Zeitschrift: Pestalozzi-Kalender
Herausgeber: Pro Juventute
Band: 57 (1964)
Heft: [1]: Schülerinnen

Rubrik: Wie ein Tunnel abgesteckt wird

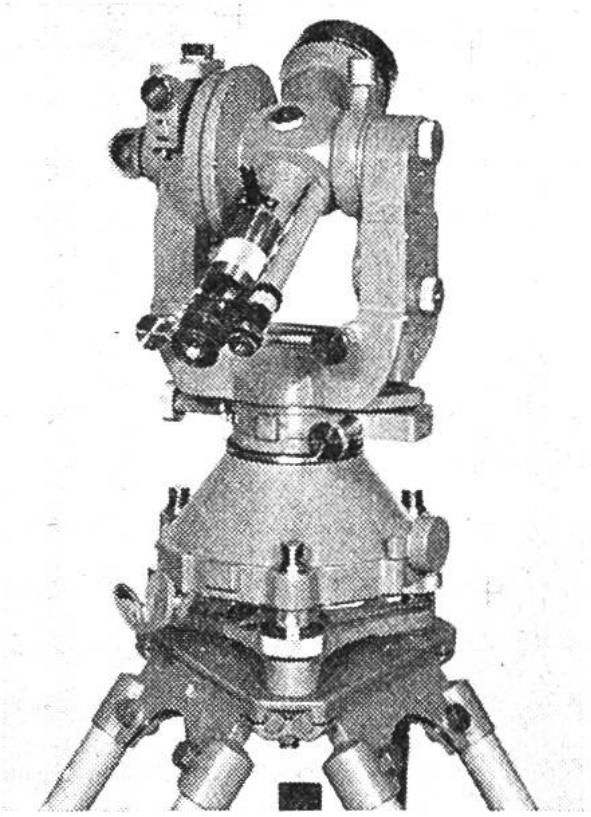
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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: 14.07.2025

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



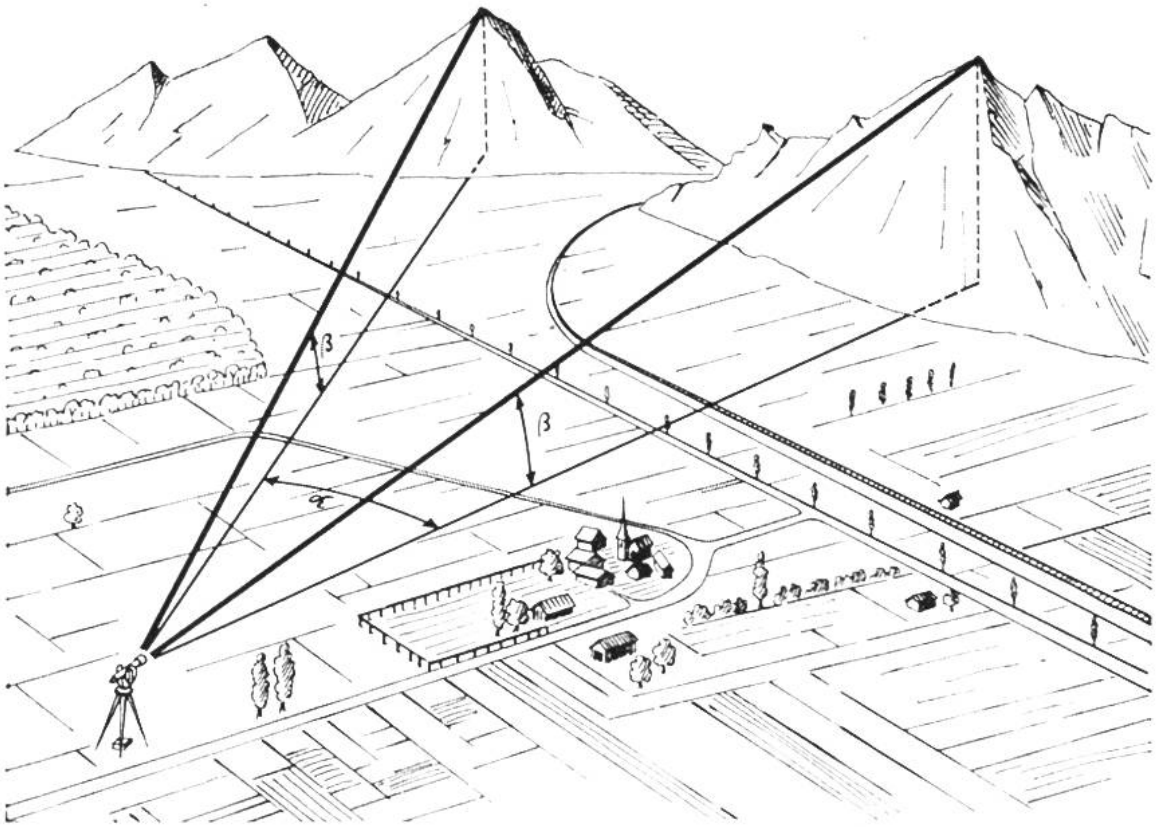
Präzisionstheodolit.

