

Ueber die Absteckung des Simplon-Tunnels

Autor(en): **Rosenmund, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **37/38 (1901)**

Heft 21

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-22711>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Ueber die Absteckung des Simplon-Tunnels. — Das Hennebique-System und seine Anwendungen. — Elektrische Eisenbahn Freiburg-Murten. — Miscellanea: Statistik der elektrischen Bahnen in Frankreich. Die XXXI. Jahresversammlung des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Schienengewichte in Amerika. Kunstausstellungsgebäude in Düsseldorf. Zusammenstellung der von den eidgen. Räten im

Jahre 1900 erteilten Eisenbahn-Konzessionen. Funkentelegraphie auf 300 km. — Konkurrenzen: Wettbewerb für den Entwurf und Bau einer festen Strassenbrücke über den Neckar bei Mannheim. — Litteratur: Lexikon der gesamten Technik. Die Berechnung der Centrifugalregulatoren. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ing. u. Arch.-Verein. G. e. P.: Protokoll der Frühjahrssitzung des Ausschusses. XXXII. Adressverzeichnis.

Ueber die Absteckung des Simplon-Tunnels.¹⁾

von Max Rosenmund,

Ingenieur des eidg. topographischen Bureau in Bern.

Gegen Anfang des Jahres 1898 wurde dem Verfasser durch die Baugesellschaft für den Simplon-Tunnel, Brandt, Brandau & Cie., die Richtungsbestimmung der Achse für diesen Tunnel übertragen und ihm zu dem Behufe jederseits ein Punkt bezeichnet, der in der Achsrichtung des Tunnels I liegen sollte.²⁾ Auf der Nordseite lag dieser Punkt an dem südlichen Rand der Furkastrasse, etwa 1200 m östlich von Naters, in der Nähe der Strassenkrümmung bei den Häusern von Junkerbiel. Auf der Südseite findet sich in einer Entfernung von etwa 600 m unterhalb des italienischen Zollhauses von Iselle, am Nordrand der Poststrasse und rund 80 cm über dem Niveau derselben ein Kreuz in den Felsen eingehauen mit der aus Fig. 1 zu ersiehenden Bezeichnung³⁾, das als Richtungspunkt zu dienen hatte.

Die Einmündung des Tracés in den Tunnel liegt beidseitig in Kurven. Im übrigen ist derselbe geradlinig durchgeführt und der Richtstollen sollte bis zu seiner Ausmündung die gerade Richtung beibehalten — ein Umstand, der die Absteckungen bedeutend erleichtert.

Zur Zeit, da der definitive Auftrag zur Richtungsbestimmung erteilt wurde, erwartete man, dass die Ermächtigung zum Beginn für den Bau des Simplon-Tunnels im Sommer desselben Jahres schon frühzeitig erfolgen werde. Es war deshalb die Möglichkeit ausgeschlossen, bis dahin die Signale für eine Triangulation zu erstellen, die Winkel zu messen und aus den Beobachtungen die Achsrichtung zu bestimmen, sondern es musste eine provisorische Festlegung der Achse vorangehen, um den Beginn der Bauarbeiten auf keinen Fall zu verzögern. Zu dem Behufe stand eine Triangulation zur Verfügung, welche die Jura-Simplonbahn-Verwaltung im Jahre 1876 zum Zweck von Studien für den Tunnel hatte ausführen lassen. Diese Triangulation war für eine definitive Richtungsbestimmung ungenügend, für eine provisorische Absteckung während einer ersten kürzeren Bauperiode hat sie aber ihre guten Dienste geleistet.



Fig. 1.

¹⁾ Die diesem Artikel beigegebenen Abbildungen sind dem vom gleichen Verfasser ausgearbeiteten Berichte entnommen, den die Direktion der Jura-Simplon-Bahn an das schweiz. Eisenbahndepartement über die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse des Simplon-Tunnels erstattet hat. — Genannter Bericht kann von den amtlichen Niederlagen der eidg. Kartenwerke zum Preise von 7 Fr. bezogen werden.

