

Zeitschrift: Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) =
Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))
Band: 73-F (1975)
Heft: 3-4: Prof. Dr. F. Kobold zum 70. Geburtstag

Artikel: Über die Absteckung des Tauern- und Gleinalmtunnels
Autor: Rinner, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-227530>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

firmen übertragen worden. Wie mir vor kurzem von Seite des Auftraggebers mitgeteilt wurde, stimmen die Folgemessungen mit den aus der Tunneltriangulierung errechneten Werten bestens überein.

Adresse des Verfassers

o. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. F. Hauer, Vorstand des Institutes für allgemeine Geodäsie der Technischen Hochschule Wien, Gusshausstrasse 27-29, A-1040 Wien

Über die Absteckung des Tauern- und Gleinalmtunnels

K. Rinner, Graz

1. Allgemeine Bemerkungen

Vermessungsarbeiten für die Absteckung eines Tunnels gehören auch heute zu den schönsten und verantwortungsvollsten Aufgaben der geodätischen Praxis. Zwar wird durch neue Mess- und Rechenhilfsmittel die Arbeit erleichtert und das Risiko des Durchschlages ist geringer als früher. Die Anforderungen an die Genauigkeit des Durchschlages sind jedoch grösser, die Messbedingungen schwieriger und der für Arbeiten im Tunnel verfügbare Zeitraum geringer geworden. Der Vermessungsingenieur hat in der Regel wohl genügend Zeit für die Schaffung der grundlegenden Lage- und Höhenetze. Er hat auch den Vorteil, hierfür ausser Theodolitrichtungen, Laser- und Mikrowellenentfernungen sowie Kreisrichtungen messen zu können. Für die Berechnung stehen ihm Computerprogramme für eine strenge Ausgleichung sowie für die Abschätzung der Durchschlagsgenauigkeit und der Auswirkung von systematischen Fehlern (Lotabweichung, Refraktion), zur Verfügung. Ausserdem kann er die Netzform und die Anordnung der Messgrößen optimieren. Er ist daher in der Lage, die Auswirkung seiner Messanordnungen auf das erwartete Ergebnis besser abzuschätzen als bisher.

Absteckungsarbeiten im Tunnel müssen hingegen unter den erschwerten Bedingungen eines durchlaufenden Mehrschicht-Baubetriebes ausgeführt werden. Für Hauptkontrollen stehen immer nur sehr knapp bemessene Abgangszeiten zu hohen Feiertagen (Weihnachten, Ostern) zur Verfügung. Die Sichten im Tunnel sind meist kurz, weil aus fahrdynamischen und Sicherheitsgründen Tunnels mehrfach gekrümmt sind. Beim Vortrieb von Richtstollen mit kleinem Querschnitt treten deshalb immer Probleme der Seitenrefraktion auf.

In der Folge wird über Verfahren und Erfahrungen bei der Absteckung von zwei Autobahntunnels in Österreich berichtet.

2. Absteckung des Tauern- und Gleinalmtunnels

In den letzten Jahren wurden unter Leitung des Verfassers Vermessungsarbeiten für den Vollausschub des 6,3 km langen Tauerntunnels und eines Sondierstollens des 8,3 km langen Gleinalmtunnels ausgeführt. Für beide Tunnels ist der Durchschlag Anfang 1974 erfolgt. Der Tauerntunnel wird bereits befahren, im Gleinalmtunnel ist der Vollausschub im Gange.

In der Folge wird über die bei diesen Arbeiten angewendeten Verfahren und die gewonnenen Erfahrungen berichtet.

Tauerntunnel

Der Tauerntunnel der Autobahn Salzburg-Villach verbindet unter einem bis 2600 m aufsteigenden Gebirge im Niveau 1300 m die Flachau mit dem Zederhaustal.

