

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	93 (1975)
<b>Heft:</b>	48
<b>Artikel:</b>	Tunnelprofilmessungen beim Bau des Heitersbergtunnels der SBB
<b>Autor:</b>	Matthias, Herbert
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-72883">https://doi.org/10.5169/seals-72883</a>

### 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:** 23.02.2026

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

# Tunnelprofilmessungen beim Bau des Heitersbergtunnels der SBB

Von H. Matthias, Zürich

DK 624.19

Beim Bau des Heitersbergtunnels wurden Profilaufnahmen gemacht. Es wird über die Geräte und die Arbeitsweise berichtet. Diesen Ausführungen sind allgemeine Betrachtungen über Aufgabenstellung und Lösungsmöglichkeiten bei Profilaufnahmen im Untertagebau vorangestellt<sup>1)</sup>.

## Aus dem Inhalt

Die Arbeit enthält folgende Kapitel: Beschreibung des Bauobjektes. Allgemeine Betrachtungen zur Aufnahme von Bauprofilen im Untertagebau: Entwicklungstendenzen, mög-

liche Aufgabenstellungen, Genauigkeitsstufen, Aufnahmetypen und Auswertemöglichkeiten, geforderte Ergebnisse, Besonderheiten des Arbeitsplatzes Untertage. Aufgabenstellungen beim Bau des Heitersbergtunnels. Aufnahmemethode, technische Einzelheiten: Arbeitsprinzip, die Aufnahmekamera, die Massstabblätter, zwei Lichtschnittgeräte, zur Arbeitsweise. Über die Auswertung. Fehlerbetrachtung. Bautechnische Interpretation der Ergebnisse. Schrifttum. Nachstehend werden einige Ausschnitte, die für unsere Leser von Interesse sein dürften, wiedergegeben.

## Entwicklungstendenzen

Der Untertagebau nimmt wesentlich zu. Damit wird auch der Vermessungsfachmann zunehmend mit Arbeiten aus diesem Bereich betraut.

Für die Übertragung von Richtungen, Koordinaten und Höhen unter der Erdoberfläche ist er mit Instrumenten gut ausgerüstet. Es fehlt dagegen die Ausrüstung für die Aufnahme von Querschnitten. Man darf wohl alle Ausrüstungen, mit denen bisher im In- und Ausland derartige Aufgaben gelöst wurden, ohne Übertreibung, als Einzelanfertigungen oder Prototypen bezeichnen; zu kaufen gibt es wohl wenig oder gar nichts Fertiges. Dies wird sich ändern müssen. Die Verschiedenheit der möglichen Aufgabenstellungen und der Arbeitsbedingungen am Einsatzort können dabei *kaum zu einem einzigen Pflichtenheft vereinigt* werden, weil eine einzige Ausrüstungsart nicht genügen würde.

Im Sinne von Anregungen werden nachstehend einige Gedanken über mögliche Aufgabenstellungen, Genauigkeitsstufen, Aufnahmetypen und Auswertemethoden, mögliche gewünschte Ergebnisse und Besonderheiten des Arbeitsplatzes zusammengestellt.

## Mögliche Aufgabenstellungen

- Aufnahmen als Grundlage für die Ermittlung von Kubaturen für die Abrechnung
- Aufnahmen als Grundlage für die richtige Disposition des Innenausbau
- Aufnahmen zur Überprüfung der projektgemäßen Ausführung bezüglich geometrischer Form und Lage

