Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 16: SIA-Heft, Nr. 3/1972: Tunnel

Artikel: Vermessung und Absteckung für den Gotthard-Strassentunnel
Autor: Schneider, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85178

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: 13.12.2025

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

Dieser Spannungs- und Verformungszustand (numerisch formuliert) dient als Grundlage zu den weiteren Rechnungen, weshalb er für die ganze Scheibe gespeichert werden muss. In der Phase III (siehe Bild 6c) wird ein neuer Belastungsfall schrittweise eingeführt, indem der Umfang des zweiten Hohlraumes spannungsfrei gemacht wird. Praktisch wird so vorgegangen, dass aus den Spannungen der Stufe II (am Lochrand) Knotenkräfte Q_j ermittelt werden, die dann mit entgegengesetztem Vorzeichen schrittweise (in Inkrementen) angebracht werden. Wegen den grossen Spannungskonzentrationen wird es sich hier im allgemeinen um eine elastisch-plastische Analyse handeln. Als eigentliche Ergebnisse der ganzen Untersuchung gelten die Beanspruchungen und Deformationen des Gewölbes im oberen Tunnel infolge des Belastungsfalles III allein oder aber die totalen Werte nach den Stufen I, II und III (Bild 6). In den Bildern 4 und 5 sind nur die differentiellen Werte, d. h. der Übergang von Stufe II auf Stufe III dargestellt.

Die Verfasser möchten an dieser Stelle Herrn Prof. *H. Grob* für seine wertvollen Anregungen und für die kritische Durchsicht des Manuskriptes bestens danken.

Literaturverzeichnis

[1] STAUB-Handbuch, Fides-Rechenzentrum Zürich, August 1971.

[2] *Kovari, K.:* Ein Beitrag zum Bemessungsproblem von Untertagbauten, Schweiz. Bauzeitung, *87* (1969), H. 37, S. 687–697.

Adresse der Verfasser: Ch. Amstad, dipl. Bauing. ETHZ, Dr. sc. techn. *K. Kovári* und *F. Vannotti,* dipl. Math. ETHZ, Institut für Strassen- und Untertagbau an der ETH, Zürich, Clausiusstrasse 33, 8006 Zürich.

Vermessung und Absteckung für den Gotthard-Strassentunnel

Von **W. Schneider,** Ingenieurgemeinschaft Schneider und Weissmann, Chur und Zürich

DK 625.712.35:528.486

Wie das Wasser frisst sich der Verkehr in wachsenden Strömen durch unser Land. Die Technik lenkt diese Flut auf dem direktesten Weg auch durch den Wall der Alpen; nach dem Bau der Tunnelröhren im Westen und Osten unseres Landes nun bald zentral durch den längsten Strassentunnel der Welt, durch den mythosumwitterten St. Gotthard. Wie lange noch – und die Tremolakehren gehören wie die Teufelsbrücke auch zum Mythos!

Der Vermessung, welcher sich älteste Kulturvölker selbst unterirdisch erfolgreich zu bedienen wussten, stellt sich bei diesem neuen riesigen Bauvorhaben die Aufgabe, als Untertag-Lotse bei einer solchen Maulwurftätigkeit den Weg zu weisen. Sie hat Grundlagen zu schaffen, welche die projektierten Angriffspunkte nach Lage und Höhe genauestens zueinander in Beziehung bringen, und sie hat die Verantwortung dafür zu übernehmen, dass die Achsen der Stollen, der Schächte und des Haupttunnels bis zum erfolgreichen Durchschlag einwandfrei abgesteckt werden.

Das Problem hat sich schon vor hundert Jahren beim Bau des Gotthard-Eisenbahntunnels gestellt. Die Ingenieure *Gelpke* und *Koppe* haben als wahre Pioniere die Absteckungsaufgabe auch nach heutigem Massstab glänzend bewältigt. Auf sich selbst angewiesen, haben sie unter Anwendung neuer Methoden, deren Kenntnis sie sich zum Teil noch besonders aneignen mussten, die Aufmerksamkeit und Bewunderung der Öffentlichkeit auf sich gezogen; selbst der damalige Bundesrat hat sich laufend über die Ergebnisse der Absteckung informieren lassen.

Heute, mit den vorangegangenen Erfahrungen bei der Absteckung grosser Stollensysteme beim Kraftwerkbau und bei Strassentunneln, werden solche ausgedehnte Vermessungsaufgaben im Team gelöst, nicht ohne dass der Einzelne für seinen Teil Verantwortung voll zu übernehmen hätte.

Ausschreibung, Vergebung und Aufteilung der Arbeiten

Das Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau (ASF) hat im Auftrag der Kantone Uri und Tessin einige wenige Fachleute, die schon ähnliche Aufträge ausgeführt hatten, im Mai 1967 zu einem Ideen- und gleichzeitigen Kostenwettbewerb für die Vermessungsarbeiten zur Absteckung der Tunnelachse eingeladen. Zu bestimmen waren Lage und Höhe der Tunnelportale und der Schachtmündungen für die damals vorliegenden zwei Tunnelvarianten, im gesamten für acht Angriffsstellen.

Das ASF gab bekannt, dass die Tunnelvermessung Anlass geben werde zur Überprüfung der Landesvermessung und zu weitern wissenschaftlichen Untersuchungen durch die Eidg. Landestopographie und die Schweiz. Geodätische Kommission.

Bei der Übernahme eines solchen verantwortungsvollen Auftrages muss vor allem die Sicherheit des Gelingens Richtschnur sein. Es konnte deshalb keine «billige» Lösung in Frage kommen, um die verlangte Kostenofferte zu gewinnen – aber ebensowenig durfte es ein «brillantes», kostspieliges Vermessungsdispositiv sein.