Lehrkanzel für Landesvermessung und Photogrammetrie, TH in Graz
o. Prof. Dr. Karl Rinner

Tauerntunnel Absteckungsnetz

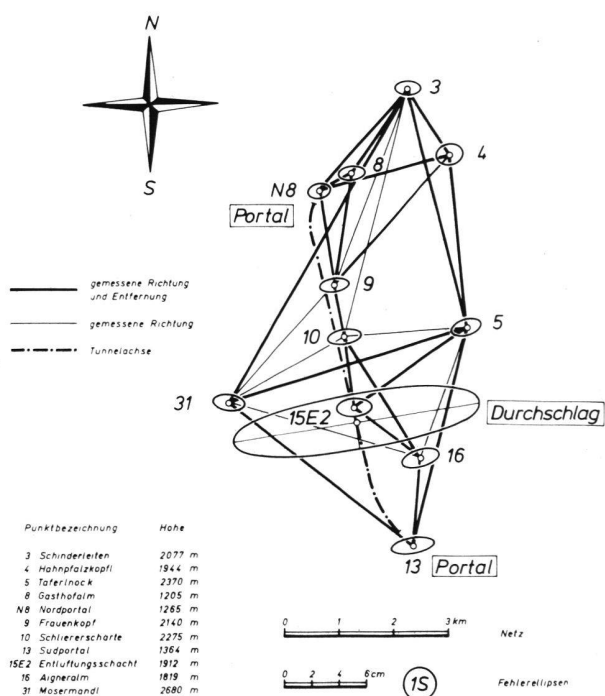


Abbildung 1a

Er wurde im Vollausschub gebaut und 1975 dem Verkehr übergeben. Die ersten Absteckungsunterlagen wurden 1966 mit Hilfe eines lokalen, an die Landesvermessung angeschlossenen kombinierten Netzes ermittelt. Da im Baufortschritt auf Grund geologischer und finanzieller Situationen Schwierigkeiten auftraten und Veränderungen der Ausgangspunkte nicht ausgeschlossen werden konnten, wurde 1971 ein neues Netz (Kontrollnetz) ausgewählt, das Teile des ersten Netzes und zusätzlich einen Polygonzug über Tag zur Festlegung eines Schachtpunktes enthält. Für dieses in Fig. 1a dargestellte Netz wurden die Winkel mit Sekundentheodoliten (Wild T 3, Kern DKM 3 A), die Entfernungen mit Laserlicht (Geodimeter 8) gemessen.

Tauerntunnel

Reduziertes Netz

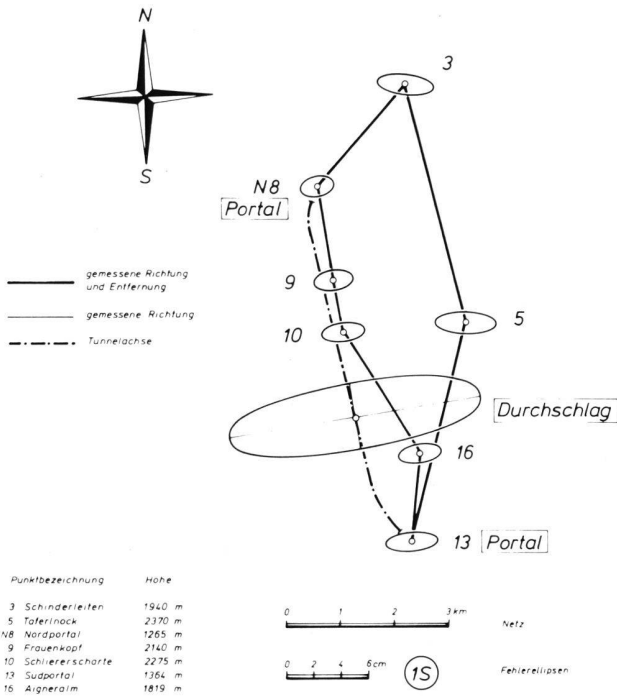


Abbildung 1b

Das 43 Übereinstimmungen enthaltende Netz wurde mit der Annahme $m_R = \pm 5^{\text{cc}}$, $m_S = \pm (5 + S_{\text{km}} \cdot 10^{-6})$ mm nach der inneren Fehlertheorie ausgeglichen. Der mittlere Punktlagefehler betrug $m_P = \pm 8$ mm, die Fehlerellipsen der Netzpunkte liegen innerhalb einer Einschillingmünze, die grösste Halbachse erreicht 9 mm. In die Berechnung wurden auch die Absteckpolygone zum Durchschlagspunkt einbezogen, so dass für diesen die mittlere Fehlerellipse und Längsfehler m_L und Querfehler m_Q berechnet werden konnten. Hiefür wurden die Werte $m_L = \pm 20$ mm, $m_Q = \pm 90$ mm erhalten. Die Fehlerellipsen sind in Fig. 1a dargestellt.