²⁾ Mit I wird der nordöstliche der beiden in 17 m Abstand parallel zu einander laufenden Tunnels bezeichnet, welcher zuerst fertig ausgebaut wird.

³⁾ T F = Tête Favre, Bezeichnung des Tunnel-Endpunktes aus einem früheren Projekt.

Die so bestimmte provisorische Richtung sollte nun auch dazu dienen, den ursprünglich bezeichneten Achspunkt (T. F.) auf der Südseite durch einen neuen zu ersetzen. Wie schon erwähnt, war dieser erstere in einer Felswand eingemeisselt, es konnte daher nicht darauf stationiert werden. Die Ausmündung des Richtstollens auf der Südseite ist derart, dass ein richtiger Anschluss an die Triangulation etwelche Schwierigkeiten voraussehen liess.

Untenstehende schematische Darstellung zeigt das Profil durch die Schlucht in der Richtung der Tunnelachse vor Beginn der Arbeiten. Der einzige Platz zur Stellung eines sicheren Achspunktes, auf dem stationiert werden konnte und der die nötigen Verbindungen gestattete, lag, wie aus Fig. 2 ersichtlich, am rechtseitigen Ufer der Diveria, in der Verlängerung der provisorisch festgelegten Achse.

Zur Absteckung grösserer Tunnels bedarf es in der Regel einer Triangulation, da es selten möglich ist, durch wenige leicht zugängliche Zwischenpunkte das Tracé direkt über den Berg abzustecken, selbst wenn dasselbe geradlinig verläuft. Aus den gemessenen Winkeln der Triangulation können diejenigen Winkel gerechnet werden, welche die gesuchte Achsrichtung mit den anstossenden Dreieckseiten auf den beiden Endpunkten bildet, und damit

ist dann auch diese Achsrichtung selbst festgelegt. Dieses Verfahren der Richtungsbestimmung wurde wie am St. Gotthard auch am Simplon eingeschlagen. Die entsprechenden Arbeiten für den Gotthard-Tunnel wurden doppelt ausgeführt. Eine erste Triangulation war das Werk von Ingenieur *Otto Gelpke* von Luzern im Jahre 1869. Nach Beginn des Baues wurde Dr. *C. Koppe*, zur Zeit Professor

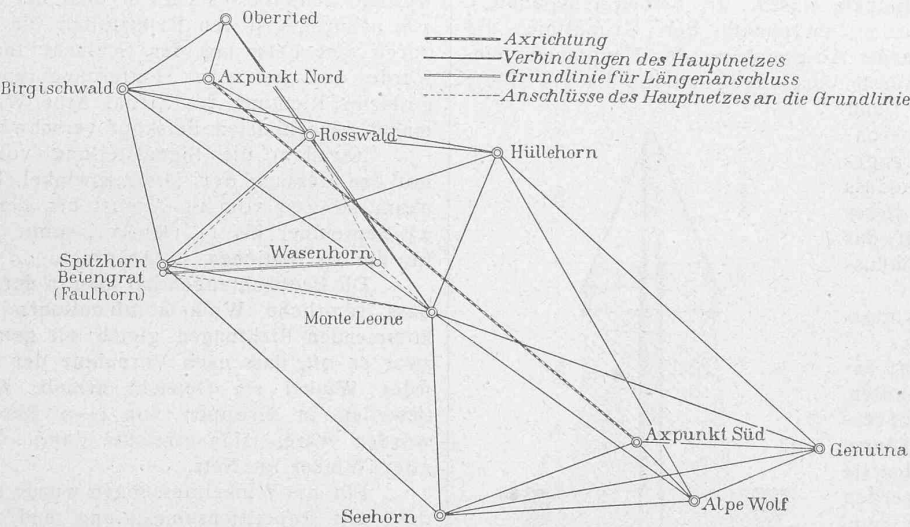


Fig. 3. Trigonometrisches Netz für die Absteckung des Simplon-Tunnels. 1:250 000.

