

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 45/46 (1905)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Die elektrische Zahnradbahn Brunnen-Morschach  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-25495>

### **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:** 04.04.2026

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

INHALT: Die elektr. Zahnradbahn Brunnen-Morschach. (Schluss.) — Die Schlussergebnisse der Absteckung des Simplontunnels. — Wettbewerb für ein Kurhaus und Schwefelbad in Launenen bei Saanen (Kt. Bern). I. — Miscellanea: Valtellinabahn. Schaffung schöner Stadtbilder in Wien. Der X. internat. Schiffahrtskongress in Mailand. Schweiz. Vereinigung für Heimatschutz. Grosse Wasserkraftanlage in den Bayerischen Alpen. Neuer Güterbahnhof in Freiburg i. B. Monatsausweis über die Arbeiten am Simplontunnel.

Simplon-Ausstellung in Mailand. Jubiläum des eid. Polytechnikums. Einsturz des neuen Dekorationsgebäudes des Stadttheaters in Bern. — Literatur: «Motoren für Gleich- und Drehstrom». Freiburger Münsterblätter. — Konkurrenzen: Wettbewerb für ein Sekundarschulhaus mit Turnhalle an der Ecke der Riedtli- und der Röslistrasse in Zürich. Obergerichtsgebäude in Bern. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

## Die elektrische Zahnradbahn Brunnen-Morschach.

(Schluss.)

Nachdruck verboten.

Das Rollmaterial ist analog jenem der Gornergrat-Bahn und der Jungfraubahn ausgebildet. Es werden elektrische

Lokomotiven verwendet, die mit einem Rowanwagen verbunden sind. Letzterem kann, wenn der Verkehr es erheischt, ein Beiwagen vorgestellt werden. Jeder Wagen mit vier Abteilungen zu  $2 \times 5$  Sitzplätzen bietet Raum für 40, eine verstärkte Zugs-komposition für 80 Fahrgäste (Abb. 15). Der Fahrpark besteht zunächst aus zwei Lokomotiven, zwei Rowanwagen und zwei Beiwagen; als Reserve wird eine dritte Lokomotive ausgeführt.

Die Lokomotive, deren mechanischer Teil von der Schweizerischen Lokomotivfabrik in Winterthur gebaute wurde, wiegt mit elektrischer Ausrüstung 10 500 kg und fördert auf der Maximalsteigung von 17% eine Last von 15 500 kg mit 9 km/Std. Geschwindigkeit. Sie ruht auf zwei Tragachsen, die so angeordnet sind, dass die Lokomotive in drei Punkten gestützt wird. Das Bremszahnrad sitzt lose auf der untern Laufachse. Zwischen den beiden Laufachsen, die je ein loses und ein festes Rad haben, ist die Triebzahnradachse eingebaut. Zwei auf letzterer aufgekeilte Transmissionsräder werden von der Vorgelegewelle angetrieben, diese wieder einseitig durch die Motoren. Das gesamte Uebersetzungsverhältnis der beiden Abstufungen beträgt 10,85 (Abb. 16, S. 134).

Am obren Ende der Lokomotive ist eine gefederte Zange, die beim Aufsteigen des Triebzahnrades ein Abheben verhindert. Am untern Ende ist ebenfalls eine, jedoch ungefederte Zange angebracht. Beide Zangen sind so eingerichtet, dass sie, wenn das Triebzahnrad aus irgend einem Grunde auf die Zahnstange gestiegen wäre, einem Wiedereingriff des Zahnrades nicht hinderlich sind.

Die Bremscheiben des Triebzahnrades haben Führungsplatten, die beim Heben der obren Laufachse eine

allfällige Seitenbewegung des Triebzahnades begrenzen, und somit den Wiedereingriff desselben sichern.

Die zur Verwendung gelangten Materialien genügen folgenden Bedingungen: Triebzahnäder aus hartem Tiegelstahl von 75 bis 80 kg Festigkeit und rund 12% Dehnung, Achsen aus prima Martinstahl von 55 bis 60 kg Festigkeit und 20% Dehnung, Bandagen aus Martinstahl von 70 kg

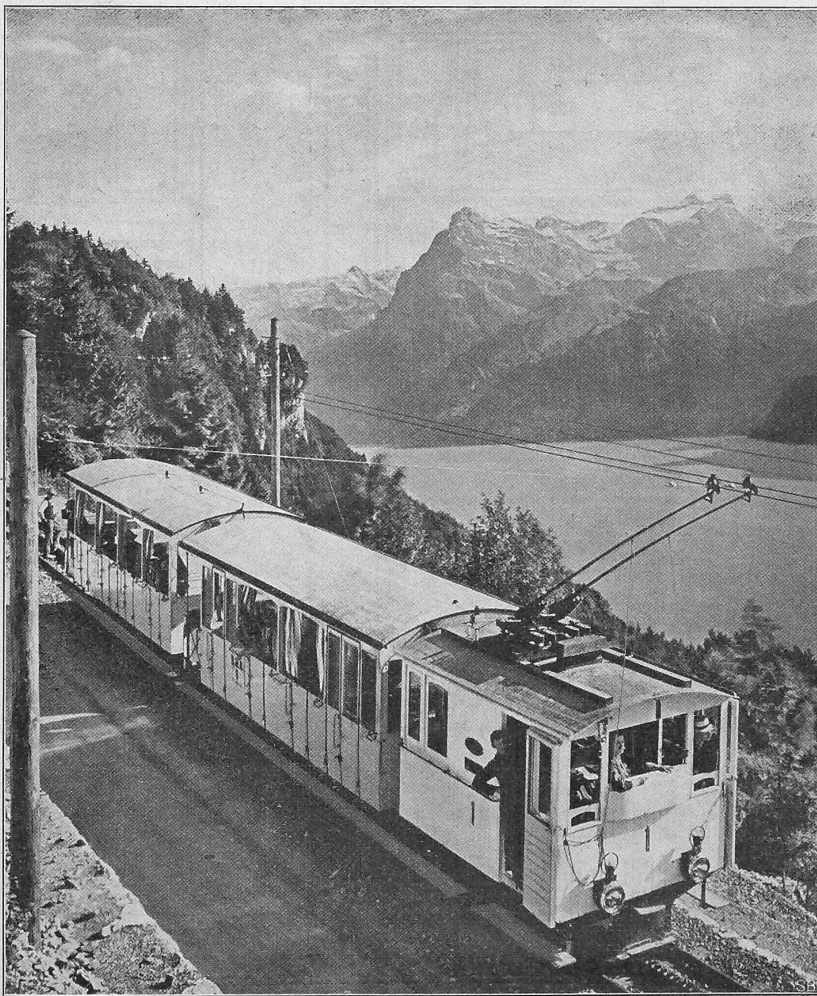
Festigkeit und 12% Dehnung. Die ersten Uebersetzungsäder haben Keilzähne. Die Kolben sind aus hartem Tiegelstahl von 75 kg Festigkeit und 12% Dehnung, das grosse Zahnrad, sowie die andern Transmissionsäder aus Martinstahl. Sämtliche Zähne sind gefräst.

