

# Die Bauarbeiten der Arlbergbahn nach dem Durchschlage des Haupttunnels.

Von Professor M. KOVATSCHEK in Brünn.

(Mit Abbildungen.)

## I. Allgemeines.

Neben England, Rußland und anderen Mächten sind es die mitteleuropäischen Staaten — namentlich aber Deutschland und Oesterreich, welche der orientalen Verkehrsbewegung seit jeher das größte Augenmerk zugewendet haben. Nach Regelung der die Donauwasserstraße betreffenden Verkehrsfragen trat der Ausbau des türkischen Eisenbahnnetzes mit den Anschlüssen an das mitteleuropäische Bahnnetz in den Vordergrund und zwischen jenen Mächten, welche ihren Einfluß auf der Balkanhalbinsel befestigen wollen, hat der Interessenkampf in dieser Frage bisher noch nie geruht. Sowohl Oesterreich, als den mit demselben interessirten Staaten muß es daran liegen, die im Küstenzuge von Constantinopel bis Salonichi und eventuell auch die westwärts gelegenen Häfen der eigenen Interessensphäre dienstbar zu machen.

Von Oesterreich-Ungarn aus sind die Bahnanschlüsse an die Türkei entweder über Belgrad-Nitsch-Constantinopel, oder über Bosnien-Mitrowitza-Salonichi, dann Mitrowitza-Constantinopel am wahrscheinlichsten. — Der Schienenweg über Bosnien, welcher Serbien links liegen läßt, ist für Oesterreich insofern wichtiger, weil die Türkei durch okkupirten Boden mit Umgehung fremder Staaten erreicht wird.

Die kontinentale Bewegung äußert sich als Parallel-, als Meridional-, oder durch Zusammensetzung beider zur Resultirenden, als Diagonalverkehr. Die mitteleuropäische Staatengruppe steht mit dem Mittelmeerbecken nach allen drei Verkehrsrichtungen in Verbindung. Italien verkehrt durch die Alpen mit Deutschland meridional. Nachdem der Arlbergtunnel mit den Zufahrtsrampen Mitte September d. J. dann eröffnet worden, wird von dem Draugebiete, den südlichen Donauländern und, sobald die türkischen Bahnanschlüsse ausgebaut sein werden, auch von der Balkanhalbinsel nach dem oberen Rheingebiete und dem Bodenseebecken ein lebhafter Diagonalverkehr um so gewisser zu gewärtigen sein, weil die von den südöstlichen Mittelmeerhäfen dann den dort situirten Ländern kommenden Verkehrswege entweder in den Hauptbahnstrang des Donauthales oder in jenen der Arlbergroute einlaufen.

Gegenüber der Thatsache, daß Oesterreichs produktivsten Getreideländer der südwestlichsten Reichsgrenzen für den Absatz einheimischer Industrieartikel sehr wichtige Gebiete berühren, daß dieser Staat durch das okkupirte Bosnien mit der Türkei in direkte Fühlung getreten ist, daß es weiter seine Adria Häfen neu herstellte, daß neben der bestehenden Donauthalroute, vermöge der Brenner- und Arlberglinie, das Rheingebiet direkt aufgeschlossen wurde, hat Italien in seiner Lage am Mittelmeer nicht geruht und in letzterer Zeit für seine kontinentalen Verkehrsbeziehungen enorm viel gethan.

Durch ein Gesetz schuf dieser Staat im Jahre 1879 im Ganzen 6020 km innerhalb eines Decenniums mit dem Kostenaufwande von 1260 Mill. Lire zu erbauende neue Bahnen. — Im Einklange mit der Vervollständigung des Eisenbahnnetzes wendete Italien dem Betriebe der seither in's Staatseigenthum übergegangenen Bahnen die volle Aufmerksamkeit zu. Die vom Ministerium zu diesem Zwecke einberufene Fachkommission entschied sich für den Betrieb der Staatsbahnen durch Privatindustrie, — einer Eventualität, welche nach der vom ital. Parlamente gefaßten Resolution schon im Jahre 1884, also gerade zur Zeit der Eröffnung der Arlbergbahn, in Aktion treten sollte.

Mit Rücksicht auf das Vorwiegen des Meridionalverkehrs wurde weiter von der Quertheilung des Betriebsnetzes in: oberitalienische, römische und südliche Bahnen abgesehen und die Längstheilung des ganzen Staatseisenbahnnetzes, in zwei Gesellschaften: die «Adriatica» und «Mediterranea» beschlossen. Diese Theilung bietet sehr nachtheilige Vortheile. Die Hafennöthe der bezüglichen Meere haben einheitliche, mit Rücksicht auf den alpinen Meridionalverkehr betriebene Bahnsysteme im Hintergrunde. Die Verkehrssphäre Italiens wird sich nun noch erweitern, wenn die Alpen an einer 4. Stelle durchtunnelt werden würden, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Projekt des 19 800 m langen Simplontunnels vom Ingenieur

J. MEYER in Lausanne\*) gegen das Projekt des 19 200 m langen Montblanc-Tunnels siegen werde.\*\*\*) Civil-Ingenieur L. v. BERNUTH in Wien hat diese Frage in der «österreich. Eisenbahnzeitung» No. 18 und 19, Jahrgang 1883: «Die neuen oberitalienischen Eisenbahnbauten und deren Bedeutung für Deutschland und den Brennerverkehr» in sehr sachgemäßer Weise behandelt. Dabei ist die Bemerkung, daß die Brennerlinie, die zentrale und günstigste Zufahrtsstraße von Deutschland zu den italienischen Längseisenbahnnetzen «Adriatica» und «Mediterranea» bildet und berufen ist, im Verein mit dem italienischen Seehandel nach dem Orient und Occident zu wirken, gerade für die Verstaatlichungsfrage der österreichischen Eisenbahnen nicht zu übersehen.

Kaum war die durch das Oberinntal führende Strecke der Arlbergbahn der Eröffnung nahe, wurden die seit Jahren existirenden Bahnprojekte zur Verbindung Nordtirols mit Südwestbayern zum Gegenstande neuer Erörterungen gemacht. Das eine Projekt behandelt bekanntlich den Uebergang über die Scharnitzklause, das andere jenen über den Fernpaß. Der Abgeordnete RAUCH aus Imst hat im Tiroler Landtage die österr. Regierung interpellirt, ob vermeintliche Abmachungen mit einem Münchener Konsortium betreffs des Baues einer Eisenbahn von Murnau über Mittewald, Scharnitz, Seefeld, Zirl bestehen und wie es mit dem Fernbahnprojekte stehe. Die Antwort der österr. Regierung lautete dahin, daß mit bayerischen Interessenten keinerlei Abmachungen bestehen. Im Herbste des Jahres 1880 haben die Stadt und Handelsvertretungen von Ulm und Kempten, dann die Gemeinden Tirols: Kils, Reutte, Lermoos beim österr. Handelsministerium die Ausführung der Fernbahn in einer Denkschrift neuerdings angeregt und gebeten, wegen der betreffenden Anschlüsse mit der bayerischen Regierung in Verhandlung zu treten. Den Petenten wurde bedeutet, daß die Nützlichkeit der angeregten Bahn für lokale Zwecke und einen Theil des Transitverkehrs nicht verkannt werde, allein für den österr. Durchzugsverkehr und der Konkurrenz mit der Gotthardbahn könne, — nachdem die Arlbergroute der Vollendung nahe ist, die Fernbahn nicht eine solche Bedeutung haben, um einen solchen Geldaufwand zum Nachtheil der Arlbergbahn rechtfertigen zu können. Uebrigens bemerkt die österr. Regierung, daß der Bahnbau durch eine Unternehmung ohne Inanspruchnahme der Staatsfinanzen gegen Ueberlassung des Betriebs an den Staat erfolgen könne, zudem könnte die Regierung solchen Projekten gegenüber erst dann Stellung nehmen, wenn ihr von vertrauenswürdiger Seite formulirte Anträge vorliegen.