Das ASF liess die eingegangenen Vermessungsprojekte prüfen, und die Kantone Tessin und Uri haben unter Mitberücksichtigung der Kostenangebote die Arbeit einer zu gründenden Ingenieurgemeinschaft Schneider & Weissmann übertragen.

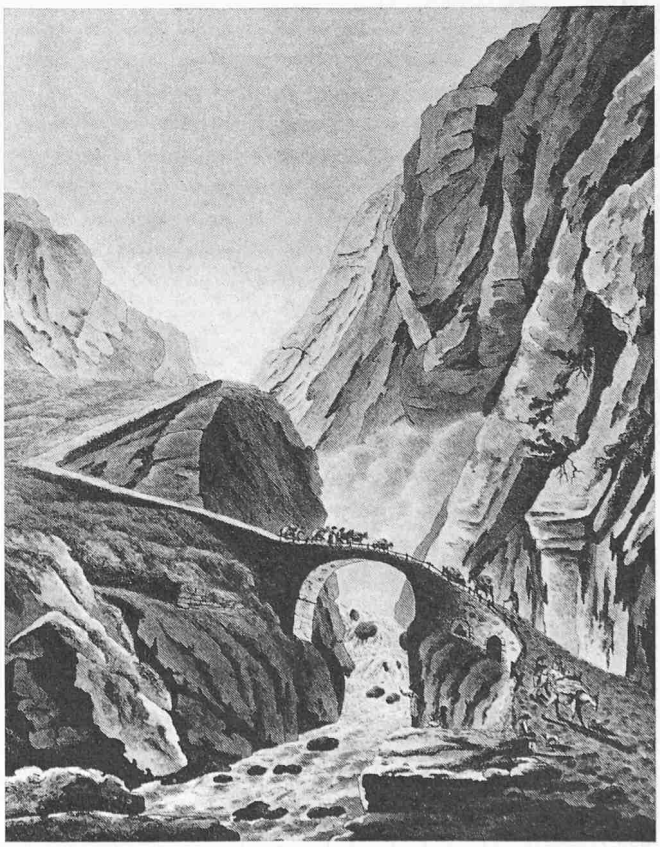
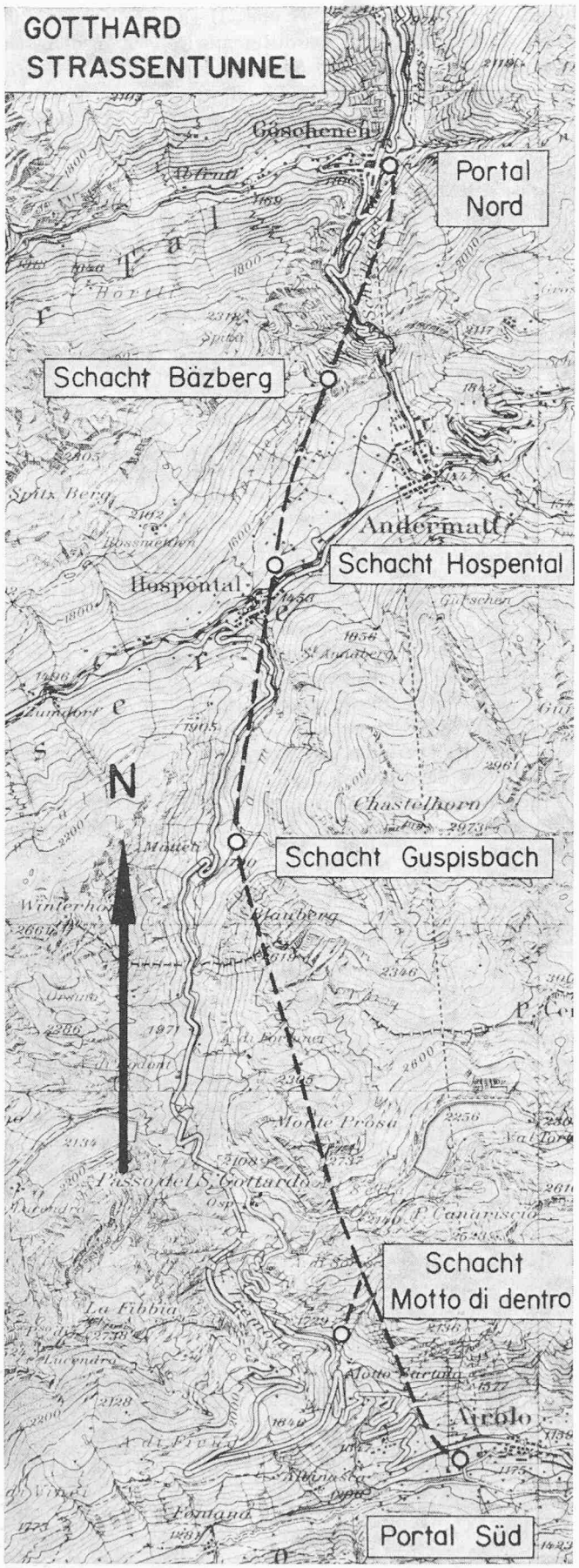


Bild 1. Die alte Teufelsbrücke in der Schöllenen (Photo Schweiz. Verkehrszentrale)



