

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 23

Artikel: Ueber den Bau des Arlbergtunnels
Autor: Hirzel-Gysi, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-14383>

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: 08.02.2026

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

INHALT: Ueber den Bau des Arlbergtunnels. Von Ingenieur C. Hirzel-Gysi. — Die electrischen Motoren. Von Dr. V. Wielisbach in Bern. — Patentliste. — Miscellanea: Die Arbeiten zur Regulirung der Wasserstände des Genfersees und zur Nutzbarmachung der Wasserkräfte der Rhone zu Genf. Beim Brand der „Opéra comique“ in Paris. Im

Verein schweizerischer Maschinen-Industriellen. Die Drahtseilbahn Biel-Magglingen. Erfindungsschutz. — Concurrenzen: Façade des Domes zu Mailand. Strassenbrücke bei Mannheim. Schulhausbau in Trient. — Necrologie: † Oscar Möllinger.

Ueber den Bau des Arlbergtunnels.

Von Ingenieur C. Hirzel-Gysi.

Unter dem Titel „Notes sur l'Exécution des longs tunnels à ciel fermé, par l'emploi de l'air comprimé“ hat Herr Professor D. Colladon eine Schrift veröffentlicht, die in verschiedenen Fachblättern, so im „Monitore delle Strade ferrate“, in den „Comptes rendus“ der franz. Academie der Wissenschaften, in der „Schweiz. Bauzeitung“, sowie in andern öffentlichen Blättern theils ganz, theils im Auszug abgedruckt wurde. Die Schlussfolgerungen benannten Schrift sind derart, dass sie in weniger eingeweihten Kreisen die irrthümliche Meinung zurücklassen müssen, es wären am Arlberg überhaupt die Verhältnisse in allen Theilen für den Unternehmer weit günstiger gewesen, als am Gotthard; es hätten dort keinerlei Schwierigkeiten existirt; die disponiblen Wasserkräfte für Bohrbetrieb und Ventilation wären denen am Gotthard weit überlegen gewesen und die dort gemachten Erfindungen und Verbesserungen im Tunnelbau, im maschinellen Bohren behufs raschen Vortreibens des Richtstollens, sowie der Ausweitung des Ausbaues des Tunnels, wären ohne Weiteres am Arlberg angewandt und nutzbar gemacht worden, so dass den dort thätigen Ingenieuren und Unternehmern nichts übrig geblieben, als die Früchte der von der Gotthardunternehmung gemachten Erfahrungen und Erfindungen einzuernten.

Es sei mir daher gestattet etwas näher auf die Sache einzutreten und sie von einem, dem Verfasser genannter Schrift entgegengesetzten Standpunkte aus zu beleuchten.

Was Herr Professor Colladon über den Vergleich der beiden Tunnel: Gotthard und Arlberg behauptet, kann theilweise nur Anwendung finden auf die Ostseite des Arlbergs, insofern dort die Bohrung mit comprimirter Luft vermittelst der von Ferroux erfundenen Percussionsbohrmaschinen stattfand und wo Herr Ferroux, der frühere Maschinenmeister am Gotthard von der Unternehmung der Ostseite des Arlbergtunnels, Hrn. Ceconi, in wohlverstandenem Interesse zur Leitung der Bohrarbeiten angestellt war. Auch ist zuzugeben, dass die Schwierigkeiten der Herstellung langer Tunnels mit der Länge, insbesondere aber auch mit der Tiefe unter der zu durchbohrenden Gebirgsmasse, wegen anormal hohen Temperaturen, zunehmen; doch glaube ich nicht in dem Grade, wie Herr Prof. Colladon geltend machen will, vorausgesetzt, dass die richtigen Mittel zur Erzeugung einer kräftigen, reichlich ausreichenden Ventilation angewendet werden.