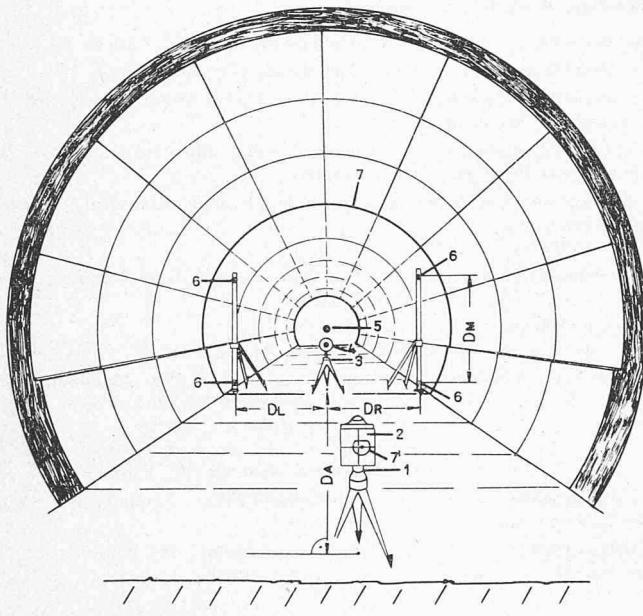
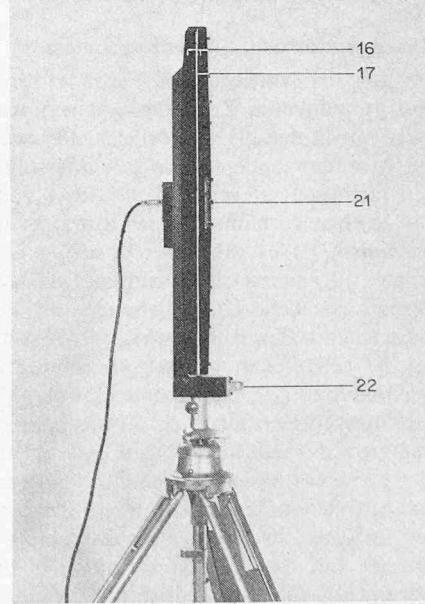
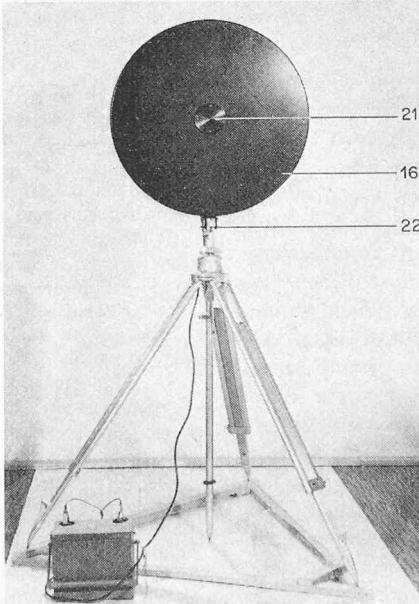
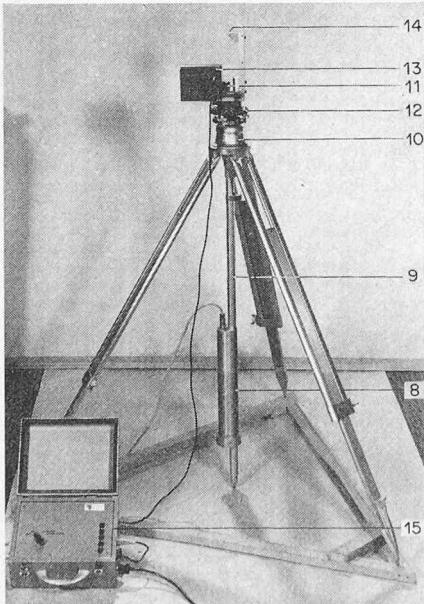


Bild 1. Prinzipskizze

Bild 2. Laserspurprojektor

Bild 3a. Schattenprojektor. Frontansicht

Bild 3b. Schattenprojektor. Seitenansicht



- Deformationsbestimmung der Querschnitte in verschiedenen Bauphasen und nach Abschluss als Beweissicherungsaufnahmen sowie als Grundlage für die Weiterentwicklung der Bemessungs- und Baumethoden
- Periodische Überprüfung der lichten Weite von Bauwerken, die im Betrieb sind sowie, von Fall zu Fall, unmittelbar vor Sondertransporten
- Aufnahme einzelner, diskret angeordneter Querschnitte oder kontinuierliche Aufnahme einer ganzen Strecke.

#### Genauigkeitsstufen

Bestimmung der Profilkoordinaten mit Toleranzen im Sinne des dreifachen mittleren Fehlers von  $\pm 10 \text{ cm}$ ,  $\pm 3 \text{ bis } 5 \text{ cm}$ ,  $\pm 1 \text{ bis } 2 \text{ cm}$ ,  $\pm 1 \text{ mm}$ , und in Ausnahmefällen  $\pm 0,3 \text{ mm}$ .