## II. Vorgeschichte der Arlbergbahn.

Die erste Anregung zur Bahnverbindung zwischen dem Bodensee und der Adria hat im Jahre 1847 der Fabrikbesitzer KARL GANAHL aus Vorarlberg gegeben. — Der Handelsminister der damaligen Regierung, B. BRUCK, stimmte im Jahre 1850 dem Vorschlage vollkommen bei, allein die Verwirklichung der Bahnfrage war unter den damaligen Verhältnissen nicht möglich. Erst nachdem das Lukmanierprojekt mit der Route Innsbruck-Reutte-Kempten im Auslande eingehender erwogen wurde, brachte im Jahre 1864 die Landesvertretung in Vorarlberg, von jener in Tirol unterstützt, diese Bahnfrage einen großen Schritt der Verwirklichung näher. Mittlerweile wurde nach dem Jahre 1866 durch Ausbau der Brennerbahn bis Innsbruck, später jener von Villach nach Franzensfeste, dann im Jahre 1869 durch

\*) Siehe *Centralblatt der Bauverwaltung* in Berlin No. 29. Jahrg. 1883. Neuer Entwurf zu einer Simplonbahn.

\*\*) Der italienischen Regierung liegen nach neuesten Berichten abermals drei Alpenbahnprojekte vor, nämlich: das Bahnprojekt Turin-Cuneo-Marseille, das Bahnprojekt Aosta-Montblanc-Genf und das Bahnprojekt Aosta-St. Bernhard-Martigny. Das Simplonbahnprojekt ist vorläufig bei Seite gelegt worden. — Wie die Blätter aus Turin melden, wird das erste der genannten Bahnprojekte noch in diesem Jahre zur Verhandlung kommen, weil Frankreich deshalb auf die Ausführung drängt, damit Marseille bald mit der Gotthardbahn in Verbindung treten kann.

den Ausbau der Bahn Bregenz-Bludenz die Verbindung zwischen der Adria und dem Bodensee bis auf die Lücke Innsbruck-Bludenz reduziert. Die Bahnstrecke Innsbruck-Bludenz zerfällt in die Flachlandstrecke Innsbruck-Landeck und in die Gebirgstrecke Landeck-Bludenz.

Ueber Auftrag des Handelsministeriums hat die General-Inspektion der österr. Eisenbahnen in den Jahren 1869 bis 1871, nachdem die Thalstrecke Innsbruck-Landeck dem Bau voraussichtlich wenig Schwierigkeiten darbot, der Gebirgstrecke Landeck-Bludenz die ganze Aufmerksamkeit

zugewendet und auf Grund der Vorprojekte eingehendere Studien angestellt. Wegen der voraussichtlich großen Bau-schwierigkeiten wurde die Alternative durch das Patz-naunerthal mit dem Zaynesjoch nicht weiter beachtet und die Arlbergroure, welche das Rosana- und Alfenzthal passirt, eingehenden Studien unterworfen. Das Hauptaugenmerk galt der Durchtunnelung des Arlbergjoches. Die diesbezüglichen Projektsresultate der 5 Tunnelvarianten aus jener Zeit ergeben folgende Zusammenstellung:

Tunnel-Projekte

Nummer der Variante	Länge Meter	Richtung der Achse	Höhenlage der Tunnelanbruchsstollen Meter	Gesteinsgattung	Anzahl der Schächte	Bauzeit	Kosten in Millionen			
							Gulden		Mark	
							ein-	zwei-	ein-	zwei-
1	5 518	gerade	bei Stuben 1406 m Arlthal bei St. Anton 1451 m	dunkler Glimmerschiefer	ohne	11	14,8	17,2	29,6	34,2
2	6 410	zweimal gebrochen	wie die vorhergehenden	Glimmerschiefer und Kalk	2	7	15,5	17,9	31,0	35,8
3	6 810	einmal gebrochen	Stuben 1410 m Marchthalschlucht in St. Anton 1368 m	Kalk und Glimmerschiefer	2	7,5	16,5	19,2	33,0	38,4
4	7 620	gerade	Stuben 1410 m St. Anton in der Moccaschlucht 1330 m	Glimmerschiefer	1	8,5	17,5	20,4	35,0	40,8
5	12 400	zweimal gebrochen	Langen 1210 m St. Jakob in Tyrol 1260 m	Kalk	3	8,5	24,4	28,2	48,8	56,2

Als Zufahrtsrampen zu diesen Tunnels waren projektirt: Erste Bahnvariante. Zufahrtsrampe Bludenz-Tunnel (Westseite). Die Bahn lag von Bludenz bis Braz im Thalboden, stieg dann mit 33‰ (1/30) in die nördliche Kalklehne des Klosterthals zu den Tunneln No. 1 und 2.

Von Landeck zum Tunnel (Ostseite) war die Bahn an der nördlichen Thallehne mit 25‰ (1/40) zur Tunnelvariante No. 1 und 2 in Aussicht genommen.

Zufahrtsrampen zum Tunnel No. 1: Länge beider 68,3 km, Nom.-Kosten 23,1 Mill. fl. (46,2 Mill. M.).

Zufahrtsrampen zum Tunnel No. 2: Länge beider 69,05 km, Nom.-Kosten 23,2 Mill. fl. (46,4 Mill. M.).

Zweite Bahnvariante. Zufahrtsrampe Bludenz-Tunnel (Westseite) folgte im Kloster- oder Alfenzthale der nördlichen Thalkalkwand mit 29‰ Steigung. Nach Anwendung von Kreiskehren bei Langen gelangte die Linie an der südlichen Thallehne nach Stuben zu Tunnelvarianten 3 und 4. Von derselben Linie zweigte sich bei Wald eine Variante ab, welche zum Tunnel No. 5 bei Langen führte.

Zufahrtsrampe Landeck-Tunnel (Ostseite). Die Linie ging von Landeck an, auf der südlichen Thalwand mit 25‰ (1/40) zum Tunnel No. 3 und 4, von derselben Linie zweigte bei Schnan eine Variante zum Tunnel No. 5 ab.

Zufahrtsrampe zum Tunnel No. 3: Baulänge 69,5 km, Nom.-Kosten 20,6 Mill. fl. (41,2 Mill. M.).

Zufahrtsrampe zum Tunnel No. 4: Baulänge 68,7 km, Nom.-Kosten 19,9 Mill. fl. (39,8 Mill. M.).

Zufahrtsrampe zum Tunnel No. 5: Baulänge 63,67 km, Nom.-Kosten 16,5 Mill. fl. (33,5 Mill. M.).

Die offene Bahn war einleisig projektirt. Weder diese aus den Jahren 1870/71 stammenden Projekte, noch die Regierungsvorlage vom Jahre 1876 (einleisiger Tunnelentwurf von 6470 m Länge, Kulmination 1423 m, 5 Jahre Bauzeit, Kosten 8 600 000 fl.) kamen zur Ausführung.

### III. Verwirklichung der Arlbergbahn.

Die Arlbergbahnfrage kam erst im Jahre 1879 und zwar durch geschickte Agitationen der kärntnerischen Handelskammer wieder in Fluss. Unter der Oberleitung des Sektionschefs v. NÖRDLING, damaligen Generaldirektors des österr. Eisenbahnwesens, wurden auf Grundlage des vorhandenen Studienmaterials zwei neue Arlbergbahnprojekte ausgearbeitet, welche vom Handelsministerium im Oktober 1879 einem fachmännischen Prüfungsausschusse zur Begutachtung übergeben wurden.