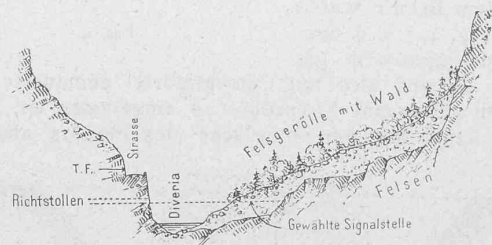


Fig. 2.

an der technischen Hochschule zu Braunschweig, beauftragt, eine zweite, von der ersteren vollständig unabhängige Triangulation vorzunehmen, welche er in den Jahren 1874 bis 1875 durchführte. Die Ergebnisse derselben finden sich publiziert in Band IV und V, 1875—1876, der Zeitschrift für Vermessungswesen¹⁾ und lieferten einen will-

¹⁾ «Bestimmung der Achse des Gotthard-Tunnels», ausgeführt in den Jahren 1874—75 von C. Koppe.

kommenen Stoff zum Vorstudium für die Richtungsbestimmung des Simplontunnels.

Bei Entwurf des trigonometrischen Netzes (Fig. 3, S. 221) waren nachfolgende Anforderungen zu beachten:

1. Jeder der beiden gegebenen Achspunkte sollte nach mindestens drei möglichst verschiedenen Richtungen an andere Signale angeschlossen werden.

2. Es sollte mit möglichst wenig Zwischenpunkten der Uebergang von der einen zur anderen Seite gesucht werden. — In der That vermehrt jeder neue Zwischenpunkt die Unsicherheit der Bestimmung.

3. Um genügende Rechenproben zu erhalten, sollte das Netz aus zwei nebeneinander laufenden Dreiecksketten bestehen, welche in sich sowie unter sich durch möglichst viele Querverbindungen kontrolliert werden sollten.

4. Um aus dem trigonometrischen Netz die Länge zwischen den beiden Achspunkten, somit auch die Länge des Richtstollens und Tunnels I ableiten zu können, wurde es an die Seite Wasenhorn-Faulhorn des geodätischen Netzes angeschlossen, das die astronomische Station Simplon mit den Punkten I. Ordnung der schweizerischen Gradmessung verbindet.

Das trigonometrische Netz für den Simplontunnel umfasst 11 Scheitelpunkte, einschl. die beiden Achspunkte²⁾, aber ohne die beiden Endpunkte der Grundlinie, die nicht in die allgemeine Ausgleichung des Hauptnetzes einbezogen, sondern durch Verbindung an die Punkte Monte Leone, Rosswald und Spitzhorn mittels besonderer Ausgleichung angeschlossen wurden, sodass die Richtungsfehler dieses Anschlussnetzes auf das Hauptnetz keinen Einfluss ausüben konnten.

Von den Signalen musste verlangt werden:

1. dass sie scharf anvisiert werden konnten,
2. dass man darauf centrisch stationieren könne.

Ausserdem mussten sie solid konstruiert werden und gut versichert sein, um alle Gewähr zu bieten, dass eine Veränderung während der Winkelmessungen nicht vorkommen, oder dass bei Eintreten einer solchen Veränderung das Signal wieder auf dem gleichen Punkte erstellt werden könne.

Zu dem Behufe wurde die in Fig. 4, 5 u. 6 dargestellte Signalform gewählt. Es sind dies mit Cementmörtel gemauerte Pfeiler, in deren Achse eine Eisenröhre so eingelassen ist, dass ihr oberer Rand mit der Oberfläche des Pfeilers abschliesst.

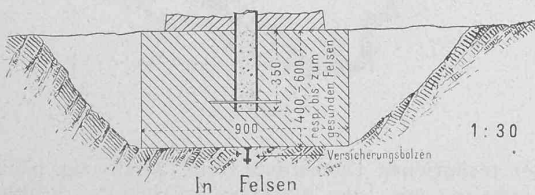


Fig. 5.