#### Arbeitsprinzip

##### Erläuterungen zur Prinzipskizze (Bild 1)

Die Messkamera 1 steht in der Nähe der Tunnelachse. Sie wird so aufgestellt, dass die optische Achse des Objektives senkrecht zum aufzunehmenden Profil 7 zeigt, bzw. dass die Bildebene 2 der Kamera eine Vertikalebene ist und parallel zur Profilebene 7 steht. Das Lichtschnittgerät 3 zeichnet mittels der Lichtspur 7 das Profil an das Innengewölbe. Das Bild 7 in der Bildebene 2 ist dann grundsätzlich eine massstäbliche, unverzerrte Verkleinerung der Profilspur 7.

Die Aufnahmeentfernung DA wird nur grob abgesteckt. Um für die Auswertung eindeutige Verhältnisse zu schaffen, ist deshalb die Abbildung mindestens einer Strecke, beispielsweise DL+DR, erforderlich. Es werden aber darüberhinaus zwei Massstabblätter mit je zwei Leuchtpunkten 6 verwendet. Diese Massstabblätter stehen vertikal in der Profilebene. Dadurch sind zwischen entsprechenden Leuchtpunkten 6 an geeigneter Lage im Profil vier Massstabstrecken bekannt, je zweimal die Strecken DM und DL+DR. Das ermöglicht bei der Auswertung einerseits die Vergrößerung in einen beliebigen Massstab und andererseits aber auch eine Entzerrung zur Korrektur allfälliger kleiner Fehler in der Parallelität zwischen Profilebene und Bildebene. In diesem letzteren Fall ist die Bildspur 7 projektiv verzerrt.

Schliesslich ist im Lichtschnittgerät ein Leuchtpunkt 4 angebracht. Dieser wird nach Lage und Höhe gegenüber der Sollachse 5 exakt eingemessen, damit die Auswertung nicht nur die Profilform, sondern auch deren Lage im Bezugssystem ergibt. Zur Kontrolle wird hierzu zudem die Lage und Höhe eines Leuchtpunktes 6 bestimmt. Durchmesser der Lichtspur 7  $\sim 11 \text{ m}$ ; Aufnahmeentfernung DA  $\sim 9 \text{ m}$ ; Objektivbrennweite  $f = 60 \text{ mm}$ . Massstab der Bildspur 7  $\sim 1:1,50$ ; DM = 3,65m; DL+DR  $\sim 7 \text{ m}$ .

#### Lichtschnittgeräte

##### Laserspurprojektor (Bild 2)

In den Zentrierstock eines Kern-Zentrierstativen ist ein Laser 8 eingebaut. Sein Strahl verläuft durch den Stock 9 und den Stativkopf 10 senkrecht nach oben. Hier fällt er auf einen kleinen rotierenden Spiegel 11. Der horizontierbare Dreifuss 12 trägt das Gehäuse 13 mit dem Antriebsmotor und der Spiegelachse. Bei korrekter Justierung des Gerätes spannt der rotierende Laserstrahl eine Vertikalebene auf, die am Gewölbe die gewünschte Lichtspur aufzeichnet. Zudem blitzt immer wieder der Plexiglaswürfel 14 auf und markiert die Tunnelachse. Das Speisegerät 15 zu Laser und Motor kann sowohl an das Wechselstromnetz 220 V oder an Gleichstrom 12 V angeschlossen werden.