Das eine Projekt: «die obere Linie» stieg von Bludenz an in die rechte Thallehne des Alfenz- oder Klosterthales, und zwar bis Dalaas mit 30‰ (1/33), zwischen Dalaas und Unterlangen mit 29‰ (1/34,5) empor. — Bei Langen entwickelte sich die Bahn in einer Schleife mit

76‰ (1:38,5) und erreicht bei Stuben (1381,9 m ü. d. M.) die westliche Einbruchsstelle des 7000 m lang projektirten Tunnels, welcher in der Höhe von 1388,4 m kulminirte. Vom östlichen Mundloche St. Anton (Höhe 1377,8 m) fiel die Bahn im Rosanathale mit 25‰ (1/40) nach Landeck. Tunnel und Bahn sollten einleisig ausgeführt werden. Bauzeit für den Tunnel 4 1/2 Jahre; Baukosten für denselben 8 740 000 fl. (17 480 000 M.). Baukosten der Zufahrtsrampen Bludenz-Stuben und St. Anton-Landeck 14 690 000 fl. (29 380 000 M.). Gesamtbaukosten der Gebirgstrecke Landeck-Bludenz 23 430 000 fl. (46 860 000 M.). Dieser Bahnentwurf, dem von NÖRDLING aus ökonomischen Gründen sehr warme Empfehlung angedeihen ließ, wurde nicht angenommen. Hingegen kam das zweite Bahnprojekt, die sogenannte «untere Linie» zur Ausführung. Die Zufahrtsrampen blieben in großen Zügen dieselben, wie beim vorhergehenden Projekte, nur bricht die Bahn im Alfenzthale schon bei Unterlangen in der Höhe von 1216,8 m mit dem 10 270 m lang projektirten Tunnel in das Arlbergjoch ein. Der Tunnel kulminirt bei 1310 m Höhe, tritt in Tyrol in der Höhe von 1302,4 m aus dem Gebirge und von dort fällt die Bahn mit 25‰ gegen Landeck. Die Bahn wurde, wie es projektirt war, einleisig und der Tunnel zweigeleisig ausgeführt. Die Bauzeit des 10 270 m langen Tunnels war auf 6 Jahre festgesetzt, Kosten desselben 16 216 000 fl. (32 432 000 M.). Baukosten der Zufahrtsrampen 11 784 000 fl. (23 568 000 M.); Baukosten der Strecke Innsbruck-Landeck 7 600 000 fl. (15 200 000 M.). Gesamtbaukosten der Bahn Innsbruck-Bludenz 35,6 Mill. Gulden (71,2 Mill. M.)\*.

Die ganze, 136,3 km lange Bahnstrecke Innsbruck-Bludenz kam in der Weise zur Ausführung, daß die Strecke Innsbruck-Landeck und das Hauptobjekt der Bahn, der 10 270 m lange Tunnel zuerst, und darauf mit Rücksicht auf den Stand der Fortschritte der Tunnelarbeiten die Zufahrtsrampen in Angriff genommen werden.

A. Die Thalbodenstrecke Innsbruck-Landeck. Dieselbe ist 73,65 km lang. Gesamtbaukosten 7,6 Mill. Gulden (15,2 Mill. M.). 64 pCt. derselben liegen in der Geraden, 36‰ in Kurven, 20 pCt. in der Horizontalen, 80 pCt. in der Steigung. Die längste Gerade von 3,5 km liegt zwischen Zirl und Flauerling. Der kleinste Radius beträgt 300 m. — Die größte Steigung in der Geraden 8,8‰ (1/11,2). Die letztere wurde nach Maßgabe des Kleinerwerdens der Kurven ermäßigt, so zwar, daß die größte Steigung bei dem Radius von 300 m nur 5,8‰ (1/17,2) beträgt. Die größte Gegensteigung ist 5‰ (1/20).

Die Vergebung der Unter- und Oberbauarbeiten,

\* Hiervon wurden im österr. Reichstage 26,1 Mill. Gulden (52,2 Mill. M.) bereits bewilligt, 9 Mill. Gulden (18 Mill. M.) werden im Staatsvoranschlage für das Jahr 1884 gefordert.

dann der Materiallieferung der Strecke Wilten-Landeck mit dem Vollendungstermin vom 1. Juli 1883 erfolgte im September 1881. Die kurze 2,5 km lange Strecke Innsbruck-Wilten wurde bei dieser Vergebung nicht berücksichtigt, weil die Art der Einmündung des Geleises in die bestehende Südbahn um diese Zeit noch nicht festgesetzt war. Diese Frage wurde später dahin erledigt, daß die Bahn mit einem Zweiggeleise in den bestehenden

Südbahnhof, welcher im Jahre 1884 ganz umgebaut wird, einzulaufen habe. Anlässlich der Ausschreibung der Arbeiten dieser Bahnstrecke liefen 43 Angebote ein. Das höchste Abgebot betrug 43 pCt., das mittlere Abgebot aller Offerten 16,2 pCt. der Kostenvoranschlagssumme. — Die Unter- und Oberbauarbeiten wurden losweise, die Hochbauten der Bahnstrecke an einen Unternehmer vergeben. Folgende Tabelle ertheilt die näheren Aufschlüsse:

Loos No.	Kilometer	Kostenanschlag für Unter- und Oberbau präliminirt in		Abgebot in %	Ersparnis vom Präliminare		Ersther	
		Gulden	Mark		Gulden	Mark		
0	0—2,8	—	—	—	91 636	183 272	Sammt der Strecke Innsbruck-Wilten die Tiroler Eisenbahn-Unternehmung, bestehend aus den Herren A. HOHENAUER, J. KORLE, A. PRACHNIKER und J. URBAN.	
1	2,8—7,376	206 234	412 468	12				
2	7,376—16,488	251 481	502 962	17				
3	16,488—24,774	133 295	266 590	17,3	17,7	426 616	853 232	Unternehmung REDLICH und BERGER, mit der Verpflichtung der einmonatlichen Baufrist-Abkürzung.
4	24,774—31,535	137 936	275 872					
5	31,535—40,1	112 109	224 218					
6	40,1—48,467	262 262	524 524					
7	48,467—53,37	230 210	460 420					
8	53,37—59,70	491 997	983 994					
9	59,7—66,68	219 396	438 792					
10	66,68—73,64	438 627	877 254					
Kostenvoranschlagssumme		vor der Bauvergebung			426 616	953 232		
		nach der Bauvergebung						
		2 483 553	4 967 106					
		2 056 937	4 113 874					

Die Vergebung der eisernen Brücken ist in diesen Beträgen nicht einbezogen. Die Bahnstationshochbauten mit dem präliminirten Kostenvoranschlag von 638 800 fl. (1 277 600 M) der Strecke Wilten-Landeck wurden bei der Vergebung am 28. Dezember 1881, bei welcher Gelegenheit 7 Offerten einliefen (eines der Angebote betrug

17,5 pCt.), der Bauunternehmung REDLICH & BERGER gegen das Abgebot von 13,7 pCt. der Voranschlagssumme mit dem Vollendungstermin vom 1. Mai 1883 zugesprochen. Das Arbeitspräliminar dieser Strecke ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

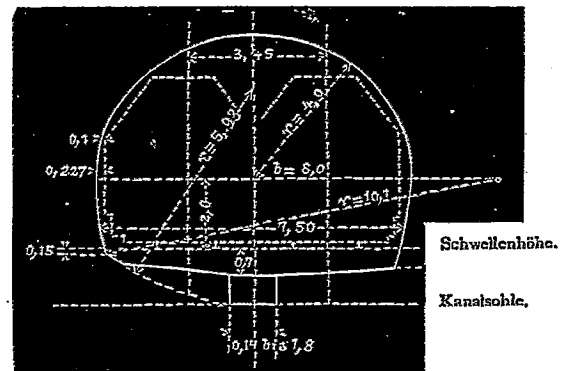
Benennung der Arbeiten	Kubikmeter													m	qm	Kubikmeter		qm	ebm	qm	m	kg	ebm	m	Stück	
	Arbeitsmengen des Unterbaues																									
Anschub an Erd- und Felsarbeit	1 554 670																									
Paggerungen	22 295																									
Fundamentausbau	22 305																									
Einwässerungsschütze	5 319																									
Steinwürfe	92 095																									
Stehsäule	114 158																									
Trockenmauern	4 210																									
Flasterungen, trocken	24 743																									
Flasterungen in Mörtel	1 575																									
Straßengrundbau	8 255																									
Beschotterung von Straßen	25 157																									
Verschiedene Flechtwerke	196 116																									
Reservverkleidungen	22 548																									
Beton in den Fundamenten	1 328																									
Fundament-Mauerwerk	6 801																									
Flüßiges Mauerwerk	19 044																									
Rauhes u. reines Quadermauerwerk	858																									
Gewölbumauerwerk	604																									
Gewölbumauerung	89																									
Gewölbbedeckung	1 293																									
Stehblechdeckung in Durchlässen	4 535																									
Holzkonstruktion	266																									
Brückenbedeckung	1 743																									
Einrammen von Pfählen	763																									
Hölzerne u. eiserne Wasserleitungen	1 764																									
Verschiedene Eisenarbeiten	5 960																									
Beschotterung der Bahn u. Bahnhöfe	133 613																									
Steinbaugrube	4 815																									
Legen der Geleise	86 189																									
Legen der Weichen	77																									
Legen der Weichen	89																									