WIE EIN TUNNEL ABGESTECKT WIRD

Sicher habt ihr euch schon gefragt, wie man einen Tunnel absteckt, der ja meistens von zwei oder mehr Stellen her ins Berginnere vorgetrieben wird. Die Genauigkeit des Zusammentreffens ist beträchtlich; bei Tunnellängen von 5–10 km kann man die Richtung ungefähr auf einen Dezimeter genau angeben, die Höhe unter Umständen sogar auf einen Zentimeter. Um das zu erklären, wollen wir zuerst einmal die Instrumente kennenlernen, mit denen man so exakt messen kann. Da ist zuerst

der Theodolit

Er ist das wichtigste Instrument, das in der Geodäsie, d. h. in der Erdmessung, verwendet wird. Er besitzt ein Fernrohr mit 20- bis 40facher Vergrösserung, welches sich um eine horizontale Achse kippen lässt. An einer Winkelteilung kann hierbei der Höhenwinkel abgelesen werden, der angibt, um welchen Betrag das Fernrohr und damit die Ziellinie geneigt ist. Das Ganze lässt sich noch um eine senkrechte Stehachse drehen; damit können auch

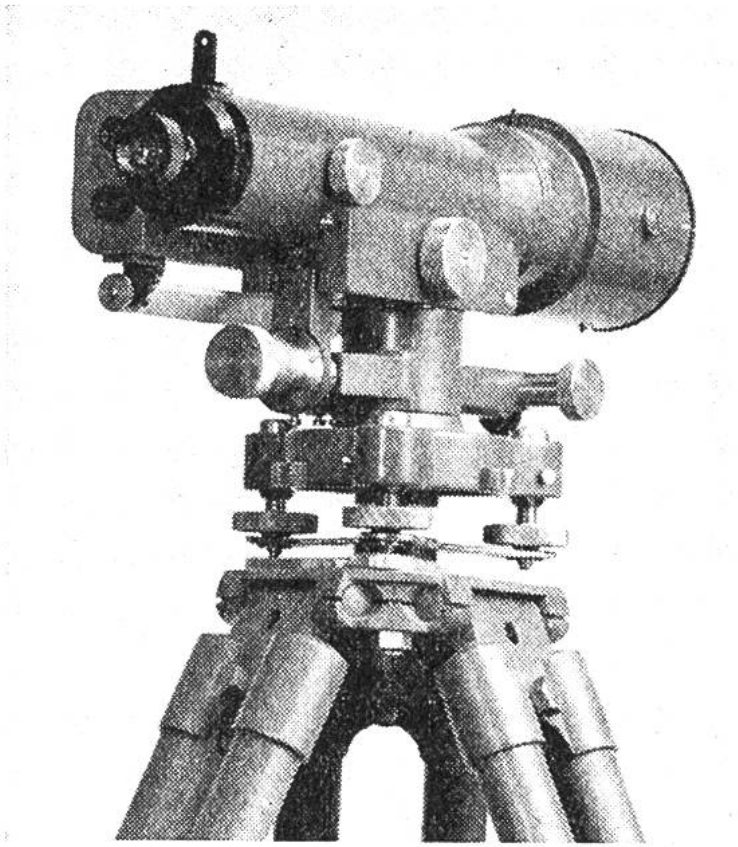


Schematische Darstellung der Winkelmessung.
α = Horizontalwinkel, β = Höhenwinkel.

die Horizontalwinkel gemessen werden. Es sind dies die gleichen Winkel, die man z. B. in einer Karte erhält, wenn darin der Instrumentenstandort mit den entsprechenden Zielpunkten gradlinig verbunden wird.
Die gemessenen Winkel sind nun aber viel genauer als irgendeine Konstruktion auf Papier. Eine präzise Lagebestimmung muss also mit Zahlen berechnet werden; man nennt dies die Trigonometrie. Die Genauigkeit ist so gross, dass im Abstand von einem Kilometer noch eine Zielpunktverschiebung von weniger als 1 Zentimeter festgestellt werden kann.

