi\, b_a \cdot D^3}$$

Bemerkenswert ist nun die Gegenüberstellung der Abhängigkeitsbeziehungen, die zwischen v und D einerseits und zwischen L und D anderseits für die beiden Ansätze

$$D_a \cdot n = K_1$$
$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

bestehen. Während im ersten Falle v von D unabhängig und L der Quadratwurzel aus D proportional ist, so ist im zweiten Falle v der Quadratwurzel aus D und L der vierten Wurzel aus D^3 proportional. Diese abweichenden Beziehungen beeinflussen entsprechend die Beurteilung der durch ein bestimmtes Traktionsproblem unmittelbar gestellten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit eines Bahnmotors.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Bahnmotoren an sich ist von Interesse die Aufstellung einer Beziehung zwischen L und n, die sich mittels der Gleichungen:

$$D_a = \sqrt{\frac{4\,C}{\pi\, b_a} \cdot D}$$

$$L = \frac{1}{75} \cdot 2\,\pi \cdot n \cdot D$$

und je einem der beiden Ansätze:

$$D_a \cdot n = K_1$$
$$D_a \cdot n^2 = K_2$$

unschwer ergibt.