Um zu prüfen, ob das Netz noch weiter reduziert werden kann, wurde daraus ein geschlossener Polygonzug ausgewählt und unter den gleichen Bedingungen ausgeglichen. Das reduzierte Netz und die erhaltenen Fehlerellipsen sind in Fig. 1b dargestellt. Der mittlere Punktlagefehler ist auf ± 23 mm angestiegen, die Durchschlagsfehler haben sich nur geringfügig in $m_L = \pm 23$ mm und $m_Q = \pm 94$ mm, geändert. Daraus folgt, dass die Messung des übergeordneten Netzes unter der Voraussetzung rein zufälliger Messfehler nicht notwendig war.

Kontrollen erfolgten bei Vortriebslängen von 270 m, 500 m, 1800 m und 3400 m im Norden und 500 m und 1800 m im Süden. Bei jeder Kontrolle wurden die Portalpunkte und die Anschlussrichtungen mit Hilfe eines vom Grundnetz abgeleiteten Portalnetzes überprüft.

Die Vortriebskontrolle erfolgte durch zwei zwangszentrierte, verschränkt geführte Polygonzüge, deren Zentrierelemente gemessen wurden. Die Winkelmessung wurde mit Sekundentheodoliten, die Entfernungsmessung mit Laserlicht ausgeführt. Die Messergebnisse wurden mehrfach durch Refraktionseinflüsse um Beträge bis 50^{cc} verfälscht, weshalb die aus beiden Polygonzügen folgenden Ergebnisse zum Teil starke Abweichungen zeigten. Da jedoch keine eindeutige theoretische Erklärung der Refraktionswirkung möglich war, wurden die abweichenden Ergebnisse gemittelt.

Der im Jänner 1975 erfolgte Durchschlag führte zu den Durchschlagsfehlern $m_L = \pm 63$ mm, $m_Q = \pm 42$ mm, $m_H = \pm 39$ mm. Ein Vergleich mit den geschätzten Werten zeigt, dass der Längsfehler grösser, der Querfehler aber um die Hälfte kleiner ist.

Nach dem Durchschlag wurde in gleicher Weise wie bei den Vortriebskontrollen ein Doppelpolygonzug durch den 6,3 km langen Tunnel gemessen und an die Portalpunkte und Miren angeschlossen. Dabei ergab sich eine Längsabweichung von ± 6 mm, eine Querabweichung von ± 64 mm und ein Höhenfehler von ± 30 mm.

Bei dieser Kontrolle wurden für 14 Seiten des Polygons auch Azimute mit einem MOM-Kreisel bestimmt. Dabei folgten für zehn Seiten Abweichungen gegenüber den Theodolitrichtungen im Intervall $(-14$ bis $+11)^{\text{cc}}$ mit einem mittleren Fehler von $\pm 3^{\text{cc}}$. Für vier Seiten waren die Abweichungen wesentlich grösser und lagen im Intervall $(-40$ bis $-60)^{\text{cc}}$, wobei keine Ursache für die scheinbare Systematik gefunden werden konnte. Möglicherweise lag ein Bedienungsfehler vor, weil der Kreisel erstmals verwendet wurde.

Über die Arbeiten wurden dreizehn technische Berichte verfasst, welche bei der Tauern-Autobahn AG vorliegen.

Gleinalmtunnel

Der 8,3 km lange Gleinalmtunnel ist ein Teil der Pyhrnautobahn Graz-Linz und verbindet unter der 2000 m hohen Gleinalpe in 800 m Höhe das enge, stark bewaldete Kleintal mit dem breiteren Lainsachtal. Die Tunnelachse ist mehrfach gekrümmt und führt durch festen Granitgneis. Vor dem Vollaussbruch wurde ein Sondierstollen mit einem Querschnitt von 9 m² von beiden Portalen in der Bauzeit von etwa einem Jahr ausgebrochen. Gleichzeitig wurde auch der Bau von zwei Entlüftungsschächten begonnen.