Die beiden von einander getrennten Hand - Spindelbremsen wirken je auf die auf gleicher Seite liegenden Rillenscheiben des Trieb- und Bremszahnades, wodurch der Zahndruck und damit die Tendenz zum Aufsteigen verkleinert werden. Diese Bremsen sind so berechnet und eingerichtet, dass bei Bruch des einen Bremsbandes das andere Band gleichwohl angezogen und dadurch der Zug zum Stehen gebracht werden kann. Normal kann in 5 Sek. auf etwa 7 m Weg gebremst werden.

Die auf beide Motorachsen wirkende Bandbremse, welche

durch Federkraft die Bremsbänder spannt und entweder von Hand durch den Maschinisten bzw. den Führer des Vorschiebewagens oder durch den in der hinteren Bremscheibe eingebauten Geschwindigkeitsregulator oder durch den Anker eines Solenoids ausgelöst werden kann, ist sehr zuverlässig und hält den vollbelasteten Zug bei Maximalgeschwindigkeit von 11 km auf einer Steigung von 17% auf 3 m Bremsweg an bei etwa 2 Sek. Bremszeit.

Auf den Motorwellen angebrachte Lamellenrutschkupplungen (von der Schweiz. Lokomotivfabrik auch für Bex-Gryon-Villars, Aigle-Leysin, Vesuvbahn, Triest-Općina, Jungfraubahn und Martigny-Chatelard ausgeführt), sind von sehr gutem Einfluss auf die Wirkungsweise der automatischen Bremse, indem sie ein zu schroffes Anhalten verhindern. Die Rutschkupplungen sind überdies notwendig, um bei auftretendem Kurzschluss ein plötzliches Anhalten und damit



Photographie von Gebr. Wehrli, Kilchberg.

Aetzung von Meisenbach, Riffarth & Cie. in München.

Abb. 15. Zug mit Beiwagen bei Km. 1,3.

verbundenes Aufsteigen des Triebzahnrades zu verhüten. Bei jedem Spiel der automatischen Bremse wird gleichzeitig der elektrische Strom unterbrochen.

Die halboffenen, halbgeschlossenen Personenwagen sind mit ihrem untern Ende an der Lokomotive federnd aufgehängt (von der Lokomotivfabrik zuerst für die Gorner-

Die elektrischen Betriebs-Einrichtungen sind von der Firma *Joh. Jac. Rieter & Cie. A.-G.* in Winterthur erstellt worden.

Die zum Betrieb erforderliche elektrische Energie wird durch das Elektrizitätswerk Altdorf als Drehstrom von 8000 Volt Spannung und 50 Perioden geliefert. In Morschach,

Die elektrische Zahnradbahn Brunnen-Morschach.

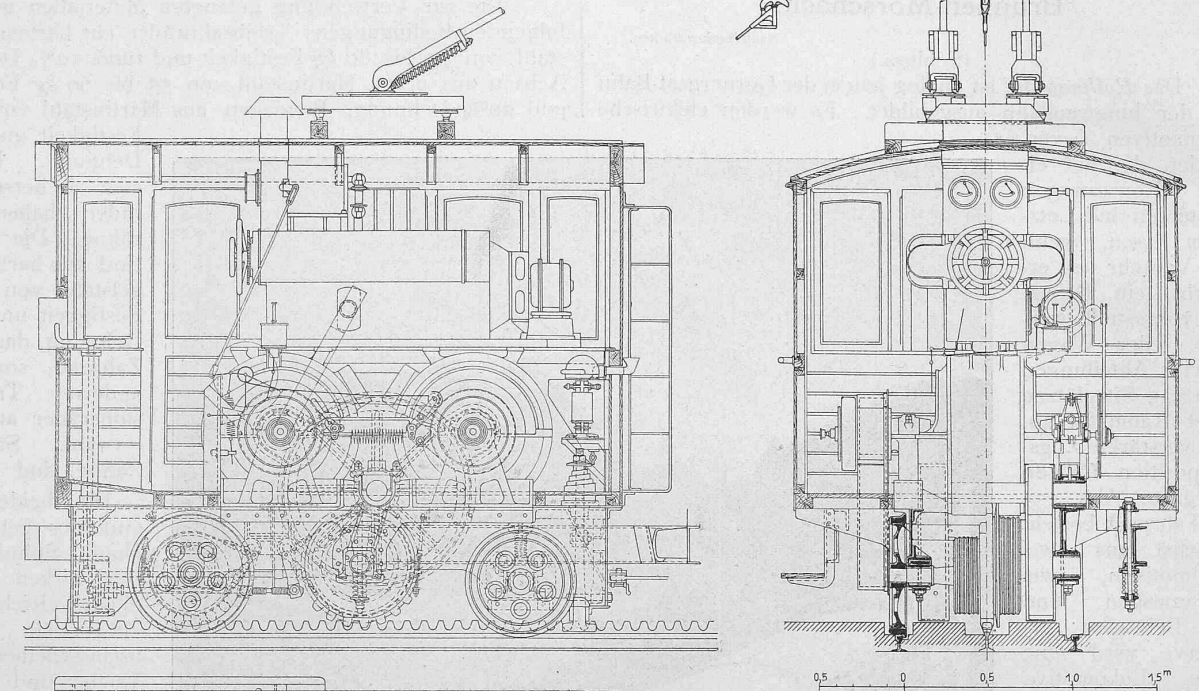


Abb. 16. Zahnradlokomotive.  
Erbaut von der Schweizerischen Lokomotivfabrik  
in Winterthur. — Masstab 1 : 40.

