

Vermessung im modernen Tunnelvortrieb

Autor(en): **Andráskay, Ede**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 43

PDF erstellt am: **20.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73477>

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.

Vermessung im modernen Tunnelvortrieb

Bauungenaugkeiten beim Schild- bzw. Fräsvortrieb

Von Ede AndrásKay, Zürich *)

Die Vermessungsarbeiten werden bei einem Tunnelbauvorhaben zumeist stiefmütterlich behandelt. Bauherr, Projektierende und Bauunternehmer zeigen wenig Verständnis für diese Arbeiten. Es wird angenommen, dass die Vermessungs- und Absteckungsarbeiten zur richtigen Zeit, ohne Behinderung der Bauarbeiten und fehlerfrei ausgeführt werden. Wenn die Arbeit des Vermessungsingenieurs in Ordnung ist und der lang erwartete Durchschlag im vorgesehenen Rahmen erfolgt, denkt praktisch niemand mehr an die verantwortungsvolle Aufgabe des Vermessers. Tritt dagegen ein Fehler auf, beginnen grosse Auseinandersetzungen über dessen Ursachen.

Im Gegensatz zur Beachtung nimmt die Bedeutung der Vermessung im modernen Tunnelbau ständig zu, und dies aus folgenden Gründen:

- Immer mehr werden moderne *Vortriebsmaschinen* im Untertagebau eingesetzt. Eine der Charakteristiken dieser Maschinen ist der weitgehend kontinuierliche Vortrieb und die damit verbundene hohe Tagesleistung. Es ist heutzutage nicht mehr aussergewöhnlich, wenn eine Tunnelbohrmaschine in einem Arbeitstag 20-30 m vorstösst. Der momentane Weltrekord beträgt 74 m/Tag. Betrachtet man diese Vortriebsleistungen, erkennt man, wie schnell auch die Absteckung und Kontrolle der Lage der Maschine erfolgen muss. Bei diesen Vortriebsgeschwindigkeiten kann man innert 2-3 Stunden sehr stark von der theoretischen Axe abweichen.
- Bei der heutigen Tendenz, den Tunnelbau möglichst weitgehend zu *mechanisieren*, ist es unumgänglich, den Tunnel

unmittelbar hinter der Ausbruchmaschine zu sichern und fertig zu erstellen. Dies ist die Voraussetzung für den Einsatz grosser leistungsfähiger Baumaschinen. Bei Tunnelbohrmaschinen mit vollautomatischen Spritzbetongeräten (Bild 1) sowie bei Schildvortrieb mit vorgefertigten Elementen aus Stahlbeton (Bild 2), Gusseisen oder Stahl, entsteht das äussere Gewölbe nur wenige Meter hinter der Tunnelbrust.

Diese rasche Erstellung der Tunnelwandung erlaubt aber keine Korrekturen mehr. Das heisst, der entstehende Tunnel einfach muss an der richtigen Lage sein.

Aufgaben

Wir können bei der Vermessung zwei Phasen unterscheiden, nämlich die Arbeiten während der Projektierung und die während der Ausführung des Tunnels.

Die Projektierungsphase

In den seltensten Fällen liegen bei Beginn der Projektierungsarbeiten für den Tunnel umfassende Planunterlagen vor. Deshalb müssen zuerst – parallel mit dem Entwurf eines Projektes – *Situationspläne* in verschiedenen Massstäben erstellt werden. Nebst den Katasterplänen sollten aus den Lageplänen Angaben hervorgehen über *topographische Verhältnisse* und *Werkleitungen*.

Die zweite Aufgabe der Vermessung in der Projektierungsphase ist das *Erstellen eines Grundlagentznetzes für die Tunnelabsteckung*. Das Grundlagentznetz ist notwendig, da die vorhandenen Vermessungsfixpunkte in der Nähe der Portale selten genügende Genauigkeit aufweisen. Bei der Ausführung dieser Grundlagentznetze stellt man immer wieder *deutliche Abwei-*

*) Vortrag, gehalten am «VII. Internationalen Kurs für Ingenieurmessungen hoher Präzision», in Darmstadt (29. September bis 8. Oktober 1976).

