

# Handbuch Ingenieurgeodäsie

Grundlagen

Bearbeitet von  
H. Möser, G. Müller, H. Schlemmer, H. Werner

4., bearbeitete und erweiterte Auflage 2012. Buch. XII, 628 S. Kartoniert

ISBN 978 3 87907 504 1

Format (B x L): 17 x 24 cm

Gewicht: 1325 g

[Weitere Fachgebiete > Geologie, Geographie, Klima, Umwelt > Geodäsie und Geoplanung > Geodäsie, Kartographie, GIS, Fernerkundung](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

## 5 Tunnelbau

Die Absteckung von Tunneln zählt zu den anspruchsvollsten, aber auch interessantesten Aufgaben der Ingenieurvermessung. Historisch gesehen entstanden die ersten nachweisbaren Tunnelbauwerke bereits in babylonischer Zeit. Im Jahre 2500 v. Chr. ließ die Königin Semiramis in Babylon unter dem Euphrat einen knapp 1 km langen Tunnel vom Königspalast zum Baalstempel errichten. Weiter wurde 700 v. Chr. ein Wasserversorgungsstollen in Jerusalem mit einer Länge von 540 m und einem Volumen von 20000 m<sup>3</sup> nur mit Schlägel und Eisen gebaut.

Eines der größten Projekte begann im Jahre 1708 mit dem Tunnel Urner Loch bei Andermatt. Pietro Morettini hatte die Felswand mit dem Meisel durchschlagen, um die schwankende Brücke durch einen sichereren Weg zu ersetzen. Damit begann die Durchbohrung des Gotthards. Der Verkehrstunnelbau erlebte seinen Aufschwung durch den Beginn des Eisenbahnbaus. Erwähnenswert sind insbesondere die großen Alpentunnel: Mont-Cens 1851 bis 1871 mit 13 km Länge; Gotthard 1872 bis 1882 mit 15 km Länge; Simplon 1898 bis 1906 mit 20 km Länge. Wesentliche Voraussetzungen waren Dynamit als Sprengstoff, leistungsfähige Bohrmaschinen und, aus geodätischer Sicht, der Theodolit. Die spektakulärsten Tunnel der heutigen Zeit sind der 1994 eröffnete 50,5 km lange Eurotunnel Dover – Calais unter dem Ärmelkanal und der Gotthard-Basistunnel.

Mit AlpTransit Gotthard ([www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch)) entsteht in der Schweiz bis 2016 eine Nord-Süd-Verbindung durch die Alpen. Das Herzstück wird der mit 57 km längste Eisenbahntunnel der Welt – der Gotthard-Basistunnel. Er wird aus zwei Einspurtunneln (9 m Durchmesser) bestehen, die seitlich ungefähr 40 m voneinander entfernt und alle 325 m durch Querschläge miteinander verbunden sind. Die gesamte Tunnelkonstruktion ist in fünf Teilabschnitte aufgeteilt und hat drei Zwischenschächte bei bis zu 2300 m hoher Gebirgsüberlagerung.

Bei der Absteckung von Tunneln wird die projektierte, mathematisch definierte und durch Koordinaten festgelegte räumliche Tunnelachse ins Gelände übertragen. Dabei muss im bergmännischen Sinne zwischen den übertägigen und den untertägigen Vermessungsarbeiten unterschieden werden. Dazu gehören:

- Entwurf und Messung des Tunnelnetzes für die Festlegung der gegenseitigen Lage und Höhe der Portalpunkte bzw. der Tunnelachse bei offener Bauweise,
- Absteckung der Tunnelachse entsprechend dem Vortrieb von den Portalpunkten aus bzw. bei offener Bauweise im Zusammenhang mit den Erdarbeiten,
- Absteckungen für den Innenausbau des Tunnels,
- Überwachungsmessungen.

Die Messverfahren und die erforderliche Messgenauigkeit richten sich nach der Bauweise, der Geometrie der räumlichen Kurve, des Tunneldurchmessers, der Vortriebsgeschwindigkeit und der Tunnellänge (POLTINGER 1998). Der Auftragnehmer

übergibt dem Auftraggeber vor Beginn der Arbeiten sein Vermessungskonzept zur Genehmigung. Dieses hat die vorgesehene Aufteilung und Art der vorübergehenden und endgültigen Festpunkte, die Messmethoden, den Entwurf über die durchzuführenden Beobachtungen, die einzusetzenden Vermessungsgeräte und die erwarteten Genauigkeiten sowie die beabsichtigten Berechnungsverfahren zu enthalten. Es ist eine exakte Einordnung der Messtermine in den Bauablauf aufzustellen.