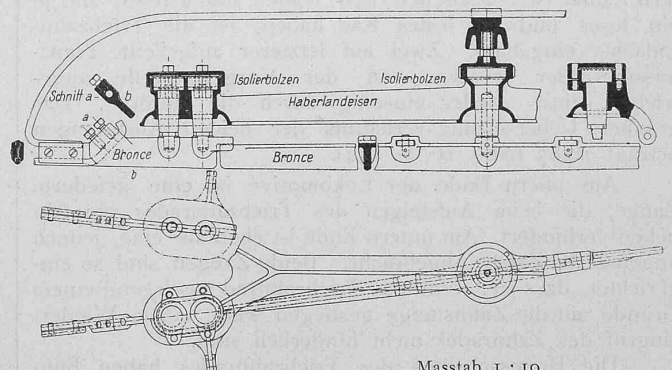
gratbahn, dann für die Jungfraubahn ausgeführt) und ruhen am andern Ende auf einem zweiachsigen Drehgestell. Durch diese Aufhängung wird das Zugsgewicht verringert und andererseits der Achsdruck der Lokomotive verstärkt, was einem allfälligen Aufsteigen des Triebzahnrades entgegenwirkt.

Der Wagen stützt sich mit seinem in der Vertikalrichtung gewölbten Puffer gegen die Lokomotive und wird von dieser geschoben. Der entsprechende Puffer der Lokomotive ist derart gegen die Bahnachse geneigt, dass ein gewisses Wagengewicht auf ihn entfällt, wodurch dem Aufsteigen der obern Achse der Lokomotive ebenfalls entgegengearbeitet wird.

Die Achsbelastungen der Lokomotive mit angehängtem belastetem Wagen betragen: vorn 6400 kg, hinten 6100 kg. Um nötigenfalls längere Zeit von Hand bremsen zu können, werden die Bremsscheiben bei Bedarf aus einem Reservoir mit Kühlwasser versehen. Bei Bergfahrt wird die arbeitende Zahnflanke direkt geschmiert.

beim Depot der Bahn, befindet sich die Transformatoren-Station, in der die Spannung von 8000 Volt auf die Betriebsspannung von 750 Volt herunter transformiert wird. Die Transformierung geschieht durch Einphasen-Wechselstrom-Transformatoren, und zwar sind vier Einphasen-Transformatoren von je 75 K. V. A. Leistung aufgestellt, von denen einer als Reserve dient. Das Uebersetzungsverhältnis dieser Transformatoren ist 8000 : 435. Die Hochspannung derselben arbeitet in Dreieck-, die Niederspannung in Sternschaltung.

Diese Anordnung wurde getroffen, um eine etwaige Erhöhung der Primärspannung auf 14000 Volt ohne Aenderung der Anlage zu ermöglichen. In diesem Falle würden dann die Hochspannungs-Wicklungen der Transformatoren



Masstab 1 : 10.

Abb. 19. Detail der «Luftweiche» von *J. J. Rieter & Cie. A.-G.*



ebenfalls in Dreieck geschaltet, um wieder auf die Betriebsspannung von 750 Volt zu kommen.

Die jeweiligen gleichzeitig in Betrieb befindlichen Transformatoren weisen zusammen eine Leistung von 225 K. V. A. auf und sind demnach gross genug, um die nötige Energie für einen auf maximaler Steigung befindlichen und einen zweiten, etwa auf einer Station rangierenden Zug abzugeben. Gleichzeitige Bergfahrt von zwei Zügen ist vorläufig nicht vorgesehen.

Die Einführung der Hochspannungsleitung in die Transformatorstation erfolgt durch einen eisernen Turm. Gleich beim Eintritt der Leitung in den Transformatorraum passiert diese einen Öl-Ausschalter, der gestattet, die ganze Anlage auch unter voller Belastung auszuschalten. Ein freistehendes Schaltgestell aus Eisen enthält, in vier Feldern angeordnet, die ausschaltbaren Hoch- und Niederspannungssicherungen der vier Transformatoren.

Diese letztern sind ebenfalls jeweilen in den entsprechenden Feldern im Schaltgestell plaziert und dertart angeordnet, dass der Reserve-Transformator ohne weiteres durch Einsetzen der entsprechenden Hoch- und Niederspannungssicherung an Stelle jedes der drei andern Transformatoren benutzt werden kann (Abb. 17, S. 138).

Die Transformatoren stehen auf isolierten U-Eisen, auf denen sie aus dem Schaltgestell in den Bedienungsgang

herausgezogen werden können; in diesem ist ein Längsbalken mit Laufkatze angebracht. Ein automatischer Erdschliesser, der mit der Eingangstüre zum Schaltgestell in Verbindung steht, legt beim Öffnen derselben sowohl die Transformatoren als auch das Schaltgestell an Erde.

Der transformierte Strom wird nach einer Schalttafel aus Marmor geführt, die zwei doppelpolige zugleich als Handaus-

schalter dienende Maximalstrom-Ausschalter enthält. Der eine dieser Schalter liegt in der Anschlussleitung zur Kontaktleitung, beim Depot, der andere in der Speiseleitung. Die dritte Phase des Drehstromes führt durch einen gewöhnlichen Leitungsschliesser auf dem Schalttableau zu dem Bahngeleise, das als dritte Leitung für die Zuführung des Drehstromes zu den Fahrzeugen benutzt wird. Das Tableau enthält ausserdem noch ein Voltmeter und ein Ampèremeter zur Kontrolle der Spannung und Stromstärke, sowie den Bedienungshebel des Hochspannungs-Öl-Ausschalters.