Am 28. Mai 1883 wurde der definitive Schienenstrang dieser Bahnstrecke geschlossen, am 29. Mai d. J. früh 7 Uhr fuhr der erste, aus elf Wagen bestehende Materialzug von Innsbruck nach Landeck ab. — Die Belastungsproben der eisernen Brücken wurden am 15. Juni 1883 vorgenommen und dabei sehr zufriedenstellende Resultate erzielt. Am 18. Juni d. J. begann die amtliche Vorrevision, am 24. Juni die polizeiliche Prüfung der Bahn und am 1. Juli 1883 — als dem vertragsmäßig festgestellten Vollendungstermin — wurde die Thalbodenstrecke Innsbruck-Landeck nach 1 Jahr 9 Monaten Bauzeit dem Verkehr übergeben.

**B. Der Arlberg-Tunnel.** a) Allgemeines. Die projektirte Länge des Tunnels beträgt 10 247,5 m. Derselbe ist demnach der drittlängste der Alpen und bisher der Erde. Das Tunnelportal in St. Anton hat die Seehöhe von 1302,4 m. Von dort steigt der Tunnel mit 2‰, erreicht nach einer Länge von 4100,0 m vom Stollenanfange gemessen den Tunnelscheitelpunkt in der Höhe von 1310,61 m, fällt dann auf eine Länge von 6147,5 mit 15‰ gegen Langen, wo der Tunnelausgang 1216,84 m ü. d. M. liegt. Der Tunnel ist gerade bis auf eine 100 m lange Strecke der Einfahrt in St. Anton (Ostseite), welche im Bogen von 300 m Radius gelegen ist. Um das Abstecken des Tunnels an der Ostseite zu erleichtern, ist neben dem Portal in der Tangente des Bogens ein 2,5 m hoher und 1 m breiter Richtstollen angeordnet. Das Lichtraumprofil des zweigleisigen Tunnels ist in der Fig. 1 dargestellt. Der Flächeninhalt dieses Kunstprofils (Firste bis Schwellenhöhe) beträgt 40,8 qm. Die Arlbergpaßhöhe bei St. Christoph beträgt

1797 m. Die Höhe der größten, über den Tunnel gespannten Gebirgsmasse ist 710 m, über dem Gefällsbruche (Nähe der Paßhöhe) ist dieselbe 487 m. Die an die Tunnel-

Fig. 1.



Lichtraumprofil des Arlberg-Tunnels.

einbruchsstellen in St. Anton (Ostseite) und Langen (Westseite) angrenzenden Strecken der offenen Bahn wurden mit den bezüglichen Stationsanlagen in der Länge von 848,3 m, beziehungsweise 625 m der Vergebung des Tunnels zugeschlagen. Die präliminirten Tunnelkosten betragen:

Gegenstand	Ostseite (St. Anton)		Westseite (Langen)		Zusammen	
	Gulden	Mark	Gulden	Mark	Gulden	Mark
	Der eigentliche Tunnelbau . . . . .	5 960 103	11 920 206	5 928 403	11 856 806	11 888 506
Installations-Anlagen . . . . .	432 000	864 000	504 000	1 008 000	936 000	1 872 000
Arbeiten der angrenzenden Bahnstrecke . . . . .	52 359	104 718	55 329	110 658	107 688	215 376

Der Arlbergtunnel, welcher ganz ausgemauert wird, ist nach dem englischen Tunnelbausystem hergestellt und diese Bauweise jedoch so modifiziert worden, wie es die Gebirgsverhältnisse und sonstigen örtlichen Bedürfnisse gefordert haben. — Dem mit maschinellen Bohrbetrieb aufgefahrenen Sohlstollen folgten in entsprechender Entfernung vom Stollenort die Aufbrüche a, an welche die Firststollenstrecken b und b' nach beiden Richtungen angesetzt und solange vorgetrieben wurden, bis sich die einzelnen gegeneinander gerichteten Strecken zum durchlaufenden Firststollen vereinigt hatten. (S. Fig. 2 und 3.)

Die Ausweitung und der Vollprofilausbruch wurde an den Aufbruchstollen von der Firste gegen die Sohle zu in Ringen — deren Länge je nach der Gebirgsbeschaffenheit zwischen 4 und 8,3 m schwankte — begonnen, u. z. war der Ring I in Ausweitung begriffen, der nächste Aufbruchring II im Vollausschub vollendet, beim Aufbruchring III die Mauerung begonnen und bei IV die Mauerung desselben vollendet. Neben den bereits gemauerten Tunnelringen, welche bis zur Vollendung des anschließenden in voller Einrüstung belassen wurden, ist rechts und links davon je ein neuer Ring r und r' ausgebrochen und an den bereits bestehenden ein neuer Mauerring angesetzt

worden, so daß in der Arbeitsstrecke alle Stadien der Tunnelvollendungsarbeit in voneinander getrennten Arbeitsstellen getrennt vertreten sind, durch fortgesetztes Ansetzen neuer Tunnelringe geht die Arbeitsstrecke allmählich in den vollendeten Tunnel über.

Im Tunnel sind Nischen (2 m breit, 1 m tief) von 100 zu 100 m in beiden Tunnelwiderlagern und normal zur Tunnelachse gegenüberliegend, dann Kammern, und zwar: die kleinen (3 m breit, 3,7 m tief) von km zu km im nördlichen Widerlager, die großen (4 m breit, 8,7 m tief) in durchschnittlichen Entfernungen von 3400 m nur im südlichen Widerlager angeordnet. Der Sohlenkanal liegt in der Tunnelachse.

Die Form und Größe der Aushöhlungsprofile des Tunnels richtete sich nach der Gebirgsbeschaffenheit und dem aufgetretenen Gebirgsdruck, beziehungsweise nach der Stärke des jeweilig nöthig gewordenen Ausmauerungsprofils. — Zu dem Zwecke wurden in vorhinein Tunnel-Ausmauerungs-Typen festgestellt und die diesfällige Verkleidung oder Stützung des Gebirges durch stärkeres Mauerwerk von Fall zu Fall angeordnet. Die hauptsächlichsten Typen für die Tunnelausmauerung, wovon auch Kombinationen angewendet wurden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Benennung	Nummer der Typen															Anmerkung
	3	4	5	6	7	10	11	22	23	24	25	27	28	36	25V.	
	Mauerwerkstärke in Metern															
Gewölbschluss . . . . .	0,50	0,50	0,65	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,00	No. 3 das Verkleidungsprofil. No. 4 und 5 leichte } Druckprofile. No. 6 bis 25V. schwere } Beispielsweise beträgt das Aushöhlungsprofil der Type No. 3, den Sohlenkanalausbruch ungerechnet, 53 qm. Die Fläche des Durchschnittsaushöhlungsprofils zwischen leichtestem und schwerstem Druckprofil beiläufig 80 qm.
Widerlager . . . . .	0,50	0,80	0,95	1,20	1,20	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,50	2,00	2,00	
Sohlgewölbe . . . . .	.	.	.	.	0,65	.	0,80	.	0,80	.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Zur Zeit des Sohlstollendurchschlages war das Verkleidungsprofil auf die Tunnelänge von 216,5 m angewendet. Hingegen wurden an der Osttunnelseite (lang 5500 m) von den Druckprofilen die Type No. 5 mit 25 pCt., No. 6 mit 20 pCt., No. 7 mit 11 pCt., No. 24 mit 7 pCt., an der Westtunnelhälfte die Type No. 25 mit 43 pCt., No. 23 mit 14 pCt., No. 25V mit 13 pCt., No. 6 mit 4 pCt. der beziehungsweise Tunnelängen zur Ausführung gebracht. Ausbrüche, dann größere Deformationen bedingten eine Mauerwerksauswechslung in der Gesamtlänge von rund 102 m und zwar an der Ostseite 4 Ringe zusammen 34 m, an der Westseite 7 Ringe zusammen 68 m Länge. —