Das Nivellierinstrument

Im Gegensatz zum Theodoliten kann dessen Fernrohr nicht mehr nach oben und unten gekippt, sondern nur noch um eine Stehachse nach rechts und links gedreht werden. Mit Hilfe einer Röhrenlibelle wird es stets genau horizontal gerichtet; damit kann man an einer senkrechten Latte, die auf verschiedene Punkte gestellt wird, direkt deren Höhenunterschiede bestimmen (siehe Figur). Es können auch den Tälern entlang Höhenzüge sehr genau gemessen werden. Man stellt hiezu eine Latte auf den Aus-



Nivellierinstrument.

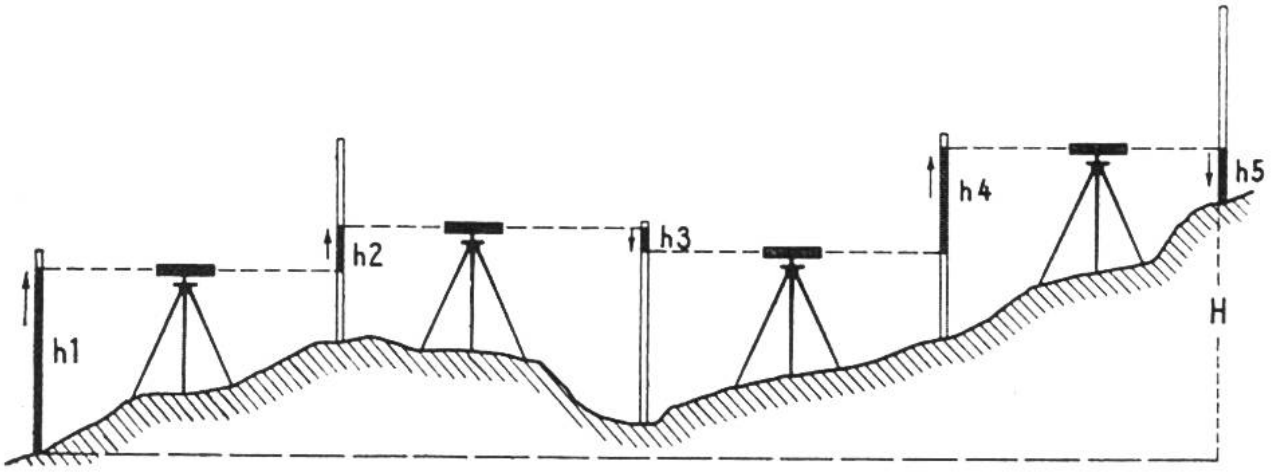
gangspunkt; in einem Abstand von höchstens 40–50 m wird das Instrument aufgestellt, und im gleichen Abstand nach vorn kommt noch eine 2. Latte. Sind die Ablesungen an diesen Latten gemacht, so können das Instrument und die hintere Latte nach vorne gebracht werden; die gleiche Operation wird dann wiederholt, wobei die anfänglich vordere Latte gedreht und nun zur hinteren wird. Die höchsten Genauigkeiten, die man auf diese Weise erzielt, erlauben es, auf 1 km Distanz noch Höhenunterschiede von 1 mm festzustellen.

Wir kommen nun zu den Messungen, die zu einem Tunnelbau notwendig sind. Zuerst müssen natürlich zwei Punkte bei den beiden Portalen genau bestimmt werden; dies erfolgt mit Hilfe der Winkelmessung am Theodoliten. Man nennt dies die

Triangulation

Ein Dreieck ist bekanntlich gegeben, wenn eine Seitenlänge und zwei Winkel bekannt sind; auf irgendeiner der drei Seiten lassen sich weitere Dreiecke bestimmen, von denen nur noch je 2 Winkel gegeben sein müssen. Im Gelände brauchen wir also nur *eine Strecke* genau zu messen; alles andere lässt sich durch die einfachere Winkelmessung bestimmen.