Als Grundlage für die Absteckung des Sondierstollens und der Schächte wurde (1972) ein wegen der engen, bewaldeten Täler recht kompliziertes Richtungs- und Streckennetz erkundet (Fig. 2a). Um Einblick in seine Leistung zu erhalten, wurde diesem ein idealisiertes Modellnetz nach Fig. 2b zugeordnet und hiefür nach Ergänzung durch die von den Portalen zum Durchschlagspunkt führenden Absteckpolygone die Berechnung der Fehlerellipsen und Durchschlagsfehler ausgeführt. Mit den Annahmen $m_R = \pm 5^{\text{cc}}$, $m_S = \pm (5 + S_{\text{km}} \cdot 10^{-6})$ mm wurden ein mittlerer Punktlagefehler $m_P = \pm 28$ mm und die Durchschlagsfehler $m_L =$

Gleinalmtunnel Absteckungsnetz

Pkt. Nr.	Höhe
R14/1	872 m
R44	1280 m
SS	1140 m
R45	1238 m
R17	1784 m
R18	1685 m
R43	1605 m
KT2Ex	1822 m
R42	1757 m
R19	1603 m
KT166Ex1	1673 m
KT6Ex	1640 m
R41	1345 m
NS	1085 m
R21	865 m
N1	1002 m
R22/1	808 m
N2	926 m
N3	758 m

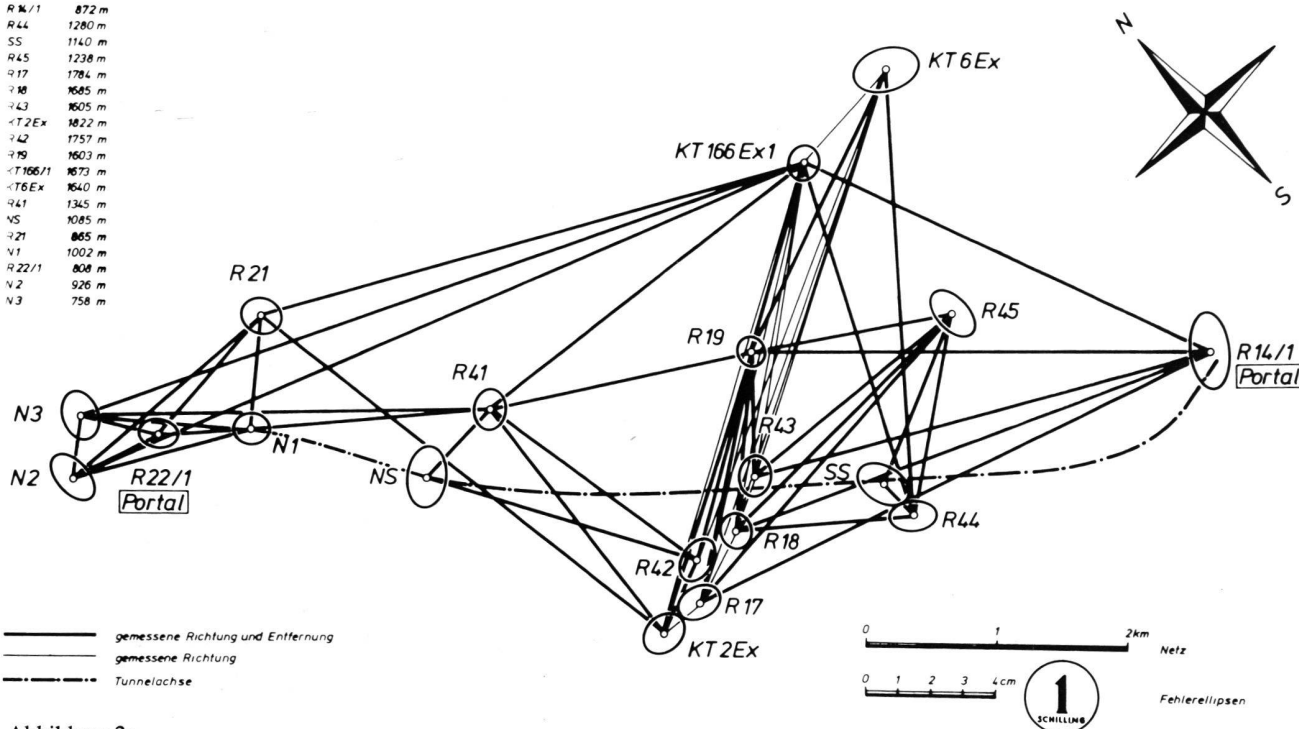


Abbildung 2a

± 29 mm, $m_Q = \pm 131$ mm erhalten. Die Fehlerellipsen sind in Fig. 2b eingetragen.