Was die geologischen Verhältnisse anbelangt, so waren dieselben auf der Ostseite des Arlbergs namentlich im Anfange sehr günstige; es kamen weder starke Infiltrationen von Wasser vor, noch erforderte das Gebirge starke Einbäume; es konnten im Anfange grosse Strecken des Richtstollens gebohrt werden ohne jeglichen Einbau; erst gegen die Mitte des Tunnels hin mussten Einbäume und zwar successive immer stärkere und schliesslich ebenso starke wie auf der Ostseite gemacht werden. Das Einzige, was der Bohrung mit Stossbohrmaschinen etwelche Schwierigkeiten bereitete, war die Schichtung des Gesteines, die beinahe gleichlaufend mit der Tunnelaxe zu öfteren Klemmungen der Bohrer in den Klüften Veranlassung gab. Im Uebrigen war das grösste theils aus quarzreichem, granatführendem Glimmerschiefer und später aus Gneiss bestehende Gestein durchschnittlich nicht schlechter und nicht besser zu bohren, als dasjenige am Gotthard. Es waren also erst gegen Ende der Bauperiode die Fortschritte des Richtstollens einigermassen

verzögernde Einbäume unmittelbar hinter der Bohrmaschine erforderlich.

Wenn aber Herr Prof. Colladon behauptet, die geologische Beschaffenheit des Gesteins am Arlberg wäre gegenüber derjenigen am Gotthard überall viel günstiger gewesen, so möchte man fast glauben, er hätte sich nicht die Mühe genommen, auch die Arbeiten auf der Westseite zu besichtigen oder die Rapporte über dieselben näher zu prüfen. Nähert man sich von der Bludenz Seite dem westlichen Installationsplatze, so fällt auch einem Nicht-geologen auf, dass die Tunnelachse sich eine gute Strecke in der Abrutschung einer grossen Gebirgsmasse befindet, die sich vom Massiv abgetrennt, zwischen ihrem Scheitel und dem Massiv ein Thälchen und das Rinnal eines Gebirgsbaches bildet. Obgleich die petrographische Beschaffenheit des Felsens von der an der Ostseite nicht stark abweicht, so ist derselbe so zerklüftet und mit graphitischem, ganz durchweichtem Schiefer untermischt, dass gleich Anfangs grosser Wasserzudrang und Gebirgsdruck die Arbeiten ungemein erschwert. Allerdings war der Wasserzudrang selten von längerer Dauer, aber speciell den Arbeiten im Richtstollen nichts desto weniger hinderlich und für die Arbeiter lästig. Es mussten auf dieser Seite von Anfang an gleich hinter der Maschine Einbäume solidester Art, Stempel an Stempel, Deckholz an Deckholz gemacht werden, die nur bis zur rasch nachfolgenden Ausweitung oft zum zweiten und dritten Male erneuert werden mussten, weil die stärksten Hölzer nach wenigen Tagen wie Strohhalme zerdrückt waren. Streckenweise war das Gestein so gebräch, dass eigentlicher Triebbau und Handbohrung, auch blosse Handbohrung mit Brecheisen zur Anwendung kommen mussten. Um weniger Aufenthalt zu haben wurden nicht lange nach den erst gemachten schlimmen Erfahrungen provisorische, leichte Eiseneinbäume angewendet und eine Zeit lang gieng man sogar mit dem Gedanken um, die Tunnelachse mehr nach rechts ins Massiv und aus der Trennungsebene der Abrutschungen zu entfernen. Es erforderte die Ausweitung des Tunnels und die Ausmauerung die grösste Sorgfalt und die stärksten Mauerprofile. Eine lange Strecke musste auch hier, wie am Gotthard, zum zweiten Male ausgemauert und mit 3 m dicken Mauersätzen versehen werden, nachdem sich der Scheitel der sehr starken, ersten Auswölbung nach links verschoben und die Tunnelsohle sich erheblich in die Höhe erhoben hatte. Dass auch hier der Verkehr von Aussen mit dem vorliegenden Richtstollen und den langen Strecken des theilweise vollausgebauten und theils im Ausbruch begriffenen Tunnelstückes erschwert war, um so mehr, als auch nachträglich Sohlgewölbe eingezogen werden mussten, wird niemand bestreiten wollen.