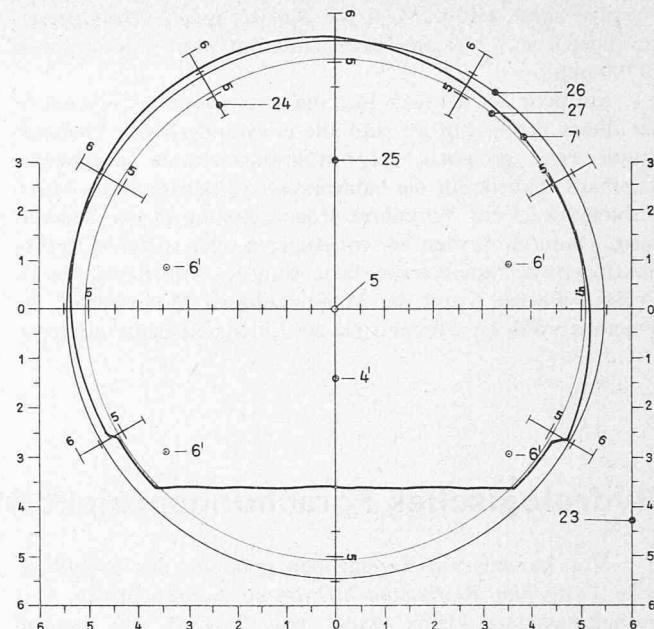


Bild 4. Auswertefolie

##### Schattenprojektor (Bilder 3a und 3b)

Dieser besteht aus zwei kreisrunden, eingebördelten Stahlblechen 16. Zur Vermeidung von Reflexionen sind diese innen schwarz und stark aufgerautet. Der Spalt 17 bildet eine Ebene. Eine Halogenlampe ist im Zentrum so montiert, dass sich deren Wendel in dieser Ebene befindet. Ein Ventilator kühlte die Lampe. Die Halogenlampe projiziert die Kanten des Spaltes 17 mittels zwei sehr stumpfen Schlagschattenkegeln in den Raum. Deren Öffnungswinkel ist abhängig von der Wendelgröße, von der Spaltbreite und vom Durchmesser der Stahlbleche. Das Loch 21 leuchtet auf und markiert die Tunnelachse. Mit der Libelle 22 wird die Spaltebene auf Umschlag vertikal gestellt.

##### Über die Auswertung (Bild 4)

Auf der Photoplatte sind die Lichtspur 7 sowie die Leuchtpunkte 4 und 6 aufgezeichnet. Mit diesen Elementen ist es möglich, den Querschnitt numerisch oder graphisch in einem beliebigen Massstab, wenn erforderlich entzerrt und auf ein übergeordnetes Koordinatensystem bezogen, darzustellen. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten, von denen folgende genannt seien:

1. Photographische Vergrößerung ohne/mit Entzerrung,
2. Mechanische Vergrößerung ohne/mit Entzerrung,
3. Messung der Bildkoordinaten, numerische und/oder grafische Weiterverarbeitung ohne/mit Entzerrung.

Es wurde eine Lösung gewählt, mit der die Auswertung gemäss 2. und 3. möglich ist. Ein photogrammetrisches Auswertegerät (in unserem Fall Wild A8) wird monokular als mechanischer Präzisionspantograph mit Entzerrungsmöglichkeit verwendet. Die Auswertung erfolgt graphisch auf dem mechanisch angeschlossenen Zeichentisch. Bei Bedarf können aber auch die Bildkoordinaten in der Basiswagenebene gemessen und registriert werden.

Die Negativplatte wird – näherungsweise zentriert – in den einen Kamerakorb des Auswertegerätes eingelegt. Einpassteile: Vergrößerungsmassstab grob mit Zahnradgetriebe, Feinabstimmung mit Z-Maschinenkoordinate (Verhältnis von wirksamer Raumlenkerlänge zur Kamerakonstante). Entzerrung mit Längsneigung und Kippung w des einen Kamerakorbes. Technische Angaben: Massstab

Negativ rund 1:150. Massstab Auswertung 1:25. Übersetzungsgetriebe 1:3. Kamerakonstante 150 mm. Z-Koordinate ~300 mm.

Auf dem Zeichentisch liegt die transparente Auswertefolie für dieses Profil. Auf ihr sind alle unveränderlichen Elemente durch eine geeignete Reproduktionsmethode dargestellt: Titelblatt, Tabelle für die bautechnische Interpretation. Massstabeinteilung 23 zur Vornahme jeder Messung in der Auswertung. Dadurch werden bei vorgängigen oder späteren Reproduktionen alle Papierverzüge bedeutungslos. Hilfsmassstäbe 24. Projektsollachse 5 mit der Profilvertikalen 25. Sollprofil 26, Toleranzprofil 27. Ferner sind als Einpasselemente aufgetra-

gen: Leuchtpunkte 4' und 6' oder nur die Massstabstrecken 6'-6'.

Nach der Einpassung wird das Profil 7' mit Deckgelb direkt gezogen, damit die Auswertefolie als solche gut lesbar aber zugleich auch kopierfähig ist.

Auf eine numerische Auswertung und vermessungstechnische Weiterverarbeitung (Entzerrung, Berechnung wahrscheinlichster Querschnittsparameter, Mehr- und Minderflächen, Kubaturen) wurde bisher verzichtet.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Herbert Matthias, ETH Zürich, Hauptgebäude, Leonhardstrasse 33, 8006 Zürich.