Bezüglich der maschinellen Bohrung im Sohlstollen ist zu bemerken, daß an der Tunnelostseite das Perkussionsbohrsystem (Maschine von FERROUX) und an der Westseite das Drehbohrsystem von BRAND in der Absicht angewendet wurde, damit über die Leistungsfähigkeit beider Systeme vergleichende Urtheile geschaffen werden. Es verdient hier hervorgehoben zu werden, daß die theure maschinelle Bohrung nur im Sohlstollen angewendet, die Tunnelvollendungsarbeiten aber ausschließlich durch die billigere Handbohrung hergestellt worden.

b) Vergebung der Tunnelarbeiten. Bauan-griffnahme. Die Auffahrung des Sohl- und Firststollens wurden, um sich über die Fortschritte ein Urtheil zu bilden, anfänglich in Akkord vergeben und dieselben bis zur Fertigstellung der ersten Installationen mit Handbohrarbeit betrieben.

In St. Anton (Ostseite) wurden die Arbeiten auf Grund einer beschränkten Offertverhandlung der Unternehmung CECOMI, welche am 12. Juni 1880 dort ankam, übergeben. Am 14. Juni 1880 früh 6 Uhr erfolgte von Seiten der Bauleitung der Auftrag zur Arbeitsan-griffnahme, und um 9 Uhr Vormittag desselben Tages wurde im Vor-

einschnitte, im Beisein der Ingenieure und vieler Bewohner entblößten Hauptes der erste Spatenstich gethan. Am 24. Juni 1880 wurde der Sohlstollenvortrieb mittelst Handbohrbetrieb, am 16. probeweise mit dem Bohrwagen vor Ort gefahren und am 17. November desselben Jahres die maschinelle Bohrung begonnen. Am 28. Oktober 1880 hat die Staatsverwaltung, um die aufgefahrne Stollenlänge für die Tunnelvollendungsarbeiten auszunutzen, mit der Unternehmung CECOMI einen den Tunnelvollausschub und die Mauerungsarbeiten betreffenden Nachtragsvertrag, ebenfalls mit Stägiger Kündigung, abgeschlossen. Am 22. Novbr. 1880 wurde der erste Widerlagsstein des Tunnelwerkes, und zwar an der Ostseite versetzt.

An der Westseite (in Langen) wurden die anfänglichen Arbeiten der Unternehmung REDLICH & BERGER gegen Stägige Kündigung übertragen. Die Tunnelvorauschnittsarbeiten begannen am 22., die Stollenarbeiten am 25. Juni, die maschinelle Bohrung am 13. Novbr. 1880.

Die definitive Vergabung der Tunnelarbeiten erfolgte am 21. Dezbr. 1880. Von den zwei eingegangenen Offerten wurde jenes der Unternehmer CECOMI und Gebrüder LAPP mit dem Aufgebot von 2 pCt. für die westliche und 5 pCt. für die östliche Tunnelhälfte der eigentlichen Tunnelkosten angenommen. Die Unternehmer haben den bekannten Fachmann RZHA in Wien zu ihrem technischen Rathgeber erwählt und sich dahin geeinigt, daß CECOMI die östliche, also die von ihm begonnene, und LAPP die westliche Tunnelhälfte behalten, den Bau in derselben auf eigene Rechnung und Gefahr durchzuführen haben. Dem Staate gegenüber jedoch haften die Unternehmer für den ganzen Tunnel solidarisch. Der Vollendungstermin des Tunnels wurde für den Herbst 1885 festgesetzt. Der Bauvertrag enthält die Bestimmung, daß vom 1. Febr. 1881 an auf jeder Tunnelseite im Sohlstollen täglich 3,3 m,

Fig. 2. Längenschnitt.

Gefällbruch 400,6 m vom Ostportale.

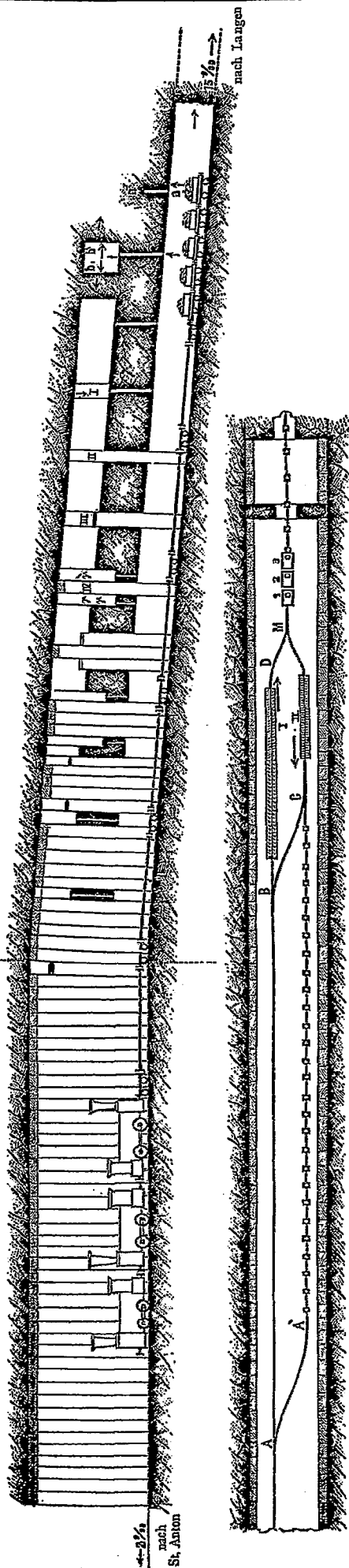


Fig. 3. Grundriss.

auf beiden zusammen täglich 6,6 m Fortschritt zu leisten und der Tunnel in 180 Tagen nach dem erfolgten Durchschlage zu vollenden sei. — Für jeden Tag zu 3,3 m Ueberleistung erhält die Unternehmung 800 fl. (1600 *M*) Prämie, muß aber für je 3,3 m Minderleistung ebensoviel Strafe zahlen. Die darauf bezügliche Abrechnung geschah monatlich. Die ganze Monatsleistung durch 3,3 m dividirt, giebt die Anzahl der geleisteten Arbeitstage. Nach Abschlag der vertragsmäßigen Monatsleistung ergibt der Rest die Anzahl der Prämien- oder Straftage. Um die Ventilation zu erleichtern, wurde die Arbeitsstrecke vertragsmäßig auf die Länge von 600 bis 1000 m zusammengedrängt. Der fertige Tunnel eines Jahres wurde am Beginn des nächsten übernommen; Haftzeit dafür zwei Jahre. Bei der Offerteinreichung war ein Vadium von 300 000 fl. (600 000 *M*) zu erlegen, welches für den Ersteher des Baues später die Eigenschaft einer Vertragskaution erhielt, und bis zur Vertragserfüllung in den Händen des Staates verbleibt. — Im Tunnelentwurf ist weiter der Grundsatz festgehalten, daß die Ventilations-, dann die Anlagen zur Erzeugung des kraftübertragenden Mediums am Installationsplatze von einander zu trennen sind. Die Installationen sind, um von der Unternehmung unabhängig zu sein, Eigentum des Staates.\*)

c) Ostseite des Arlbergtunnels (St. Anton).  
1. *Installationsanlagen.* Dem Stoßbohrsystem gemäß sind für diese Tunnelhälfte maschinelle Anlagen zur Erzeugung von komprimierter, dann von Ventilationsluft nöthig. Die Kraft zum Betriebe der hierzu nöthigen Motoren lieferte der Rosanafluß.

