

# 1 Einführung, Begriffe

Der Tunnelbau ist eine der interessantesten, aber auch schwierigsten Ingenieurdisziplinen. Er vereinigt Theorie und Praxis zu einer eigenen Ingenieurbaukunst. Der Ingenieurtunnelbau wird heute weitgehend von Bauingenieuren betrieben, doch sollte sich jeder bewusst sein, dass Statik- und Massivbaukenntnisse allein nicht ausreichen. Geologie, Geomechanik, Maschinentechnik und insbesondere Bauverfahrenstechnik gehören gleichwertig dazu. Tunnel und Kavernen sind schon natürlich entstanden oder auch von Tieren genutzt worden, bevor der Mensch sie künstlich für seine lebensnotwendigen Bedürfnisse geschaffen hat, zum Beispiel für Wohnzwecke, als Lager, Versteck oder für den Verkehr (Tabelle 1.1). Der Ingenieurtunnelbau des 20. Jahrhunderts konnte auf das bereits vorhandene Fachwissen des Bergbaus zurückgreifen. Hier ist *Georg Agricola* als geistiger Vater

**Tabelle 1.1** Historischer Überblick über ausgewählte bemerkenswerte Tunnel

|                                                     | Baujahr           | Länge [m] | Bauweise                                        |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------------------|
| Wasserversorgung von Jerusalem (Hiskia)             | 700 v. Chr.       | 540       | Hammer und Meißel                               |
| Eupalinos-Tunnel (Samos)                            | 500 v. Chr.       | 1.052     | Hammer und Meißel                               |
| Malpas-Tunnel, Kanal von Languedoc (Frankreich)     | 1679 bis 1681     | 175       | Tuffstein, z. T. durch Feuersetzen gelöst       |
| Claudiustunnel (Italien)                            | 1. Jhd. n. Chr.   | ca. 5.650 | Quanatbauweise, Hammer und Meißel               |
| Mont Cenis-Eisenbahntunnel (Frankreich, Italien)    | 1857 bis 1870     | 12.200    | Sprengvortrieb                                  |
| St. Gotthard-Eisenbahntunnel Zentralalpen (Schweiz) | 1872 bis 1878     | 14.990    | Stoßbohrmaschine, Sprengvortrieb                |
| Mont Blanc-Straßentunnel (Frankreich, Italien)      | 1959 bis 1964     | 11.600    | Sprengvortrieb                                  |
| Kraftwerk Niagara-Fälle (Kanada)                    | 1950 bis 1958     |           | Sprengvortrieb                                  |
| Gotthard-Straßentunnel                              | 1969 bis 1980     | 16.322    | Sprengvortrieb                                  |
| Arlberg-Tunnel (Österreich)                         | 1974 bis 1978     | 13.972    | Sprengvortrieb                                  |
| Seikan-Tunnel (Japan)                               | 1964 bis 1984     | 22.292    | Anfangs Tunnelbohrmaschine, dann Sprengvortrieb |
| Landrücken-Tunnel DB                                | 1983 bis 1986     | 10.710    | Spritzbetonbauweise, Sprengvortrieb             |
| Tunnel unter dem Ärmelkanal                         | 1986 bis 1993     | 50.450    | Schildvortrieb $\varnothing = 8,72$ m           |
| Elbtunnel 4. Röhre                                  | 1997 bis 2002     | 2.561     | Schildvortrieb $\varnothing = 14,20$ m          |
| Rennsteigtunnel, Straßentunnel                      | 1998 bis 2003     | 7.900     | Spritzbetonbauweise, Sprengvortrieb             |
| Lötschbergtunnel SBB                                | 1999 bis ca. 2007 | 34.600    | Spritzbetonbauweise, TBM-Vortrieb               |
| Gotthard-Basistunnel SBB                            | 1999 bis ca. 2011 | 57.000    | Spritzbetonbauweise, TBM-Vortrieb               |

anerkannt, der 1556 sein umfangreiches Werk über das Berg- und Hüttenwesen, *De re metallica*, Libri XII, veröffentlichte (Agricola, 1977).