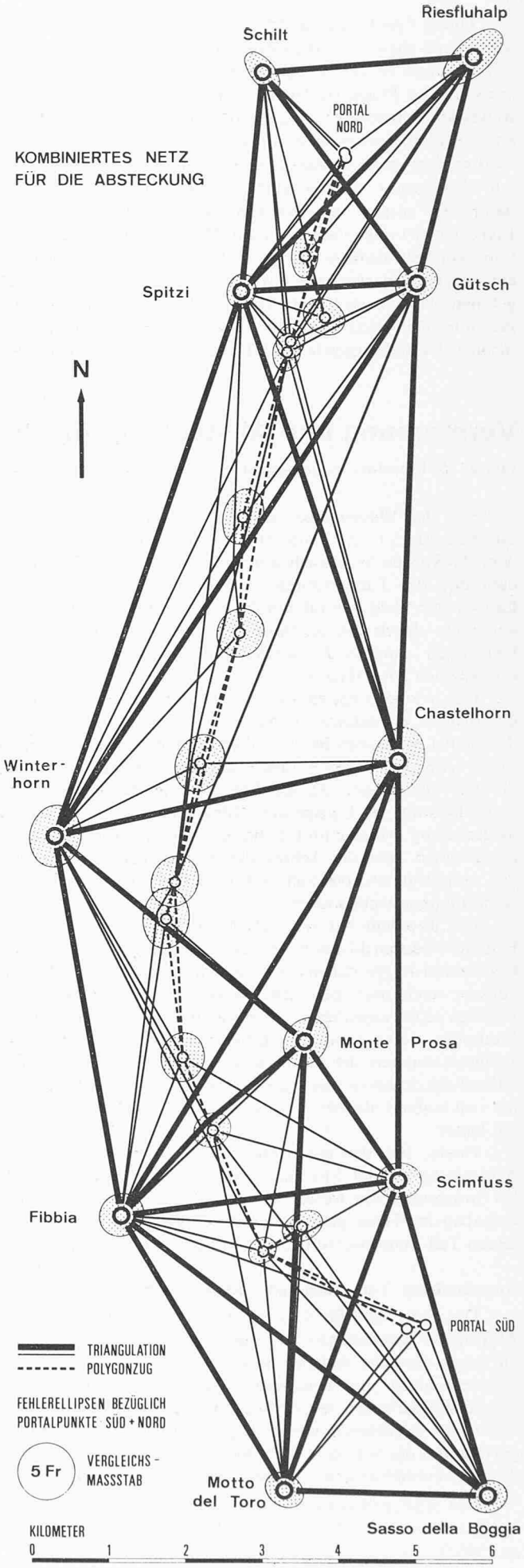


Bild 2. Übersicht rund 1:80 000 (Reproduktion mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 14. 3. 1972)

Bild 3 (rechts). Massstab des Netzes rund 1:80 000; Massstab für die Fehlerellipsen rund 3,2:1, links unten ist im gleichen Massstab ein Fünfliber abgebildet

Das Vermessungsprojekt als Grundlage für die Absteckung

Es sind die genauen Koordinaten und die Höhen der Angriffsstellen der Tunnelportale und Schächte zu ermitteln, und von diesen aus ist eine genaue Richtungsübertragung der Achsen ins Berginnere zu gewährleisten (Bild 1).

Es hätte nahe gelegen, die gestellte Aufgabe nur mit der traditionellen und seit einem Jahrhundert bewährten Methode der Triangulation zu bewältigen, wobei der Massstab aus der Landestriangulation hätte übernommen werden können. Mit einer Triangulation lassen sich einwandfrei die Verbindungen zwischen den Stollenangriffsstellen schaffen, und sie gewährleistet eine gute Orientierung der abzusteckenden Richtungen. Je nach topographischen Verhältnissen erfordert sie aber viele Triangulationspunkte, und sie ruft, um günstige Formen der Netzfiguren zu erhalten, nach einer grösseren Flächenausdehnung. Beides wirkt sich ungünstig auf die Kosten aus.

Das Triangulationsnetz als Teil des Gesamtkonzeptes konnte anhand der dafür ausgezeichnet geeigneten Landeskarte 1:25000 am Zeichentisch entworfen werden (Bild 2). Anschliessend wurde es anlässlich einer kurzen Feldrekognoszierung geprüft. Es spannt sich aus dem Raum von Göschenen rittlings der Gotthardpassstrasse in beschränkter Flächenausdehnung bis in das Gebiet von Airolo. Vorteilhaft ist, dass viele Punkte mit relativ kleinem Zeit- und Kraftaufwand erreichbar sind. Die dabei zweckmässig verwendbaren Punkte der Landestriangulation sind miteinbezogen worden.

Im Vermessungswesen verdeckte der Siegeszug der Photogrammetrie nur schwach das Malaise der Geodäsie, sie sei besonders auf der instrumentellen Seite ein Aschenbrödel geworden – der technische Fortschritt habe sie links gelassen. Wo blieb zum Beispiel lange Zeit das Gerät, mit dem man grössere Distanzen direkt (und ohne Umweg über die Winkelmessung) genau bestimmen konnte? Seit einiger Zeit verfügen die Vermessungsfachleute nun endlich über verschiedene elektro-optische Messgeräte, welche Distanzen von wenigen Metern bis zu einigen Dutzend Kilometern mit Genauigkeiten von 1×10^{-5} messen können. Ein solches Instrument ist in hohem Masse geeignet, die Lagebeziehung einer Kette von Baustellen, insbesondere in Längsrichtung, wie sie hier am Gotthard-Strassentunnel vorliegt, genau zu schaffen. Es lag auf der Hand, dass man es bei solchen Voraussetzungen zur Messung der Seiten eines die Baustellen von Portal zu Portal verbindenden Polygonzuges benützt, wobei wie gewohnt auch die Polygon- und Höhenwinkel zu messen waren. Es stellt sich sofort die Frage, warum man in diesem Ideenwettbewerb nicht als eleganteste und günstigste Lösung die ausschliessliche Anwendung von Polygonzügen in Vorschlag gebracht habe? Antwort: Die geforderte hohe Sicherheit der Lagebestimmung der Punkte ist damit nicht gewährleistet; im Gegensatz zur Triangulation fallen an und für sich bei einem Polygonzug wenig überschüssige Messungen an. Instrumentenfehler, fehlerhafte Operationen am empfindlichen Gerät, Fehler in der Höhenbestimmung der Stationspunkte (die verfügbaren Geräte messen schiefe Distanzen), Lotabweichungen und Refraktionseinflüsse (zum Beispiel bei bodennahen Visuren) können zur Folge haben, dass die erforderliche Sicherheit der Punktbestimmung beeinträchtigt wird.