Im November 1880 wurde für den anfänglichen Kraftbedarf bis zur definitiven Bauvergebung des Tunnels eine über 100 m lange Wasserleitung mit dem Nutzgefälle von 17,5 m und einer Leistung von 180—225 Pferdekraften ausgeführt. Diese Kraftquelle treibt zwei Girard-Partialturbinen von F. E. BERNARD in Prag mit horizontaler Achse, innerer Beaufschlagung, 3,6 m Durchmesser, 288 Schaufeln, mit einem Leitapparat von 9 Oeffnungen. Das im inneren Durchmesser 0,9 m starke Zuführrohr gabelt sich in zwei Stränge von je 0,65 m Durchmesser. Die 4 nassen doppelwirkenden Kompressoren, wovon je zwei durch eine Turbine angetrieben werden, ergeben bei 45 Umdrehungen, d. i. rund 1 m Kolbengeschwindigkeit, eine Nutzleistung von 90 pCt. des Volumens, und sollen mit Rücksicht auf den niederen Luftdruck in der Arlberghöhe in der Minute rund 4 cbm Luft von 4 bis 5 Atmosphären Spannung erzeugen. Mit dem tieferen Eindringen in's Gebirge, dann der Zunahme der Stollenlänge und der Arbeitsstrecke konnte die vorhandene Wasserkraft den wachsenden Bedürfnissen nicht mehr genügen; dieselbe wurde für den Betrieb der mechanischen Werkstätte in Aussicht genommen und zur Erzeugung der Bohr- und Ventilationsluft im Laufe des Frühjahrs und Sommers 1881 eine zweite Wasserleitung oberhalb der früheren angelegt. Die Abzweigung derselben von der Rosana erfolgt 140 m über dem Tunnelmundloch. Das Gerinne ist 4,25 km lang mit 2‰ Gefälle, 0,8 qm Querschnitt, es endet in der Nähe des Tunnelportales und liefert, nachdem es unterwegs noch kleinere Lehenbäche aufgenommen hat, in der Sekunde die Wassermenge von 1000 Liter. — Die vom gemauerten Sammelkasten nach dem Maschinenhause abzweigende, 520 m lange, 0,9 m weite Rohrleitung wächst in der Wandstärke von 7 mm auf 11 mm. Bei dem Nutzgefälle von 132 m schwankten die Leistungen je nach der Jahreszeit und dem Wasserreichtume der Rosana zwischen 800 und 1700 Pferdekraften. Diese Kraftquelle treibt neben den Ventilationsvorrichtungen, die um dieselbe Zeit zur Erzeugung der Bohrluft ergänzten Installationen, bestehend in 3 Gruppen von je zwei Stück zusammen, 6 Stück Kompressoren auf 8 Atmosphären Druck gerechnet, wobei jede Gruppe durch eine Wassersäulenmaschine des patentirten Systems PHILIPP MAYER in Wien angetrieben wird. Die Pressung des Betriebswassers von 13 Atmosphären sollte bei 6 Kompressoren das normale Luftquantum von (Spannung 5—6 Atmosphären) 15 cbm in der Minute liefern. Die Ventilationsluft\*\*) wurde durch

\*) Die Installationen wurden erst nach der definitiven Vergebung der Tunnelarbeiten den Unternehmungen auf die Dauer des Baues zur unentgeltlichen Benutzung übergeben. Die Vervollständigung derselben geschah auf Rechnung und mit Einverständnis der Staatsverwaltung.

\*\*) Im Verträge heißt es: «Der Unternehmer ist verpflichtet, für eine ausgiebige und genügende Ventilation des Tunnels Sorge zu tragen. Das pro Minute einzublasende Luftquantum soll, auf den gewöhnlichen Luftdruck reduziert, bis zur Stollenlänge von 1000 m, mindestens 100 cbm, und bei Ueberschreitung dieser Länge mindestens 150 cbm betragen.

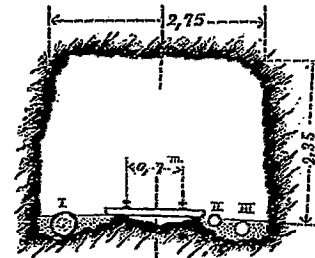
4, jeder von einer Wassersäulmaschine desselben Systems angetriebene Gebläsecylinder erzeugt, welche auf 1,5 Atmosphären Spannung berechnet sind. Diese sollen zusammen 180 cbm Luft in der Minute, von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Atmosph. Ueberdruck liefern. Im Tunnel selbst sind längs der Ventilationsöffnung Ausströmungsöffnungen angebracht. Die Wassersäulmaschinen haben sich — so gut sie für kleinere Anlagen sonst sind — bei dem Betriebe des großen Installationsapparates am Arlberg, wo oft trübes, mit feinen Quarzsandkörnern versetztes Betriebswasser in die Maschine einströmt, nicht bewährt. Namentlich ist es im vorliegenden Falle der beiläufig einen Quadratmeter messende Vertheilungsschieber, welcher — vollkommen schließend — schwer herzustellen ist. Durch das Dazwischentreten der feinen Sandkörner des trüben Wassers wird die Abnutzung der geriebenen Fläche desselben ungleich und die entstandene Undichtigkeit hatte große Wasserverluste, welche bei Wassermangel im Tunnel umso mehr empfunden wurden, zur Folge. Vorigen Winter (März) mußten, damit die Bohrluft für den Sohlstollenort erzeugt werden konnte, die Ventilationsgebläse und die kleine Kompressorengruppe zeitweise außer Betrieb gesetzt werden. Der approximative Luftbedarf von 24 Stunden stellte sich in letzterer Zeit wie folgt: Ein Mann sammt Grubenlampe hat im Tunnel ein Luftquantum von 13 cbm in der Stunde nöthig. Da im Tunnel in letzterer Zeit im Maximum 700 Mann pro Schicht beschäftigt waren, so betrug das nothwendige Luftquantum 9100 cbm. — Für die Ventilation der Sprenggase eines Kilog. verschossenen Dynamits ist eine Luftzufuhr von mindestens 100 cbm nothwendig. In der Arbeitsstrecke der Osttunnelhälfte wurden in letzterer Zeit für das laufende Meter Ausbruch des Vollprofils (inkl. Sohlstollen) im Mittel 55 kg Dynamit aufgewendet, daher benöthigt die Ventilation der Sprenggase eines Luftquantums von  $55 \times 100 = 5500$  cbm, für den mittleren Fortschritt von 5,5 m pr. Tag daher 30250 cbm, oder 1260 cbm pro Stunde. Die Kompressoren lieferten zusammen, da eine Kompressorengruppe immer außer Betrieb (in Reserve) sich befand, 14 cbm Luft pro Minute, von der Spannung zwischen 4 und 5 Atmosphären, oder in der Stunde 4000 cbm gewöhnlicher Luft, welche nach der Expansion auch zur Ventilation beiträgt. — Die Gebläse liefern in günstiger Jahreszeit im Mittel pro Stunde 7200 cbm Ventilationsluft (18 Touren à 33 cbm per Minute und pro Gruppe). — Der Gesamtluftbedarf bezieht sich nach früherem auf  $9100 + 1260 = 10360$  cbm; die Gesamtluftlieferung auf  $4000 + 7200 = 11200$  cbm in der Stunde, daher wird die Luftzufuhr nur bei gutem Betriebe und nur dann gedeckt, wenn genügend Wasser vorhanden ist. Der zum Tunnelbetriebe nothwendige Luftbedarf eines einzigen Tages würde demnach das mittlere Luftquantum von 268800 cbm repräsentiren. —