Eine Gegenüberstellung von Baustellendaten der verschiedenen Gotthardtunnel zeigt, dass auch früher schon enorm kurze Bauzeiten zu erreichen waren. Die Anzahl der Unfälle hat sich durch die Modernisierung der Technologien im Tunnelbau allerdings erheblich verringert (Tabelle 1.2). Wie kann es sein, dass alle drei Tunnel, deren Längen keine erheblichen Unterschiede aufweisen, in einer Bauzeit von ca. zehn Jahren fertiggestellt wurden, obwohl mehr als hundert Jahre zwischen deren Bau liegen? Im alten Eisenbahntunnel 1872 wurden durch einen intelligenten Baubetrieb Hunderte von Vortriebsorten geschaffen, um die vielen tausend Mineure unterzubringen.

**Tabelle 1.2** Die Baustellendaten der verschiedenen Gotthardtunnel

| Projekt              | Bauzeit       | Länge<br>[km] | Querschnitt<br>[m <sup>2</sup> ] | Vortriebs-<br>geschwindigkeit<br>[m/Tag] | Baukosten<br>[Mill. sFr] | Anzahl der<br>Arbeiter | Schwer-<br>verletzte | Unfalltote        |
|----------------------|---------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| Eisenbahn-<br>tunnel | 1872/1881     | 14,9          | 45                               | 3,5 bis 4                                | 55,5                     | 2.500 bis 4.000        | 260<br>i. M. 8%      | 177<br>i. M. 5,4% |
| Straßentunnel        | 1969/1980     | 16,3          | 69 bis 83                        | 6                                        | 560                      | bis 700                | 25<br>i. M. 3,5%     | 12<br>i. M. 1,7%  |
| Basistunnel          | 1999/ca. 2011 | 57,0          | 67                               | bis 20                                   | rd. 10.000               | bis 1.800              |                      | ca. 5             |

Dies brachte in der Gesamtheit eine kurze Bauzeit. Im neueren Eisenbahntunnel 1999 mit ca. 57 km Länge wurden mit zusätzlichen Angriffsstellen und Schächten Zugänge für neue Vortriebsorte geschaffen und damit die Gesamtleistung so erhöht, dass die Bauzeit reduziert werden konnte.

Die bedeutendsten Alpendurchstiche haben bereits vor 1900 zu einer ersten Blütezeit des Tunnelbaus geführt und den Eisenbahn-Ingenieur und Herzoglich Braunschweigerischen Oberbergmeister *Franz Ržiha* 1867 veranlasst, mit seinem Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst (Ržiha, 1987), den Ingenieur-tunnelbau vom Bergbau getrennt als eigene Fachdisziplin darzustellen. Diese Blütezeit dauerte noch bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts an, danach gab es bis 1960 nur noch wenige spektakuläre Tunnelprojekte. Mit dem Bau des Mont-Blanc-Tunnels 1964 begann dann eine Phase in Europa, die mit den Tunneln der Tauernautobahn, dem neuen Arlberg-Tunnel und dem neuen Gotthard-Tunnel



**Bild 1.1** Baustellenmontage des Erd-druckschildes für den Sparvo-Straßentunnel in Italien mit ca. 15,55 m Durchmesser (Foto: Herrenknecht AG)

weitergeführt wurde. Der Bau der mehr als hundert Tunnel der Deutschen Bundesbahn – später Deutsche Bahn AG – führte die Entwicklungen weiter. Eine neue Phase wurde mit dem Seikan Tunnel, dem Kanaltunnel und den Basistunneln durch die Alpen eingeleitet.

Schon früh lernten die Tunnelbauer, nachbrüchiges Gebirge und auch Lockergestein mit einem Holzverbau abzustützen und dann mit Mauerwerk auszukleiden. Dies gelang auch im Gebirge mit Sicker- oder Kluftwasser, bis ins 19. Jahrhundert hinein aber nicht unterhalb des Grundwasserspiegels im Lockergestein oder gar unter offenen Gewässern. Die Situation änderte sich 1806, als der geniale Ingenieur Sir *Marc Isambard Brunel* in London das Prinzip des Schildvortriebes erfand und dieses Verfahren später für den Bau des Tunnels unter der Themse 1825 einsetzte. Welche enorme Entwicklung im Tunnelbau durch die heute zur Verfügung stehenden Sicherungsmaterialien und die Maschinentechnik erreicht wurde, lässt sich anhand des historischen Überblicks ersehen.