## Hydrologisches Forschungsprojekt Rietholzbach

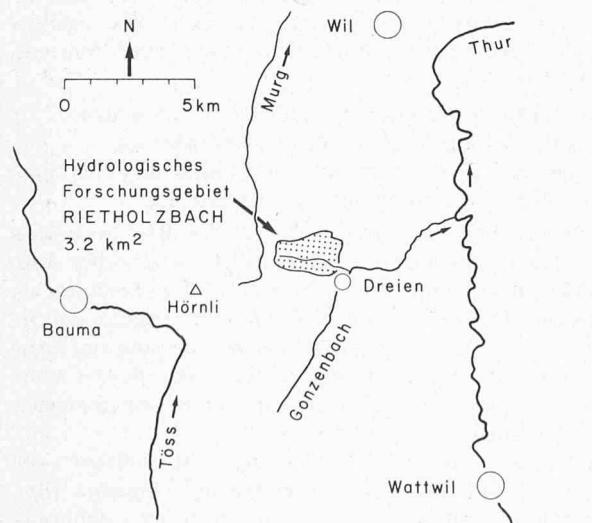
DK 551.49

Vor kurzem war Gelegenheit geboten, das hydrologische Testgebiet Rietholzbach/Hulftegg zu besichtigen. Das verhältnismässig kleine Areal von 2,3 km<sup>2</sup>, seit langem gewünscht und geplant, liess sich erst mit Geld aus dem Nationalfonds, dem Forschungskredit der Eidg. Technischen Hochschule Zürich und der Mithilfe durch das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft verwirklichen. Der Einzugsbereich des Rietholzbaches stellt ein geschlossenes hydrologisches Repräsentativ- und Experimentierfeld dar, worin sich das «Verhalten» von Wasser vom Augenblick des Niederschlags bis zum Abfluss studieren lässt. Besondere Aufmerksamkeit wird der Wasserverdunstung gewidmet. Ferner soll es als Indexgebiet für wasserwirtschaftliche Prognosen in der Schweiz und auch für verbesserte Wasserstandsvoraussagen für das Rheingebiet bis in die Niederlande dienen. Die diesbezüglichen Messungen werden von der Anstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich durchgeführt.

Wasser kommt in der Schweiz immer noch im Überfluss vor: Nicht umsonst spricht man vom «Wasserschloss Schweiz». Bei der Ausbeutung wie der Bewirtschaftung der natürlichen Rohstoffe sind dem Menschen aber Grenzen gesetzt. Er tut gut daran, sich rechtzeitig über die Vorräte,

die Nutzungskapazität und auch über die ökologischen Folgen seiner Eingriffe Rechenschaft abzulegen, um so nicht von der Hand in den Mund oder unter dem Druck sogenannter Sachzwänge handeln zu müssen. Der zunehmende Wasserbedarf macht aber auch bei uns die Planung der optimalen Nutzung der Wasserreserven notwendig. So geht im Hochgebirge etwa ein Zehntel des Niederschlags durch Verdunstung verloren, im Mittelland kann dieser Betrag sogar mehr als die Hälfte ausmachen. Die in den Gletschern und in den natürlichen Seen gespeicherten Vorräte entsprechen etwa dem sechs- bis siebenfachen Jahresabfluss des Rheins bei Basel. Niederschlag in Form von Regen und Schnee, ober- und unterirdischer Abfluss, Änderungen der Wasserkapazität des Bodens, der Seen, der Schneedecke und der Gletscher sowie die Verdunstung bilden die wesentlichen Glieder in der recht komplexen Wasserhaushaltsgleichung.

Es bestehen aber auch Unzulänglichkeiten in der mess-technischen Erfassung dieser Komponenten sowie genaue Kenntnisse der Wasserdynamik. Methodisch werden auf dem Rietholzbachgebiet verschiedene Instrumente geprüft wie diverse Niederschlagsmessgeräte, Instrumente zur Registrierung der Sonneneinstrahlung und der zurückgeworfenen



Situation des hydrologischen Forschungsgebietes Rietholzbach

(Bild rechts) Schematische Darstellung eines wägbaren Lysimeters (Versickerungsanlage) und des Wasserkreislaufes. Beschreibung im Text