2. *Arbeitsvorgang im Tunnel.* Der Arlbergtunnel wird nach dem englischen Tunnelbausystem, auf der Ostseite mit der Modifikation hergestellt, daß Gewölbringe bis zu 8,3 m Länge ausgeführt und in der Längenrichtung ein bis drei Zwischengesparre eingeschaltet werden. Das Einziehen von Schwellenunterzügen und der Ausbruch der Kappe findet nur auf die erforderliche, für die Einbringung des Gewölbes eventuell der Hintermauerung nöthige Weite statt. Dadurch wird erreicht, daß die Kronbalken nicht wie bei der eigentlichen englischen Einbaumethode bis nach Schluß des Gewölbes eingemauert verbleiben, sondern sie können, weil sie innerhalb des vorgeschriebenen Mauerprofils fallen, nach Maßgabe der vorschreitenden Mauerung während der Ausführung derselben nach und nach entfernt werden. Diese Modifikation dieser Baumethode gestattet ein vollkommenes Satteln der Hintermauerung, ohne Hinterlassung schlecht ausgefüllter Räume hinter dem Gewölbe. Die Bewegungen im Gewölbe werden dadurch möglichst vermieden, was bei dem eigentlichen englischen System bei einigem Seitendruck durch Verschieben der zwischen Gewölbe und Gebirge befindlichen Pfeilerchen leicht eintreten kann.

3. *Sohlstollen.* Die Stollenortlufttemperatur betrug während der Bohrung im Sommer im Mittel 17—18°, während der Schutterung 23° C. Im Winter sank dieselbe auf 16 beziehungsweise 20° C. herab. — Der Sohlstollenquerschnitt ist aus der Skizze, Fig. 4, zu ersehen. Dabei ist I. das 40 cm weite Ventilationsrohr, II. das 4,2 cm weite Wasserleitungsrohr und III. das 23 cm weite Rohr der Bohrluftleitung. Die Spritzwasserleitung II. zweigt von der oberen Wasserleitung ab und steht unter dem Drucke von 13 Atmo-

sphären. Das bis Ort reichende Fördergeleise hat 70 cm Spurweite. Anfänglich 70 m, später 100—150 m von Ort entfernt, befand sich das Ausweichgeleise, auf welchem die vollen und leeren Förderwagen, sodann während des Schießens und Schutterns der Bohrwagen zu stehen kommen. Die Länge des Fördergeleises war derart gerechnet, daß

Fig. 4.

Sohlstollenquerschnitt.  
(Ostseite.)

8—10 Förderwagen und der Bohrwagen bequem darauf Platz fanden. Außer diesen sind in der Arbeitsstrecke nirgends, wohl aber am Ende in der fertigen Tunnelstrecke Ausweichgeleise (Tunnelstation), welches mit dem fertigen Tunnel vorwärts geschoben wird, angeordnet.

Ein Angriff (Attaque) am Stollenort zerfällt: a) in das Bohren, ß) in das Laden, Schießen und Schuttern.

a) *Das Bohren.* Das auf 2 Axen ruhende Bohrwagen-gewicht beträgt 3000 kg; in denselben waren anfänglich 6, seit 8. Septbr. 1882 aber 8 FERROUX'sche Bohrmaschinen eingespannt. Je nach der Härte des Gesteins wurden in der Stollenbrust anfänglich 15 bis 29, später 25 bis 35, wovon 5 cm, am Ende 3 cm weite,  $1\frac{1}{4}$  bis 2 m tiefe Bohrlöcher hergestellt. Die Bohrzeit lag zwischen  $1\frac{1}{2}$  bis 6 Stunden. Als Ausnahmefall sei erwähnt, daß im März 1883 das Bohren, — wegen des Wassermangels, welcher in der Vereisung oder sonstigen Ursachen begründet war — einigemale die Spannung der Bohrluft nicht mehr als 1,4 Atmosphären betragen hat, 9 Stunden dauerte. Der Verbrauch an Bohrschneiden beträgt pro Loch durchschnittlich 5 Stück, pro Angriff 80—140 Stück. In einem Monate mußten durchschnittlich 50 Bohrmaschinen reparirt werden. Nach dem Bohren fuhr der Bohrwagen auf das Ausweichgeleise hinter die leeren Förderwagen zurück, und es erfolgte darauf

ß) *Das Laden, Abschiesfen der Mäuen und das Schuttern.* Je nach dem Gebirgsvorkommen wurden, um die Verspannung des Gesteins aufzuheben, in der Mitte der Stollenbrust 4—10 Mittelschüsse (auch Einbruchschüsse genannt) gelöst, wozu anfänglich 20—25, später 10—20 Minuten erforderlich waren. Darauf wurden die oberhalb und seitwärts der Mitte befindlichen Bohrlöcher geladen und abgefeuert, wozu 25—40 Minuten hinreichten. Nun erfolgte die erste Schutterung in der Dauer von 1—1½ Stunden. Diese ist derart zu denken, daß 3 Mann eiserne Körbe (Länge 0,5, Breite 0,35 m, Ausbauchung 0,1 m, mit Handgriffen versehen) schief gegen die Beine stellten, sie mit eisernen Hacken füllten und dieselben den rückwärts bereitstehenden 3 Mann zum Ausleeren in die bereitstehenden Förderwagen überreichten. Während des Verladens war ein Mann beschäftigt, die zerstreuten Gesteinstücke zusammenzusuchen.

Nach Beendigung der ersten Schutterung wurden die untersten und jene Schüsse, welche versagt haben, abgefeuert. Nach dem 3. Schießen erfolgte die 2. Schutterung, welche  $\frac{1}{2}$ —1 Stunde dauerte. Für die zwei Schutterungen eines Angriffes ist die Zeit von  $1\frac{1}{4}$ —2 Stunden nöthig gewesen, dabei wurden 7 bis 8 Wagen Material verladen. Zur Füllung eines Wagens waren anfänglich 12—14, später 7—10 Minuten nöthig. Die Herbeiholung derselben vom Ausweichgeleise dauerte 2—3 Minuten. Wenn nicht besonders störende Umstände, was selten vorkam, eingegriffen haben, lag die Gesamtdauer eines Angriffes anfänglich zwischen 5 und 8, später 5 und 7 Stunden. Auf 24 Stunden entfielen daher 3—5 Angriffe. Dynamitverbrauch pro Längenmeter des Sohlstollens 15—25 kg. —

4. *Die Nacharbeiten.* Die Ausweitung des Stollens auf das vorgeschriebene Profil, der Wasserabzugsgraben,



$\gamma$ . in den beim Schichtenwechsel eintretenden Personenverkehr, wobei zu bemerken ist, daß in letzterer Zeit im Tunnel 700 Mann beschäftigt waren;

$\delta$ . in die Eigengewichte des Betriebsparks, bestehend in dem Gewichte der leeren Material- und Steinwagen, wovon erstere rund 1000 kg, letztere 850 kg wiegen.

Die sub  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  angegebene Last wurde durch 2 Personen, 10 nach beiden Richtungen (siehe Fahrordnung) verkehrende Materialzüge von je 70 Wagen im Mittel bewältigt; wobei 43 auf Ausbruchsmaterial, 20 auf Steinwagen, 5 Wagen auf Zement, Sand, Gerüstholz und sonstige Be-

beobachtete man nach 2 Monaten noch eine Materialvermehrung von 50—54 pCt.

Da ein Materialwagen 1,6 cbm, mit Ueberhäufung 2 cbm faßt, so sind zur Bewältigung für den letzten Fall  $757:2 = 378$  Wagenladungen und für jeden der 10 verkehrenden Züge 37,8, rund 38 Wagen nötig. In Wirklichkeit schwankte die Anzahl der Materialwagen pro Zug in letzterer Zeit zwischen 40 und 43, was sich auch aus der eben geführten Rechnung ergibt, wenn, was den thatsächlichen Verhältnissen entspricht, die Beladung geringer als 2 cbm angenommen wird.