Heute gehören die maschinellen Vortriebe zu den Hochleistungstechnologien. Sie sind mit den modernsten Entwicklungen der Steuer- und Regelungstechniken ausgestattet. Deutsche Hersteller, voran die Firma Herrenknecht in Schwanau, beliefern mit bewährten Maschinen weltweit den Tunnelbaumarkt. Ein Beispiel dieser Entwicklung ist die Schildmaschine für einen Autobahntunnel in Italien (Bild 1.1).

In dieser Einführung sollen die Gemeinsamkeiten, aber auch die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Ingenieurtunnelbau und Bergbau erläutert werden. Insbesondere in den deutschsprachigen Ländern wie Deutschland und Österreich findet man bis heute eine sehr konsequente Trennung. In Spanien ist diese Trennung nicht mehr so ausgeprägt; dort sind vielfach Ingenieure mit dem Hintergrund einer Bergbauausbildung auf den Tunnelbaustellen beschäftigt.

Eine allgemeine Übersicht der Unterschiede des Ingenieurtunnelbaus zum Bergbau zeigt Bild 1.2. Insbesondere die praktische Seite von *Ržiha*, auch als „Kunst des Tunnel-

#### Literaturverzeichnis

- Agricola, G. (1977). *De re metallica*. XII Bände. Basel 1556. Faksimile Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Ržiha, F. v. (1987). *Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst. Band I und II*. Verlag von Ernst & Korn. Berlin 1867/1872. Faksimile. Essen: Glückauf.

| INGENIEURTUNNELBAU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BERGBAU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GEMEINSAMKEITEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebirge</li> <li>• Wasser</li> <li>• Personal (allerdings andere Berufsbilder)</li> <li>• Maschinen</li> <li>• Werkzeuge</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| UNTERSCHIEDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• alte Ingenieurskunst</li> <li>• baut Verkehrswege und Lagerstätten</li> <li>• ausgerichtet auf Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit (ca. 100 Jahre)</li> <li>• Vortrieb vielfach sehr nah an der Oberfläche</li> <li>• Setzungsvermeidung vor allem unter Bauwerken</li> <li>• Ausbildungsschwerpunkte in Konstruktion, Stahl- und Betonbau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• viel älter</li> <li>• gewinnt Rohstoffe</li> <li>• berücksichtigt nur den Abbaue Zeitraum (Schächte u. Strecken existieren nur wenige Jahrzehnte)</li> <li>• Abbau meist in großen Tiefen</li> <li>• größere Setzungen werden akzeptiert</li> <li>• Ausbildungsschwerpunkte in Geotechnik, Machbarkeit und Betrieb</li> </ul> |

**Bild 1.2** Vergleich Ingenieurtunnelbau mit Bergbau

baus“ bezeichnet, greift auf die Erfahrungen, aber auch auf die Begriffe des Bergbaus zurück. Viel früher als der Bergbau hat sich die theoretische Seite des Ingenieurtunnelbaus von der rein praktischen Seite abgegrenzt. Im weiteren Text werden Begriffe verwendet, die in Bild 1.3 zugeordnet sind.

Bis heute ist jedoch eine wichtige Gemeinsamkeit geblieben, und das ist der Bezug zur gemeinsamen Schutzheiligen, der heiligen St. Barbara. Bei allen wichtigen Ereignissen in beiden Bereichen, seien es Anschlag, Durchschlag oder Feiern zum Tag der Barbara am 4. Dezember, wird der Schutzheiligen der Bergleute und der Tunnelbauer mit ökumenischen Gottesdiensten gedacht.

**Bild 1.3** Begriffe (links heute, rechts früher)