Nun haben wir in der Schweiz bereits ein Fixpunktnetz von ca. 70000 Triangulationspunkten, welche auf diese Weise bestimmt



Prinzip der Höhenmessung mit Nivellierinstrument (Optische Treppe). $H = h_1 + h_2 - h_3 + h_4 - h_5$.

worden sind. Für weitere Vermessungen muss nur noch an diese angeschlossen werden. Bei einem Tunnel, wo eine hohe Genauigkeit verlangt wird, überprüft man durch neue Winkelmessungen noch, ob sich die Fixpunkte seit ihrer Bestimmung nicht verändert haben.

Im Kartenausschnitt S. 266/67 ist ein solches Triangulationsnetz eingetragen. Man sieht dort, dass mehr Messungen gemacht wurden, als für eine einfache Berechnung notwendig sind. Mit diesen «überschüssigen» Richtungen sichert man sich gegen grobe Fehler; anderseits erhöht man durch Mittelbildung aus allen Messungen die Genauigkeit.

Hat man auf diese Weise die gegenseitige Lage der Portalpunkte bestimmt, so wird mit Hilfe des Nivellements auch noch die Höhe ermittelt. Unter Umständen liegt aber zwischen den beiden Tunneleingängen eine hohe Bergkette; in diesem Falle wird mit Hilfe der Höhenwinkel der Höhenunterschied errechnet.

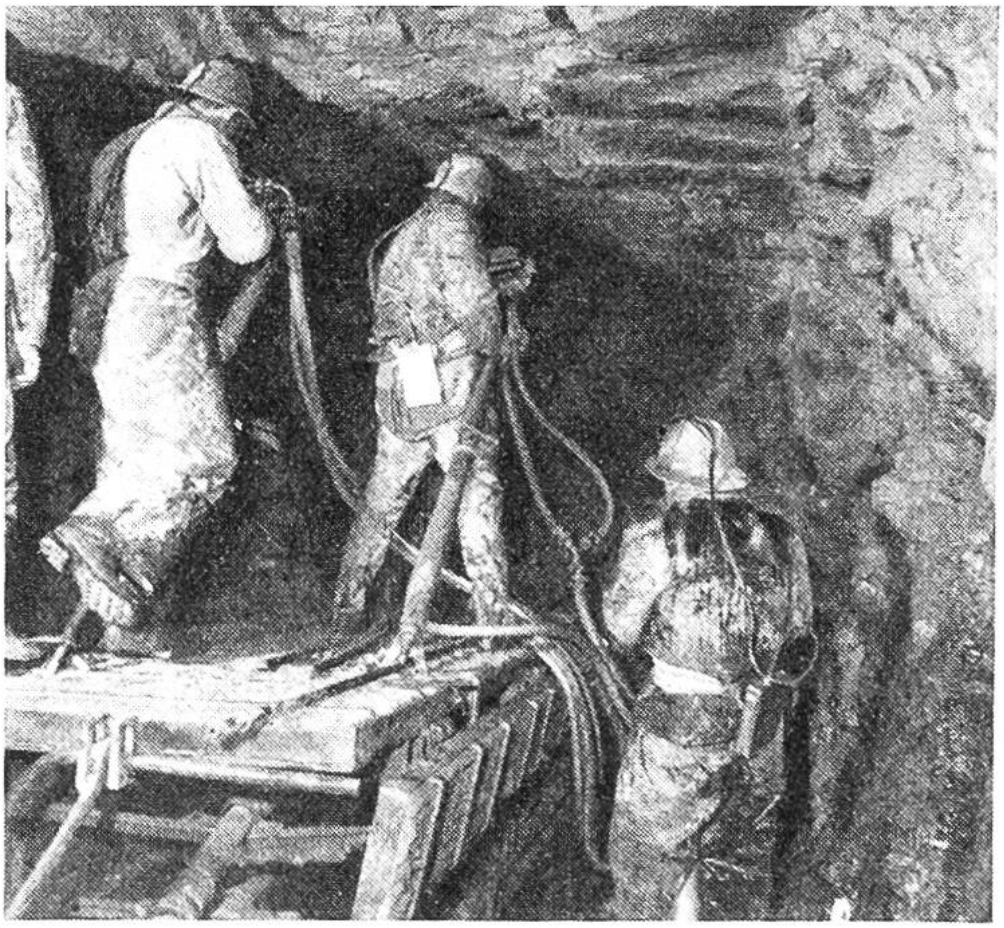
Die wichtigen Portalpunkte, auf denen sich die ganze Tunnel-Vermessung aufbaut, müssen nun gegen Verlust während des Bauvorganges gesichert werden. Es fahren hier unzählige mit Ausbruchmaterial schwer beladene Züge durch, grosse Baumaschinen fahren ein und aus, so dass es meist notwendig ist, an einer sicheren, wenig abseits liegenden Stelle einen 2. Punkt einzumessen. Mit dem Theodoliten wird dann die berechnete Tunnelrichtung angegeben, so dass die ersten Bauarbeiten beginnen können. Ist der Vortriebsstollen ca. 200 m lang, so wird daselbst ein weiterer Fixpunkt eingelassen. Es ist dies in der Regel ein Loch-