Bild 1. Heitersbergtunnel (Los Ost): Fräsvortrieb, Spritzbetonverkleidung

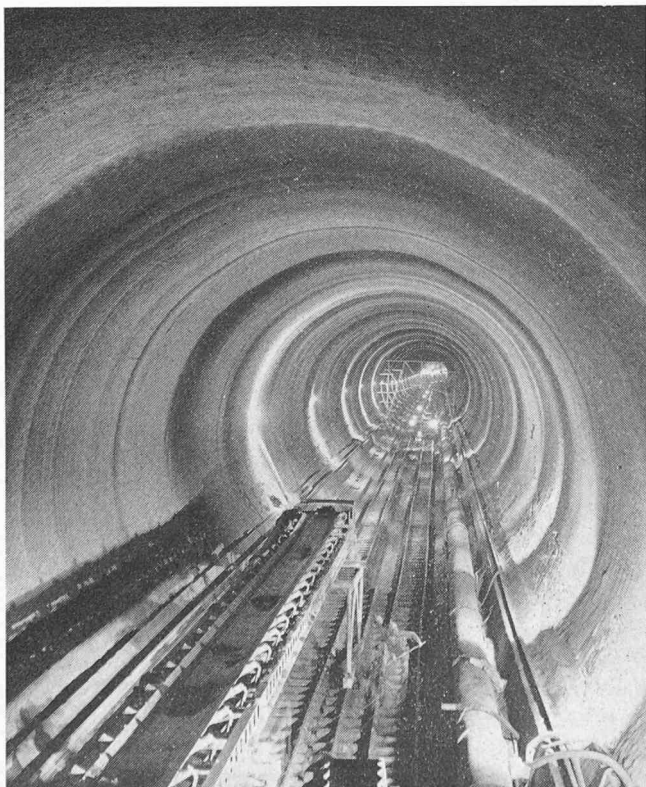
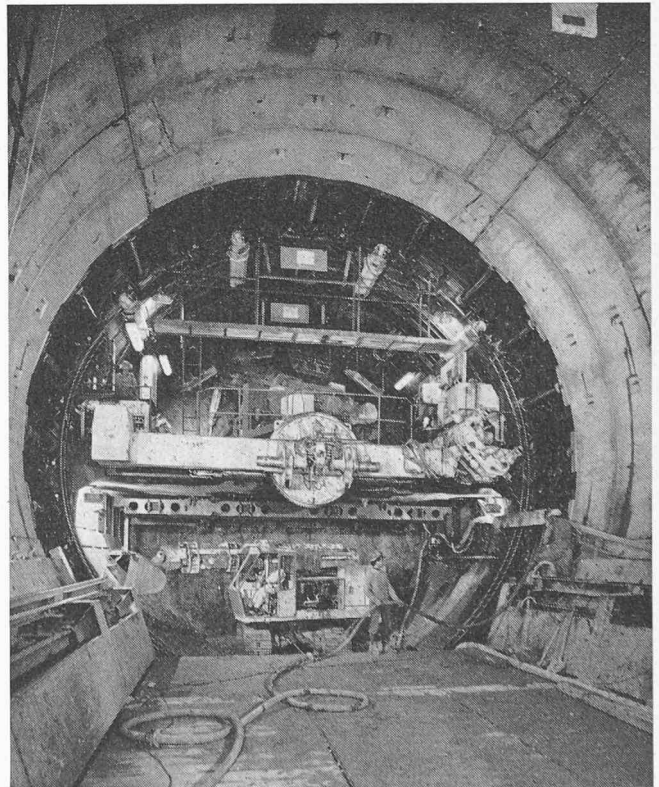


Bild 2. Hagenholztunnel (Los 7): Schildvortrieb, Tübbingringe



chungen (einige cm oder gar dm) zwischen den Landeskoordinaten «beidseits» des Berges fest. Würde man ohne Grundlagentnetz die Tunnelabsteckung vornehmen, ergäben sich beim Durchschlag des Tunnels entsprechend grössere Fehler. Bauherren und projektierende Ingenieure unterschätzen gern den Zeitaufwand für die Rekognoszierung, Vorbereitung, Messung und Auswertung des Grundlagentnetzes. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Messungen unter Umständen nur in den laubfreien Wintermonaten mit entsprechend guten Sichtverhältnissen möglich sind. Nach dem Erstellen des Grundlagentnetzes erhalten die verschiedenen Zwangspunkte meistens neue Koordinaten. Dies um so mehr, als es öfters vorkommt, dass im gleichen Gebiet verschiedene Koordinatensysteme gebräuchlich sind (z. B. Bahnkoordinaten, Landeskoordinaten usw.). Erst nach Abschluss der Arbeiten am Grundlagentnetz kann man die definitive Axberechnung vornehmen.

Bereits in der Projektierungsphase müssen schliesslich verschiedene *Fixpunkte im Gelände* erstellt werden. Dies ist bereits recht früh notwendig, um Sondierbohrungen, Lage der Lüftungsschächte usw. abstecken zu können. Das Punktenetz muss vor Baubeginn noch verdichtet werden.