Umgekehrt wie auf der Ostseite gestalteten sich, wie zu erwarten war, hier die Verhältnisse successive besser, je mehr man sich der Durchschlagstelle näherte. Dass die Bohrarbeiten, namentlich aber die Schutterarbeiten wesentlich erschwert waren, weil fast ohne Ausnahme auch das Profil des Richtstollens mit Rücksicht auf den nothwendigen Holzeinbau erweitert werden musste, liegt auf der Hand.

Alle diese Schwierigkeiten wurden, zu Ehren der obern Bauleitung sowol, als der Unternehmer Lapp sei es gesagt, ohne viel Wesens und Lärm und ohne Capital daraus schlagen zu wollen, in aller Stille überwunden.

Der Tunnelbaubetrieb unterschied sich auf beiden Seiten am Arlberg wesentlich von demjenigen am Gotthard dadurch, dass man von Anfang an den Richtstollen als Sohlenstollen vortrieb und von der, der Unternehmung Favre viel Schwierigkeit bereitenden Firststollentheorie abwich. Es hat sich am Arlberg glänzend bewiesen, dass das Prinzip des Sohlenstollens auch bei langen Tunnels ungemeine Vortheile bietet und dass die Ventilation der

Aufbrüche und des Firststollens keinerlei Schwierigkeiten bereitet, was von den am Gotthardtunnel bethätigten Ingenieurs so vielfach behauptet wurde. Die Ableitung des eindringenden Wassers macht sich von selbst, die Ausbringung des Schutters und der abgelösten Steinmassen bewerkstelligt sich vom Firststollen durch die Aufbrüche nach unten in die im Sohlenstollen circulirenden Schutterwagen, in welche sie einfach hinuntergeworfen werden, viel leichter, als in umgekehrtem Sinne. Zum grössten Theil ist es diesem, principiell von dem am Gotthard angewandten, ganz verschiedenen Verfahren zuzuschreiben, dass der Vollausbruch und die vollständige Ausmauerung des Arlberg-tunnels beinahe immer auf 500—700 m dem Vordringen des Richtstollens, der gegen Ende des Baues auf jeder Seite durchschnittlich täglich fast 6 m betrug, folgen konnte. Während die Bauunternehmung Favre Alles that, um den Richtstollen, auf dessen Fortschritt die höchsten Prämien gesetzt waren zu forciren, verstanden es die Unternehmer am Arlberg, Dank der gänzlichen Förderung im Sohlenstollen bei fast doppeltem Fortschritte des Richtstollens, auch mit dem Vollausbruche und der Ausmauerung richtigen Schritt zu halten, wodurch ihnen im Gegensatz zu Conventionalstrafen glänzende Prämien gesichert waren.*)