Die Stromzuführung zu den Fahrzeugen erfolgt, wie schon angedeutet, durch zwei, von einander isolierte Kontaktdrähte,

die untereinander in einem Abstand von 50 cm und in einer Höhe von 6 m über Geleisemitte geführt sind. Beide Kontaktdrähte bestehen aus runden Kupferdrähten, welche seitlich zwei Kerben haben, um eine sichere Befestigung der Klemmösen an den Aufhängestellen zu ermöglichen. Die beiden Speiseleitungen sind dertart bemessen und die Speisepunkte so gewählt, dass der grösste, in der Leitung auftretende Spannungsverlust 6% nicht übersteigt.

Von besonderem Interesse ist die Anordnung der *Luftweichen* in der Kontaktleitung (Abb. 18 und 19). Die an sich zweckmässige, jedoch etwas schwere und unschöne Weichenanordnung, bei der die ganze Weiche umgestellt wird, wie bei einer Geleiseweiche (Jungfraubahn), konnte hier aus ästhetischen Gründen nicht zur Anwendung kommen. Man kam deshalb auf den Ausweg, als Weichen die gewöhnlichen, allgemein für Rollenstromabnehmer verwendeten Luftweichen anzuwenden und nur in dem Kreuzungspunkte der beiden Kontaktdrähte verschiedener Polarität ein Kreuzungsstück mit beweglicher Zunge einzusetzen. Diese Zunge ist durch Zugstangen aus Holz und durch Spanndrähte sowie eine senkrechte Welle neben dem Spannmast in Verbindung mit dem Stellwerk der Geleiseweiche und wird bei Umstellung dieser letztern automatisch auf die entsprechende Fahrriichtung umgestellt.

Die Stromabnahme von der Kontaktleitung

### Elektrische Zahnradbahn

### Brunnen-Morschach.

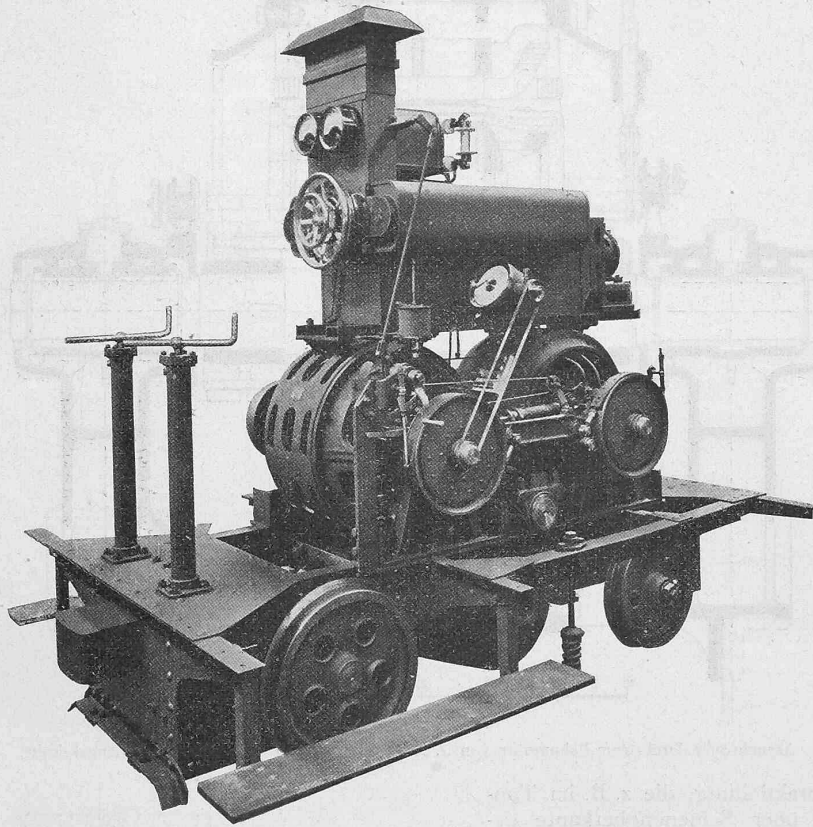


Abb. 22. Die elektrische Einrichtung der Lokomotive. — Gebaut von Joh. Jac. Rieter & Cie. A.-G. in Winterthur.

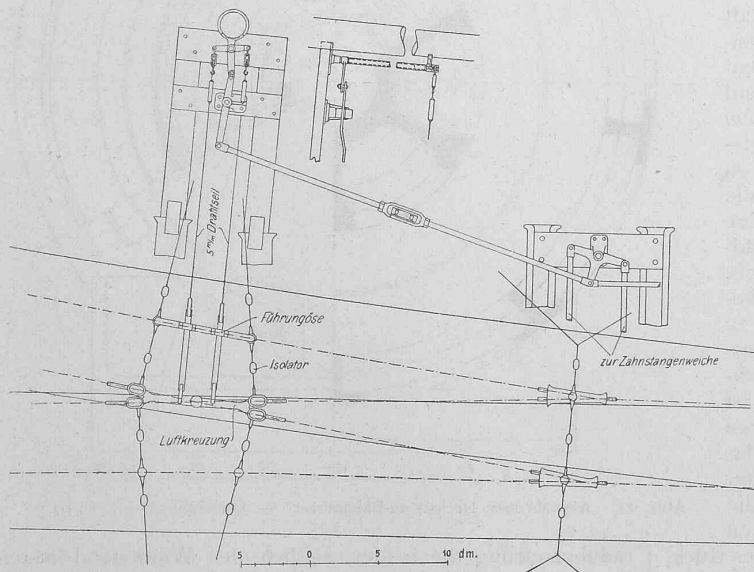


Abb. 18. Antrieb der «Luftweiche» von J. J. Rieter & Cie. A.-G. — Masstab 1:50.

geschieht durch Gleitschuhe (sog. Löffelstromabnehmer). Dieselben beanspruchen weniger Raum, als Bügelstromabnehmer, und eignen sich besser für grosse Unterschiede in

konzentrische Handräder angebracht, von denen das kleinere durch zwei Zugstangen mit dem erwähnten Hauptschalter in Verbindung steht, während das grössere durch Zahn-

