

Tunnelbau – Kunst oder Wissenschaft?

Die Schweiz ist ein Land der Tunnelbauer. Viele Weltrekordleistungen und Pioniertaten wurden erbracht, welche vor allem mit Gotthard-Eisenbahntunnel, Simplontunnel, Gotthard-Strassentunnel und Gotthard-Basistunnel verbunden sind. Bis heute sind in der Schweiz rund 2200 km zivile Tunnel und Stollen erstellt. Ob die Bedeutung des Untertagebaus in Zukunft erhalten bleibt, muss sich weisen.

Heinz Ebrbar, dipl. Bauing. ETH/SIA, derzeit: Leiter Grossprojekte, DB Netz AG, Frankfurt am Main, früher: Leiter Tunnel- und Trassebau Gotthard, AlpTransit Gotthard AG, Luzern

Seit dem Anfang des 18. Jahrhunderts (Urner Loch bei Andermatt, 1707–1708) werden in der Schweiz Tunnelbauten erstellt. Nach zögernden Anfängen mit wenigen Einzelobjekten führte der Bau des Eisenbahnsystems bis zum Beginn des ersten Weltkriegs zum ersten Boom bei Untertagebauten in der Schweiz, gefolgt vom Ausbau der Wasserkräfte mit gigantischen Ausmassen in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts. Diese zweite Spitze wurde vom Bau der Strassen- und Ver-

sorgungstunnel abgelöst, und aktuell geht die zweite Ausbauphase der Eisenbahntunnel mit der Fertigstellung der NEAT und den Durchmesserlinien in Zürich und Genf (CEVA) ihrem Ende entgegen. Damit dürfte die Zukunft des Untertagebaus in den nächsten Jahren in der Schweiz nebst dem Erhalt der Verkehrsinfrastruktur wohl wieder bei den Energieprojekten liegen, sei es beim Ausbau und Ersatz von Wasserkraftanlagen oder aber bei innovativen Lösungen für Transportsysteme von Gü-

tern oder Energie. Tatsache ist, dass in der Schweiz seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs kontinuierlich 200 bis 300 km Untertagebauten pro Dekade gebaut wurde, was einem aktuellen Marktvolumen von ca. CHF 2 Milliarden entspricht.

Unberechenbarer Baugrund

Was macht den Tunnelbau innerhalb der allgemeinen Bauaktivitäten so speziell?

Der Nachläufer der Tunnelbohrmaschine Bodio durchfährt die Multifunktionsstelle Faido





Unterirdische Tunnelverzweigung am Gotthard Basistunnel, im Robbau fertiggestellt

Im Gegensatz zum Hoch- oder Brückenbau sind im Tunnelbau die Eigenschaften des wichtigsten Baumaterials – nämlich des den Hohlraum umgebende Baugrundes – oft nur teilweise bekannt. Diese Tatsache ist dadurch begründet, dass es sich beim zu durchfahrenden Baugrund um ein natürliches Produkt handelt.

Die Felsformationen der Alpen und des Jura haben eine lange Entstehungsgeschichte von Dutzenden von Millionen Jahren hinter sich. Diese Jahrmillionen haben ein Material geschaffen, welches oft sehr heterogen ist, von Klüften durchzogen ist, je nach Höhe des bis zur Oberfläche darüber liegenden Felsens sehr hohe Spannungen aufweisen kann und zudem oftmals wassergesättigt ist. Dabei wird zwischen den ursprünglichen kristallinen Gebirgsformationen und den aus Erosionsprodukten entstandenen Sedimentgesteinen unterschieden. Ähnliche heterogene Verhältnisse wie im festen Fels ergeben sich auch für Tunnelbauten im Lockermaterial, d.h. durch das Material, welches sich im Verlaufe der Jahrmillionen als Produkt der Erosion der Gebirge in Ablagerungströgen neu gebildet hat.

Trotz dem Einsatz von erheblichen finanziellen und materiellen Mitteln ist es oft nicht möglich, den Baugrund in seiner Gesamtheit mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand vollständig zu erkunden. Die Projektierung im Untertagebau ist deshalb

in der Regel mit grösseren Ungewissheiten behaftet als im sonstigen Ingenieurbau.

Planung im Büro – Entscheidungen vor Ort

Der professionelle Umgang mit der Ungewissheit über die Beschaffenheit und die Eigenschaften des Baugrundes sowie das Verhalten während dem Ausbruch gehört zu den wichtigsten Herausforderungen des Tunnelbaus. Trotz dem beschränkten Wissen über den Baugrund müssen Untertagebauten die üblichen Anforderungen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit erfüllen. Der ungewisse Baugrund erfordert deshalb eine besondere Planungsmethodik und ein professionelles Risikomanagement, was den Tunnelbau innerhalb der Disziplinen des Bauingenieurwesens zu einem Spezialfall macht.