Ein Cardinalpunkt, warum die Arbeiten am Arlberg gegenüber denjenigen am Gotthard so wesentlich gefördert wurden, ist aber auch der, dass man sich zum Grundsatz gemacht hatte die Ventilation vom Bohrbetriebe auf der Ostseite theilweise, auf der Westseite gänzlich zu trennen. Das Geheimniss lange Tunnels zu bauen auch unter erschwerenden Umständen, d. h. bei hoher Temperatur, besteht in reicher Luftbeschaffung. Luft, Luft und nochmals Luft wird die Loosung sein beim zukünftigen Baue langer Tunnels durch hohe Gebirgsmassen. Nun wirft aber Herr Prof. Colladon ein, am Arlberg seien Wasserkräfte im Ueberflusse zur Verfügung gestanden, während am Gotthard dieselben gefehlt und oft auf die Hälfte derjenigen Kräfte gesunken seien, die der Unternehmung Favre von Seite der Ingenieure der Gotthardbahn als zur Verfügung stehend bezeichnet worden waren. Herr Prof. Colladon mag wohl recht haben, wenn er es den Unternehmern am Arlberg als besondere Begünstigung anrechnet, dass denselben die Kräfte und fertigen Installationen von der Bauleitung zur Verfügung gestellt wurden, während die Unternehmung Favre dieselben selbst schaffen musste; er wird aber doch auch wissen, dass die ersten die Installationen allerdings gratis zur Verfügung hatten, dass aber dies bei den Grundpreisen per laufenden Meter Tunnel berücksichtigt war, dass ferner alle im Verlaufe der Arbeiten zur Einhaltung der Verpflichtungen nothwendig scheinenden Ergänzungsanlagen auf Kosten der Unternehmung giengen und zwar gerade um derselben den Einfluss auf diesen wichtigen Theil der Tunnelarbeit, von dem die Förderung der Arbeiten am meisten abhing, zu wahren. Die Unternehmung Favre empfing für die Installationen entsprechende Vorschüsse und zwar bis auf 4000000 Fr. und hatte in der Wahl ihrer Mittel freie Hand. Die Vorschüsse kamen bei der Schlussrechnung in Abzug, die Installationen blieben aber Eigenthum der Unternehmung oder dienten als Pfand.

Die an den beiden in Frage stehenden Tunnels verfügbaren gewesenen Betriebskräfte sind in nächster Spalte oben zusammengestellt.

Aus den unterstrichenen Zahlen der minimalen Betriebskraft ersieht man, dass bezüglich der disponiblen Betriebskräfte der Arlberg- keineswegs besser situirt war, als der Gotthardtunnel, dass laut den veröffentlichten Monatsberichten im Gegentheil die Installationen der Süd- und Nordseite des Gotthard mit der Ostseite des Arlberg in

*) Trefflich schildert Herr Gustav Plate, K. K. Inspector, im Capitel über Förderung beim Bau des Arlbergtunnels die Ueberlegenheit des Sohlenstollenbetriebes über den Firststollenbetrieb. — Vorträge, gehalten in der Fachsammlung der Maschineningenieure des öster. Ingenieur- und Architecten-Vereins in Wien, 31. Januar 1883.

Gewässer :	Gotthardtunnel		Arlbergtunnel	
	Göschenen Nordseite	Airolo Südseite	St. Anton Ostseite	Langen Westseite
Secundl. Wassermenge in l	1200—2000	200—300	640—1000	170—225
Gefälle in m	93	165	17,5	85
Brutto Wasserkraft (Minimum) HP	1500	440	150—240	190—255
Netto Wasserkraft HP à 75% = 1100	= 330		112—180	140—190
		Tessin		
Sec. Wassermenge in l		1000	500—920	108—210
Gefälle in m		90	140	180
Brutto Wasserkr. (Minim.) HP		1200	930—1700	250—500
Netto Wasserkr. à 75% HP		900	700—1270	195—375
Total Minimum	1100	1230	812	335
Grösstes Minimum im Januar 1877		Tremola	Tessin	
laut Monatsberichten				
Wassermenge in l	100	900		
Gefälle in m	165	90		
Netto Wasserkr. HP	165	810		
Grösstes monatliches, wirkliches Minimum in Airolo			975 HP	

dieser Beziehung fast auf gleicher Linie stehen, dass aber in trockener Jahreszeit an der Westseite des Arlbergs nur ein Drittheil der Minimalwasserkräfte des Gotthards wirklich vorhanden waren.