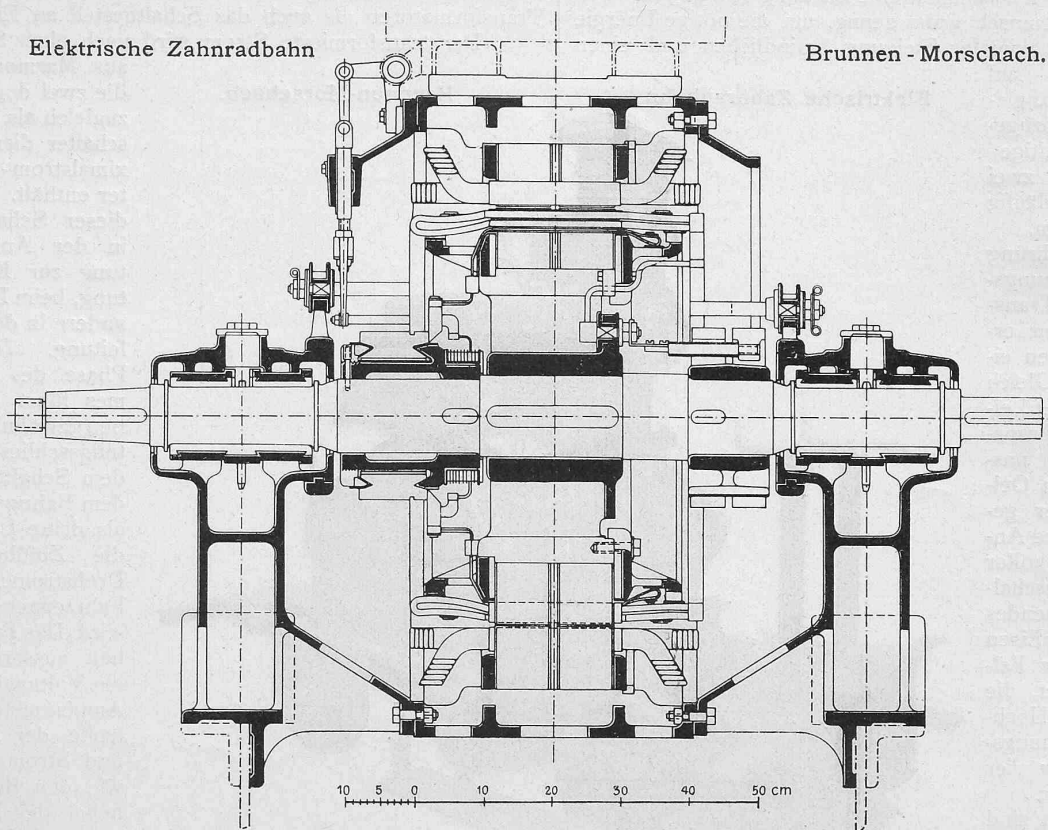


Abb. 20. Asynchroner Drehstrom-Bahnmotor von J. J. Rieter & Cie. in Winterthur. — Längsschnitt. — 1:10.

der Höhenlage der Kontaktleitung, die z. B. im Tunnel nur etwa 4,400 m über Schienenoberkante geführt ist. Gewöhnliche Rollenstromabnehmer (Trolley) sind für die hier abzunehmende, verhältnismässig grosse Stromstärke nicht geeignet. Die Stangen der Stromabnehmer wurden auf dem Bock so abgefedert, dass sie bei den verschiedensten Höhenlagen des Fahrdrabtes annähernd mit demselben Druck gegen diesen gepresst werden (Abb. 16).

In den elektrischen Lokomotiven der Bahn sind je zwei asynchrone Drehstrom-Motoren (Abb. 20 u. 21) aufgestellt, deren Zahnkolben auf ein gemeinsames Zahnrad arbeiten. Die grösste erforderliche Zugkraft am Triebzahrad beträgt für die Maximal-Zugskomposition (Lokomotive und zwei besetzte Personwagen) auf der grössten Steigung der Bahn rund 4800 kg. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 9 km in der Stunde wird demzufolge der nötige Energieaufwand an der Welle des Triebzahnades etwa 160 P. S. betragen. Dementsprechend wurde die Grösse der beiden Lokomotiv-Motoren für eine Dauerleistung von 85 P. S. bestimmt, die ohne schädliche Erwärmung auf 100 P. S. gesteigert werden kann.

Nach ihrem Eintritt in das Innere der Lokomotive (Abb. 22) führen die beiden Leitungen zu einem zweipoligen Hauptausschalter, der zugleich Ausschalter und Umschalter zum Wechseln der Fahrrichtung ist. Die eine der drei Klemmen des Motors ist mit dem Gestell desselben verbunden und erhält ihren Strom von dem Geleise durch die Räder und das Eisengestell der Lokomotive. Jenachdem der Schalter nach rechts oder links gedreht wird, erhalten die beiden andern Klemmen des Stators der Motoren Strom im einen oder andern Sinne, für Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt. Am Führerstand auf der Stirnseite des Kastens der den Regulier- und Bremswiderstand enthält, sind zwei