Die ausschliessliche Anwendung der Methode der Polygonierung wurde bei dieser Messanlage verworfen; auch zwei parallele Züge von Göschenen nach Airolo auf beiden Hängen des Gotthardpasses fielen wegen des aufwendigen Transportes des schweren Instrumentariums ausser Betracht; hingegen ist als Variante die Anlage eines Polygonzuges über den Pass und eines Kontroll-Polygonzuges durch den Eisenbahntunnel in Erwägung gezogen worden.

Als die zweckmässigste und sicherste Lösung, die praktisch unverändert wie im Entwurf ausgeführt wurde, darf die Kombination der Triangulation mit einem Polygonzug betrachtet werden. Diese Kombination von Winkel- und Längenmessung, genannt Triangulateration, bildet die nunmehr geschaffene Grundlagenvermessung, mit deren Hilfe die Absteckung der Achsen unter Tag erfolgt. Sie besteht aus 33 Punkten. Diese sind durch 231 Richtungen, 54 Distanzen und rund 200 Höhenwinkel gesamthaft mit ungefähr einem halben Tausend Messungen untereinander verbunden.

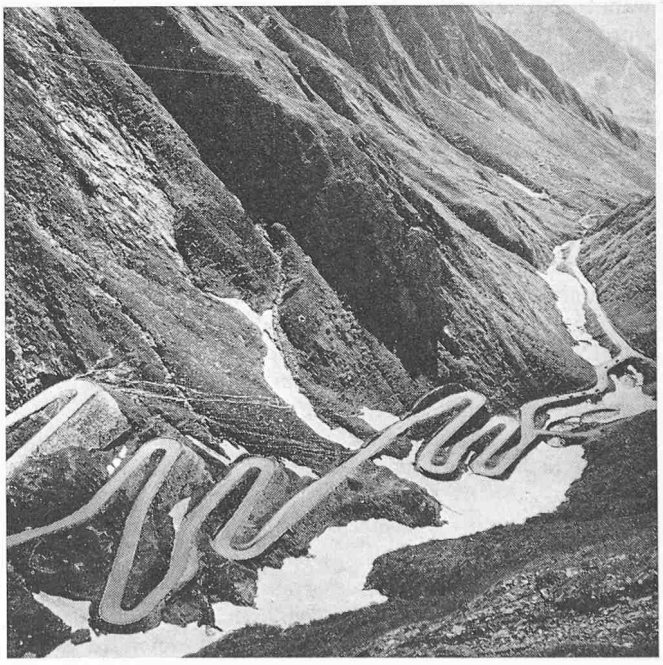
Berechnung und Ergebnisse der Grundlagenvermessung

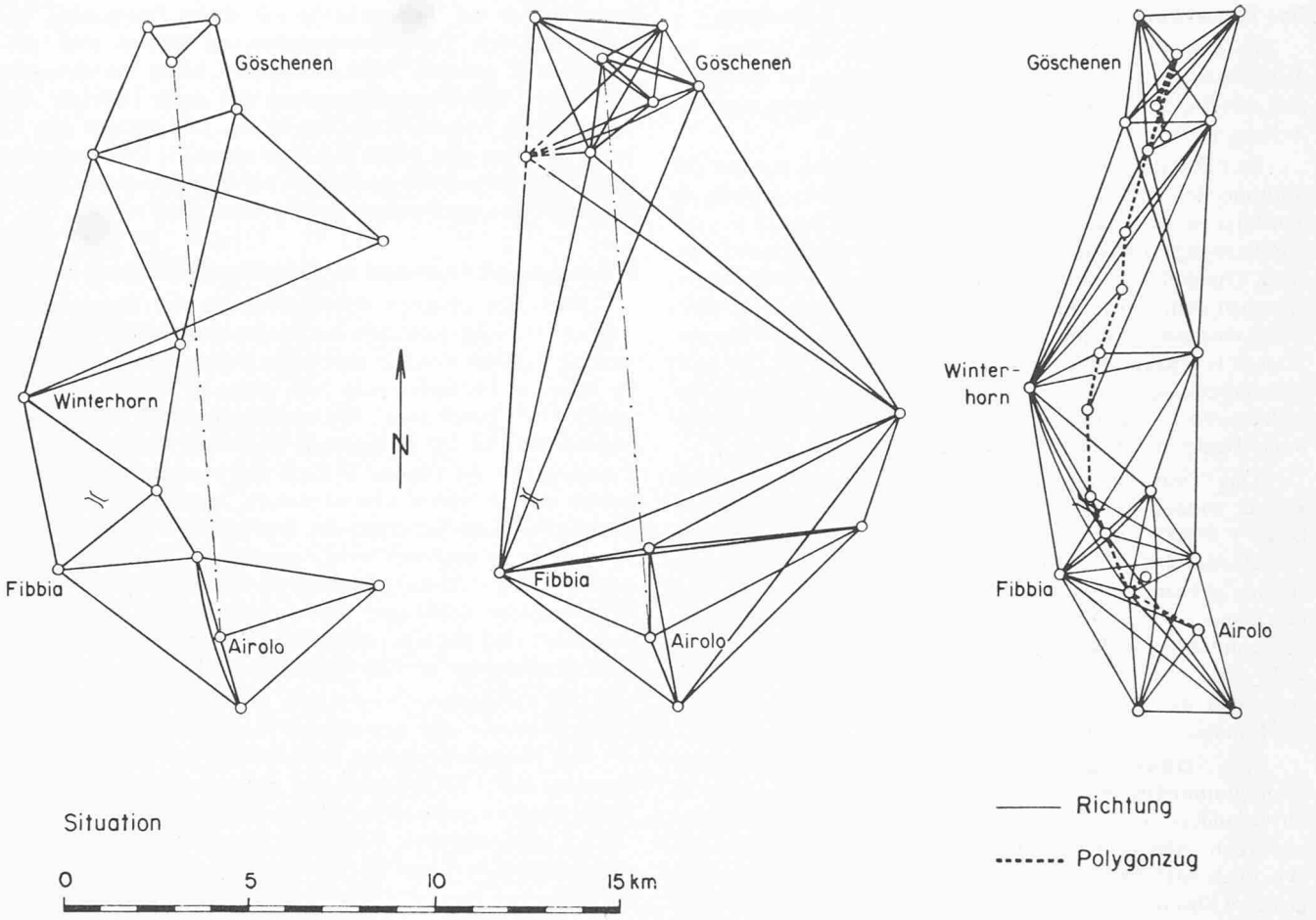
Nach der üblichen Rechenkontrolle der Messresultate sind als erstes zur Kontrolle der Beobachtungen 126 Dreiecksschlüsse gebildet worden, welche im Durchschnitt aller Werte 7^{cc} ergaben. Im gemessenen Netz treten 93 Unbekannte auf, nämlich 62 Koordinaten-, 30 Orientierungs- und 1 Massstabsunbekannte. Bei 285 gemessenen Elementen (Richtungen und Distanzen) ist die Lösung 192fach überbestimmt. Eine Messanlage mit so vielen überschüssigen Messungen bietet die gewünschte hohe Sicherheit der Ergebnisse. Die Grundlagenvermessung ist als freies Netz ausgeglichen. Massstab, Orientierung und Ursprung stammen von den zwei Landestriangulationspunkten Schilt und Motto del Toro. Als Unbekannte eingeführt sind die Koordinaten der übrigen Netzpunkte, die Satzorientierungen und der Massstab der Distanzmessungen.