Der Messaufwand kann bei langen Tunneln, die bergmännisch aufgefahen werden, außerordentlich umfangreich und vielfältig sein. Die unvorhersehbaren und teilweise schwierigen Baustelleneinflüsse (Lärm, Schmutz, Beleuchtung) stellen an den Vermessungsingenieur hohe Anforderungen.

## 5.1 Begriffsbestimmungen

*Tunnel*, vom Französischen „tonelle“ (Gewölbe) und aus dem Englischen übersetzt in „Röhre“, bezeichnet eine unterirdisch geführte Strecke eines Verkehrsweges und gehören im Straßenwesen zu den Kunstbauten. Dieser röhrenförmige Untertagebau hat einen Querschnitt  $>25 \text{ m}^2$ .

Als *Stollen*, aus dem Althochdeutschen „stollo“ (Stütze, Pfeiler), bezeichnet man annähernd horizontale Vortriebsstrecken, die als Sondier-, Richt- oder Verbindungsstollen eine Hilfsfunktion erfüllen. Dementsprechend ist der Querschnitt kleiner  $25 \text{ m}^2$  bei einer Neigung  $<10^\circ$ . Bei stärkerem Gefälle bis  $45^\circ$  spricht man von Schrägstollen. Ein Richtstollen dient der Sondierung und bietet die Möglichkeit, etwaige Querabweichungen auf dem letzten Abschnitt des Hauptvortriebs zu korrigieren. Im modernen Tunnelbau wird er, wenn überhaupt, durch eine Richtbohrung ersetzt. Im Gegensatz zu Verkehrstunneln (Eisenbahn, Straße) bezeichnet man Leitungstunnel als Stollen, wenn als Unterscheidungsmerkmal die Zweckbestimmung gewählt wird.

Ein *Schacht* ist ein röhrenförmiger Untertagebau in vertikaler Richtung, der andere untertägige Bauwerke mit der Oberfläche verbindet (Saigerschacht). Bei Neigungen ab  $45^\circ$  spricht man von Schrägschächten.

*Kavernen* oder *Hallen* sind große Untertagebaue in gedrungener Form von 10 m bis ca. 35 m Breite aber nur beschränkter Länge. Im Verkehrswegebau sind sie Erweiterungen des Tunnels, um Abstell-, Rangier- oder Servicerräume zu schaffen.

Im bergmännischen Vortrieb werden für die Bauausführung folgende Begriffe verwendet (NATZSCHKA 2003):

- *Abschlag* ist der Vortrieb je Angriff.
- *Angriff* nennt man die Arbeiten zum Lösen des Gesteins durch Bohren, Sprengen oder Fräsen.
- *Ausbau* ist die Konstruktion des Tunnels einschließlich des Sicherns der Hohlräume zwischen Tunnelaußenwand und dem stehen gebliebenen Gebirge.

- *Ortsbrust* nennt man den gesamten Querschnitt für den Vortrieb.
- *Bewetterung* heißt das Absaugen der verbrauchten Luft und des Staubes an der Ortsbrust und das Zuführen von Frischluft dorthin.
- *Vortrieb* bezeichnet die Abschlagtiefe je Angriff.

Im Querschnitt gelten folgende Begriffe (Abb. 5.1):

- *Firste* ist die kürzeste Entfernung zur Erdoberfläche und entspricht der Decke.
- *Kalotte* ist das oberste Drittel des Tunnelausbaus.
- *Strosse* ist der mittlere Bereich in einem Hohlraumquerschnitt.
- *Ulme* ist der untere seitliche Bereich an der Tunnelwandung.
- *Sohle* ist die untere Begrenzungsfläche und entspricht dem Höhenniveau.

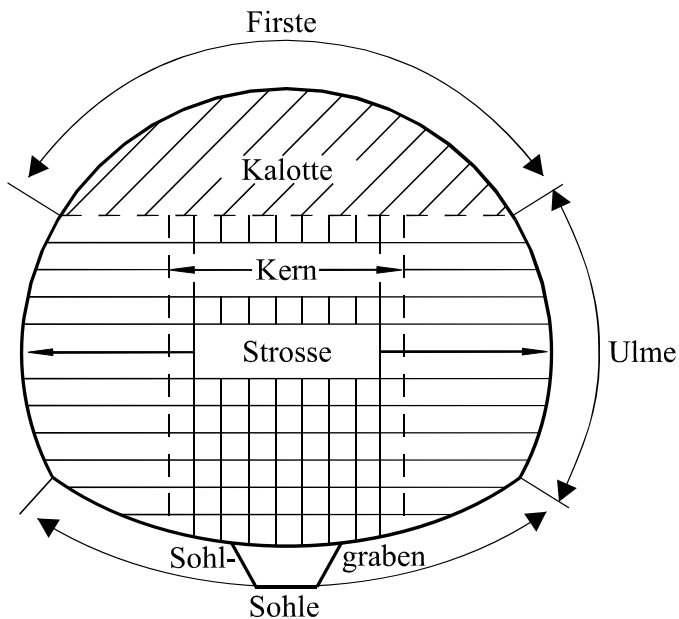


Abb. 5.1: Bezeichnungen im Querschnitt

Weitere Begriffe sind Abbildung 5.2 zu entnehmen.