Triangulationssignal auf Berggipfel.

bolzen, über dem man das Instrument ganz genau zentrieren kann. In Abständen von 200–500 m werden weitere solche Punkte in der Tunnelachse festgelegt. Diese müssen sicherheitshalber mindestens unter zwei Malen genau eingemessen werden, und zwar durch eine

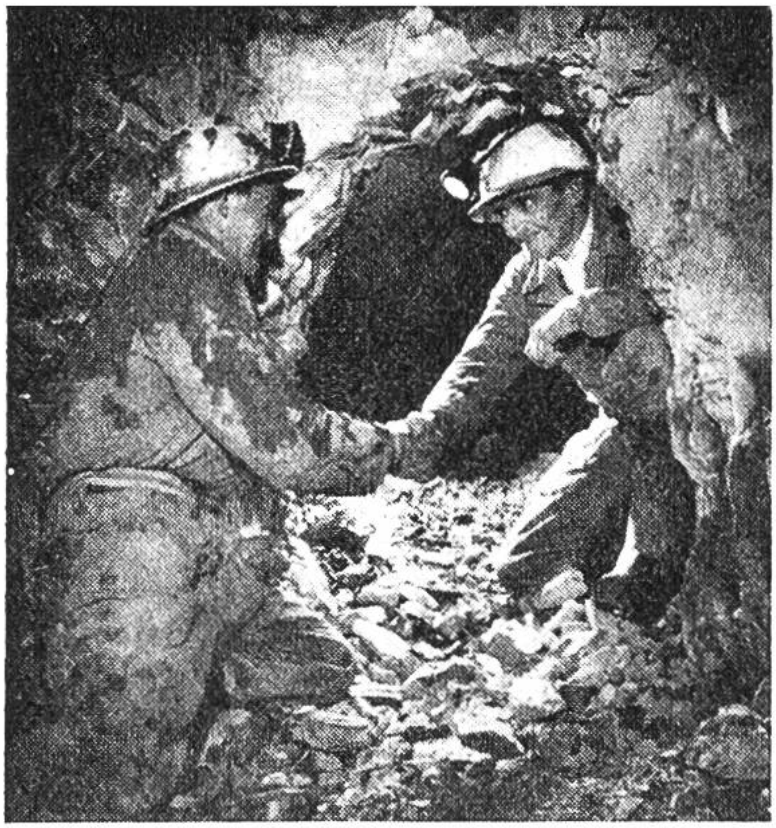
Polygonierung

Dieses Wort besagt, dass auf jedem Punkt der Winkel zu den nächstliegenden Punkten gemessen wird, wozu auch noch die Zwischendistanzen kommen. Diese Winkel sind nun in einem geraden Tunnel gestreckt, d. h. 200^{G} (wir rechnen nämlich mit Neu-Graden, von denen 100 einen rechten Winkel bilden). Trotzdem erhält man bei den Nachmessungen stets noch kleine Abweichungen von diesen 200^{G}, die dann in der Rechnung berücksichtigt werden. Dass hier mit aller Sorgfalt gemessen werden muss, ist wohl allen klar; denn ein einziger Fehler von z. B. 1 cm auf eine Distanz von 200 m multipliziert sich bei der zehnfachen Entfernung bereits auf 10 cm.