Auch am Arlberg waren die Wasserkräfte zeitweise bedeutend unter die Minima, die von der Bauleitung vorgesehen waren, herabgesunken; die von dem Bohrbetrieb getrennte Ventilation war aber dennoch, auch bei grösstem Wassermangel so kräftig, dass die Arbeiter nie stark belästigt waren. Auch hier kamen öftere Störungen durch Lawinengänge vor, die Theile der Canäle und eisernen Leitungen beschädigten und mit sich rissen; man hatte sich aber für dergleichen Eventualitäten so vorgesehen, dass nie längere Betriebsstörungen vorkamen. So war unter anderm auf der Westseite eine 80—100 pferdige Dampfmaschine mit der definitiven Installation aufgestellt, die zum Bohrbetrieb von 4 hydraulischen Bohrmaschinen vollständig ausreichten; mit einem Worte, es wurde zur Sicherstellung des Betriebes am Arlberg vielleicht mehr gethan als absolut nötig war, d. h. es wurden Reservemaschinen aufgestellt, auch auf Gefahr hin, dieselben gar nicht gebrauchen zu müssen. Auch der Unternehmung Favre war Aehnliches zu thun nicht benommen. Wenn der Unternehmer von Wasserbauten, Tunnelbauten etc., d. h. von solchen Werken, bei welchen er von zufälligen, aussergewöhnlichen Verhältnissen abhängig ist; in der Beschaffung von Hülfsmitteln und Sicherungen scheinbar Vergeudung treibt, wird er die grössten Ersparnisse machen; diesem Prinzip wird jeder erfahrene Unternehmer huldigen.

Auf der Ostseite des Arlbergs, wo die Stossbohrmaschinen, System Ferroux, mit comprimirter Luft betrieben und wo im Anfang 6, später 8 auf einem Gestelle vereinigt wurden, verliess man sich anfänglich darauf, dass die von diesen Maschinen abgehende Luft für die Ventilation des Tunnels wenigstens für den Anfang wie am Gotthard genüge; es zeigte sich aber sehr bald, dass die Leistungsfähigkeit der Arbeiter erheblich abnahm. Bevor die definitive Ventilation hergestellt war, nahm man zu einem Locomobil Zuflucht, wodurch inzwischen (mittelst zweier auf Druck gekuppelten kleinen Ventilatoren) bis zur Fertigstellung der Ventilations-Compressoren dem Luftmangel theilweise abgeholfen wurde.

Auf der Westseite lag die Sache anders; hier handelte es sich vor Allem mit möglichst geringer Betriebskraft möglichst viel Luft in den Tunnel hineinzubringen. Man sah von vornherein von Compressoren ab, wählte als Luftleitung weite (500 mm) Blechröhren, um die Luftwiderstände möglichst herabzuziehen und kuppelte vorerst 3, dann 6 und später 10 Hochdruckventilatoren derart zusammen, dass sie einen Luftdruck von zusammen etwa $1/3$ Atm. erzeugen konnten, welche Luftpressure genügte um auf $5^{1/2}$ km Länge,

5 bis $5\frac{1}{2} m^3$ Luft per Secunde durch die 500 mm Leitung zu fördern, wie dies aus einer Menge, von der Bauleitung sowol, als von der Unternehmung in bestimmten Zwischenräumen angestellten Messungen hervorgeht.

Der Bohrmaschinenbetrieb geschah durch hydraulische Transmission, denn, wie bekannt, war auf der Westseite, wo Alles auf Kraftersparniss abgesehen war, die hydraulische Rotationsbohrmaschine, System Brandt, zur Anwendung gekommen. — Während der Schutterperioden und während des Ladens der Bohrlöcher wurde die Hochdruckwasserpumpe, die beim Bohren mit 100 bis 110 Atm. Druck und mit 60 Umdrehungen arbeitete, nur mit etwa 6 bis 10 Atm. Druck und etwa 20 Umdrehungen in Betrieb gesetzt und dafür alle Kraft den Turbinen der Reserveventilation zugewendet. In Stuben, wo der Alpenbach gefasst war, wurde ein grösseres Reservoir angelegt, um während dieser Perioden das Betriebswasser anzusammeln, um es dann in den Bohrperioden zur Verfügung zu haben. Selbst beim grössten Wassermangel konnten, Dank diesen für grösste Kraftökonomie planirten Einrichtungen, die 4 Bohrmaschinen stets voll arbeiten und es konnte gleichzeitig $3\frac{1}{2} m^3$ Luft per Secunde bis zu den Arbeitsstellen getrieben werden, ohne dass die Dampfmaschine je in Anspruch genommen werden musste; nur wenn durch Lawinen die Leitungen zerstört wurden, kam diese zur Anwendung.