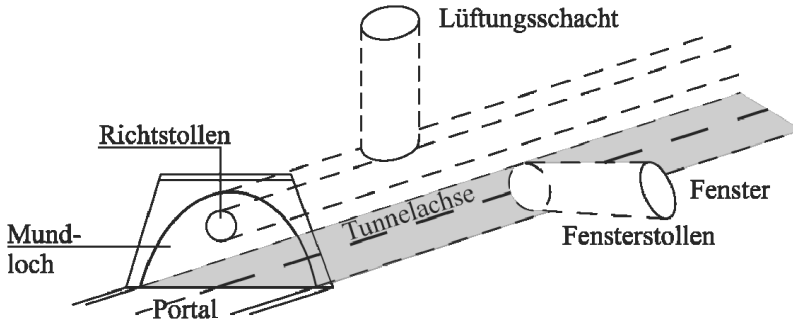


Abb. 5.2: Begriffe: Richtstollen, Fensterstollen, Mundloch, Portal, Lüftungsschacht

## 5.2 Tunnelbaumethoden

### 5.2.1 Offene Bauweise

Zunehmend werden Verkehrswege auch aus Lärmschutzgründen überdeckt. Damit wird ein Trassenabschnitt in einen Tunnel verlegt, ohne dass eine Durchörterung erfolgt. Man spricht dann von *offener Bauweise*. Es wird sozusagen ein Tunnel zu ebener Erde in einer Baugrube gebaut. Die offene Bauweise wird bei geringer Überdeckung angewendet. Der Aushub erfolgt von der Oberfläche her. Als Absicherung der Baugrube dienen verstreute Stahlträger oder vorher erstellte Bohrpfähle oder Schlitzwände, die dann in das fertige Bauwerk einbezogen werden.

### 5.2.2 Geschlossene Bauweise

Beim bergmännischen Vortrieb (Untertagebau) bzw. beim maschinellen Vortrieb mittels Tunnelbohrmaschine handelt es sich um die *geschlossene Bauweise*, die von einer oder zwei Seiten vorgetrieben wird. Straßentunnel werden weitgehend bergmännisch hergestellt (NATZSCHKA 2003). Sie müssen aber durch ausführliche geologische Untersuchungen so entworfen werden, dass der anstehende Untergrund standfest und möglichst ohne Wasser führende Schichten ist. Bei standfestem Gebirge kann man schon bei einer Überdeckung von 8 m bis 10 m den Tunnel bergmännisch auffahren. Geringere Überdeckungen sind in offener Baugrube herzustellen. Lange Tunnel im städtischen Gebiet werden auch von Zwischenschächten aus vorgetrieben. Dazu müssen die Anschlusspunkte abgelotet werden.

Tunnel, die im bergmännischen Vortrieb erschlossen werden, sind Gebirgstunnel oder im Flachland tief liegende Bauten, wie z. B. die U-Bahn. Die Art des Vortriebs richtet sich nach dem zu durchörternden Material und erfolgt im Fels mit Sprengvortrieb, in Sedimenten mit entsprechenden Abbaumaschinen (Elektrobagger, Hydraulikbagger). In weniger standfestem Material wendet man die „Neue Österreichische Tunnelmethode (NÖT)“ an (Abb. 5.3). Das Hauptmerkmal dieses Verfahrens ist eine Folge von Ausbruch und Sicherung des Gebirges im Vortrieb.

Dabei eilt der Kalottenvortrieb dem der Strosse stets einige Meter voraus. Unmittelbar nach der Sprengung und dem Abtransport des Abraums erfolgt die erste Sicherung je nach den Erfordernissen mit Ankern, Ausbaubögen, Spritzbeton, Betonstahlmatten. So entsteht ein tragendes Gewölbe, unter dem der weitere Vortrieb erfolgt. Durch diese erste Sicherung wird eine mögliche Gebirgsauflockerung reduziert und ein schneller Kraftschluss mit dem Gebirge hergestellt. Der Hohlraum wird damit stabilisiert und die Druckbelastungen werden reduziert. Diese Sicherungsmaßnahmen (Stahlgitterarmierung) richten sich nach den lokalen Gebirgsverhältnissen und werden durch verschiedene Messungen (Konvergenz, Extensometer) in den Messquerschnitten ermittelt.