Für das erkundete Netz (Fig. 2a) wurden die Richtungen mit Sekundentheodoliten, die Seiten mit Laserlicht (Geodimeter 8) gemessen. Die Ausgleichung aller Daten, davon 108 überschüssige, ergab mit den gleichen Genauigkeitsansätzen wie beim Modellnetz den mittleren Punktfehler $m_P = \pm 9$ mm und Fehlerellipsen, deren Achsen im Durchschnitt 6 mm und maximal 12 mm lang sind (also wiederum innerhalb einer Einschillingmünze liegen). Die Abschätzung der Durchschlagsfehler konnte nicht ausgeführt werden, weil durch die grosse Zahl der Netz- und Polygonpunkte die Kapazität des Computers überschritten wurde. Jedoch kann aus dem Vergleich der Fehlerellipsen der Netzpunkte gefolgert werden, dass auch die Durchschlagsfehler unterhalb der für das Modellnetz erhaltenen Werte liegen werden. Das ohne Zwang ausgeglichene Netz wurde formtreu in das System der Landesaufnahme transformiert, damit die Netzpunkte gemeinsam mit den Punkten der Landesaufnahme für weitere Aufgaben des Autobahnbaues verwendet werden können.

Die Höhen der Portalpunkte wurden (von Prof. Hubeny) mit Hilfe von Stichzügen durch Präzisionsnivellement von den Festpunkten der Landesaufnahme abgeleitet. Zusätzlich wurde der Höhenunterschied zwischen den Portalpunkten aus einem, dem Lagenetz zugeordneten trigonometrischen Netz und durch ein, über das Gebirge geführtes trigonometrisches Nivellement ermittelt. Da die Ergebnisse innerhalb eines Intervalls von

± 50 mm lagen, wurden die Ergebnisse des Nivellements für die weiteren Messungen verwendet.

Die Hauptkontrollen für den Vortrieb erfolgten im Nord- und Südstollen bei Vortriebslängen von 100 m, 500 m, 1000 m und in der Folge in Abständen von 1000 m. Bei jeder Kontrolle wurden erst die Portalpunkte und Anschlussrichtungen mit Hilfe von Portalnetzen überprüft. Von den Portalpunkten wurden zwei verschränkte Polygonzüge über die vermarkten Tunnelfestpunkte gemessen und ihre gegenseitigen Zentrier-elemente bestimmt. Wegen der Krümmung der Tunneltrasse und dem kleinen Querschnitt des Sondierstollens ergaben sich vielfach kurze und refraktionsgestörte Sichten. Durch geeignete Anordnung der beiden Polygonzüge war es möglich, einzelne Refraktions-einflüsse aufzudecken, es gelang aber nicht plausible Erklärungen und Theorien hierfür zu finden. Deshalb wurden die aus beiden Zügen erhaltenen Ergebnisse immer gemittelt, auch wenn starke Abweichungen vorlagen. Das Ziel, die Polygonzüge jeder Kontrolle über die gleichen Festpunkte zu führen, wurde wegen Verstellung von Sichten oder Zerstörung von Punkten nicht immer erreicht. Der Durchschlag erfolgte ein Jahr nach dem Anschlag (Januar 1974). Die nach dem Beispiel der Vortriebskontrollen durch Messung eines Doppelzuges und eines Nivellements von Portal zu Portal ausgeführte Endkontrolle ergab die Durchschlagsfehler $m_L = \pm 110$ mm, $m_Q = \pm 50$ mm, $m_H = \pm 30$ mm.