Die Ausführungsphase

In der Ausführungsphase können die anfallenden Vermessungsarbeiten in folgende Gruppen zusammengefasst werden:

Vermessungsaufgabe	Ausführung durch				Zeitpunkt	
	BH	VER	BL	BU		
Planunterlagen	X	X			bei Beginn des Vorprojektes	Projektierungsphase
Grundlagentnetz	X	X			vor Beginn des allgemeinen Bauprojektes	
Bereitstellung von Fixpunkten	X	X			vor Sondierbohrungen	
Feldaufnahmen Portalzone		X	X		vor Baubeginn	
weitere Polygonzüge, Fixpunkte		X			vor Baubeginn entspr. Bauarbeiten	
Absteckung von Hauptpunkten der Axen		X	X		entsprechend Bauarbeiten	Ausführungsphase
Absteckung von Detailpunkten				X	entsprechend Bauarbeiten	
Kontrolle der Lage der Vortriebsmaschine ca alle 60-100 m		X			entsprechend Bauarbeiten	
Laufende Kontrolle der Lage der Vortriebsmaschine				X	entsprechend Bauarbeiten	
Kontrolle von Bauwerksteilen	X	X			entsprechend Bauarbeiten	
Profilaufnahmen	X	X			entsprechend Bauarbeiten	
Aufnahmen für Kubaturberechnung			X	X	entsprechend Bauarbeiten	
Deformationsmessungen		X	X		entsprechend Bauarbeiten	
Feinabsteckung für Innenausbau	X	X	X		entsprechend Bauarbeiten	

BH: Bauherr, VER: Vermessungsbüro, BL: Projektierendes / bauleitendes Büro, BU: Bauunternehmer
X: Vermessungsarbeiten auszuführen durch

Bild 3. Mögliche Aufgabenteilung und Zeitpunkt der Vermessungsarbeiten

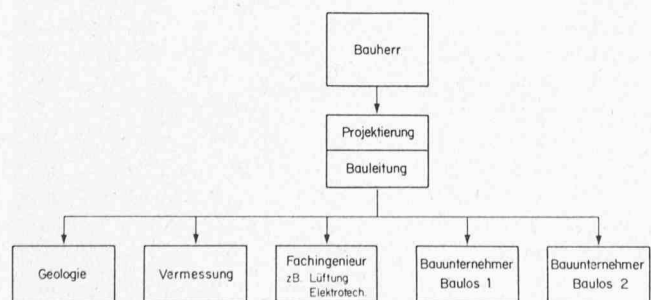


Bild 4. Mögliche Organisation bei einem Tunnelbauvorhaben

a) *Absteckungsarbeiten*: Erstellen weiterer Polygonzüge und einzelner Fixpunkte, Abstecken von Bauwerksachsen, Profile für Aushub usw.

b) Aufnahmen, die zur *Ermittlung der Kubaturberechnungen* notwendig sind.

c) *Baukontrollen*: Dazu gehört die Lagekontrolle der Vortriebsmaschine wie Fräse oder Schild, ebenso die Kontrolle der Lage von einzelnen Bauwerksteilen. Eine der wichtigsten Kontrollen ist aber die Aufnahme der geometrischen Form und Lage des ausgeführten Tunnelprofils, die sogenannten *Profilaufnahmen*.

d) *Deformationsmessungen*, die zur Überprüfung des statischen Verhaltens des Gewölbes dienen. Sie können *statistischen* Charakter haben, oder sich auf *einzelne ausgewählte Messquerschnitte* beschränken. Die letzten dienen vor allem zur Überprüfung der statischen Berechnung, insbesondere braucht man sie aber zusammen mit andern felsmechanischen Messungen zur Weiterentwicklung von Berechnungsmethoden im Untertagebau.

e) *Feinabsteckung für den Innenausbau*, wie z. B. Betonpisten für Geleise, Geleiseabsteckung, Fahrbahnrande usw.

Die Probleme sind, wie diese Zusammenstellung zeigt, sehr mannigfaltig. Die für die Arbeiten notwendige Genauigkeit ist vor Beginn der Messungen sehr sorgfältig zu prüfen, da die Arbeitsbedingungen für die Vermessung im Untertagebau nicht ideal sind und daher eine übertrieben hohe Genauigkeit unverhältnismässigen Mehraufwand bedeutet.

Von den genannten Vermessungsaufgaben soll in diesen Ausführungen – nach einigen Erläuterungen über Aufgabenteilung und Organisation der Vermessung – ein Punkt herausgegriffen und detailliert vorgestellt werden: die Problematik der Profilstaltung und die Bauungenauigkeit, die mit Hilfe von Profilaufnahmen erarbeitet werden können.

Zuteilung und Organisation

In den folgenden Ausführungen wird die in der Schweiz übliche Regelung für die Vermessungsarbeiten erläutert.

Aufgabenzuteilung

Die Aufgabenzuteilung ist in den *SIA-Normen* in groben Zügen beschrieben. Eine detaillierte Zuweisung der Aufgaben erfolgt in den Aufträgen der Vermessungs- und Ingenieurbüros und im Werkvertrag des Bauunternehmers. In der Regel werden alle Vermessungsaufgaben in der Projektierungsphase durch ein Vermessungsbüro oder durch den Bauherrn selbst ausgeführt, sofern er über ein solches verfügt. In der Ausführungsphase können je nach den vorhandenen Fachkenntnissen und Ausrüstungen der beteiligten Büros verschiedene Aufgabenzuteilungen vorgenommen werden. Eine mögliche Aufteilung ist in Bild 3 dargestellt.