In die Röhre wurde eine Holzstange gestellt und über die Spitze der letzteren ein konischer Hut aus Zinkblech ge-

²⁾ Punktzahl für die Gotthard-Tunnel-Triangulation: Netz Gelpke 17 einschl. 2 Basispunkte. — Netz Koppe 13 ohne Grundlinie; für die Längenbestimmungen wurde an Punkte des Gelpke'schen Netzes angebunden.

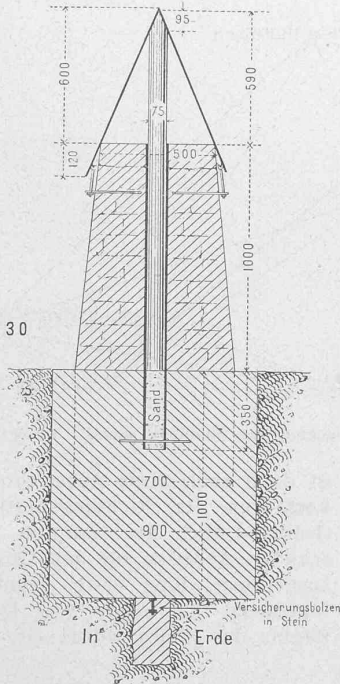


Fig. 4.

setzt, den man mittels vier eiserner Bolzen fest mit dem Steinpfeiler verschraubte. Oberer Röhrenrand, Stangenspitze und Hutspitze wurden genau centriert. Sollte auf dem Signal stationiert werden, so wurde der Blechhut abgehoben, die Stange herausgenommen und die Nivellierschrauben des Theodoliten wurden auf einen zur Röhre konzentrischen, mittels einer Schablone aus Eisenblech mit Bleistift auf die oberste Platte des Pfeilers gezeichneten Kreis gestellt.

Jedes Signal wurde, wenn immer möglich, sekundär durch zwei bis drei in den Fels eingemeisselte Kreuze versichert, deren Entfernungen bis zur Signalachse eingemessen waren.

Die Signalstellung einschliesslich der Rekognoscierungen nahm die Zeit vom 17. Juni bis 11. Juli in Anspruch, somit 25 Tage für 11 Signale, worin inbegriffen ist die Erneuerung eines Signals der Grundlinie, dagegen nicht gerechnet das Signal auf dem südlichen Achspunkt, für welches am rechten Ufer der Diveria erst der Beginn der Bauarbeiten, die Expropriation des Bodens und Niederlegung des Waldes, sowie auch die Erstellung des nötigen Planums abgewartet werden musste; es sollte ungefähr in der Höhe der Sohle der Richtstollenausmündung liegen. Wie knapp die drei Anschluss-Signale von diesem Achssignal aus gesehen wurden, geht daraus hervor, dass bei Entfernung von nur 2 m näher gegen den Richtstollen hin das Signal Seehorn durch eine Felswand der Schlucht thalaufwärts verdeckt wurde und bei einer Entfernung von 2 m in entgegengesetzter Richtung das Signal Alpe Wolf ebenfalls hinter einem benachbarten Felskopf verschwand.

Nachdem die Signalstellung vollendet war, wurde mit der Messung der Dreieckswinkel begonnen. Dieselbe nahm die Zeit vom 14. August bis 4. September und vom 23. September bis 11. Oktober, somit im ganzen 41 Tage für die 13 Stationen, in Anspruch.

Die Beobachtungen hat man in der Weise durchgeführt, dass sämtliche Winkelkombinationen zwischen den vorkommenden Richtungen gleich oft gemessen wurden, und zwar so oft, dass nach Vornahme der Stationsausgleichung jeder Winkel ein Gewicht erhielt, wie wenn er 48 mal (jeweilen in Gruppen von 4—6 Repetitionen) gemessen worden wäre. Man erreichte damit die Gleichwertigkeit aller Winkel im Netz.