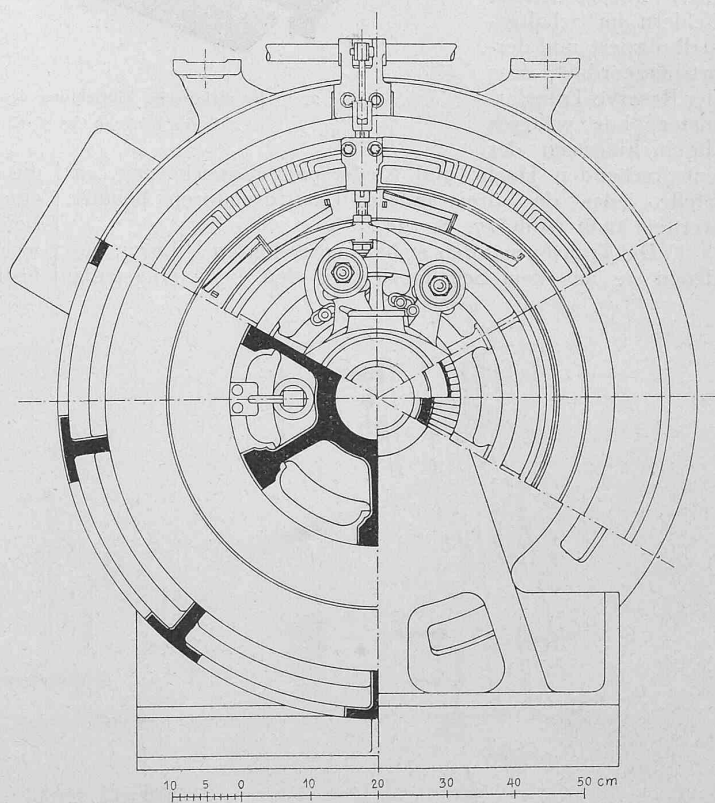


Abb. 21. Asynchroner Drehstrom-Bahnmotor. — Querschnitt. — 1:10.

radübersetzung die beiden seitlich des Widerstandskastens angebrachten Controller antreibt, die zur Regulierung der Widerstände dienen. Beim Anlassen der Lokomotive wird



man also vorerst durch Drehen des kleinen Handrades den Linienstrom den Motoren zuführen und sodann durch Drehen des grossen Handrades den im Rotorstromkreis eingeschalteten Widerstand allmählich auf Null bringen und dadurch die Geschwindigkeit der Lokomotive auf die normale erhöhen. Zwischen den beiden Handrädern ist eine mechanische Sperrung in der Weise angebracht, dass der Ausschalter, wenn er während des Betriebes von Hand oder durch die Wirkung eines der Automaten ausgeschaltet wird, nicht wieder eingeschaltet werden kann, bevor das grosse Handrad in die Anfangsstellung zurückgedreht wird, bzw. die Anlasswiderstände wieder eingeschaltet sind.

**Die elektrische Zahnradbahn Brunnen-Morschach.**

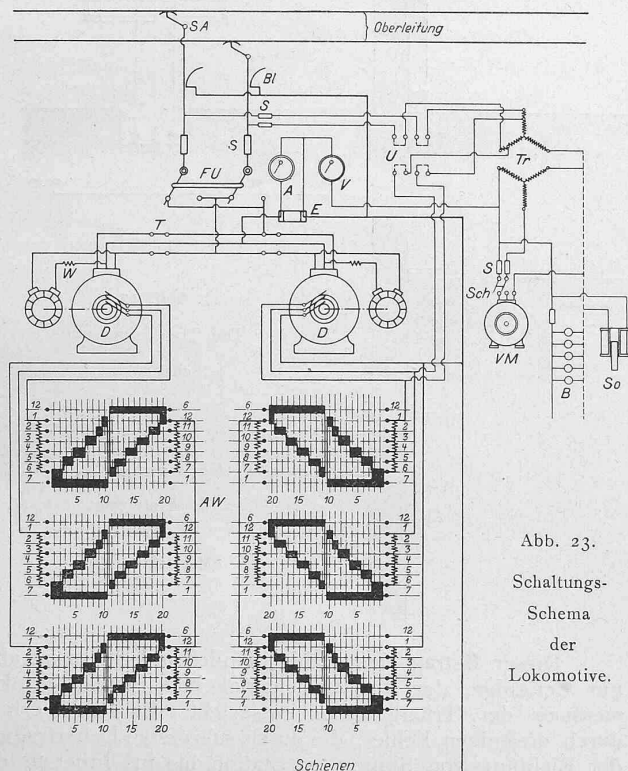


Abb. 23.  
Schaltungs-  
Schema  
der  
Lokomotive.

In jeder Phase sind die Controllerfinger gleicher Bezeichnung miteinander verbunden.

Legende: SA Stromabnehmer, BI Blitzschutzsicherung, A Ampèremeter mit Schunt, V Voltmeter, S Sicherung, FU Fahrriichtungs-Umschalter, T Trennschalter, W Widerstand, U Um- und Ausschalter, Tr Transformator, Sch Schalter, VM Ventilatormotor, So Solenoid, B Beleuchtung, AW Anlass- und Bremswiderstand, D Drehstrom- und Gleichstromerregger, E Erdleitung.

Um bei der Talfahrt die Motoren als Generatoren auf die Bremswiderstände arbeiten lassen zu können, ist eine besondere Einrichtung vorgesehen. Es ist hierzu auf dem Rotor der Motoren ausser der Drehstrom-Wicklung eine Gleichstrom-Wicklung mit Kollektor untergebracht, die an zwei Phasen der Drehstrom-Wicklung des Stators angeschlossen ist und dadurch mit den letztern eine in sich geschlossene Hauptstrom-Maschine bildet, welche bei der Talfahrt ein sehr kräftiges Magnetfeld erzeugt. Da sich ausser der Gleichstrom-Wicklung auch die auf dem gleichen Rotor befindliche Drehstrom-Wicklung in diesem Felde dreht, wird in der letztern ein Drehstrom erzeugt, der gemäss Schaltungsschema (Abb. 23) direkt den Anlasswiderständen, bzw. Bremswiderständen zufliesst und dort vernichtet wird. Die erwärmte Luft wird durch einen mit Elektro-Motor gekuppelten Ventilator im Kamin bei dem Führerstand aus dem Widerstandskasten hinausgeschafft. Die Controller zur Regulierung der Widerstände sind in Serie-Parallelschaltung eingerichtet, um stets alle Teile des Widerstandes möglichst ausnützen zu können. Mit dem Handrad des Hauptschalters steht ein Hebelwerk in Verbindung, das bei

Drehung des erstern die Bürsten von den beiden Kollektoren der Gleichstromseite der Motoren abhebt, bevor der Strom in den Stator der Motoren eintritt. Wird der Schalter von Hand oder durch die Automaten auf Null zurückgebracht, so kommen diese Bürsten wieder zum Aufliegen und die elektrische Bremse wird in Funktion treten, sobald sich die Lokomotive talwärts bewegt, ohne dass irgend welches weitere Zutun des Lokomotivführers erforderlich wäre.