Mit Rücksicht auf den bruchfeuchten Zustand des Materiales und das spez. Gewicht des Glimmerschiefers beträgt das Gewicht des 432,6 cbm gewachsenen Felsens  $432,6 \times 2900 = 1254,5$  rund 1300 Tonnen. Hierzu kommen die reparaturbedürftigen Bohrer und Maschinen, unbrauchbares Holzwerk, Fäkalien und Sonstiges mit 100 Tonnen, so daß im Mittel pro Tag eine Last von rund 1400 Tonnen aus dem Tunnel zu verführen nötig war.

darfsartikel, 2 Wagen auf Bohrer entfallen. Für eine Fahrt hatte dieser Betriebspark — welcher für den ein- wie für den ausfahrenden Zug — bis auf den Unterschied, daß die leer eingefahrenen Wagen gefüllt und die beladen eingefahrenen leer den Tunnel verlassen — gleich ist, pro Zug das mittlere Bruttogewicht von 66 Tonnen. — Von den zwei Personenzügen abgesehen, beträgt daher das Gesamtbruttogewicht eines nach beiden Richtungen verkehrenden Materialzuges, und zwar:

ad  $\alpha$ , für die Einfahrt beträgt die Last  $\frac{580}{10} + 66 = 130$  Tonnen pro Zug, ad  $\beta$ , für die Ausfahrt beträgt dieselbe  $\frac{1400}{10} + 66 = 206$  Tonnen pro Zug. Auf eine Tonne

des Betriebsparkbruttogewichts entfiel bei der Einfahrt (Steigung 2 ‰)  $\frac{580}{10} : 66 = 0,88$  Tonnen, bei der Ausfahrt

(Gefälle 2 ‰)  $\frac{1400}{10} : 66 = 2,1$  Tonnen reine Transportlast,

ein Verhältniß, welches mit Rücksicht auf die Thalfahrt günstig zu nennen ist. Nachdem der Sohlstollen den Tunnelscheitel überschritten hatte, trat das umgekehrte Verhältniß ein, weil die größere Last auf 15 ‰ durch Bergfahrt bewältigt werden mußte, bevor der Zug auf die Rampe von 2 ‰ Gefälle gelangen und die Thalfahrt ausnützen konnte.

(Fortsetzung folgt.)

## Gemeinsame Versuchsfahrten der Oberschlesischen, Rechte Oder-Ufer- und Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn mit Klose'schen Lenkachs-Konstruktionen bei Personen- und Güter-Wagen.

(Mit Abbildungen.)

Die Klagen über das Schwanken einzelner Personenwagen in schnellfahrenden Eisenbahnzügen traten in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre in solcher Häufigkeit auf, daß die Studien über die Bedingungen des ruhigen Ganges derselben bei großen Fahrgeschwindigkeiten erneut ein greifbares Interesse erlangten und deshalb allerorten mit großem Eifer aufgenommen und betrieben wurden. Sowohl die einzelnen Verwaltungen, als auch die größeren Verbände derselben schenkten dieser Zeitfrage ihre besondere Aufmerksamkeit und es konnte nicht fehlen, daß auch der Erfindungsgeist sich alsbald auf diesem Gebiete äußerst rege zeigte. In schneller Folge tauchte eine große Zahl von mehr oder weniger neuen und brauchbaren Konstruktionen zur Verhinderung des Schlingerns schnellfahrender Wagen auf, welche die Beseitigung der empfundenen Uebelstände aus den verschiedensten Gesichtspunkten anstrebten; dieselben scheiden sich in zwei Hauptgruppen. In der einen wird unter Beibehaltung der Steifachsigkeit der Fahrzeuge die Lösung gesucht in dem Zustande und der Unterhaltung der Radreifen, Achsschenkel und Achslagerausführungen sowie in sorgfältiger Ausführung und genügender Elastizität der Zug- und Stoß-Apparate, deren Anspannung in einzelnen Fällen durch besondere Hilfsmittel unterstützt wird. In der zweiten Gruppe geht das Bestreben dahin, mit dem ruhigen Gange eine Verringerung des Zugwiderstandes zu verbinden durch Austausch der steifen Achsen gegen bewegliche, sogenannte «Lenkachsen», welche hinsichtlich der Einstellung entweder zwangsläufig miteinander verbunden sind, oder sich einzeln frei bewegen. Der zweiten Art der Lösung wandte sich naturgemäß ein erhöhtes Interesse zu in Folge der stets wachsenden Ansprüche, welche an die Länge einzelner Wagengattungen gestellt wurden und denen man gerecht zu werden bestrebt war, ohne den freien Verkehr dieser Wagen auf Bahnen mit scharfen Krümmungen zu beschränken.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die mit gleichen Einrichtungen, aber unter den verschiedensten äußeren Umständen und nach abweichenden Versuchsordnungen Seitens vieler Verwaltungen angestellten Ermittlungen über die Brauchbarkeit und Zweckmäßigkeit dieser Konstruktionen zu erheblichen abweichenden Ergebnissen führen mußten, und das ist in der That der Fall gewesen. Trotzdem hat sich immer mehr die Ueberzeugung Bahn gebrochen, daß die besseren Lenkachs-Konstruktionen Mittel

an die Hand geben, die Nachteile der großen Radstände gänzlich aufzuheben und so die volle Ausnutzung der Vortheile derselben zu ermöglichen.

Nach diesen Wahrnehmungen bedarf es keiner Prophetengabe zu dem Ausspruche, daß in der nächsten Zeit den steifachsigen Wagen aller Art in einem ganz beträchtlichem Umfange durch Wagen auf beweglichen Achsen\*) Konkurrenz gemacht werden wird.

In Anbetracht der Wichtigkeit der Angelegenheit sind auf Veranlassung der technischen Kommission der Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen die Vereins-Verwaltungen im Beginne des verfloßenen Jahres ersucht worden,

- 1) die Resultate der bereits ausgeführten Versuche mit Lenkachs-Konstruktionen zum gegenseitigen Austausch mitzuthellen und
- 2) weitere Versuche mit dergleichen Konstruktionen unter Beachtung speziell mitgeteilter Gesichtspunkte ausführen und deren Resultate mit dem Versuchsprogramm zu dem gleichen Zwecke bekannt geben zu wollen.

Der Austausch hat inzwischen stattgefunden und die Vereins-Verwaltungen zwar in den Besitz einer Fülle des schätzbarsten Materials gesetzt, zur Erzielung einer befruchtenden Wirkung wird letzteres jedoch noch der sorgfältigsten Sichtung und vielleicht auch in der einen oder anderen Richtung noch der Ergänzung bedürfen.

Unter den ausgetauschten Versuchsresultaten nehmen natürlich die zu 2) der vorstehenden Aufforderung eingegangenen hinsichtlich der Verwerthbarkeit und der Werthigkeit den ersten Rang ein. Unter den Versuchen, denen diese entstammen, zeichnen sich aber die in der Ueberschrift dieser Besprechung genannten durch große Gründlichkeit und Vielseitigkeit aus.

Der darüber an den Verein Deutscher Eisenb.-Verw. erstattete Bericht giebt das gesammte Versuchsmaterial derart wieder, daß eine eingehende Prüfung der aus dem Ergebnisse gezogenen Schlüsse ermöglicht ist. Dieser

\*) Anm. d. Verf. Auch bei den Lokomotiven werden demnächst die beweglichen Achsen in höherem Maße als bisher in Deutschland zur Anwendung gelangen; wenn dies auch in erster Linie auf dem Erforderniß größerer Leistungsfähigkeit, also auch größerer Gewichte bei gleicher Beweglichkeit basiert, so wird es doch durch die bezeichnete Zeitströmung begünstigt.