Für die Winkelmessungen wurde ein Mikroskop-Theodolit mit Repetitionseinrichtung und mit Horizontalkreis von 21 cm Durchmesser von Kern & Cie. verwendet. Infolge eines Unfalls, den dieses Instrument durch einen Sturz erlitt, gelangte dann vorübergehend auch ein Noniustheodolit von 24 cm Kreisdurchmesser zur Verwendung. Trotz der Verschiedenheit der beiden Instrumente zeigten vergleichende Beobachtungen, dass sie annähernd die gleiche Genauigkeit aufwiesen, weshalb die Messungen als gleichwertig angenommen werden durften.

Die Witterung des Sommers 1898 war für Winkelbeobachtungen sehr günstig, indem in der Schweiz die klaren Tage während der Monate August und September vorherrschten. Dennoch gab es öftere Verzögerungen, und es konnte namentlich die Wahrnehmung gemacht werden, dass die Gebirgsmauer, welche dort die Schweiz von Italien trennt, auch eine wirkliche Wetterscheide sein kann.

Nach Abschluss der Winkelmessungen, zum Teil auch schon während derselben, wurden zuerst auf jeder einzelnen Station alle Widersprüche in den gemessenen Winkeln ausgeglichen. Die so erhaltenen Winkel wurden dreiecksweise zusammengestellt; es ergaben sich für das Netz ohne die Anschlüsse an die Grundlinie 27 Dreiecke. Die Summe der Dreieckswinkel musste jeweilen gleich $180^{\circ} +$ dem sphärischen Excess sein. Letztere Grösse war in allen Dreiecken gering; in den grössten erreichte sie den Wert von $0,25''$; dennoch wurde sie durchweg mitberücksichtigt. Aus dieser Zusammenstellung der Dreiecke erhielt man eine erste Kontrolle über die Güte der Triangulation und einen durchschnittlichen Fehler im Dreieckschluss von $3,1''$. Der grösste Dreieckschlussfehler erreichte den Betrag von $8,5''$.

Diese Fehler sind grösser, als man erwartet hatte. Auch die Winkelausgleichung um die Stationen hatte auf

einen geringeren Fehlerbetrag hingewiesen, indem dieselbe einen mittleren Fehler des einzelnen Winkels von nur etwa 1'' ergeben hatte. Es wurden daher noch im Herbst 1898 die Winkel der Anschlussdreiecke, in denen auch die grössten Widersprüche lagen, einer nochmaligen Messung unterzogen und zwar diesmal mit jeweiliger Ablesung der Achs-Libelle und nachheriger Reduktion der Winkel infolge der konstatirten Achsneigungen, ohne jedoch damit eine Besserung der Dreieckschlüsse zu erhalten. Man war deshalb auf die Vermutung geführt, dass die Winkel durch lokale äussere Störungen beeinflusst sein müssen, und da die

$\pm 1,6''$). Es sei daraus zu entnehmen, dass für manche Zwecke die Lotablenkung aus der Bodengestalt mit einem ausreichenden Grade von Genauigkeit geschätzt werden könne.

Seither hat der frühere Ingenieur der schweizerischen geodätischen Kommission, Dr. Messerschmitt, auf einer grossen Anzahl geodätischer Stationen der Schweiz astronomische Beobachtungen ausgeführt und durch Vergleich mit den auf geodätischem Weg abgeleiteten Koordinaten die Grösse der Lotabweichung auf diesen Stationen bestimmt. Gleichzeitig liess die schweizerische geodätische Kommission für eine grössere Anzahl Stationen die Lot-

Ueber die Absteckung des Simplon-Tunnels.



Fig. 6. Trigonometrisches Signal auf dem Monte Leone.

grössten Fehler bei steilen Visuren auftraten, lag die Annahme nahe, dass Lot-Störungen existieren.