Der Längsfehler liegt wie beim Tauerntunnel über der

Gleinalmtunnel Reduziertes Netz

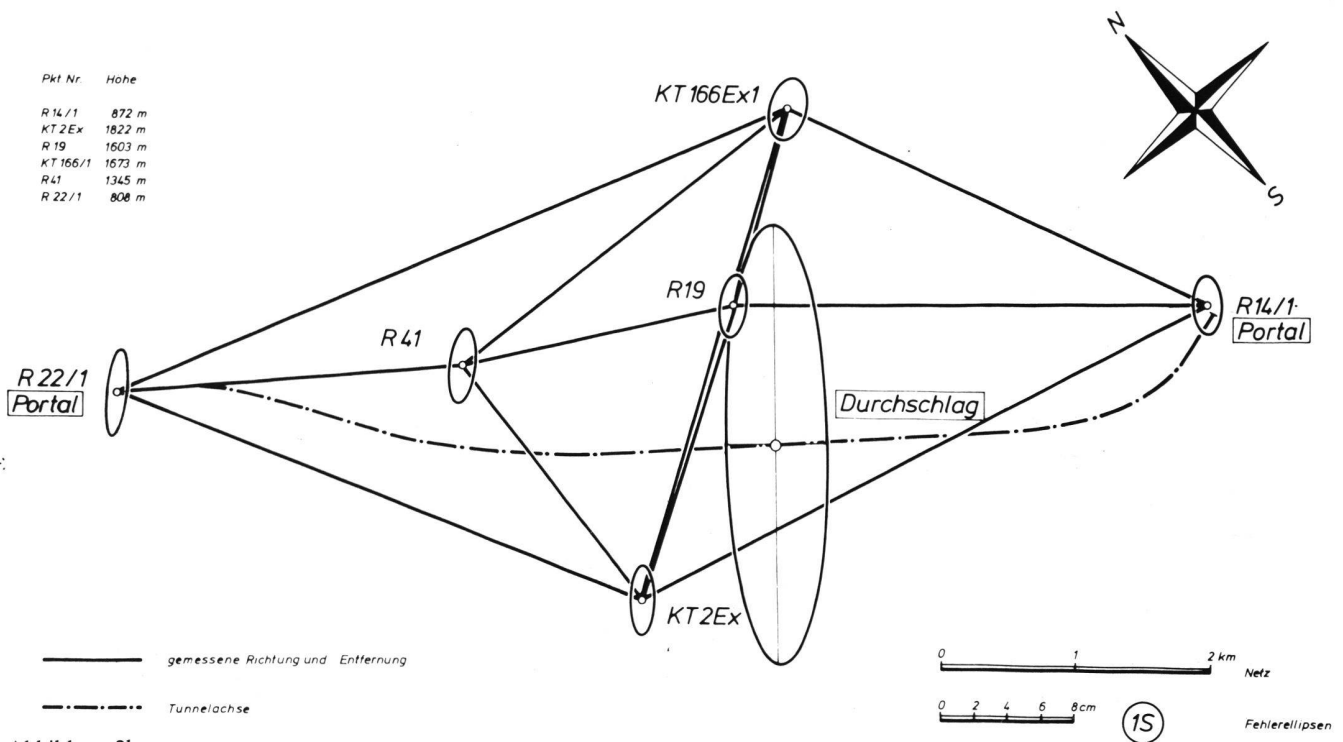


Abbildung 2b

Schätzung, der Querfehler aber ist um die Hälfte geringer.

Für 20 Seiten des Stollenpolygons wurden Kreiselrichtungen (mit einem MOM-Kreisel) gemessen. Der Vergleich mit den aus dem Polygonzug folgenden Richtungen ergab zufällig verteilte Unterschiede im Intervall $(-44 \text{ bis } +29)^\circ$ mit einem mittleren Fehler von $\pm 5^\circ$. Eine Diskussion der Differenzen führte zur Lokalisierung eines Refraktionseffektes von 50° einer etwa 500 m vom Südportal entfernten Seite.

Bei der Endkontrolle wurden verlorengegangene Punkte des Absteckpolygons wiederhergestellt, vermarktet und versichert. Die Punkte dieses Polygons sind Anschlusspunkte für die von den Portalen erfolgende Absteckung des Hauptstollens.