Mineure am Bau des Kerenzenbergtunnels.

Etwas weniger schlimm ist es bei der Distanzmessung, wo ein einzelner kleiner Fehler klein bleibt, und beim Durchschlag spielt es ja auch keine so grosse Rolle, ob man sich 10 cm früher oder später trifft. Nur wenn der Tunnel einen starken Bogen macht, so ergibt ein Distanzfehler am Schlusse auch eine seitliche Abweichung. Die Messung erfolgt mit dem Messband, das 30–50 m lang ist. Von den Fixpunkten ausgehend werden in Abständen einer knappen Bandlänge Eisenplatten in die Richtung zum nächsten Punkt gelegt; sie sind mit Punktmarken versehen, zwischen denen die Distanzen gemessen werden. Jedesmal muss die Temperatur des Stahlmessbandes bestimmt und nachher in der Distanzrechnung berücksichtigt werden. Schliesslich muss man darauf achten, dass das Band immer genau gleich stark gezogen wird, da es ja elastisch ist. Wenn die Länge des Bandes bei einem Zug von 10 kg bekannt ist, so wird dieser bei der Messung mit Hilfe einer Federzugwaage hergestellt.

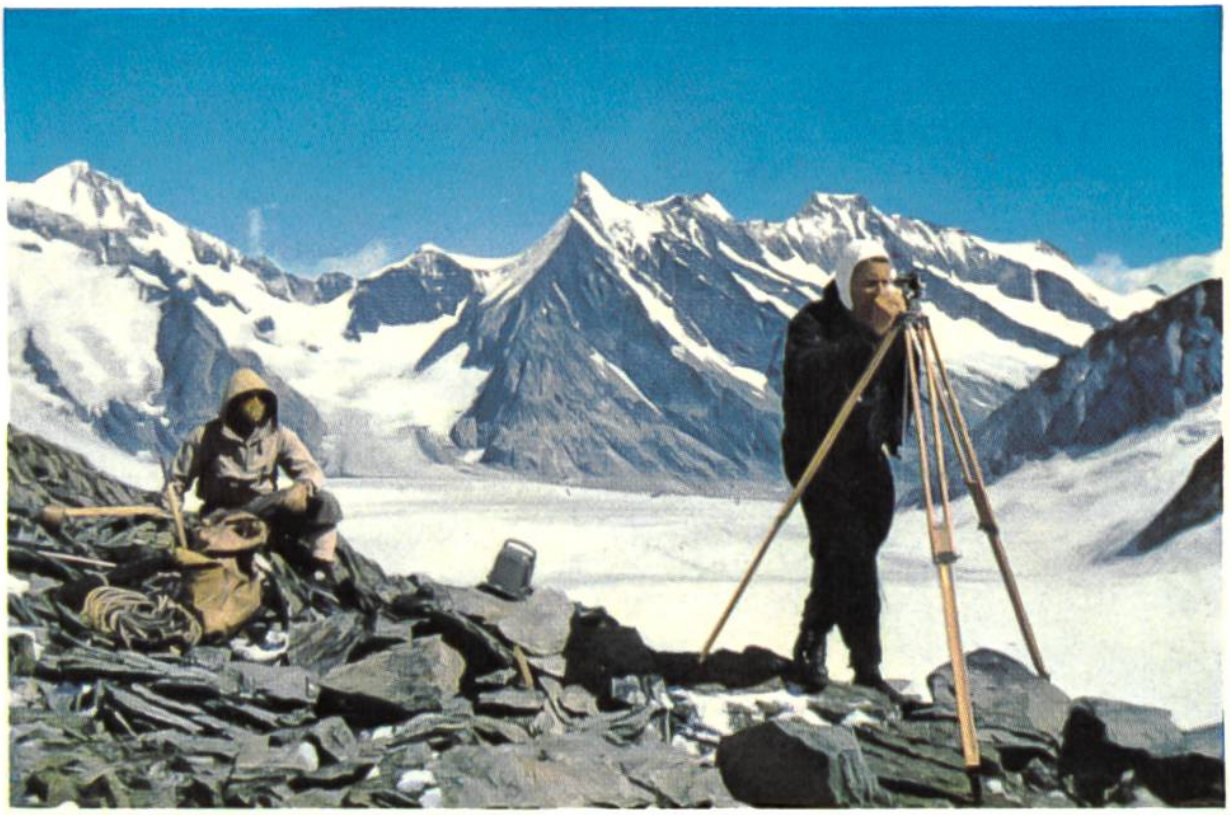


Nach dem Durchschlag.