Vor 1883 bestand die Ventilationsleitung auf einer Strecke von 1450 m aus 500 mm weiten und auf fernere 1430 m aus 300 mm weiten Röhren, während bei Berechnung der Ventilationsanlage für die ganze Länge 500 mm Röhren und nur für die eigentliche Baustrecke von circa 500 m Länge 300 mm Röhren angenommen worden waren. Es machte sich, wie gegen den Winter von 1882 auf 1883 hin die Wasserkraft wieder abnahm, diese lange 300 mm Leitung in dem Maasse geltend, dass, obschon nie unter $3 m^3$ Luft per Secunde gefördert wurde, doch die Arbeitsleistung der Leute sichtlich abnahm. Nur ungerne und auf wiederholtes Mahnen entschlossen sich endlich die Bauunternehmer, Gebr. Lapp, dazu, die Kosten für 500 mm Röhren zu wagen, und vom Tage an, als wieder mehr, d. h. 4.5 bis $5.5 m^3$ per Sec., Luft mit gleichem Kraftaufwand gefördert werden konnte, war auf sämmtlichen Arbeitsstellen vor Ort, in den Aufbrüchen, im Vollausbruch und in den Mauerungen, eine ganz erhebliche Mehrleistung der Leute zu constatiren, so dass die Herren Gebr. Lapp wiederholt ihr Bedauern aussprachen, nicht früher die Kosten für die grössere Leitung gewagt zu haben, indem die durch Mehrleistung erzielten Prämien diese Kosten 10 bis 20 fach gedeckt hätten.

Ein Vergleich der in den ersten Bauperioden auf der Süd- und Nordseite des Gotthardtunnels, sowie der auf der Ost- und Westseite des Arlbergtunnels per Monat sich krankmeldenden Tunnelarbeiter, also in einer Periode, in der auf allen 4 Baustrecken im Uebrigen die gleichen Verhältnisse (also auch bezüglich der Temperaturen) walteten, gibt in schlagender Weise den Einfluss reichlicher Luft zu erkennen.

Vergleichung der per Monat krank gemeldeten Arbeiter auf der Süd- und Nordseite des Gotthardtunnels sowie auf der Ost- und Westseite des Arlbergtunnels in durchschnittlich gleichen Abständen von den Tunneleingängen:

	St. Gotthard	Arlberg
	Airolo-Göschenen.	St. Anton-Langen.
	Krankgemeldete per Monat:	Krankgemeldete per Monat:
Januar 1874	43 24	1881 40 6
Februar	36 18	42 8
März	66 26	49 24
April	57 25	64 26
Mai	168 34	77 25
Juni	5 38	57 33
Juli	91 42	40 17
August	96 52	67 24
September	79 29	42 7
October	60 34	40 21
November	59 51	46 33
December	77 37	59 23
Total per Jahr	917 410	623 247
Durchschnittszahl der angestellten Arbeiter	900 830	1070 920

Wie schon vorausgeschickt, war auch auf der Ostseite am Arlberg in der ersten Periode nur die von den Bohrmaschinen verbrauchte Luft zur Ventilation benutzt, also waren in dieser Beziehung puncto Ventilation ungefähr die gleichen Verhältnisse auf der Ostseite am Arlberg, wie auf den beiden Baustrecken am Gotthard. Es mag die secundliche durchschnittliche Luftmenge zu jener Zeit in Airolo $0.5-1.5 m^3$, in Göschenen $1.5-2 m^3$, in St. Anton $1.5-2.5 m^3$, in Langen $3.5-4 m^3$ betragen haben.