Die Absteckung und Steuerung der Baumaschinen erfolgt für den Vollaussbruch durch Laserstrahlen. Die an der Tunnelwand angebrachten Stand- und Zielpunkte der Laser werden von den Punkten des Hauptpolygons koordiniert. Für jeden Laserstrahler werden horizontale und vertikale Stichmasse zur Achse berechnet und in Absteckplänen mitgeteilt. Der Vortrieb wird durch Doppelpolygonzüge kontrolliert, welche von den Portalpunkten ausgehen und an die Festpunkte des Sondierstollens angeschlossen werden.

Über die Vermessungsarbeiten für den Bau des Sondierstollens wurden bisher 26 technische Berichte der Gleinalm-Autobahn AG (GABAG) übergeben.

3. Zusammenfassung

Aus den vorhergehenden Berechnungen und den geschilderten Erfahrungen beim Tauern- und Glein-

almtunnel folgen einige Hinweise, welche bei künftigen Absteckungsarbeiten von Tunnels von Nutzen sein können.

- Die numerische Optimierung der Leistung eines erkundeten Entwurfes und die Untersuchung der Auswirkung von Messanordnungen auf den zu erwartenden Durchschlagsfehler sollen in jedem Fall ausgeführt werden. Dies kann mit jedem leistungsfähigen Ausgleichsprogramm an einem mittleren Computer erfolgen und führt zu einem Einblick in die Wirtschaftlichkeit der vorgesehenen Messungen.

- Aus den gewonnenen Erfahrungen kann angenommen werden, dass bisher der messtechnische Aufwand für die Anlage kombinierter Tunnelnetze im allgemeinen zu gross ist. In vielen Fällen kann die geforderte Absteckgenauigkeit auch durch kontrollierte Polygonzüge erreicht werden.

- Bei der Absteckung im Tunnel sind in der Regel grosse Refraktionseinflüsse wirksam. Zur Ausschaltung derselben müssen Kontrollen durch verschränkte doppelte Polygonzüge oder Kreiselazimute vorgesehen werden. Ausserdem sollen alle folgenden Kontrollen über die Festpunkte der vorhergehenden Kontrolle geführt werden.

- Jede Kontrollmessung der Absteckung muss von den Portalpunkten ausgehen. Die Richtigkeit der Portalpunkte und Anschlussrichtungen soll durch Portalnetze überprüft werden, welche vom Tunnelnetz abgeleitet sind. Kontrollen des Vortriebes sollen im Abstand von 100 m, 500m, 1000 m und dann in Intervallen von je 1000 m Vortriebslänge ausgeführt werden.

● Die ausschliessliche Verwendung von Kreiselmessungen für die Absteckung von Tunnels kann noch nicht empfohlen werden. Jedoch sollen für einzelne Seiten sogenannte Stützazimute (Richtung und Gegenrichtung) bestimmt werden. Um die Fortpflanzung von Refraktionsfehlern abzustoppen, sollen diese Seiten vor oder nach dem refraktionsgefährdeten Tunnelteil ausgewählt werden.

● Die bisher geltende Faustregel, dass bei sorgsamer Messung und Berechnung der Querfehler des Durchschlages unter ± 1 cm/km Tunnellänge liegt, stellt bei Benutzung moderner Methoden eine obere Grenze dar.

● Um Einblick in die Auswirkungen der Lotabweichung zu gewinnen, wird empfohlen, anhand von Modellen und praktischen Beispielen Untersuchungen durchzuführen. Ausserdem soll die Struktur der Atmosphäre im Tunnel untersucht werden mit dem Ziel,

durch zusätzliche meteorologische Messungen Modellatmosphären zu bilden und mit diesen die Seitenrefraktionen rechnerisch erfassen.

Literatur

- [1] *Elmiger, A.*: Stollenabsteckungen mit Geodätischen Polygonzügen und Vergleich mit der Methode der Triangulation, Schw. Z. f. V. K. u. Ph. 1965 (S. 314–330, S. 336–344).
 [2] *Rinner, K., und Löschner, F.*: Über die Vermessungsarbeiten bei den Tunnels der Transalpin-Pipeline (TAL) Triest–Ingolstadt. Veröffentlichung des Geodätischen Institutes der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Nr. 14, Aachen 1970 (S. 33–123).