Dass Gebirgsmassen auf Winkelmessungen eine fühlbare Einwirkung ausüben können, wurde sowohl im Ausland, wie auch in der Schweiz verschiedentlich nachgewiesen; so konnte im Anschlussnetz der geodätischen Basis im Tessin an die Punkte der Gradmessung (ausgeführt durch die Ingenieure Scheiblauber und Haller) ihr Einfluss konstatiert werden, indem neben den geodätischen Messungen auf einer Anzahl Stationen auf astronomischem Wege die geographischen Breiten und Azimute bestimmt wurden, aus deren Vergleich mit den auf geodätischem Weg erhaltenen Ergebnissen die Abweichung der Lotlinie von ihrer theoretischen Richtung abgeleitet werden konnte. Andererseits wurde auch aus den sichtbaren Gebirgsmassen die Massenanziehung und daraus ebenfalls der Einfluss der Lotstörungen für die einzelnen Stationen gerechnet. Diese Untersuchungen führten zu den Schlüssen¹⁾:

a) dass die beobachteten Richtungen durch Lotstörungen wesentlich beeinflusst worden seien;

b) dass die aus der sichtbaren Gestalt des Gebirges abgeleiteten Lotablenkungen die Uebereinstimmung der Beobachtungen verbessern;

c) dass die Uebereinstimmung zwischen den durch Vergleich astronomischer mit geodätischen Messungen beobachteten Lotabweichungen und den aus der Gestalt des Gebirges geschätzten als eine befriedigende bezeichnet werden könne (die mittlere Abweichung beider betrug

ablenkungen direkt aus den sichtbaren Massen berechnen.

Im vorliegenden Falle wurden die Berechnungen unter den folgenden beiden Voraussetzungen unabhängig durchgeführt:

1. Ohne irgend welche Berücksichtigung der Lotabweichungen.

2. Unter Annahme von Lotstörungen berechnet aus den sichtbaren Gebirgsmassen nach der Karte, mit Zugrundelegung einer mittleren Dichte der Gebirgsmassen von 2,8 und einer mittleren Dichte der Erdmasse von 5,63.

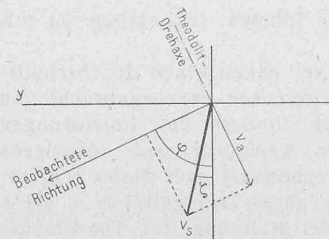


Fig. 7.

Aus diesen Berechnungen konnte der Schluss gezogen werden, dass auf einzelnen Triangulationspunkten Lotstörungen bis über 20'' vorkommen. Infolge ihrer Einwirkung wird die Richtung eines frei schwebenden Senk-

kels nicht mehr senkrecht zur theoretischen Erdoberfläche sondern schief zu derselben stehen. Grösse und Richtung dieser Schiefe variieren von einer Station zur andern. In gleicher Weise wird eine auf die Drehachse eines Theodoliten aufgesetzte Libelle beim Einspielen nicht die theoretisch horizontale Lage dieser Achse angeben, sondern eine um die Grösse der Lotablenkung in der Drehachsrichtung geneigte Lage. Damit werden auch die Visuren fehlerhaft, und zwar umsomehr, je steiler sie sind.

¹⁾ «Das schweizerische Dreiecknetz», herausgegeben von der schweizerischen geodätischen Kommission. Band IV, S. 214, und Band V, S. 100.

Es bezeichne in Fig. 7 (S. 223) v_s die Grösse der Lotabweichung, ξ deren Richtung. In der Richtung φ sei ein Signal unter dem Neigungswinkel α beobachtet worden, wobei die Drehachse des Theodoliten infolge der Lotablenkung eine Neigung erhielt von $v_a = v_s \sin(\varphi - \xi)$.

Es hat daher in der beobachteten Richtung eine Korrektur einzutreten von

$$\delta = v_s \sin(\varphi - \xi) \tan \alpha.$$

Diese Korrekturen δ erreichten Beträge bis zu 5" für einzelne Richtungen.