Das kombinierte Netz wurde in einem ersten Schritt in einem Guss mit allen gemessenen Richtungen und Distanzen mit dem Programm «Ebene Ausgleichung» des Geodätischen Institutes der ETHZ vermittelnd ausgeglichen. Als mittlerer Fehler einer ausgeglichenen Richtung ergab sich ein Wert von $\pm 3.6^{cc}$. Die mittleren Fehler der Richtungsmittel vor der Ausgleichung betrugen im Durchschnitt nur $\pm 1.8^{cc}$. In der Differenz von rund 2^{cc} liegen Einflüsse der Refraktion (Zielungen längs Hängen) und allenfalls der Lotabweichungen.

In einem zweiten Schritt wurde das ausgeglichene Netz mittelst einer Helmerttransformation dem Netz der Landestriangulation angeglichen. Es ergab sich die erstaunliche Tatsache, dass die Einpassung eine Korrektur der Geodimeterdistanzen von nur 0,7 Millimeter pro Kilometer zur Folge hatte, das heisst dass der Massstab des Landesnetzes in diesem Gebiet ausgezeichnet mit dem aus Geodimeterdistanzen her-

Bild 4. Tremola-Kehren der Gotthard-Passstrasse
(Photo Schweiz. Verkehrszentrale)





Gotthard-Eisenbahntunnel: Triangulationsnetz, Ing. *Gelpke,* 1869–72

Gotthard-Eisenbahntunnel: Triangulationsnetz, Ing. *Koppe,* 1874

Gotthard-Strassentunnel: Kombiniertes Netz (unvollständig), Ing. *Schneider* und *Weissmann,* 1967–69

Bild 5. Die Triangulationsnetze für die Durchbohrungen des Gotthards

geleiteten übereinstimmt. Für den Erfolg der Absteckung ist wesentlich, dass für die Längenmessung im Tunnel nun derselbe Massstab zur Anwendung gelangt.

Für die Bestimmung der Höhen der oberirdischen Absteckungspunkte auf den Baustellen wurde gestützt auf Erfahrungen die trigonometrische Methode angewandt. Wie erwähnt sind auf allen Netzpunkten Höhenwinkel gemessen worden, total 200. Die Ausgleichung erfolgte ebenfalls in einem Guss. Zur Kontrolle sind in Göschenen, auf der Gotthardpasshöhe und in Airolo Höhenanschlüsse an das Eidg. Nivellement I. Ordnung gemessen worden. Die Höhendifferenz Göschenen–Airolo zum Beispiel, berechnet aus unseren trig. Messungen bzw. aus den Höhen des Eidg. Nivellementes, ergibt einen Unterschied von nur 0,6 cm.

Bild 3 zeigt die Fehlerellipsen für die einzelnen Triangulationspunkte. Sie sind ein übliches Mass für die Genauigkeit der Punktlage. Angenommen die Portalpunkte in Göschenen und Airolo hätten den Lagefehler Null, so lassen sich die grössten Fehlerellipsen in dem gemessenen Netz gerade noch durch einen Fünfliber decken. Man verfügt nun also bei den nunmehr vorgesehenen sechs Angriffsstellen des Tunnels (Portale und Lüftungsschächte) für die Absteckung über gut versicherte Ausgangspunkte mit sehr guter Genauigkeit.