Die automatische Bremse, die in Wirksamkeit tritt, wenn die Geschwindigkeit der Lokomotive die normale übersteigen sollte, ist durch eine Zugstange mit Winkeltrieb mit dem Hauptschalter in Verbindung und bringt denselben sofort auf Null zurück, sobald der Automat in Funktion tritt. Das gleiche ist der Fall, wenn infolge Stromunterbrechung der Eisenkern des Solenoides vorgenannte Bremse auslöst, in welchen beiden Fällen durch die beschriebene Einrichtung gleichzeitig automatisch die elektrische Bremsenrichtung in Funktion tritt. Für den Eisenkern des Solenoides ist eine Arretierung vorgesehen, die das Herunterfallen desselben bei Nullstellung des Hauptschalters und damit unnötiges Funktionieren der automatischen Bremse verhindert.

Ein kleiner Transformator zur Reduktion der Spannung von 750 auf 120 Volt liefert den Strom für den Ventilator-Motor, das Solenoid und die Zugsbeleuchtung. Auf dem Transformator ist ein Umschalter angebracht, um bei eventueller Unterbrechung in der Stromlieferung von der Kontaktleitung aus, bei Talfahrt den Ventilator-Motor durch den im Rotor der Motoren erzeugten Strom betreiben zu können.

Sowohl in dem Motorstromkreis, als auch in demjenigen des kleinen Transformators, sind Schnelzsicherungen eingeschaltet. Auf dem Dache der Lokomotive wurde für jede der beiden Stromzuführungen eine Hörnerblitzschutzvorrichtung montiert.

**Die Schlussergebnisse der Absteckung des Simplontunnels.**

Von Professor Dr. M. Rosenmund in Zürich.<sup>1)</sup>

Wenn ich heute vor Ihre Versammlung trete, um Ihnen über die Schlussergebnisse der Absteckung des Simplontunnels zu berichten, so muss ich Ihnen eingestehen, dass ich mich in einiger Verlegenheit befinde. Zur Zeit, da der geehrte Herr Vorsitzende mich ersuchte, über das genannte Thema vor Ihnen zu sprechen und da ich ihm meine Zusage gab, war alle Aussicht vorhanden, dass schon während der Pfingsttage eine Kontrolle über die Uebereinstimmung der Tunnelachse gemacht werden könnte. Mit der Verzögerung in der Vollendung des Tunnelbaues musste aber diese Schlusskontrolle hinausgeschoben werden und ich könnte auch heute noch nichts weiteres mitteilen als das, was Sie kurz nach dem Durchschlag in der schweizerischen Bauzeitung<sup>2)</sup> gelesen, dass nämlich bezüglich Seiten- und Höhenrichtung keine bedeutenden Abweichungen zu konstatieren waren, dass aber die Länge um 1 bis 2 m geringer zu sein scheine, als sie nach der Triangulation zu erwarten war, — wenn mir nicht die selbstverständliche Neugierde der beim Tunnelbau beschäftigten Ingenieure zu einigen provisorischen Kontrollmessungen verholfen hätte. Trotz den grossen Schwierigkeiten, denen eine sichere Kontrolle, während der kurzen vorübergehenden Arbeitseinstellungen im Baubetrieb begegnet, unternahmen es diese Ingenieure, die Richtung der Tunnelachse von den innersten sicher angelegten Fixpunkten der Südseite aus zu verlängern bis zu den innersten sichern Fixpunkten der Nordseite und ausserdem durch Nivellement zu konstatieren, welche Höhendifferenz derselbe, sowohl vom nördlichen wie vom südlichen Tunnelportal eingemessene Fixpunkt aufwies.

<sup>1)</sup> Vortrag gehalten an der XXI. Generalversammlung des Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins in Zürich am 30. Juli 1905.

<sup>2)</sup> Siehe Bd. XLV, S. 116.

Die elektrische Zahnradbahn Brunnen-Morschach.