Organisation

Damit die Vermessungsarbeiten *rechtzeitig* im gewünschten Umfang ausgeführt werden, ist es vorteilhaft, wenn das projektierende bzw. das bauleitende Büro für deren Inangriffnahme verantwortlich ist. Der Idealfall ist, wenn Projektierung und Bauleitung von der gleichen Firma ausgeführt werden. Im weiteren wird dies angenommen und unter dem Begriff *Bauleitung* zusammengefasst. Bild 4 zeigt eine mögliche Organisation, wobei die aufgeführten Beziehungen nur den Informationsfluss darstellen.

Die *Verträge* werden direkt zwischen dem Bauherrn und den einzelnen Auftragnehmern abgeschlossen, wobei die *Bauleitung als Koordinationsstelle* auftritt. Warum soll die Bauleitung die Koordination übernehmen? Sie verfügt über die umfangreichsten Kenntnisse, die als Randbedingungen für die

Vermessungsarbeiten gegeben sind. Diese *Randbedingungen* sind die folgenden:

- Sämtliche geometrischen Anforderungen an das Projekt sind von der Bauleitung in den horizontalen und vertikalen Axberechnungen sowie in dem Entwurf von Profilen berücksichtigt worden.
- Der Entwurf von Tunnelprofilen setzt wiederum Kenntnisse von möglichen Ausführungsarten voraus. Dem Unternehmer sollte man – um Fehlerquellen auszuschliessen – nur die Tunnelaxe zur Verfügung stellen. Deshalb ist eine Umrechnung von Fahrbahn- oder Geleiseaxen auf Bauwerksaxen notwendig. Bei veränderlichen Axabständen sind verschiedene Profile und damit konstruktive Details zu entwerfen.
- Um die Absteckung der so definierten Axen vorzunehmen, sind noch folgende Kenntnisse notwendig: mögliche Lage der Fixpunkte, Bauvorgänge und dadurch bestimmte mögliche Visuren, möglicher dem Baufortschritt entsprechender zeitlicher Ablauf der Vermessungsarbeiten.

Alle Randbedingungen müssen sorgfältig durch die Bauleitung mit dem Unternehmer und dem Vermessungsingenieur diskutiert und zusammengetragen werden, um eine optimale Lösung für die Vermessungsarbeiten zu finden.

Auswirkungen der Bauungenauigkeiten moderner Vortriebsmethoden auf die Gestaltung von Tunnelprofilen

Bei den modernen Vortriebsmaschinen ist die Form des Ausbruches meistens ein Kreisprofil. Die folgenden Überlegungen beziehen sich daher auf ein Kreisprofil. Sie haben aber auch für andere Profile weitgehende Gültigkeit.

Definition der Tunnelprofilkreise

a) Der *Sollkreis* ist der kleinste umhüllende Kreis aller durch Lichtraumprofil, Lüftungskanäle, Sicherheitsräume, Signale, Fahrleitungen, Kabelkanäle usw. gegebenen Bestimmungspunkte (A, B, C, D).

b) Der *Gewölbe-Innenkreis* ist der Kreis, der trotz aller Ungenauigkeiten den Sollkreis nicht schneiden darf. Der Abstand zwischen Gewölbe-Innenkreis und Sollkreis wird mit U_{zul} bezeichnet.

c) Der *Ausbruchskreis* ist der um die notwendige Gewölbestärke vergrösserte Gewölbe-Innenkreis.

Alle drei Kreise sind in Bild 5 dargestellt.

Bestimmung der Durchmesser der einzelnen Profilkreise

a) Die Bestimmung des *Sollkreises* ist durch die *geometrische Anordnung des Innenausbaues* gegeben. Bei Eisenbahntunnels bilden Lichtraumprofil und Fahrleitungen beinahe eine Kreisform und füllen den Sollkreis praktisch aus. Im Gegensatz dazu hat das Lichtraumprofil bei Strassentunnels die Form eines flachen Rechtecks, das zahlreiche unausgenützte Flächen innerhalb des Sollkreises offen lässt. Ausserdem sind grössere Ungenauigkeiten tolerierbar, da die Breite der Gehwege veränderbar ist. Der Sollkreis bei *Eisenbahntunnels* ist somit *zwingend* und darf im Gegensatz zu dem von Strassentunnels keinesfalls verletzt werden.

b) Der *Gewölbe-Innenkreis* muss um so viel grösser sein, dass der Sollkreis nicht verletzt wird trotz folgender *Ungenauigkeiten*:

- Vermessungsungenauigkeiten
- Fahrungenauigkeit der Vortriebsmaschine bezüglich der Tunnelaxe
- Verformung des Gewölbes infolge Gebirgsdrücken unter Berücksichtigung der Steifigkeit des Gewölbes wie z. B. Stärke und Anzahl der Gelenke usw.
- Verformung des Gewölbes infolge Niederbrüchen und Schildpressdrücken

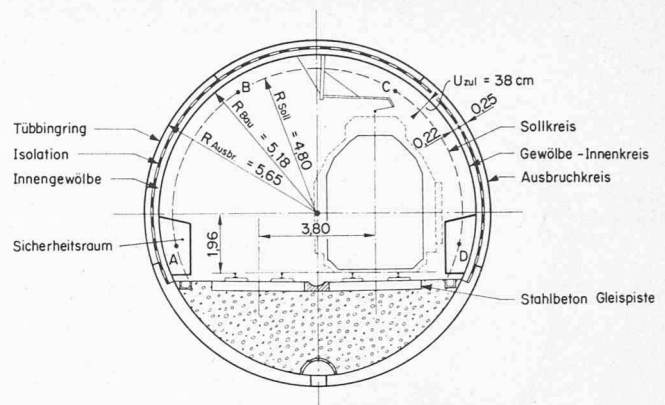


Bild 5. Heitersbergertunnel. Schildvortrieb, Normalprofil. Sollkreis verläuft zentrisch zum Gewölbe-Innenkreis

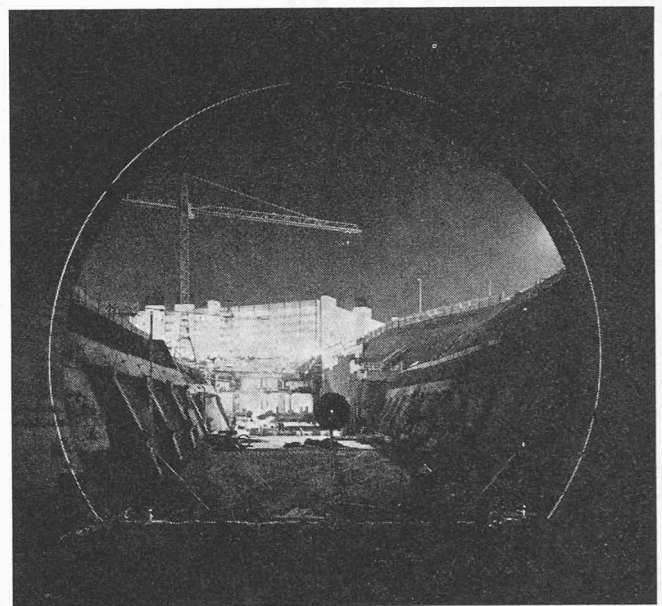


Bild 6. Hagenholtunnel (Los 6). Profilaufnahme beim provisorischen Tunnelportal. In der Bildmitte befindet sich der Schattenprojektor. Gut sichtbar ist das ausgeleuchtete Tunnelprofil durch den Lichtstrahl

- Verformung des Gewölbes infolge Hinterpressung der Tübbings
- Lage der Schalung für das Innengewölbe
- Verschiebungen des Innengewölbes infolge des Betoniervorganges.

Die Grösse dieser Ungenauigkeiten hängt im wesentlichen von Gebirgs-, Vortriebs- und Auskleidungsart sowie vom Durchmesser des Ausbruches ab.

Man muss sich nicht nur die Grösse jeder einzelnen der oben erwähnten Ungenauigkeiten überlegen, sondern auch ihre Richtung. Eine einfache Überlagerung der einzelnen Toleranzen würde aber zu unnötig grossem Gewölbe-Innenkreis führen. Der daraus resultierende *Mehrausbruch* ergäbe bei einem längeren Tunnel beträchtliche Mehrkosten. Deshalb ist es nötig, die in der Praxis vorkommenden Überlagerungen aufgrund von Beobachtungen sorgfältig zu erfassen und auszuwerten. Der Gewölbe-Innenkreis muss bezüglich Sollkreis nicht unbedingt konzentrisch liegen, wie dies am Beispiel des Hagenholtunnels später noch erläutert werden soll.

c) Die Grösse des *Ausbruchskreises* ergibt sich aus dem um die gewählte Stärke der Auskleidung vergrösserten Gewölbe-Innenkreis.