So werden also Richtung und Distanz bestimmt, und es fehlt nur noch die Höhe, die im Tunnel relativ einfach mit dem Nivellierinstrument gemessen werden kann.

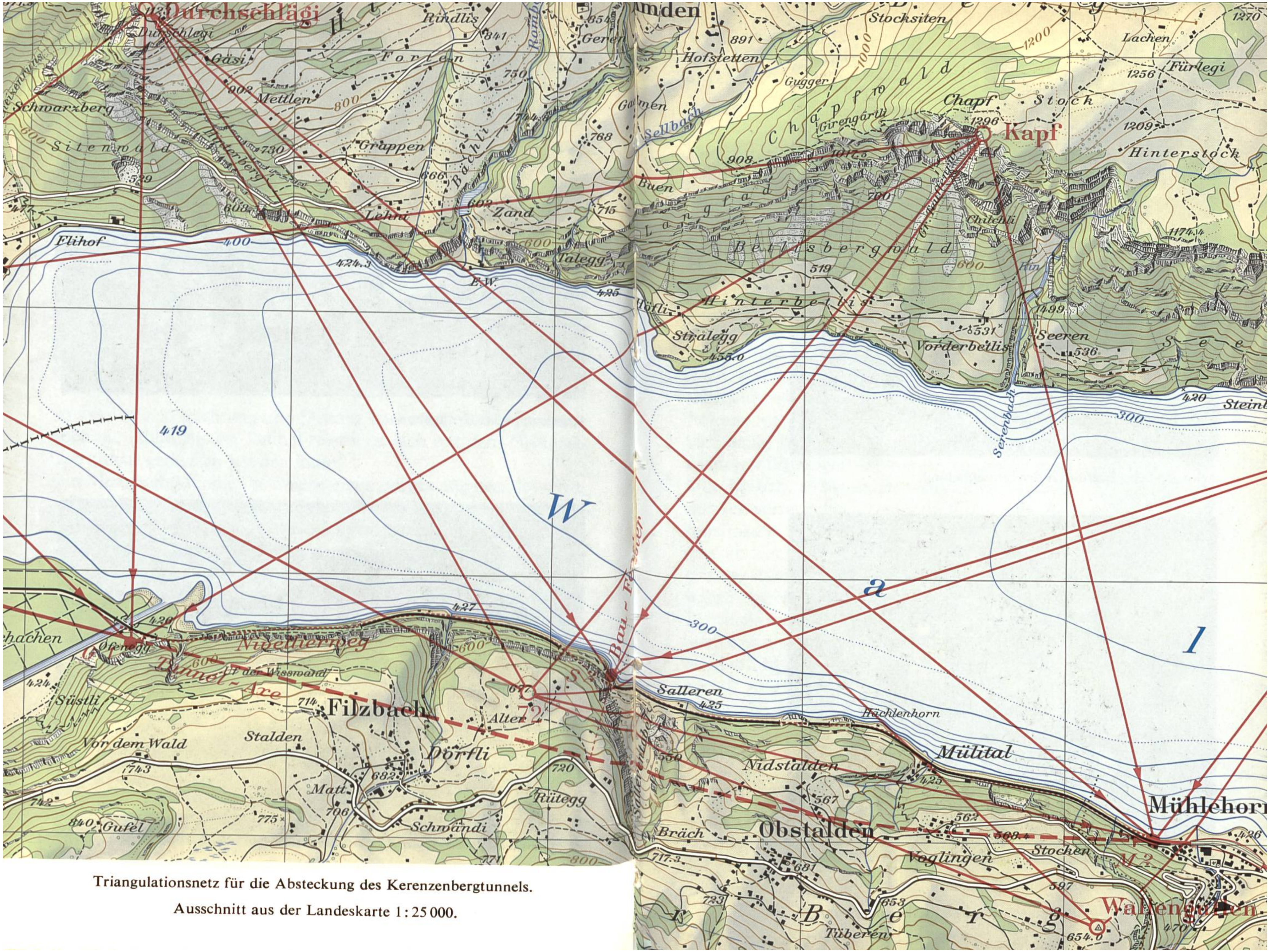
Die Messmethode, die im Innern eines Berges angewendet wird, weist eigentlich keine Besonderheiten auf, wenn man nicht die Umstände berücksichtigt, bei denen gemessen werden muss. Vom Sprengen her hat es fast immer den «Bujang» im Stollen, der nur ganz langsam als Rauchzapfen nach aussen wandert. Die Ventilation bringt nämlich die frische Luft direkt an die Stollenbrust, wo die meisten Arbeiter beschäftigt sind; dadurch wird der übelriechende Rauch langsam durch den ganzen Stollen nach aussen getrieben. Alle Arbeiten müssen ausserdem bei Licht ausgeführt werden, was die Verständigung mit den Messgehilfen, das sind meistens Italiener, ebenfalls erschwert. Die Richtungsmessung über eine längere Strecke kann überhaupt nicht mehr während des Vortriebs ausgeführt werden, so dass man dann eben am Sonntag messen muss.