Die Ausgleichung des Dreiecknetzes geschah nach der Methode der kleinsten Quadrate. Das gesamte Netz wurde auf eine Ebene projiziert und zwei Punkte desselben wurden

Das Hennebique-System und seine Anwendungen.

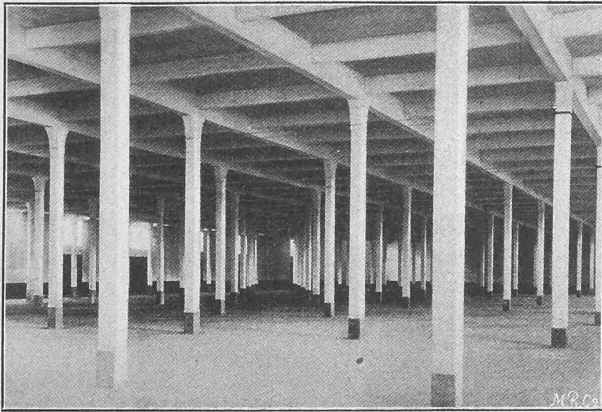


Fig. 1. Innenansicht der Docks von Calais.

als fest angenommen, worauf für sämtliche übrigen Punkte näherungsweise Koordinaten in Bezug auf ein rechtwinkeliges Achsensystem gerechnet wurden. Die Richtungsverbesserungen im Netz konnten dann ausgedrückt werden als Funktionen der Korrekturen, welche an den genäherten Koordinaten anzubringen waren, um auf die wahrscheinlichsten Koordinatenwerte zu gelangen, und durch Auflösung nach vermittelnden Beobachtungen wurden die Unbekannten sowie die Winkelverbesserungen gefunden.

Es ergab sich ein System von 56 Fehlergleichungen und 18 Normalgleichungen mit 18 Unbekannten, deren Auflösung die Winkelverbesserungen lieferte.

Mit Aufstellung der Normalgleichungen wurden auch die sogen. Gewichtsgleichungen gebildet, mittels welcher es möglich war, den durch die Triangulation hervorgebrachten vermutlichen Fehler in der Achsrichtung und in der Tunnellänge zu bestimmen.

Nach Ausgleichung des Hauptnetzes wurde das Netz, das zum Anschluss der Grundlinie diente, in ähnlicher Weise behandelt.

Alle diese Berechnungen führten schliesslich zu folgenden Ergebnissen:

1. Die gemessenen Winkel haben einen durchschnittlichen Schlussfehler in den Dreiecken hervorgebracht von $\pm 3,1''$. Ziehen wir aber den Einfluss der Lotstörungen auf die einzelnen Stationen in Rechnung und reduzieren wir danach die Winkel, so vermindert sich dieser Schlussfehler auf $\pm 1,7''$ (Gotthard-Tunnel-Triangulation $\pm 2,2''$).

2. Bei der Festlegung der Richtung der Tunnelachse wurde der Einfluss der Lotstörungen auf das geodätische Netz mit berücksichtigt. Diese Achsrichtung schliesst mit den Richtungen nach den benachbarten Signalen, auf den beiden Achspunktsignalen gemessen, folgende Winkel ein:

		a) auf Achspunkt Nord		
mit der Richtung nach Signal	Oberried	+ 117° 39'	32,46"	
" "	" "	Rosswald	+ 13° 13'	28,91"
" "	" "	Birgischwald	- 131° 59'	4,33"
		b) auf Achspunkt Süd		
mit der Richtung nach Signal	Seehorn	+ 64° 20'	34,37"	
" "	" "	Genuina	- 140° 36'	11,75"
" "	" "	Alpe Wolf	- 177° 49'	45,65"

3. Hätte man bei Bestimmung der Richtung der Tunnelachse keine Rücksicht auf die Einwirkung der Lotstörungen genommen, so wäre dieselbe auf dem nördlichen Achspunkt um 1,55" mehr nach links, auf dem südlichen um 3,66" nach links verschoben worden. Diese Verschiebungen kommen bis in die Mitte des Tunnels einer Abweichung von 0,26 m gleich.