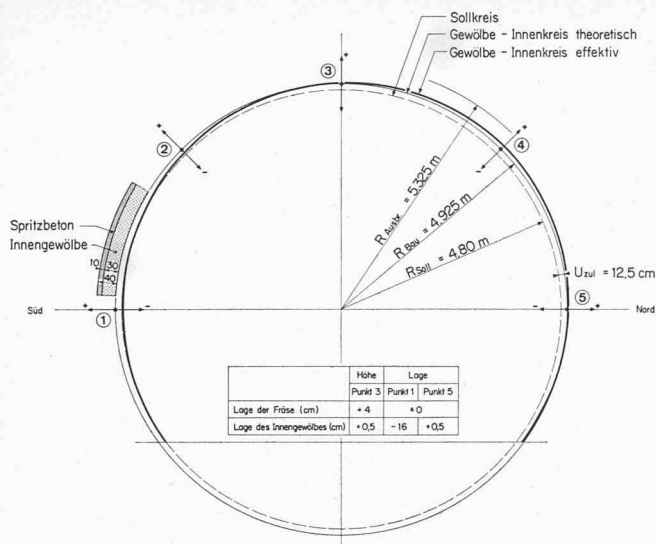


Bild 7. Fräsvortrieb. Profilaufnahme des Innengewölbes

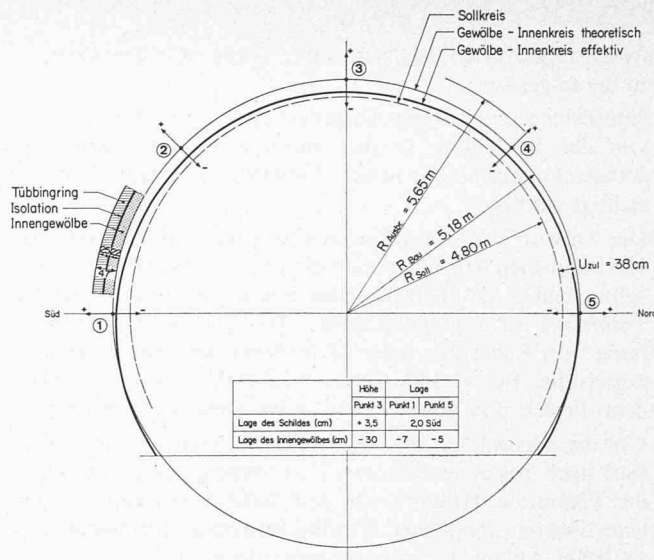


Bild 8. Schildvortrieb. Profilaufnahme des Innengewölbes

Erfassen und Auswerten der Ungenauigkeiten des Fräs- bzw. Schildvortriebs beim Bau des Heitersbergtunnels

Dieser Eisenbahntunnel wurde von 1969 bis 1973 gebaut; er liegt innerhalb der Strecke Zürich-Bern. Er ist 5 km lang, wovon 3 km mit einer Robbinsfräse, 2 km mit einem Schild aufgeföhren wurden.

Kurze Beschreibung der Aufnahmehethode. Mit Hilfe eines Schattenprojektors wurde ein Lichtstrahl auf die Tunnelwandung projiziert (Bild 6). Dieser Lichtstrahl zeigte an der Tunnelleibung das entstandene Profil an. Da der Schattenprojektor genau auf der theoretischen, vertikalen Tunnelaxe aufgestellt wurde, konnte nicht nur die Profilform, sondern auch ihre Lage bestimmt werden. Das so ausgeleuchtete Profil wurde mit einer *terrestrischen Messkammer auf eine Photoplatte*

aufgenommen. Die Auswertung erfolgte mit einem photogrammetrischen Auswertgerät, und zwar graphisch auf dem mechanisch angeschlossenen Zeichentisch. Als Resultat wurden Sollkreis, Gewölbe-Innenkreis theoretisch und Gewölbe-Innenkreis effektiv im Massstab 1:25 dargestellt. Die Bilder 7 und 8 zeigen zwei solche Profilaufnahmen. (Lit.: H. Matthias: «Tunnelprofilmessungen beim Bau des Heitersbergtunnels der SBB», Schweizerische Bauzeitung, Heft 48, 1975.)

Auswertung der Profilaufnahmen. An verschiedenen markanten Punkten (1-5) wurde anhand der dargestellten Profile die effektive Lage des Gewölbe-Innenkreises mit ihrer theoretischen Lage verglichen. Daraus ergibt sich die *Summe aller Ungenauigkeiten* der Ausführung. Mit Aufnahmen des Bauzustandes während der einzelnen Phasen des Bauvorganges

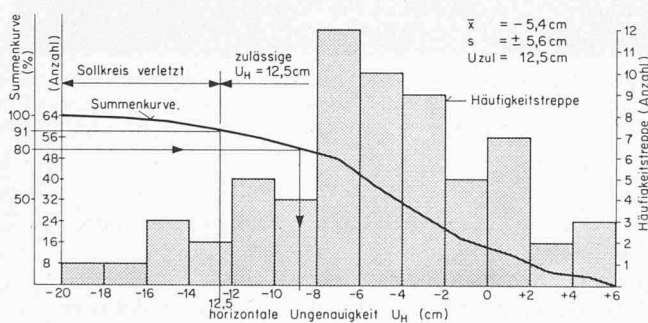


Bild 9. Fräsvortrieb. Horizontale Ungenauigkeiten U_H des Innengewölbes in den Punkten 1 und 5