Ist der Durchschlag einmal erfolgt und kann man sich durch das entstandene Fenster die Hand reichen, so ist jedermann froh; es gibt kaum einen passenderen Anlass, als eben diesen Tag zu feiern.



Messgruppe im Hochgebirge.

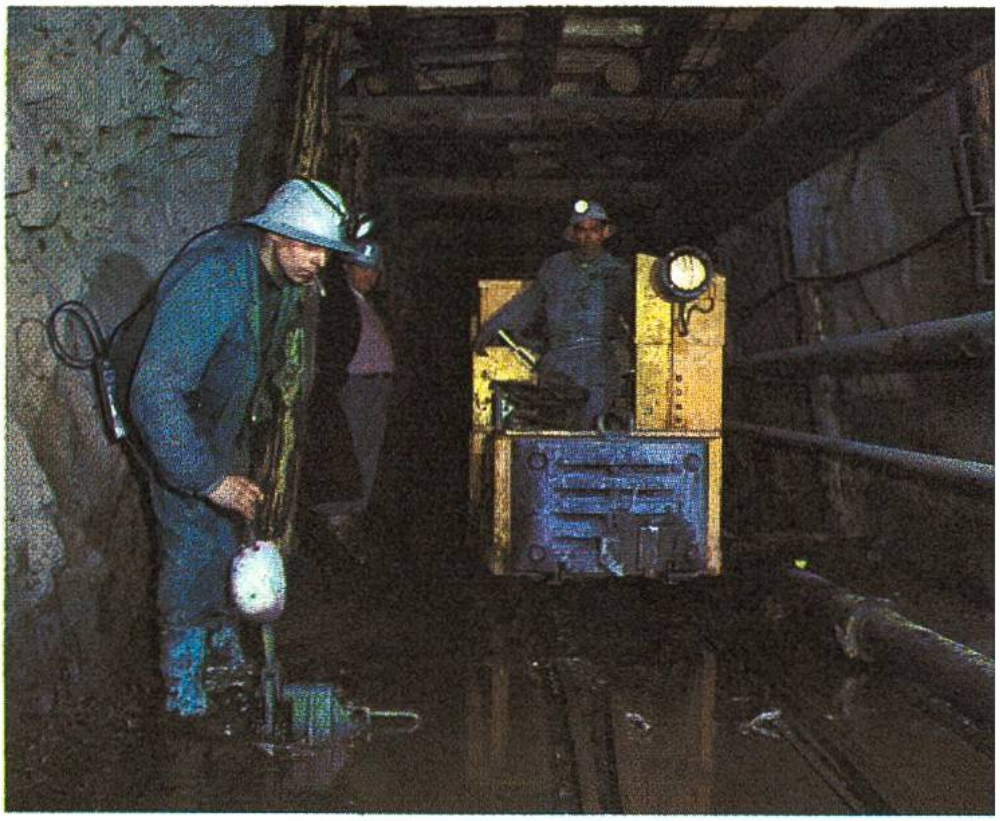
Winkelmessung am Theodolit.



Triangulationsnetz für die Absteckung des Kerenzenbergtunnels.

Ausschnitt aus der Landeskarte 1 : 25 000.

Mineure beim Einführen der Sprengladung.



Traktor der Stollenbahn.