Adresse des Verfassers

o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. ing. E. h. Karl Rinner,
 Institut für Landesvermessung und Photogrammetrie,
 Technische Hochschule, Graz

Geodätische Arbeiten bei der Einrichtung eines Strahlführungssystems

von K. Gerke, H. Pelzer und B. Ritter, Braunschweig

Zusammenfassung

Es wird über die geodätischen Arbeiten beim Bau und bei der Einrichtung des Messplatzes für Neutronendosimetrie der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig berichtet, insbesondere über die Setzungsbeobachtungen des Gebäudes sowie über die Messungen für das Strahlführungssystem und dessen Justierung.

1. Das Projekt «Neutronendosimetrie» der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig

Durch die Realisierung des Projektes Neutronendosimetrie [1] wird die PTB eine Beschleunigeranlage erhalten, die es ermöglicht neben den vielfältigen Aufgaben die mit dem Forschungs- und Messreaktor bisher bearbeitet werden, auch Experimente auf dem Gebiet der Neutronendosimetrie und der allgemeinen Messtechnik schneller Neutronen durchzuführen.

Das folgende Arbeitsprogramm ist vorgesehen worden:

1. Entwicklung von Verfahren zur Messung von Neutronenflussdichte, Neutronenenergie, Energiedosis und Äquivalentdosis für Neutronen.
2. Erzeugung von Neutronenfeldern mit bekannten Eigenschaften, in denen Neutronendetektoren und -dosimeter kalibriert werden können.
3. Messung von Wirkungsquerschnitten neutronenproduzierender und neutroneninduzierter Prozesse für die Grundlagenforschung.
4. Wechselwirkung von Neutronen und der von Neutronen erzeugter Sekundärstrahlung mit Materie.

Zur Bearbeitung dieses Programms müssen monoenergetische Neutronen im Energiebereich von einigen keV bis zu 30 MeV erzeugt werden können und für Messungen zur Verfügung stehen. Mit einem einzigen Beschleuniger lassen sich diese Forderungen nicht erfüllen, so

dass die Wahl auf eine kombinierte Anlage aus zwei Beschleunigern fiel. Die Anlage besteht aus einem im Kellergeschoss auf einem Schwenkarm montierten Isochron-Kompakt-Zyklotron für den Bereich höherer Primärstrahlenergien und einem einstufigen, horizontal-montierten Van-de-Graaff-Generator für den niedrigen Energiebereich (Abb. 1).

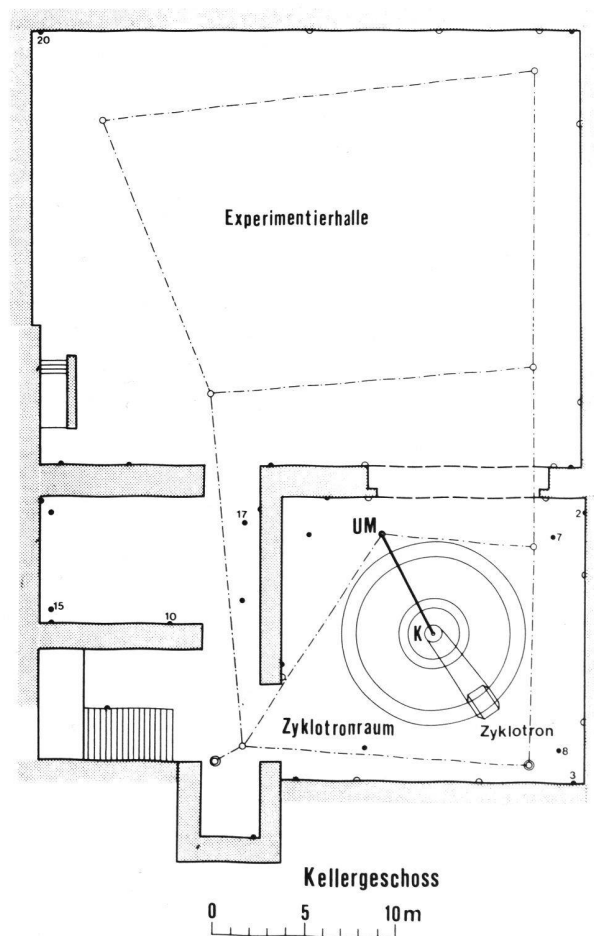


Abbildung 1 Bauwerk und Grundlagennetz