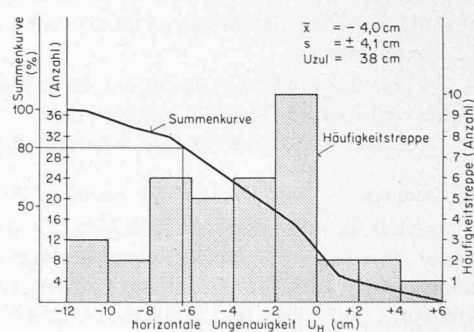


Bild 11. Schildvortrieb. Horizontale Ungenauigkeiten U_H des Innengewölbes in den Punkten 1 und 5

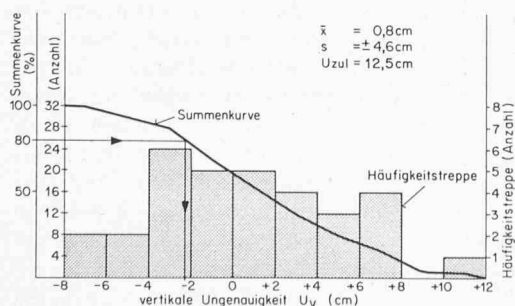


Bild 10. Fräsvortrieb. Vertikale Ungenauigkeiten U_V des Innengewölbes in Punkt 3

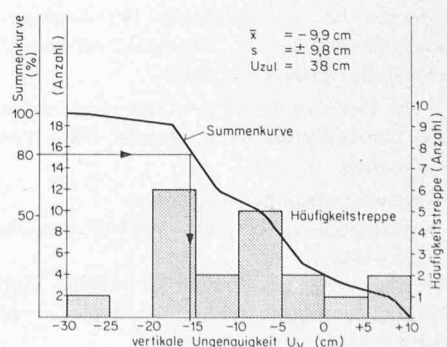


Bild 12. Schildvortrieb. Vertikale Ungenauigkeiten U_V des Innengewölbes im Punkt 3

lassen sich auch die jeder einzelnen Phase zuzurechnenden Bauungenauigkeiten ermitteln. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele der Auswertung.

Fräsvortrieb: In der Sandstein/Mergel-Abfolge (Molasse) erfolgte der Vortrieb mit einer Robbinsfräse von $\varnothing$ 10,65 m. Die Überlagerung betrug 10–250 m. Aus den Bildern 9 und 10 können folgende Aussagen abgeleitet werden: Das gewählte $U_{zul} = 12,5$ cm für die horizontalen Ungenauigkeiten ist knapp. Bei den gegebenen Verhältnissen wäre $U_{zul} = 15$ oder sogar 17 cm angebracht. Für die vertikalen Ungenauigkeiten genügt das gewählte $U_{zul} = 12,5$ cm. In den Abbildungen sind noch die Mittelwerte $\bar{x}$ sowie die Standardabweichungen S eingetragen. Da die horizontalen Ungenauigkeiten grösser sind als die vertikalen, kommt nur eine zentrische Anordnung des Gewölbe-Innenkreises in Frage.

Schildvortrieb: Im Lockergestein erfolgte der Vortrieb mit einem Schild von $\varnothing$ 11,30 m. Die Überlagerung betrug zwischen 1,5 und 60 m. Aus den Bildern 11 und 12 können folgende Aussagen gemacht werden. Da der Unternehmer zu dieser Tunnelbauarbeit einen bereits vorhandenen Schild benützte, ergab sich ein relativ grosses $U_{zul} = 38$ cm. Dank dieser grossen Toleranz ist der Sollkreis nirgends verletzt worden. Infolge der sehr flexiblen Tübbingringe (Stärke 25 cm mit 5 Gelenken) sind die vertikalen Ungenauigkeiten fast doppelt so gross wie die horizontalen.

Anwenden der Erkenntnisse über die Ungenauigkeiten beim Bau des Hagenholztunnels

Beim Hagenholztunnel der Flughafenlinie der Schweizerischen Bundesbahnen konnten die zuvor beschriebenen Erkenntnisse bereits genutzt werden. Der Hagenholztunnel durchörtert ebenfalls Lockergestein wie Los West des Heitersbergtunnel. Deshalb wird auch er mit zwei Schilden vorgetrieben und der Hohlraum mit Stahlbetontübbings gesichert. Die SBB wünschte aber für die zukünftigen grösseren Fahrgeschwindigkeiten der Züge einen Geleiseabstand von 4,00 m anstelle der im Heitersbergtunnel gewählten 3,80 m. Ausserdem sollten die seitlichen Sicherheitsräume von 60 auf 70 cm verbreitert werden. Um den Richtungen und Grössen der Bauungenauigkeiten gerecht zu werden, wurde der Ausbruchkreis exzentrisch bezüglich Sollkreis festgelegt. Das in Bild 13 dargestellte Normalprofil zeigt die Anordnung der Soll-, Gewölbe-Innen- und Ausbruchkreise. Das Zentrum des Sollkreises liegt 25 cm tiefer als der Mittelpunkt des Gewölbe-Innenkreises. Dadurch ergibt sich in der vertikalen Richtung genügend grosser Raum