Die grössere Zahl von Erkrankungen in Airolo mag mehr oder weniger auch mit den starken Wasserinfiltrationen im Zusammenhang stehen. Eine Mehrung der Kranken war später auch in Langen bemerkbar, als man in Strecken eindrang, die reichlich Wasser durchliessen, in denen die Arbeiter von oben durchnässt wurden. In St. Anton minderten sich die Krankheitsfälle nach der Herstellung besonderer Ventilation in hohem Grade.

Es zeigen obige, den Monatsberichten entnommene Zahlen, dass das Wohlbefinden der Arbeiter und deren Leistungsfähigkeit ebenso sehr von der Luftzufuhr, als von den herrschenden Temperaturen abhängen; eine Bestätigung dieser Meinung glaubt Schreiber dies auch darin zu finden, dass in einem sicilianischen Bergwerke, welches er leitete, Arbeiter Monate lang in einer Strecke arbeiteten, in welcher die Temperatur nicht unter 40° Celsius sank, ohne dass besondere Krankheitsfälle zu notiren gewesen wären; allerdings waren diese Räume gut ventilirt und die Luft jedenfalls relativ trockner, als dies am Gotthard der Fall gewesen sein mag. Genannte Räume des Schwefelbergwerks waren Jahre lang zuvor im Brände gestanden. (Fortstzg. folgt.)

Die electrischen Motoren.

Von Dr. V. Wieltsbach in Bern.

Es ist eine sehr merkwürdige Eigenschaft der Dynamomaschine, dass sie reversibel oder umkehrbar ist, so dass sie sich ebensowol verwenden lässt zur Verwandlung von mechanischer Arbeit in electrische Energie, als umgekehrt zur Gewinnung von electrischer Energie aus mechanischer Arbeit. Wenn auch ein und dieselbe Maschine für beide Zwecke dienen kann, so sind doch die Vorgänge dabei nicht ganz dieselben, und es ist daher vortheilhaft, unter Berücksichtigung der besonderen Eigenthümlichkeiten für die Gewinnung mechanischer Arbeit aus electrischer Energie specielle Maschinen, die sogenannten *Motoren* zu konstruiren.

Die Verschiedenheiten des Verwandlungsprocesses zeigt sich namentlich beim Gang der Maschine an der Bürstenstellung. Während beim Generator die Bürsten in der Richtung des rotirenden Ankers vorwärts verschoben werden müssen, um den grössten Effect zu erhalten, ist dagegen beim Motor diese Verschiebung entgegen der Drehungsrichtung des Ankers nach rückwärts auszuführen. Diese Verstellung der Bürsten hat ihre Hauptursache bekanntlich in der Veränderung des von den Schenkeln erzeugten magnetischen Feldes durch den magnetisierten Anker. Würde man eine Maschine mit so starken Schenkeln bauen können, dass der Magnetismus des Ankers keinen merkbaren Einfluss auf das magnetische Feld der Maschine ausübt, so wäre an einer solchen kein Verstellen der Bürsten nöthig; es würden aber auch keine Funken wahrnehmbar sein. Solche vom theoretischen Standpunkte aus vollkommene Maschinen würden aber viel zu theuer werden, um eine practische Bedeutung erlangen zu können. Um einen gewissen Effect mit denselben zu erzielen, müssten sehr grosse Dimensionen zur Anwendung kommen, da der Anker nur ganz wenig Eisen enthalten dürfte. Man kann aber auch bei den gewöhnlichen Maschinen durch zweckmässige Vertheilung des Eisens auf den Anker und die Schenkel und durch vortheilhafte Anordnung der Wickelung sowol die Bürstenverstellung als auch die Funken auf ein Minimum reduciren. Diese Anordnung hat nun bei den Motoren und Generatoren nicht dieselben Bedingungen zu erfüllen. Bei