Zur Absteckung der Tunnelachsen

Als nächster Schritt ist das Tunnelprojekt ins Gelände zu übertragen, das heisst oberirdisch sind die Achspunkte bei den Portalen und Schächten nach Lage und Höhe und unter Tag des Vortriebs im Haupttunnel, im parallel laufenden Sicherheitsstollen und in den Schächten laufend abzustecken. Man weiss, dass das gute Gelingen der Absteckung vor allem von der Genauigkeit der Übertragung der Tunnelachse, das heisst von den bestehenden Messbedingungen unter Tag abhängt. Die Erfahrung zeigt, dass die Richtungsübertragung vom Freien ins Berginnere infolge wechselnder Refraktion besonders gefährdet ist. Der mittlere Fehler der abgesteckten Anfangsrichtung wird in Anbetracht der Refraktionsverhältnisse bei den Stollenportalen bestenfalls $\pm 5^{cc}$ betragen. Bei angenommener Fehlerfreiheit der Absteckung durch den Tunnel wäre bei der halben Tunnellänge als Folge der guten Genauigkeit des kombiniert ausgeglichenen Gotthardnetzes nur ein mittlerer Fehler der Querabweichung der Achsen von ± 4 bis 5 cm zu erwarten.

Die Fehler aber, die die Absteckung unter Tag beeinflussen, führen dazu, dass man theoretisch mit mittleren Fehlern an der Durchschlagsstelle des 16,5 km langen Bauwerks von $\pm 16{,}5$ cm in der Richtung, ± 7 cm in der Länge[1]) und ± 5 cm in der Höhe rechnen darf.

Fixpunkte und Achspunkte auf Baustellen im Freien und im Berg (Tunnel sind eine einzige lange Baustelle) sind oft gefährdet und somit nur zu oft unbemerkten Veränderungen unterworfen. Es geht offenbar darum, ein Absteckungssystem anzuwenden, das gegen solche wohlbekannte, unliebsame, aber nicht ohne weiteres feststellbare Einflüsse unempfindlich ist.

[1]) Anmerkung: Die bisher gemachten Erfahrungen bei der Längenmessung mit elektro-optischen Distanzmessgeräten verschiedener Herkunft im Berginnern, wo sich unkontrollierbare Einflüsse bemerkbar machen, zeigen, dass an dieser Angabe Vorbehalte am Platze sind.

Der Bauvorgang sieht vor, dass der östlich im Abstand von rund 30 m angeordnete (alle 250 m mit dem Autotunnel durch Quergänge verbundene) Sicherheitsstollen dem Vortrieb des Strassentunnels vorausläuft. Die erste Absteckung gemäss dem von uns kontrollierten Absteckungsplan des Projektverfassers muss demzufolge im Sicherheitsstollen stattfinden. Sie wird ein erstes Mal durch die betreffende Bauunternehmung vorgenommen. Dazu gehört auch die Absteckung der Achse des eigentlichen, hinterher folgenden Tunnels durch die Quergänge. Periodisch werden durch die Spezialisten der Ingenieurgemeinschaft Schneider und Weissmann Kontrollen in einem zweiten, unabhängigen Arbeitsgang über die Lage und Höhe gewisser permanent versicherter Punkte der Tunnelachsen vorgenommen. Diese Hauptpunkte oder zum mindesten ein Teil davon werden nach Vortrieb längerer Strecken (1 bis 3 km) durch das Partnerbüro ein drittes Mal durch vollständig unabhängige Messung und Berechnung überprüft.

Die Absteckungs-Fixpunkte werden von der Ingenieurgemeinschaft wie folgt lage- und höhenmässig bestimmt:

a) durch Polygonzug mit Zwangszentrierung:
- Winkelmessung mit Sekunden-Theodoliten
- Längen mit elektro-optischen Distanzmessern
- Höhen mit technischem Nivellement

b) durch Kreiselzug:
- Azimut der Polygonseiten vermittelst Aufsatzkreisel mit folgendem Messvorgang:
  - Eichmessung auf bekanntem Azimut
  - Azimutmessung unter Tag auf Anfang- und Endpunkt der Polygonseiten
  - Wiederholung der Eichmessung
- Distanzen und Höhen wie unter a).

Die doppelte, aber weitgehend unabhängige Richtungsübertragung (Polygonwinkel- bzw. Azimutmessung) ist in einem Arbeitsgang möglich.

Das mutmassliche Ergebnis der Absteckung der Richtung für diese beiden vorgesehenen Methoden in Tunnelmitte, das heisst bei acht Kilometern wurde errechnet:

a) bei einem mittleren Fehler der gleich genau gemessenen Polygonwinkel von $\pm 3^{cc}$ bei Seitenlängen von 500 m beträgt der Durchschlagsfehler knapp ± 13 cm.

b) Auf dieselbe Strecke dürfte der Durchschlagsfehler bei Verwendung des gründlich erprobten Kreiseltheodoliten, wobei aus Versuchen ein günstiger Azimutfehler von 30^{cc} zugrunde gelegt worden ist, etwas höher als ± 13 cm sein.

Die zu erwartenden mittleren Durchschlagsfehler beider Verfahren stimmen praktisch überein. Polygonwinkel- und Kreiselmessungen ergänzen einander: gelegentliche Ausreisser bei Azimutbestimmungen mit dem Kreisel können durch die Polygonwinkelmessung sicher festgestellt werden; Lageänderungen von polygonal bestimmten Absteckungsfixpunkten wirken sich beim Polygonzug als Verdrehung des folgenden Zugteiles aus, während sie beim Kreiselzug nur als Parallelverschiebung in Erscheinung treten. Falls Punktverschiebungen eingetreten sein sollten, wird man daher feststellen können, dass Polygon- und Kreiselzug auseinanderlaufen.

Im kleinen Sicherheitsstollen werden die Absteckungsfixpunkte ohne Rücksicht auf die Sollachse dort angelegt, wo die Stollengleise und die Sichtverhältnisse es zulassen. Im Haupttunnel, wo der Sohlenbeton möglichst rasch eingebracht wird, können die Absteckungsfixpunkte genau in der Achse versichert werden. Es ist wesentlich, dass sie dort zu liegen kommen, weil die Detailabsteckung für den Tunnelausbau so normalisiert werden kann.