Zwischen Spritzbeton und der Betoninnenschale wird ein Abdichtungssystem aus Geotextil und verschweißten Kunststoffbahnen verlegt, das nachsickerndes Wasser durch spezielle Drainagen ableitet. Der endgültige Ausbau besteht aus einer 35 cm dicken, bewehrten Ortbetoninnenschale.

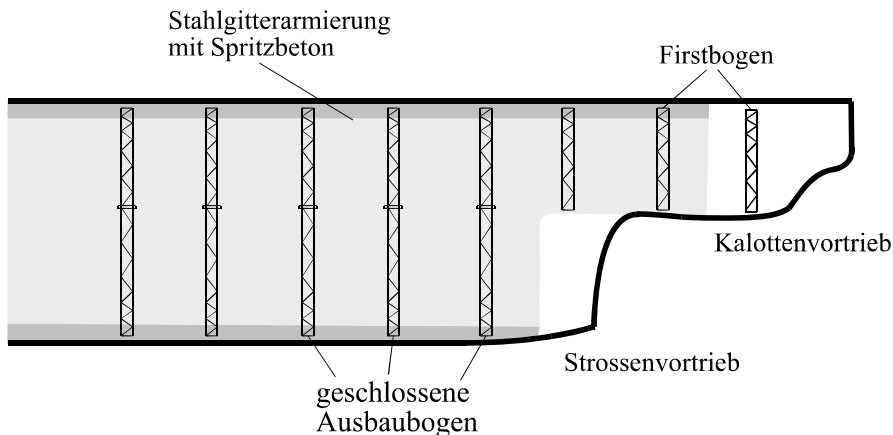


Abb. 5.3: Neue Österreichische Tunnelmethode

Beim Neubau der Autobahn A17 Dresden – Prag wurden zwei Tunnel (Abb. 5.4) mit einer Gesamtlänge von 3,4 km nach der NÖT aufgeföhren. Es wurde die universelle Vortriebstechnologie angewandt: Sprengen, Schüttern, Bereißen, Ausbauen und Sichern. Die Vortriebsarbeiten begannen mit dem Ausbruch des oberen Teilquerschnitts der Kalotte (Abb. 5.5) mit einer Ausbruchsfläche von rund 70 m<sup>2</sup> (MARSKI & JÄKEL 2002).



Abb. 5.4: Ausbruch Tunnel Coschütz 2002 (Quelle: Autobahnamt Sachsen)

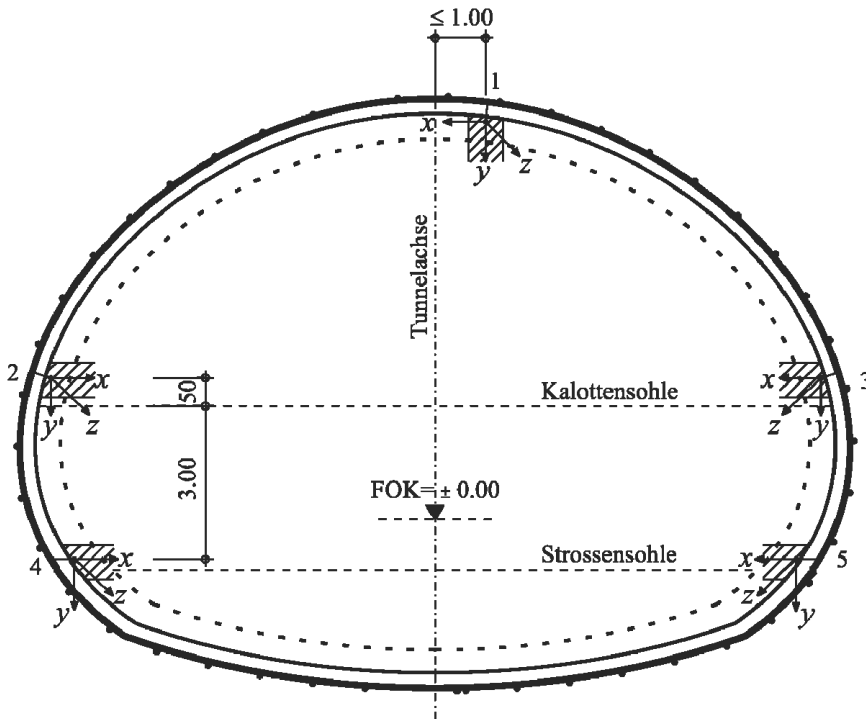


Abb. 5.5: Querschnitt eines Autobahntunnels