4. Die Gesamtlänge des geraden Stückes des Tunnels I, mit den Anschlüssen der beidseitigen Richtstollen beträgt 19 728,71 m. Die entsprechende Länge beim Gotthard-Tunnel war 14 920 m.

Ob bei Berechnung der Länge des Simplon-Tunnels der Einfluss der Lotstörungen in Berücksichtigung gezogen werde oder nicht, ist gleichgültig, indem nach beiden Berechnungsarten die Ergebnisse nur um 0,03 m von einander abweichen.

5. Aus der Triangulation erhielt man für die einzelne Richtung einen mittleren Fehler von

$$\mu = \pm 0,91''$$

oder einen wahrscheinlichen Fehler von

$$\rho = \pm 0,61''$$

In der Koppe'schen Triangulation des Gotthard-Tunnels betrug der wahrscheinliche Fehler

$$\rho = \pm 0,71''$$

6. Für die Richtungsbestimmung der Tunnelachse wurde aus der Triangulation für den Simplon-Tunnel ein wahrscheinlicher Fehler abgeleitet von $\pm 0,47''$. In der Koppe'schen Gotthardtunnel-Triangulation war dieser Fehler für jede Tunnelseite besonders als unabhängige Grösse bestimmt und gefunden worden:

für die Richtung Airolo-Göschenen	$\pm 0,809''$,
" " " Göschenen-Airolo	$\pm 0,683''$,

woraus im weiteren ein wahrscheinlicher Fehler beim Zusammentreffen in der Mitte von $\pm 0,04 m$ abgeleitet worden war. Der aus der Triangulation beim Durchstich zu erwartende Fehler beim Simplon beträgt $\pm 0,05 m$. Dieser Fehler wird aber noch vergrössert werden durch die Fehler in der Bestimmung der festen Tunnelmarken und der inneren Absteckungen.

7. Der mittlere Fehler in der Längenbestimmung des Tunnels, hervorgebracht durch die Triangulation des Simplonnetzes, beträgt $\pm 0,14 m$. Da jedoch die Grundlinie dieser Triangulation bereits mit Fehlern behaftet ist, die von der Uebertragung der Dreieckfehler von einer anderen Grundlinie aus herrühren, so beträgt annähernd der gesamte in der Längenbestimmung zu befürchtende mittlere Fehler $\pm 0,83 m$ und der wahrscheinliche Fehler $\pm 0,56 m$.

8. Durch astronomische Messungen, welche auf den beiden Achspfeilern nachträglich von Herrn Niethammer unter Leitung der schweiz. geodätischen Kommission aus-

Das Hennebique-System und seine Anwendungen.

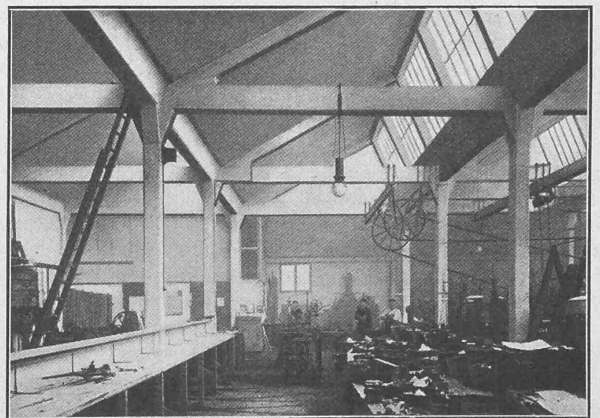


Fig. 2. Innenansicht einer Färberei in Boulogne sur Seine.

geführt wurden, konnte konstatiert werden, dass eine Berücksichtigung der Lotstörungen, berechnet aus den sichtbaren Gebirgsmassen, für diese Triangulation angezeigt und dass die angenommene Verhältniszahl für die Dichte der Massen die richtige war. (Schluss folgt.)