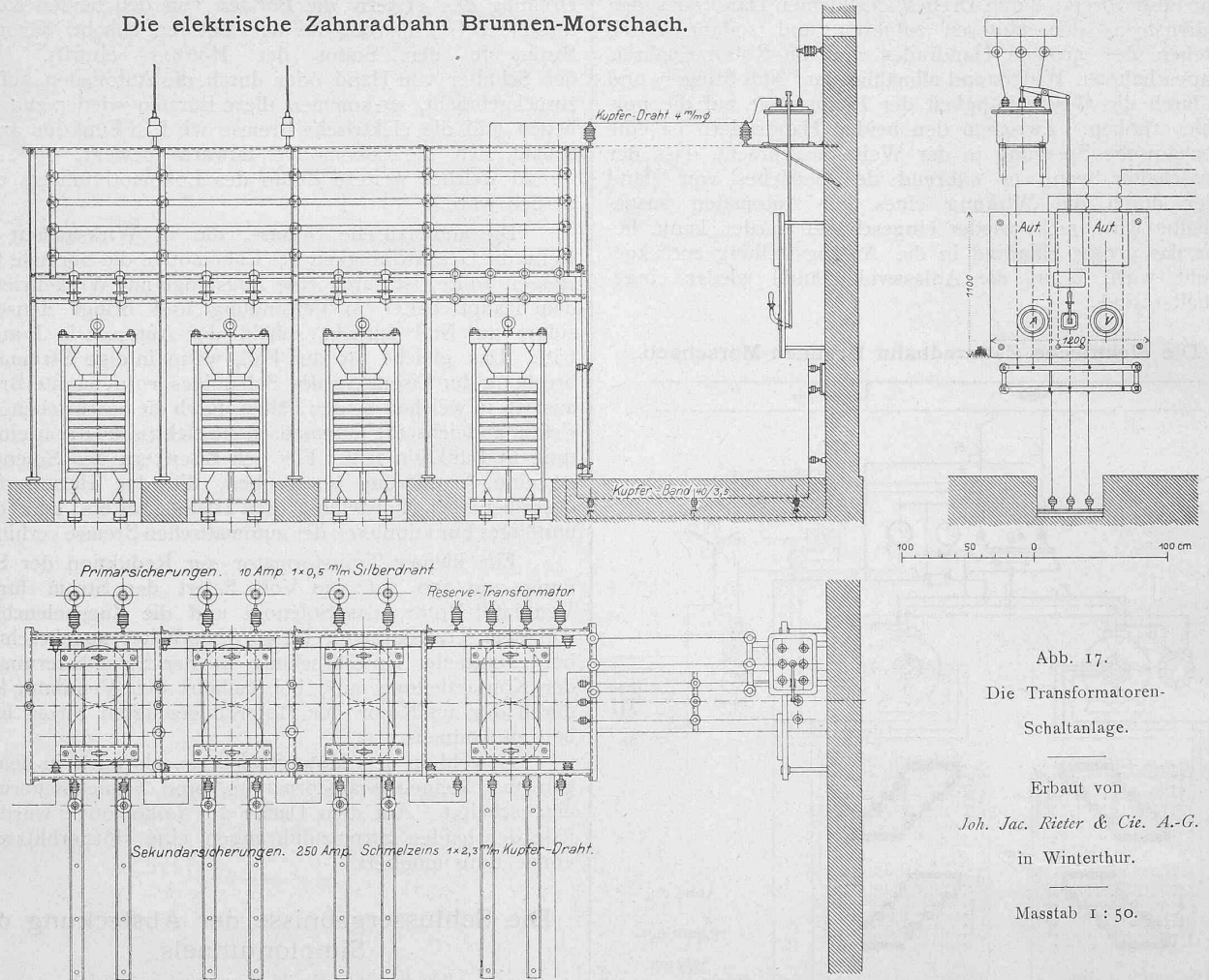


Abb. 17.  
Die Transformatoren-Schaltanlage.  
Erbaut von  
Joh. Jac. Rieter & Cie. A.-G.  
in Winterthur.  
Masstab 1 : 50.

Man fand damals eine *seitliche Verschiebung* der beidseitigen Achsrichtungen von 5 cm und eine *Differenz in der Höhe* von 9 cm.

Eine Nachmessung der Tunnellänge bis zum beiderseitigen Zusammenstoss ist bis heute meines Wissens noch nicht erfolgt.

Die Grundlage für die *Richtungsbestimmung* des Simplontunnels bildete die im Jahre 1898 ausgeführte Triangulation<sup>1)</sup>. Je sorgfältiger die Winkel im Triangulationsnetz gemessen werden, um so bessere Aussicht ist vorhanden, dass auch die beidseitigen Richtungen gut festgelegt werden können. Als Mass der Genauigkeit solcher Messungen kann man den sog. wahrscheinlichen Fehler annehmen, welcher definiert werden kann als diejenige Grösse, für welche die Wahrscheinlichkeit gleich gross ist, dass die schliessliche Abweichung grösser oder aber kleiner ausfällt. Ein Schütze schießt gegen eine Scheibe 100 Schüsse, welche sich um einen mittlern Treffpunkt gruppieren. Zieht man um diesen mittlern Treffpunkt einen Kreis, welcher die 50 bessern Schüsse, (die bessere Hälfte) enthält, so ist die Aussicht für den Schützen, den 10ten Schuss innerhalb des gezogenen Kreises zu bringen, gleich gross, wie diejenige, den Schuss ausserhalb zu erhalten. Der Radius dieses Kreises stellt graphisch die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers dar.

Für das Netz des Simplontunnels erhielt man rechnerisch als wahrscheinlichen Fehler in der Tunnelrichtung 0,47". Diese Grösse als lineare Verschiebung auf 20 km Länge übertragen gedacht, entspricht rund 5 cm.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Siehe Schweiz. Bauzeitung Bd. XXXVII S. 221.

<sup>2)</sup> Spezial-Berichte der Direktion der Jura-Simplon-Bahn an das schweiz. Eisenbahndepartement über den Bau des Simplontunnels. — Die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse. Bearbeitet von M. Rosenmund. Bern 1901.

Dieser Betrag des wahrscheinlichen Fehlers ist aber nur derjenige, der den Ungenauigkeiten in der Winkelmessung der Triangulation entspricht. Er wird erhöht durch diejenigen Fehler, die durch sukzessive Uebertragung der Richtung von Station zu Station bis ins Innerste des Tunnels entstehen müssen, die Fehler der innern Absteckung. Ueber die Grösse dieser Fehler kann man sich nicht mit der gleichen Zuverlässigkeit orientieren, wie über die erstern. Aber man erhält doch einige Anhaltspunkte darüber durch Vergleichung der Abweichungen der Achsrichtung mit Bezug auf denselben Fixpunkt bei mehreren aufeinanderfolgenden Absteckungen.

So fand man auf dem etwa 700 m einwärts vom Portal des Richtstollens der Nordseite gelegenen *Fixpunkt 5*: bei Hauptabsteckung 1 Achsrichtung 110 mm seitl. vorbei

"	2	"	100	"
"	3	"	105	"
"	5	"	117	"
"	6	"	143	"
"	7	"	115	"

im *Mittel* Achsrichtung 115 mm seitlich vom Fixpunkt, und zwar immer im Sinne gegen NE. Daraus ergibt sich nach der Formel

$$q = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{[v v]}{n(n-1)}}$$

ein wahrscheinlicher Fehler des Mittelwertes der bestimmten Achsrichtung von  $\pm 4$  mm.

Aehnlich erhält man auf

Fixpunkt 11	1900 m	tunneleinwärts	$\left\{ \begin{array}{l} q = \pm 7 \text{ mm aus 4 Messungen} \\ q = \pm 6 \text{ mm } \text{,, 5 } \text{,,} \\ q = \pm 11 \text{ mm } \text{,, 4 } \text{,,} \end{array} \right.$
"	18 3300 m	"	
"	24 4500 m	"	

Obenstehend (S. 139) sind diese Ergebnisse graphisch aufgetragen. Man kann daraus den Schluss ziehen, dass wenn