Nebst den im Ingenieurwesen üblichen Methoden für den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks hat die persönliche Erfahrung eines jeden Tunnelbauers einen hohen Stellenwert für die erfolgreiche Realisierung eines Untertagebauwerks. Die Berechnungen und Projektüberlegungen stellen einen Katalog an Massnahmen zur Verfügung, mit welchen die erwarteten Baugrundverhältnisse gemeistert werden können. Für jeden Vortriebsmeter muss jedoch schliesslich ein Team

von verantwortlichen Geologen und Ingenieuren vor Ort die geeigneten Massnahmen festlegen. Aus dem vorhandenen Massnahmenkatalog gilt es, die geeignete Ausbruchart und die geeigneten Stützmittel festzulegen. Mit diesen Massnahmen muss die Standsicherheit des Hohlraums und damit die Arbeitssicherheit der Mineure jederzeit sichergestellt werden.

Für ausserordentliche Baugrundverhältnisse wird ein Katalog an so genannten Bauhilfsmassnahmen zur Verfügung gestellt, mit welchem z.B. Wasserzutritte, unerwartet schlechte Baugrundeigenschaften oder grossen Deformationen etc. gemeistert werden können. Solche Bauhilfsmassnahmen können temporär gebirgsverbessernde Massnahmen wie Zement- oder Kunststoffinjektionen, Hochdruckinjektionen (Jetting) oder Vereisung sein. Zudem kommen mechanische Verstärkungsmassnahmen zur Anwendung. In wasserführenden Zonen wird das Wasser entweder gezielt drainiert oder aber mit Abdichtungsinjektionen verdrängt. Nebst der Sicherstellung der Hohlraumstabilität haben im Tunnelbau die Arbeitssicherheit und Arbeitshygiene (insbesondere Luftqualität und Arbeitsplatztemperatur) einen enorm hohen Stellenwert. Arbeitsunfälle als Folge sich lösender Baugrundteile sind zum Glück sehr selten geworden. Heutzutage hat die Mehrheit der Arbeitsunfälle unter Tage nicht mehr direkt mit



dem Baugrund zu tun, sondern es sind meist Unfälle, welche sich auf den hohen Mechanisierungsgrad und die oft beengten Platzverhältnisse zurückführen lassen. Trotzdem muss es das Bestreben aller im Untertagebau Verantwortlichen sein, die Arbeitsunfälle weiter zu reduzieren.

Harmonisches Zusammenspiel

Die Zeit der Schweizer Weltrekorde im Untertagebau dürfte vorbei sein, jedoch ist davon auszugehen, dass bei den enger werdenden Platzverhältnissen der Wunsch nach Nutzung des Untergrundes verstärkt vorhanden sein wird. So hat z.B. die Stadt Helsinki schon seit längerer Zeit ihre Stadtplanung und die Bauordnung auch auf den Untergrund ausgedehnt. Eine Entwicklung, welche in der dicht besiedelten Schweiz ebenso denkbar ist. Nebst der Ergänzung unserer Verkehrsinfrastruktur im Untergrund ist es durchaus vorstellbar, dass auch Ver- und Entsorgungsbauten vermehrt unter Boden erstellt werden.

Tunnelbau – Kunst oder Wissenschaft? Das war die Eingangsfrage. Wie aufgezeigt wurde, braucht es im Tunnelbau einiges an planerischer Kreativität, aber auch die ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnisse, um sichere Projekte zu schaffen. Realisiert werden die Projekte schliesslich vor Ort, wo ein eingespieltes Team von Verantwortlichen die richtigen Massnahmen beschliessen und ausführen muss. In einem Orchester kommt es nur dann zur Harmonie, wenn jeder Musiker seine Stimmlage gemäss der Partitur interpretiert. Analoges gilt für den Tunnelbau. Sicher und erfolgreich gebaut werden kann nur dann, wenn ein eingespieltes Team sich den Herausforderungen in partnerschaftlichem Umgang stellt. In diesem Sinne lautet die Antwort wohl: Tunnelbau – Kunst und Wissenschaft. ■

Oben: Einbau des Betongewölbes in der Multifunktionsstelle Faido des Gotthard Basistunnels

Mitte: Montage der Tunnelbohrmaschine für den Zugangsstollen Sigirino am Ceneri Basistunnel

Unten: Ende der Ausbrucharbeiten am Gotthard Basistunnel Durchschlag Faido Sedrun 23. März 2011