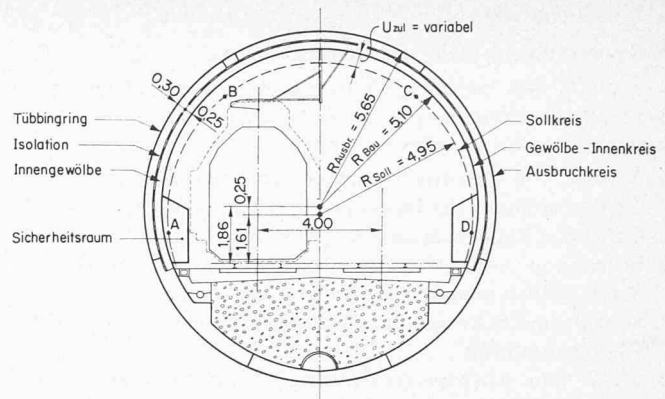


Bild 13. Hagenholztunnel. Schildvortrieb, Normalprofil. Der Sollkreis liegt exzentrisch zum Gewölbe-Innenkreis

für die vorher beschriebenen Bauungenauigkeiten. Dank diesen Überlegungen kann der Radius des Ausbruchkreises kleiner gehalten werden. Dies ergibt eine *wirtschaftlich interessante Lösung*. Im Hagenholztunnel konnte deshalb derselbe Schild wieder verwendet werden, obwohl die Vergrösserung des Geleiseabstandes und der Breite der seitlichen Sicherheitsräume praktisch eine Durchmessergrösserung von 40 cm bewirkte.

Zusammenfassung

Die immer grösser werdenden Tunnelprofile durch grössere Geleiseabstände für Schnellbahnlagen und für 2- bis 3spurige Autobahntunnels einerseits und der Wunsch nach einem höheren Mechanisierungsgrad bei der Herstellung der Tunnels andererseits, fordern neue Baumethoden im Untertagebau. Die neuen Baumethoden bedingen aber, die Ungenauigkeiten verstärkt zu untersuchen und bereits in den ersten Profilplänen zu berücksichtigen. Insbesondere sollten die Projektierenden, Vermessungsingenieure und Unternehmer eng zusammenarbeiten, damit wirtschaftlich optimale Lösungen erreicht werden. In der Ausführungsphase ist diese Zusammenarbeit noch vermehrt erforderlich. Jede der beteiligten Parteien sollte sich in die Lage des andern versetzen und die Sorgen und Probleme des andern im Sinne einer *interdisziplinären Teamarbeit* zu verstehen suchen.

Adresse des Verfassers: E. Andraskay, dipl. Bauing. ETH, c/o Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstr. 395, 8029 Zürich.

Ingenieurmessungen hoher Präzision Resolutionen, gefasst am Darmstädter-Kurs 1976

Vom 29. Sept. bis 8. Okt. hat an der *Technischen Hochschule Darmstadt* der «VII. Internationale Kurs für Ingenieurmessungen hoher Präzision» und das «Symposium der FIG-Kommissionen 5 und 6» stattgefunden (vgl. dazu in diesem Heft den Beitrag von E. Andraskay: «Vermessungen im modernen Tunnelvortrieb»). Über 300 Teilnehmer aus 21 Nationen haben dabei zu *sechs Themenkreisen* folgende Resolutionen gefasst:

1. Vermessungsmethoden und -instrumente

1. Bei der Entwicklung von Zeichensoftware sollte künftig im Hinblick auf die Verwendung von interaktiven Terminals und Digitalisierungsgeräten der Gesichtspunkt der Kompatibilität von den Geräteherstellern stärker beachtet werden.

2. In der Ingenieurvermessung sind an die Messungsergebnisse sowohl hinsichtlich der Genauigkeit als insbesondere auch hinsichtlich der Zuverlässigkeit hohe Forderungen zu stellen. Da bisher geeignete Zuverlässigkeitskriterien weitgehend fehlen, sollten Untersuchungen darüber verstärkt fortgesetzt werden.

2. Absteckung von Bauwerken

Für die Begründung von Fertigungstoleranzen im Bauwesen fehlen bisher in weitem Masse empirische Untersuchungen. Es wird empfohlen, auf der Grundlage geodätischer Messungen statistische Untersuchungen an den verschiedensten Bauwerken durchzuführen und das Zahlenmaterial allgemein bekanntzugeben.