Die Ergebnisse der «Absteckung» (das heisst der Kontrolle der von der Unternehmung ausgeführten Vermessungsarbeiten) werden durch die mit der Vermessung beauftragte Ingenieurgemeinschaft den Beteiligten in Form von Protokollen mitgeteilt.

Nach dem Ausbruch von ungefähr drei Vierteln des vorauseilenden Sicherheitsstollens werden mit allen verfügbaren Beobachtungen der «Absteckung» (durch das eine Partnerbüro) und der «Absteckungskontrolle» (durch das andere) verbesserte Absteckungsresultate für beide Vortriebe durch Ausgleichung ermittelt. Ziel dieser Ausgleichung ist, das bevorstehende Durchschlagsresultat für den Sicherheitsstollen zu verbessern.

Nach dem Durchschlag des Sicherheitsstollens werden die beiden Absteckungssysteme Nord und Süd (nach Erhebung der Durchschlagsergebnisse) durch Gesamtausgleichung zusammengeschlossen. Hierauf wird es möglich sein, den nachfolgenden Vortrieb des Strassentunnels praktisch fehlerfrei aufeinander zu führen.

Vergleiche der Gotthard-Tunnelvermessungen

In Bild 5 sind die drei für die Absteckung des Tunnels durch den St. Gotthard gemessenen geodätischen Grundlagen zum Vergleich nebeneinander dargestellt.

Ing. *Gelpke* beobachtete 1869 sein Netz, bestehend aus 14 Punkten, in zwei Monaten. Die Winkel wurden 24mal repetiert. Es ergab sich ein mittlerer Winkelfehler von ungefähr $\pm 6^{cc}$ (Sekunden neuer Teilung). Für den Massstab seines Netzes hat er in der Ebene von Andermatt eine Basis gemessen und diese trigonometrisch auf eine seiner Netzseiten übertragen.

1872 sah sich die Bauleitung des Eisenbahntunnels veranlasst, die Achse des Tunnels zu verschieben. Deshalb und weil sie für die Absteckung eines so ungewöhnlich langen Tunnels ganz sicher sein wollte, hat sie 1872 Ing. *Koppe* beauftragt, eine weitere, von der ersten möglichst unabhängige Abstekkungsgrundlage zu schaffen. Auf den 12 Stationen führte er Satzmessungen aus. Das Netz ist streng nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen worden. Koppe hat die Ergebnisse mit denjenigen von Gelpke verglichen. Die Abweichungen bei den wesentlichen Richtungen betrugen weniger als 9^{cc}. Damit war die Sicherheit der beiden Grundlagen für die Absteckung des Tunnels gewährleistet.

Beim Durchschlag des Eisenbahntunnels Göschenen–Airolo im Jahre 1880, dessen Absteckung unter Tag von Ing. Koppe besorgt worden ist, ergaben sich Abweichungen in der Richtung von 30 cm und in der Höhe von 5 cm, ein ganz ausgezeichnetes Resultat. Hingegen betrug der Längenfehler 7,10 m. Dieser Unterschied ergab sich aus dem Verhalten der verwendeten 5-m-Holzlatten bei wechselnder Luftfeuchtigkeit; diese verhielten sich trotz Eichung nicht stabil.

Die für die Absteckung des Strassentunnels ausgeführte Messanlage weist bedeutend mehr Mess-Stationen auf als die frühern Netze, nämlich 33 Punkte. Die grosse Zahl ergab sich aus der Notwendigkeit, neben dem Nord- und Südportal noch an sechs Stellen Schächte einmessen zu müssen, wovon jetzt vier gebaut werden. Die Feldarbeiten sind 1967 in zwei Monaten ausgeführt worden, wobei die Vorteile der Motorisierung, von Seilbahntransporten und leistungsfähigeren Instrumenten bei gleichem Aufwand eine wesentlich grössere Zahl von Messresultaten ergeben hat, was der neuesten Grundlagenvermessung die gewünschte Sicherheit für die Absteckung gibt. Die mittleren Fehler der Richtungsmittel, berechnet aus den Stationsausgleichungen, lagen zwischen $\pm 1^{cc}$ und 2^{cc}. Der mittlere Richtungsfehler nach der Gesamtausgleichung des neuesten Netzes beträgt $\pm 3.6^{cc}$, während dasjenige von Koppe einen solchen von $\pm 3.1^{cc}$ aufwies.

Die erzielten Ergebnisse der oberirdischen Vermessung erfüllen alle Bedürfnisse für die Absteckung unter Tag. Auch im neuen Netz ist bewusst, wie schon von Koppe, der praktisch bedeutungslose Einfluss der Lotabweichungen nicht berücksichtigt worden. Die vorhandenen Lotabweichungen und der Einfluss von Seitenrefraktionen, allfällig hervorgerufen durch eine gestörte Atmosphäre, sowie die Restfehler an den verwendeten Instrumenten werden Gegenstand späterer wissenschaftlicher Ermittlungen sein.

Weitere Anwendungen der neuesten Gotthard-Strassentunnelvermessung

Die Eidg. Landestopographie und die Schweiz Geodätische Kommission sind im Zusammenhang mit dieser neuen Vermessung an folgendem interessiert:

a) Überprüfung des Massstabes unserer Landestriangulation in der Gotthard-Region

b) Überprüfung des Landesnivellementes zwischen Airolo und Göschenen

Auf Veranlassung von Prof. Dr. h.c. *F. Kobold,* Zürich, der von der Bauherrschaft als Experte für die Tunnelabstekkung bezeichnet worden ist, sind mit den Beobachtungen für das Absteckungsnetz bereits Messungen nach den Punkten Bäzberg, Stock und Piz Badus und zusätzliche Höhenwinkelbeobachtungen vorgenommen worden.

Nach dem Durchschlag des Strassentunnels, aber vor dessen Inbetriebnahme soll längs der abgesteckten, einwandfrei versicherten Achse mit elektronischen Distanzmessgeräten die genaue Länge zwischen den Portalpunkten gemessen und diese in Beziehung zum Triangulationsnetz 1. Ordnung gebracht werden.

Das Präzisionsnivellement über den St. Gotthard, welches soeben durch die Eidg. Landestopographie neu gemessen worden ist, kann in einem tiefer gelegenen Horizont durch den Strassentunnel hindurch geprüft werden.

Diese weitern genauen Untersuchungen, die während oder nach Abschluss der eigentlichen Absteckung für die Landesvermessung auszuführen sind, bilden eine ausgezeichnete Grundlage für Deformationsmessungen im fertigen Bauwerk. Es wird, sofern geeignete Massnahmen schon während des Baues getroffen werden, wohl zum ersten Male möglich sein, vollständige Informationen über die Verschiebungen und Veränderungen in Profilen oder in der Längsachse eines Alpentunnels zu erhalten.

Literaturverzeichnis

– *Felix Moeschlin:* «Wir durchbohren den Gotthard». Büchergilde Gutenberg, Band 1 Zürich, 1947, Band 2 Zürich, 1949

– Prof. Dr. Ing. *F. Kobold,* Zürich: «Über den St.-Gotthard-Pass und die Absteckung des neuen Strassentunnels». Kurs für Präzisionsvermessungen in der Ingenieur-Geodäsie, Graz 1970

– Prof. Dr. *F. Kobold:* «Altes und Neues zur Tunnelabsteckung durch den St. Gotthard», Festschrift: 50 Jahre Wild Heerbrugg 1921–1971

Adresse des Verfassers: *Walter Schneider,* dipl. Vermessungsing. ETH/SIA, Regierungsplatz 30, 7000 Chur.

Eisenbahntunnel durch die Alpen, Besprechung des Schlussberichtes der Kommission des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes

Von **G. Weber,** Zürich

DK 624.19:656.2.003

1. Einleitung

Der Bericht der Studienkommission, auf den man – besonders die Verfechter der Ostalpenbahnen – so lange gewartet hat, ist im Herbst letzten Jahres erschienen[1]). Er ist sehr umfangreich geworden. Im Bericht sind die ausserordentlich umfangreichen und weitreichenden Studien, Untersuchungen und Projektierungsarbeiten zusammengefasst und besprochen. Text und Bilder sind, trotz des grossen Umfanges, knapp gehalten bzw. sorgfältig ausgewählt worden. Das ganze Problem des Baues einer neuen Alpentransversale ist sehr komplex. Ein gründliches und aufwendiges Studium der Unterlagen ist notwendig, um sich ein eigenes, fundiertes Urteil bilden zu können. Mit einigen Schlagworten oder mit aus der grossen Vielfalt herausgegriffenen Einzelheiten oder Zahlen, wie sie sich für die politische Willensbildung eignen würden, kann man dem Problem nicht gerecht werden. Der ganze Bericht hat denn auch auf politischer Ebene kaum ein Echo ausgelöst, sieht man von den wenigen, aber lautstarken Verfechtern bestimmter, regional als wichtig betrachteter Transitbahnvorschlägen ab.

[1]) **Eisenbahntunnel durch die Alpen.** Schlussbericht der *Kommission des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes.* 102 S. mit 17 Abb. und 28 Tabellen. Dokumentationsanhang: Band 1: Projekte für den Aus- und Neubau von Alpenbahnen. Bericht der *Arbeitsgruppe 1,* mit 110 Tafeln. Band 2: Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf den Alpentransitlinien sowie Prognose des Schienenverkehrs in der Schweiz in den Jahren 1990 und (T). Bericht der *Arbeitsgruppe 2,* mit 31 Abb. und einer Tabelle im Anhang. Band 3: Das Ostalpenbahnversprechen. Rechtsgutachten von *W. Oswald.* 28 S. Bern 1971, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale. Preis 72 Fr.

Dieses Abseitsstehen der breiten Öffentlichkeit ist verständlich. Es geht darum, den Schweizerischen Bundesbahnen eine Kapazitätslücke zu schliessen, die noch nicht vorhanden und erst für wenige sichtbar ist. Sie wird erst in einigen Jahren auftreten – man spricht von 1983. Den Schweizer wird diese Kapazitätslücke in den wenigsten Fällen stark stören, denn sie betrifft hauptsächlich den Transitverkehr Nord–Süd und die Finanzlage der SBB, die zum Glück heute selten mehr zum Politikum hochgespielt wird. Das Denken im europäischen Rahmen – in diesen stellt sich der Bau einer neuen Transitlinie – ist bei uns noch nicht allgemein üblich.

Es ist uns ein Anliegen, diesen Bericht einem breiteren, technisch interessierten Kreis vorzustellen. Eine Zusammenfassung des an sich schon zusammenfassenden Schlussberichtes ist dabei nicht möglich. Es soll versucht werden, einige Linien nachzuzeichnen und zum sorgfältigen Studium des Berichtes einzuladen. Dieses Studium ist für alle diejenigen unumgänglich, die sich in die Diskussion um die richtige Lösung einschalten wollen oder müssen.

2. Die Voraussetzungen

Das Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement hat im November 1963 eine Expertenkommission zur Prüfung der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten eingesetzt, damit unsere Bahnen den stark zunehmenden Transitgüterverkehr der Gotthard- und Lötschberglinien auch in Zukunft bewältigen können. Die Schweiz ist an der Erhaltung eines bedeutenden und wenn möglich steigenden Transitverkehrs insbesondere aus folgenden Gründen interessiert: