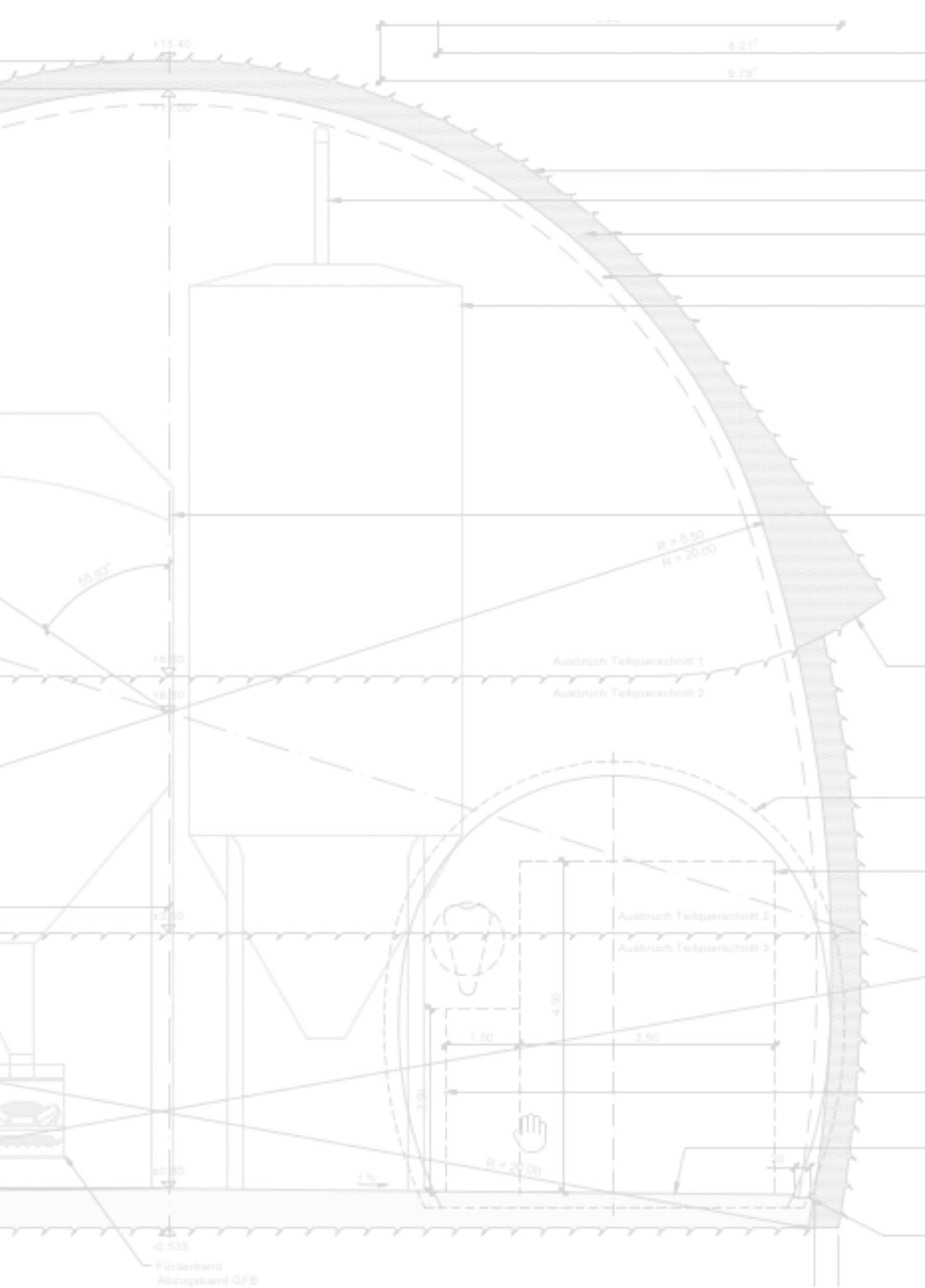


A circular graphic with a dark background. Inside the circle, there are faint, light-colored technical drawings or architectural plans, including lines, grids, and what appears to be a cross-section of a tunnel or structure. The text is overlaid on this background.

WEISSBUCH
**TUNNELBAU &
UNDERGROUND SPACE
2050**



- 01** Ausgangslage - 04
- 02** Allgemeine Betrachtungen - 06
- 03** Nutzungen von Tunnels und unterirdischen Räumen - 10
- 04** Ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit - 12
- 05** Funktion von Städten und urbanen Gebieten - 14
- 06** Zeitintensive Planungs- und Realisationszyklen - 18
- 07** Gesellschaftliche Akzeptanz - 20
- 08** Technische Erweiterung der bisherigen Nutzung - 22
- 09** Kosten/Nutzen und Social Cost Benefit - 24
- 10** The Human Factor - 26
- 11** Risiken beim Tunnelbau - 30
- 12** Fazit und Empfehlungen - 32
- 13** Autorenschaft/Arbeitsmethode - 52
- 14** Appendix - 53

01

Ausgangslage

Was bereits in der Antike begann und sich später während der Zeit der römischen Baumeister mit Wasser- und Versorgungstunnels fortsetzte, hat sich im Lauf der vergangenen zweitausend Jahre zu einer hochtechnisierten Spezialdisziplin im Bauwesen entwickelt. Seit dem 18. Jahrhundert zählen insbesondere Verkehrstunnel zu den wichtigen Bauwerken für den reibungslosen Transport von Menschen und Material auf der Schiene und im Strassenverkehr. Bis heute prägen Verkehrstunnel die Wahrnehmung breiter Bevölkerungsschichten vom Tunnel- und Untertagebau. Diese Wahrnehmung beruht zu einem grossen Teil auf den meist staatlichen Infrastrukturprojekten, wie z. B. dem bevorstehenden Bau der zweiten Röhre für den Gotthard-Strassentunnel (CH), den Brenner-Basistunnel (A), Stuttgart 21 (D) und zahlreichen U- und S-Bahn-Projekten weltweit.

Grosse Infrastrukturprojekte prägen die Wahrnehmung bezüglich des Tunnelbaus

Weniger im Fokus der öffentlichen Wahrnehmung, jedoch mindestens so bedeutungsvoll, sind unterirdische Verbindungen für die Bereiche Energie, Telekommunikation und Logistik. Sie machen neben den U-Bahn-Netzen der Megacities einen stetig wachsenden Teil aller Tunnelbauten weltweit aus.

Räume für Strassen, Energieversorgung und Zonen des öffentlichen Lebens werden speziell in den urbanen Gebieten immer knapper und somit auch teurer. Es drängen sich also vermehrt Überlegungen auf, wichtige Verbindungen und öffentliche Einrichtungen unter die Erde zu verlegen. Dabei spielen auch ökologische, gesellschaftliche und soziale Überlegungen eine massgebliche Rolle bei der Planung, Realisation und dem Betrieb solcher Bauwerke.

Im Jahr 2050 wird man die Tunnel nicht mehr so bauen können wie heute. Die Methoden werden sich dem Untertagebau als wichtiger Industrie anpassen müssen. Der Mangel an Ressourcen wird uns dazu zwingen.

Tunnel werden über mehrere Generationen hinweg betrieben und helfen, ganze Regionen nachhaltig zu entwickeln

Das Weissbuch «Tunnelbau & Underground Space 2050» folgt einer vorwiegend gesamtheitlichen Betrachtung des Tunnelbaus und der Nutzung von unterirdischen Räumen. Die Autoren verzichten bewusst auf die bereits breit dokumentierte historische und technische Betrachtung bezüglich des Baus von Tunnels, Kavernen und anderen unterirdischen Bauten. Dafür wagen sie einen Blick in die Zukunft des Untertagebaus und die künftige Nutzung des unterirdischen Raums (Underground Space) sowie auf die zu erwartenden Rahmenbedingungen.

Die einzelnen Themenbereiche (Kapitel) wurden mittels zahlreicher Autoren-Workshops erarbeitet, diskutiert und entsprechend kommentiert. In die Überlegungen miteinbezogen wurde Wissen, das die Autoren individuell in ihren Funktionen als Untertagebau-Experten einbringen konnten.

Ziel der Publikation ist es, neue oder bisher nicht im Fokus stehende Diskussionspunkte im Bereich des Untertagebaus aufzugreifen. Das Weissbuch soll zum Diskurs anregen und den interdisziplinären Dialog unter Baufachleuten, Ingenieuren, Investoren und involvierten Behörden fördern.

An der Publikation mitgearbeitet haben Ingenieure und Tunnelbau-Spezialisten aus verschiedenen Ländern des schweizerischen Baukonzerns Implenia (siehe Impressum). Um die Sichtweise der Spezialisten kritisch zu hinterfragen, wurde eine Vielzahl von Gesprächen mit anerkannten Professoren der ETH Zürich, spezialisierten Ingenieuren, Politikern, staatlichen Experten (Ämtern) sowie Tunnelbau-Projektverantwortlichen aus der Schweiz, Deutschland und Österreich geführt.

Die Publikation ist elektronisch als Download auf www.weissbuch-tunnelbau.ch oder in Form einer Broschüre erhältlich (bestellbar über KMES Partner, Zürich: office@kmespartner.com).

02

Allgemeine Betrachtungen

Um die Entwicklungen im Tunnelbau und des Underground Space der Zukunft besser diskutieren zu können, lohnt sich der Blick auf unsere Länder aus der Vogelperspektive. Eine gesamtheitliche Betrachtung aller Lebensbereiche der heute global agierenden Gesellschaft ist auch für die Bautätigkeiten unter der Erdoberfläche hilfreich. Denn grundsätzlich sind es gesellschaftliche Entwicklungen, die in der Folge zum Bau eines Tunnels oder zu neuen Nutzungen von unterirdischen Räumen (Underground Spaces) führen. Im Fall der meisten Alpentransversalen in Europa waren es die damals beginnende Industrialisierung, die den Gütertausch zwischen Nord und Süd beschleunigte, aber auch die einsetzende Reisetätigkeit sowie die Eroberung des Alpenraums durch den Tourismus.

Schon immer wurden Überlegungen dazu breit und teilweise auch visionär diskutiert. Berühmte Beispiele sind der Eurotunnel, verschiedene U-Bahn-Projekte oder der erste Gotthard-Eisenbahntunnel, die schon vor mehr als einem Jahrhundert geplant oder realisiert wurden. Diese Projekte galten in der damaligen Zeit als visionär. Heute sind sie Teil unserer täglich benutzten Infrastruktur.

Technisch betrachtet ist im modernen Tunnelbau heute nahezu alles möglich

Mehr in den Hintergrund rückten in den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten die Fragen zur technischen Realisierbarkeit, einerseits im Bereich der Untertagebau-Technik und der Nutzung von unterirdischen Räumen und andererseits bei den geologischen Problemstellungen.

Führende Forscher und Tunnelbau-Ingenieure in der Schweiz (z.B. ETH Zürich) und in Europa sind davon überzeugt, dass heute nahezu jeder Tunnel technisch realisierbar sei, auch wenn die geologischen Rahmenbedingungen

schwierig und/oder die technischen Herausforderungen für die Baufachleute aussergewöhnlich gross sind. In den Fokus rücken deshalb andere, durch die gesellschaftliche Entwicklung entstandene, neue Herausforderungen.

Die global zunehmende Mobilität (auch durch Freizeitaktivitäten ganzer Bevölkerungsgruppen) und die Verstädterung von Regionen rund um die grossen Ballungszentren, wie z.B. in China oder Lateinamerika, führen gegenwärtig zu einer eigentlichen «Landflucht». Als Folge davon werden unsere Städte rund um den Globus immer grösser und die damit zusammenhängenden Herausforderungen tendenziell komplizierter. Dieses Phänomen wird zusätzlich durch eine weltweite Tendenz zur Individualisierung der Gesellschaft gefördert, die grösstenteils zu einer Zunahme des Wohlstands in den genannten Gebieten führt.

Neue, insbesondere in Europa und den USA stark aufkommende Faktoren sind Umweltthemen, wie der globale Klimawandel, und die nachhaltige Wirtschaftlichkeit von Industriebereichen. Sie alle sind einem eindeutig globalen Umdenken unterworfen und werden sowohl gesellschaftlich wie auch politisch einen nicht mehr wegzudenkenden Einfluss auf unser Leben haben. Um nur einige dieser Herausforderungen bewältigen zu können, wird die Nutzung des Underground Space und somit auch die Planung von intelligenten Tunnelbau-Lösungen an Bedeutung gewinnen.

Die Weissbuch-Autorengruppe hat deshalb einige für den Untertagebau relevanten Themengebiete vertieft diskutiert und die Gedanken in den nachfolgenden Kapiteln festgehalten, deren Übersicht Sie auf der nachfolgenden Seite finden.

Megatrends im Untertagebau sind: Urbanisierung, zunehmende Mobilität, Ressourcenknappheit und Klimawandel.

Kapitelübersicht der relevanten Themengebiete:



03

Nutzungen von Tunnels und unterirdischen Räumen

Optimale Nutzung des oberirdisch zur Verfügung stehenden Raums und von Flächen (z.B. in urbanen Gebieten) sowie deren unterirdischen Alternativen

Bebaubares Land in urbanen Gebieten und deren Agglomerationen wird knapp. Diese Verknappung führt in der Konsequenz dazu, oberirdische Verbindungen (Verkehr), Logistik-Anlagen und zunehmend auch Energieversorgungseinrichtungen unter die Erdoberfläche zu verlegen. Verkehrswege, Energie- und Telekommunikationsverbindungen sind davon besonders betroffen, weil zusätzlich zum mangelnden Platz an der Oberfläche immer mehr auch ökologische Faktoren eine gewichtige Rolle bei der Entwicklung von Städten und Ballungsräumen spielen.

Auf die Schweiz bezogen, fällt ein neueres Beispiel eines Tunnelbau-Projekts besonders auf: Der Weinberg-Tunnel als Element der Durchmesserlinie (Zürich, Schweiz), realisiert durch die Schweizerischen Bundesbahnen SBB, ist ein typisches – und dabei gelungenes – Ergebnis solcher Überlegungen. Diese Erweiterung und Ergänzung des ohnehin schon an den Kapazitätsgrenzen operierenden Hauptbahnhofs von Zürich wäre über Tag kaum realisierbar gewesen. Raum für neue Verbindungen war nicht vorhanden. In der Folge fanden die Stadt- und Eisenbahnplaner sowie die Ingenieure gemeinsam eine Lösung unter der Stadt.

Mangelnde Platzverhältnisse an der Oberfläche führen zur Überlegung, die verfügbaren Flächen unter der Erde auch für bisher ungewohnte Nutzungen einzurichten

Dieser Vorgang an sich ist nicht neu. Weltweit haben Städte mit U- oder S-Bahnen ihre Mobilitätsprobleme über Tag zu lösen versucht. Die gewählte «Zürcher Lösung» indes ist unter sämtlichen Aspekten des modernen Tunnelbaus interessant. Das Projekt wurde in einem komplizierten städtischen Umfeld erfolgreich realisiert, weil sich Bauherren, Planer und die Baufirmen an einem interdisziplinären und teamorientierten Vorgehen beteiligten.

Auch die sinnvolle Nutzung des Underground Space ist kein Schlagwort mehr, sondern vielmehr eine der wichtigsten Forderungen der Gesellschaft an künftige Infrastrukturprojekte. Interessante und richtungsweisende Beispiele gibt es in der Schweiz wie international bereits einige: die bereits erwähnte Durchmesser-Eisenbahnlinie der SBB (Schweizerische Bundesbahnen) unter der Stadt Zürich, die neue Metro-Linie Grand Paris Express in Paris, der unterirdische Bahnhof Stuttgart 21 oder das teilweise unterirdisch verlaufende S-Bahn-Netz der Stadt München, diverse End- und Zwischenlager für atomare Abfälle, Underground Farming u.a.m.

Unterirdische Räume und Verbindungen zu nutzen, ist ein deutlicher Trend für die Problemstellungen kommender Generationen

Doch es sind nicht nur die urbanen Räume, die neu gedacht werden. Auch herkömmliche Formen des Tunnelbaus werden heute modern angegangen und bezüglich der Kriterien anders beurteilt, als dies noch vor wenigen Jahrzehnten der Fall war. Die schweizerische Alpentransversale NEAT mit dem längsten europäischen Eisenbahntunnel (Gotthard-Basistunnel mit einer Länge von 57,1 Kilometern) beispielsweise verbindet die Regionen beidseits der Alpen und somit einen wichtigen Teil des zentralen europäischen Wirtschaftsraums auf eindruckliche Weise. Reisezeiten wurden markant verkürzt und vom Verkehr belastete Regionen entlastet. Durch diese Entwicklung begünstigte Regionen können sich nachhaltiger und ressourcenschonender entwickeln. Die wirtschaftliche Attraktivität und die Lebensqualität steigen gleichermassen.

Selbstverständlich spielen die Überlegungen nicht nur in Europa eine stetig wachsende Rolle. Betrachten wir den asiatischen Raum, allen voran China, so wird deutlich, dass das neue Denken in Bezug auf die Nutzung von unterirdischen Räumen eine globale Tendenz ist und überall dort angewendet und konkretisiert wird, wo die Konzentration von vielen Menschen auf engem Raum unaufhaltsam fortschreitet.

Die neu zu denkende Nutzung von Underground Space und unterirdischen Verbindungen ist demzufolge mehr als ein Trend. Vielmehr sind unzählige Versuche und Planungen weltweit bereits im Gang. Die gegenwärtigen gesellschaftlichen Strömungen in Bezug auf eine CO₂-neutrale Gesellschaft fördern das Bestreben, den Underground Space zu einer wichtigen Ressource zu formen, und erhöhen zusätzlich die Geschwindigkeit bei der Umsetzung.

Grosse zurzeit im Bau oder in Planung befindliche Tunnelbau-Projekte in Europa siehe Seite 54.

Trends im Underground Space Use sind: unterirdische Räume in Ballungszentren, Stormwater Management für Städte in Küstennähe, Urbanisierung der Gesellschaft in Bezug auf Transportwege und Logistik, Urban Farming für kürzere Logistikwege etc.

04

Ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit

Überlegungen zur Nachhaltigkeit beim Bau und der Nutzung von Untertage-Infrastrukturen (Beispiele: Verkehrsverlagerungen, Logistiklösungen, Energieversorgung und Endlagerung von radioaktiven Abfällen)

Die bereits kurz erwähnten Themen «Ökonomische und ökologische Betrachtung für die Zukunft im Untertagebau» und «Nachhaltige Nutzung von Underground Space» sind einerseits wissenschaftlich und andererseits technisch und ökonomisch begründet. Weiter drängen sich auch gesellschaftspolitische Gedanken auf. Die Globalisierung bei der Produktion von Gütern bringt heute sichtbare Nachteile im Bereich der Logistik und der Umweltbelastung mit sich. Günstige Güter über tausende von Kilometern zum Bestimmungsort zu transportieren, birgt neben vielfältigen Risiken (z. B. SARS-CoV-2, überlastete Verkehrswege) auch die Gefahr von irreparablen Folgen für die Umwelt.

Die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind bereits erkennbar. Klimaveränderungen, Naturkatastrophen und deren direkte Auswirkungen auf die globale Gemeinschaft werden zum entscheidenden Faktor für die Lebensbedingungen und die Prosperität kommender Generationen. Modernste unterirdische Verbindungen und Räume sind eine nicht mehr wegzudenkende Massnahme zur Eindämmung von Umweltrisiken. Die Autoren dieses Weissbuchs sehen darin den Megatrend für die Zukunft des Tunnelbaus.

Diese These lässt sich bereits anhand des traditionellen Tunnelbaus veranschaulichen. International betrachtet konnten aufgrund von neuen unterirdischen Verkehrsverbindungen tausende Kilometer an globalen Transport- und Verkehrswegen für Güter verkürzt werden. Kürzere Verkehrs- und Transportwege wiederum bringen nicht nur einen wirtschaftlichen Nutzen (schnellere Produktions- und Lieferzeiten), sondern auch eine

erhebliche Reduktion der Umweltbelastung mit sich. Die Verlagerung des Gütertransports von der Strasse auf die Schiene oder künftig ganz in den Untergrund zeigt auf, dass das Potenzial für weitere Verbesserungen in dieser Frage enorm ist.

Der Schutz von Mensch und Natur ist, so untechnisch dies klingen mag, eines der wichtigsten Themen rund um den Untertagebau der Zukunft

Aus gesellschaftspolitischer Sicht sollte künftig nicht nur die Frage des ohnehin zunehmenden Verkehrs (Schiene, Luft oder Strasse) im Vordergrund stehen. Es ist zu überlegen, wann und wo unterirdische Verbindungen in der Form von Tunnels, Überdachungen von Auto- und Eisenbahntrassen etc. die Belastung von Natur und Bevölkerung reduzieren können. In den grossen Städten und Ballungszentren scheint die Plausibilität für Tunnel in der Regel einfacher zu beantworten als in ländlichen Regionen. Doch bei genauerer Betrachtung sind es auch die ländlich oder topografisch spezifischen Gebiete (z. B. Gebirgszüge, Seen, Wälder), die in der Zukunft eines besseren Schutzes vor Emissionen bedürfen. Der Schutz von Mensch und Natur ist, so untechnisch dies klingen mag, eines der wichtigsten Themen rund um den Tunnelbau der Zukunft.

Der Untertagebau bietet Lösungen für die Megatrends, jedoch wird die Entvölkerung des ländlichen Raums dadurch nicht gestoppt werden können.

05

Funktion von Städten und urbanen Gebieten

Verknappung des Raums,
zunehmender Verkehr auf Strassen
und Schienen, öffentliche
unterirdische Räume für eine schnell
wachsende Bevölkerung

Die Funktion von Städten und urbanen Gebieten ist im Wandel. Flüchtig betrachtet erscheint diese Feststellung trivial. Dies wäre allerdings nur eine sehr oberflächliche und nicht differenzierte Betrachtung. Denn es sind gerade die Städte und der damit verbundene urbane Raum, die schon heute und in naher Zukunft grossen Veränderungen und damit enormen Herausforderungen unterworfen sein werden.

Betrachten wir die europäischen Grossstädte, so stellen wir nicht nur ein rasantes Wachstum der Städte selbst fest, sondern können auch ein fortschreitendes Zusammenwachsen von Gebieten zwischen den einzelnen Ballungszentren feststellen. Die Folge davon ist eine weitere Verknappung des Raums für Bauten, Verbindungen, Produktionsstätten, Wohn- und Erholungszonen. Die Funktion der klassischen Stadt verändert sich vor allem durch den zunehmend fehlenden Platz für die alltäglichen Lebensformen und -gewohnheiten sowie für die Einrichtungen des öffentlichen Lebens.

Verändern die Städte nichts, um die Überentwicklung einzudämmen, wird die Lebensqualität fortlaufend abnehmen

Genau dort setzen die Überlegungen ein, den Raum unter der Erde, also den Underground Space, neu zu entwickeln und für bisher noch nicht gängige Zwecke zu nutzen. Städte und urbane Gebiete werden in den kommenden Jahrzehnten dazu gezwungen sein, verschiedenste Einrichtungen des öffentlichen Lebens

unter die Erde zu verlegen, damit die Lebensqualität in den permanent wachsenden Ballungszentren erhalten werden kann oder bestenfalls verbessert wird. Natürlich stehen Optimierungen im Bereich Verkehr, Logistik und Energieversorgung primär im Vordergrund. Sie können bereits heute mit mehr oder weniger grossen Anstrengungen unter die Erde verlegt werden. Doch es sind nicht einzig diese herkömmlichen Anwendungen, bei denen der unterirdische Raum eine wichtige Rolle spielen wird.

Wissenschaftliche Studien und internationale Versuchsanlagen zeigen, dass Shopping-Center, Unterhaltungseinrichtungen, Sport- und Trainingsstätten, Teststrecken, Rechenzentren etc. auch unter Tage funktionieren. Die Auflistung der Möglichkeiten kennt keine Grenzen. Ein interessantes Beispiel hierzu ist das Underground Farming (Beispiel: Versuchsstollen Hagerbach der Scout Association in der Schweiz), in dem spezifische pflanzliche Nahrungsmittel auch unterirdisch gezüchtet, angebaut und geerntet werden. Diese für unsere Gesellschaft noch unübliche Vorgehensweise wird in den kommenden Jahren und Jahrzehnten eine wesentliche Rolle bei der Versorgung von urbanen Gebieten einnehmen. Die neuen Anwendungen erlauben es, logistische Probleme der Versorgung neu zu denken und dabei die Umwelt durch verkürzte Transportwege zu entlasten.

Aktuell werden 30% aller Tunnel in China gebaut, dort allein in rund 50 Städten für U- und S-Bahnen. Gleiches gilt für Indien.

Tunnelähnliche Räume oder Kavernen ermöglichen industrielle Produktionsanlagen, die grösstenteils automatisiert betrieben werden. Hierzu liefert auch der traditionelle Tunnelbau einige interessante Referenzprojekte: Für die zweite Röhre des Gotthard-Strassentunnels wird ein grosser Teil der für die Logistik und den Bau notwendigen Materialien unterirdisch bereitgestellt und hergestellt. Die in der Schweiz ansässige Tunnelbau-Firma Implenia baut dazu am Nordportal des Gotthard-Tunnels eine Produktionshalle (Kaverne), in der ein komplettes Zementwerk für den bald beginnenden Bau des Tunnels erstellt wird. Das Baumaterial für den mehrjährigen Bau des Tunnels wird danach grösstenteils unterirdisch produziert und direkt für den Ausbau eingesetzt.

In vielen Metropolen weltweit, wie z. B. Paris, München, London oder Amsterdam, Guangzhou, Hongkong, Schanghai, Tokio, Sydney, versuchen die Stadtplaner, neue Wege zu gehen. Dabei stehen heute meistens noch die gängigen Massnahmen, z. B. die Erweiterungen und Neubauprojekte im Bereich des öffentlichen Verkehrs, insbesondere aber neue U- und S-Bahn-Systeme im Vordergrund. Eines der prominentesten Beispiele ist der Grand Paris Express, der verschiedene neue S-Bahn-Linien zusätzlich zu den bestehenden Metro-Linien in Paris betreiben wird. Diese neuen unterirdischen Verbindungen sind für den Tunnelbau eine grosse Herausforderung, weil die Dichte an unterirdischen Verbindungen vielerorts stark zunimmt. Die zuvor beschriebenen Massnahmen sind, mit Ausnahme der Massnahmen für den öffentlichen Verkehr, gesellschaftlich betrachtet noch neu. Sie

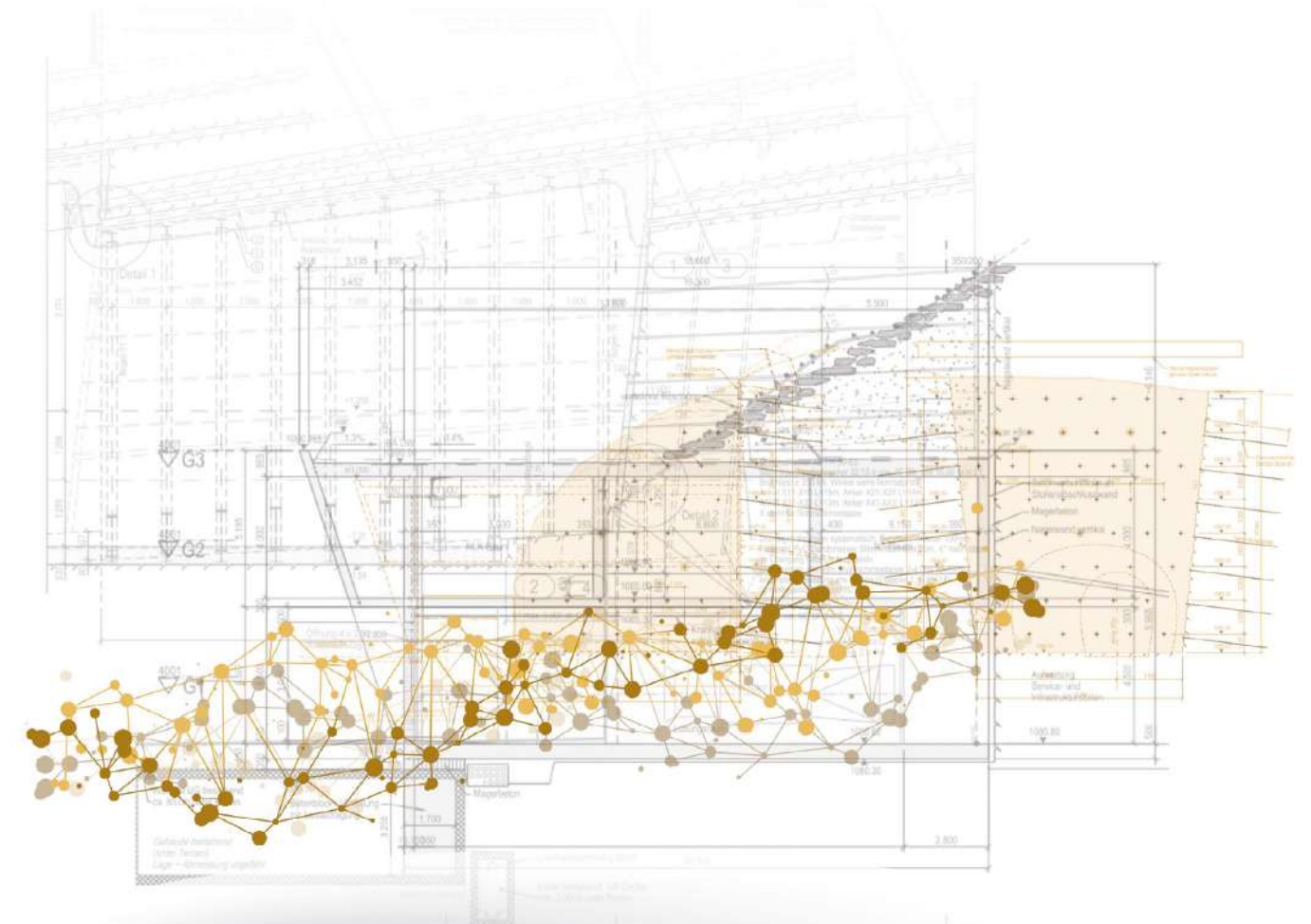
bedürfen einer veränderten Denkweise bei der Planung von Städten sowie auch einer vermehrt langfristig ausgelegten politischen Betrachtungsweise.

Die Nutzungen im Underground Space werden sich zu den wichtigsten Bauthemen der Zukunft entwickeln

Zweifellos ist es jedoch bereits heute wichtig, breite Bevölkerungsschichten für die Nutzung des Underground Space zu sensibilisieren. Dabei spielen innovative Projekte, wie die neuen Hallen «Forum des Halles» in Paris, eine massgebende Rolle als reale Anschauungsbeispiele.

Das in der Ausdehnung wie auch in der Nutzung herausragende Bauwerk inmitten der Stadt Paris wurde zu 80% als Underground Space konzipiert und entsprechend als solches umgesetzt. Die dabei unterirdisch verbaute Fläche, mit dem grössten unterirdischen Bahnhof der Welt, wäre im gesamten urbanen Raum von Paris oberirdisch nicht zu finden gewesen. Das Beispiel «Forum des Halles» in Paris gibt dem Begriff «unter Tage» eine neue, visionäre Bedeutung. Das mit einer Vielzahl von Tunnels verbundene Stadtquartier ist eine der Möglichkeiten, wie urbaner Raum künftig aussehen kann.

Das «Forum des Halles» in Paris zeigt auf, dass der oberirdische Raum mit dem unterirdischen Raum verbunden und gemeinsam entwickelt werden muss.



06

Zeitintensive Planungs- und Realisationszyklen

Zunehmende Komplexität beim Bau von grossen Infrastrukturprojekten

Einen Tunnel baut man nicht von heute auf morgen. Es bedarf einer umfangreichen und detaillierten Planung. Die Investitionen in den Tunnelbau und weitere unterirdische Nutzungen sind, in Relation zur Lebens- bzw. Betriebsdauer von rund einhundert Jahren und dem gegebenenfalls vielfältigen Nutzen, nicht das einzig relevante Kriterium. In der Phase der Planung und der Realisation erscheinen die einzusetzenden finanziellen Mittel fälschlicherweise als primäres Argument für oder gegen den Bau. Dieser Umstand ist in den meisten Fällen nicht ausschliesslich auf den eigentlichen Bau eines Tunnels zurückzuführen, sondern auch auf die in den Projekten notwendigen Planungs- und Bewilligungsphasen, die tendenziell immer länger dauern.

Betrachtet man bedeutende europäische Tunnelbau-Projekte wie z.B. den Eurotunnel oder den Gotthard-Basistunnel (NEAT, Schweiz) näher, so stellt man fest, dass erste Planungsschritte bereits Jahrzehnte vor der konkreten Ausführung gemacht wurden. Die Phase zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für solche Generationenprojekte dauert fast ausnahmslos viele Jahre, oft auch Jahrzehnte. Ist der Entscheidungsprozess der Bauherren – meistens sind es Staaten und Regierungen – einmal abgeschlossen, kann die konkrete Planung des Bauwerks vorangetrieben werden. Die Sicherheit im Prozess liegt dabei nicht selten im Bereich der demokratischen Legitimation – ein Thema, das im nachfolgenden Kapitel «Gesellschaftliche Akzeptanz» noch eingehend beschrieben wird.

Planungs- und Vergabephasen von Tunnelbau-Projekten werden für die Bauindustrie immer kostenintensiver

Für Planer, Ingenieure und spezialisierte Firmen im Bereich Tunnelbau und Untertagebau ist die Planungs-, Ausschreibungs- und Vergabephase von Infrastrukturprojekten sehr kostenintensiv. Diese durch Umfragen

in der Baubranche verifizierte Entwicklung nimmt tendenziell zu und bedingt effiziente Prozesse und modernste Organisationsformen. Detaillierte Grundlagen der Bauherren helfen, die kalkulatorischen Risiken der meistens mehrjährigen Bauphasen auch für die am Bau beteiligten Unternehmen überschaubar zu halten.

Entscheidend für die Minimierung der Risiken beim Bau ist das zur Verfügung stehende Know-how der sich für die Projekte bewerbenden Tunnelbau-Firmen. Die Bauherren profitieren sowohl bei der Planung als auch bei der Ausführung vom Wissen der involvierten Firmen aus bereits realisierten Projekten. So sind beispielsweise in alpinen Gebieten geologische Kenntnisse aus früheren Projekten (Beispiel: Massnahmen und Ausführungen in Störzonen) mitentscheidend, ob die planerisch vorgegebenen Zeit- und Budgetverhältnisse von den Tunnelbau-Firmen auch tatsächlich eingehalten werden können.

Tunnelbau-Experten bestätigen, dass die bei vergleichbaren Projekten erworbenen Kenntnisse sowie eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern (Bauherren), den Planungsingenieuren und dem ausführenden Tunnelbau-Unternehmen ein gewichtiger Erfolgsfaktor für die Realisation von Tunnelbau-Projekten sind. Tunnelbau-Firmen und Planer aus der Schweiz, Deutschland und Österreich zählen nicht nur in den Alpenländern zu Recht zu den führenden Spezialisten. Ihre bei diversen Tunnelbau-Projekten erworbenen Fachkompetenzen werden heute international geschätzt. Nicht selten sind sie deshalb auch länderübergreifend tätig und an grossen und wichtigen Tunnelbau-Projekten in diversen Gebieten und Nationen beteiligt.

Im internationalen Kontext betrachtet ist die Schweiz aussergewöhnlich. Viele Länder setzen heute grosse Infrastrukturprojekte als reine Regierungsaufgabe um.

07

Gesellschaftliche Akzeptanz

Betrachtungen und Thesen
zu generationenübergreifenden
Tunnel- und Infrastrukturprojekten

In westlichen Demokratien spielt die Akzeptanz der Bevölkerung bei der Realisation von grossen Infrastrukturprojekten die wahrscheinlich wichtigste Rolle für die Initialisierung des eigentlichen Baus. Gerade der Tunnelbau mit seiner anfänglich nicht visuell erkennbaren Endgestaltung sowie die bis zur Vollendung des Bauwerks fehlende Erlebbarkeit führen immer wieder zu öffentlichen und auch heftigen politischen Diskussionen. Für nationale wie auch für regionale Regierungen (Bauherren) ist es aus diesem Grund entscheidend, die Projekte im Vorfeld ehrlich und offen mit allen Vor- und Nachteilen der vom Bau betroffenen Bevölkerung zu kommunizieren und vorzustellen. Das Zulassen eines öffentlichen Diskurses schafft Vertrauen in die über viele Jahre dauernden Projektphasen.

Vergleiche zwischen der Schweiz und anderen europäischen Ländern zeigen, dass eine vorgelagerte demokratische Legitimation von grossen staatlichen Bauvorhaben (insbesondere bei Tunnelbau-Projekten) grundsätzlich mehr Sicherheit gibt, als wenn diese autark von Regierungen auf nationaler, regionaler oder auch kommunaler Ebene entschieden werden.

Dort, wo es die demokratischen Instrumente zulassen, sind Volksbefragungen ein sinnvolles Mittel, um grosse, über Generationen dauernde Bau- und Infrastrukturprojekte zu legitimieren. Ein demokratisch abgestütztes Projekt gibt dem Bauherrn (meistens dem Staat) ein hohes Mass an Planungs- und Prozesssicherheit, das sich bei der Realisation auf die Dauer, die Kosten und die nachgelagerte Nutzung positiv auswirkt.

Die Endnutzer eines Tunnels müssen transparent über den aktuellen Stand des Projekts informiert werden

Wie bei vielen strategischen Entscheidungen durch Regierungen, Verwaltungen oder in der privaten Industrie müssen die Handlungsoptionen bereits im Strategieprozess

auf ihre Kommunizierbarkeit hin überprüft werden. Gerade bei Grossprojekten wie z. B. dem Bau der NEAT (Gottard-Basistunnel, Schweiz) oder der Durchmesserlinie Zürich (SBB, Schweiz) kommt der Information und Kommunikation eine enorm wichtige Bedeutung zu. Vom aktuellen Standpunkt aus sind sowohl der finale Nutzen wie auch die Ausgestaltung und der nachgelagerte Betrieb des Bauwerks für die Bevölkerung kaum vorstellbar. Eine durchdachte und fortlaufende Kommunikation über den gesamten Projektverlauf hinweg hilft der Bevölkerung und dem Nutzer, das Projekt besser kennenzulernen und mit ihm zu wachsen.

Die demokratische Legitimierung von Grossprojekten wie dem Tunnelbau ergibt eine optimale Voraussetzung für die reibungslose Planung und Ausführung

Werden Bauwerke wie Tunnel, Atomendlager, Wasserkraftwerke oder weitere für die Öffentlichkeit relevante Vorhaben im Underground Space erst nach der eigentlichen Planungs- und Projektierungsphase breit diskutiert, entsteht ein Vakuum im Dialog mit der Bevölkerung. Die Folge ist der Verlust von Vertrauen in den Bauherrn, die Investoren oder die Ausführenden am Bau. Ein weiteres Argument für eine gut durchdachte Information ist die zunehmend digitalisierte Medienlandschaft. Anspruchsgruppen, die nicht direkt vom Bauvorhaben betroffen sind (Aussenbetrachtung), melden sich heute in den sozialen Medien genauso zu Wort, wie wenn sie direkt betroffen wären.

Es stellt sich die Frage, ob sich die schweizerische Praxis in Zukunft auch in anderen Staaten in Europa durchsetzen wird.

08

Technische Erweiterung der bisherigen Nutzung

Umstrittene Tendenz zu
multifunktionalen Tunnels
(z. B. Verkehrstunnel
mit Zusatzausbau für Logistik- oder
Telekommunikationsfunktionen)

Verkehrstunnel, Eisenbahntunnel, Fahrradtunnel, U-Bahn-Tunnel, Energieversorgungstunnel, Tunnel für Telekommunikationsverbindungen, Logistiktunnel u.v.m. waren in den vergangenen Jahrzehnten einer primär monothematischen Verwendung zugeordnet. Diese Betrachtungsweise ist im Begriff, sich zu ändern. Verkehrstunnel, wie z. B. städtische, für den Fahrzeug- oder Schienenverkehr konzipierte Tunnel, werden zunehmend auch für weitere, komplementäre Nutzungen geplant und erforscht.

Unterirdische Retentionsräume gewinnen aufgrund des Klimawandels resp. dessen Auswirkungen auch in Europa ständig an Aktualität

Ein vielbeachtetes Projekt wurde im malaysischen Kuala Lumpur realisiert, wo ein auf den ersten Blick klassischer Verkehrstunnel bei starken Niederschlägen gesperrt und für das Abführen grosser Wassermassen eingesetzt wird. Der globale Klimawandel führt vermehrt zu Überlegungen, für Umwelt-Grossereignisse notwendige Retentionsräume unterirdisch anzulegen. Auch in Europa werden Tunnel und unterirdische Räume zunehmend für eine Mehrfachnutzung gedacht und geplant. Der dafür notwendige Raum ist bei einem Tunnel-Kreisprofil meistens vorhanden. So können beispielsweise unter der Fahrbahn für Autos weitere Transport- oder Leitungssysteme eingebaut werden. Die neusten elektronischen

Überwachungs- und Steuerungssysteme erlauben dem Tunnelbetreiber einen sicheren und effizienten Betrieb von parallel laufenden Nutzungen. Durch diese neue Art der Betrachtung von Tunnelbau-Typen ergeben sich interessante Synergien, die nicht nur im Bereich der Investitionen relevant sind, sondern sich auch in der zeitlichen Realisation verschiedener Projekte widerspiegeln.

Tunnel sind heute mehr als einfache unterirdische Röhren für Autos, Lastwagen und Eisenbahnen

Aus rein wirtschaftlicher Sicht würde sich demzufolge eine Mehrfachnutzung aufdrängen. Das Abwägen von Vor- und Nachteilen verschiedener Nutzungen ist aus praktikablen Gründen jedoch notwendig. Tunnel, Retentionsräume, Lagerungsmöglichkeiten, Produktionsstätten und auch für die tägliche Nutzung begehrte und erlebbare unterirdische Räume werden in verschiedenen Forschungsprojekten weltweit analysiert und entwickelt. Diese neuen Anwendungen bedingen allerdings bereits in der Projektierungsphase ein innovatives und interdisziplinäres Denken im Bereich der Nutzungen. Die Folge solcher neuen Prozesse ist, dass sich auch die Bauherren und Planer von grossen Infrastrukturprojekten nicht monothematisch auf ihren spezifischen Bereich konzentrieren, sondern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Staat, Industrie und der breiten Bevölkerung anstreben.

09

Kosten/Nutzen und Social Cost Benefit

Überlegungen zu einer
gesamtheitlichen Betrachtung von
Nutzen und Kosten im Tunnelbau
unter Einbezug der sozialen Kosten

Bei der initialen öffentlichen Beurteilung eines Tunnelbau-Projekts nimmt das Thema «Kosten-Nutzen-Rechnung eines Tunnelbau-Projekts» eine oft dominierende Rolle ein. Von der Öffentlichkeit beurteilt wird dabei meistens nur die Gesamtinvestitionssumme, die von dieser a) nicht über die gesamte Lebenszeit des Bauwerks (Life Cycle Cost) betrachtet wird und b) den sozialen Nutzen (Social Cost Benefit) eines Tunnel-Bauwerks nicht gesamtheitlich berücksichtigt. Es ist ein Anliegen der Autoren dieses Weissbuchs, dass dieses wichtige Kriterium mehr Aufmerksamkeit bei der Planung und Entstehung von Tunnelbau-Projekten und der Nutzung von Underground Space erlangt.

Oft fehlt in der Gesamtbeurteilung eines Tunnelprojekts die Gewichtung der sozialen Kosten und Nutzen (Social Cost Benefit)

Am Beispiel des an einer Volksabstimmung im Kanton Zürich (Schweiz) gescheiterten Verkehrstunnels «Rosengarten» inmitten der Stadt Zürich lässt sich diese These gut darstellen. Gegner wie Befürworter des Projekts argumentierten fokussiert mit den angemessenen resp. hohen Baukosten für den Tunnel. Zu wenig berücksichtigt wurde hingegen in der Analyse für die öffentliche Meinungsbildung, dass mit einem Tunnel ein ganzer Stadtteil von einer hohen Verkehrsbelastung befreit würde. Die sozialen Kosten mit den Faktoren

Lebensqualität, Quartierentwicklung, Lärminderung und wirtschaftliche Entwicklung fanden in der kontrovers geführten öffentlichen Diskussion wenig Gewicht. Dies zeigt exemplarisch ein Problem auf, das derartige Projekte oft haben: Die Internalisierung der Kosten einer Umsetzung resp. Nichtumsetzung in das eigentliche Bauprojekt findet nicht statt.

Die Folge der Ablehnung durch den Soverän ist, dass ein bedeutender Stadtteil von Zürich über Jahrzehnte hinweg nicht vom Verkehr entlastet werden kann, Wohnraum in der Umgebung unattraktiv bleibt und die volkswirtschaftliche Entwicklung stagnieren wird. Eine gesamtheitliche Betrachtung aller mit einem Tunnelbau verbundenen Vor- und Nachteile drängt sich demnach auf und ist als Trend in der Beurteilung von urbanen Tunnelbau-Vorhaben anzusehen.

Natürlich gehören zu den entlastenden Massnahmen eines Tunnels auch flankierende Massnahmen (z. B. die Förderung von alternativen oder öffentlichen Verkehrsmitteln), um das entlastete Gebiet nachhaltig vom Verkehr zu befreien. Nur so kann das stets von der Gegnerschaft vorgebrachte Argument «Neue Strassen führen zu mehr Verkehr» entkräftet werden.

Infrastrukturen sind eine Notwendigkeit für die allgemeine Entwicklung der Gesellschaft. Die Kosten-Nutzen-Analyse gestaltet sich jedoch stets sehr komplex.

10

The Human Factor

Das interdisziplinäre
Zusammenspiel von Fachleuten
verschiedenster Ausprägungen –
neue Anforderungen und Arbeitsformen

Auf die Frage nach möglichen Verbesserungen für die Fertigstellung von bedeutenden Tunnelprojekten haben verantwortliche Baumanager immer wieder den «Human Factor» erwähnt. Der «Human Factor» hat indes mehrere Betrachtungsebenen. Als Erstes sind damit die Tunnelbau-Fachleute gemeint. Die Arbeit und die Anforderungsprofile der sich mit Tunnelbau und Underground Space beschäftigenden Berufsgruppen haben sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten signifikant verändert. Moderne Technologien und grosse Fortschritte bezüglich der Arbeitssicherheit führten einerseits zu weniger grossen Personalkörpern am Bau selbst und andererseits zu einem Technologieschub (Beispiele: modernste Tunnelbau-Maschinen/TBM und die zunehmend digitalisierten Planungsprozesse). Die zweite Interpretation zum «Human Factor» bezieht sich auf die Arbeitsprozesse, die sich im Zuge der digitalisierten Planung laufend verändern und deshalb angepasst werden müssen. Was ist nun mit «Human Factor» im Zusammenhang mit Underground Space und Tunnelbau gemeint?

In erster Linie handelt es sich um den Miteinbezug aller Fach- und Bauleute, die an einem grossen Tunnelbauprojekt beteiligt sind. Die traditionelle Abwicklung des Tunnelbaus mit klassischer Segmentierung (Projektphasen) in Auftraggeber/Bauherren, Ingenieure/Planer und

ausführende Bauunternehmung führt zu einer partikularen und eher fachspezifischen Betrachtung bei den zu erbringenden Aufgaben. Die Phasen werden von den Projektteilnehmern auch aufgrund der Ausschreibungsverfahren und der internationalen Vorschriften (GATT/WTO) meist isoliert bearbeitet. Diese auf die jeweiligen Phasen konzentrierte Betrachtung des Prozesses kann dazu führen, dass wertvolles Know-how für den Bau eines Tunnels oder anderer unterirdischer Räume nicht in die Grundlagenarbeit, also die Basisplanung, miteinbezogen wird. Die Folgen sind teilweise erst spät im Bauprozess ersichtlich und führen im schlechtesten Fall zu Bauverzögerungen und/oder Mehrkosten für den Auftraggeber und nachgelagert die Betreiber.

Ein von verschiedensten Planern und Ingenieuren eingebrachtes Vorgehen wäre, dass die Auftraggeber bereits in frühen Planungsphasen dieser grossen Infrastrukturprojekte interdisziplinäre Teams zusammenstellen, bei denen auch Spezialisten entsprechend qualifizierter Baufirmen miteinbezogen sind.

Tendenziell sind bei der Planung und dem Bau im Underground Space mehr ganz unterschiedliche Fachgebiete einzubinden. Auch Unternehmer werden sich in diesen grösseren Kontext hineinbegeben müssen.

Kooperative Arbeitsmodelle zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer über alle Projektphasen hinweg sind die Zukunft im Untertagebau

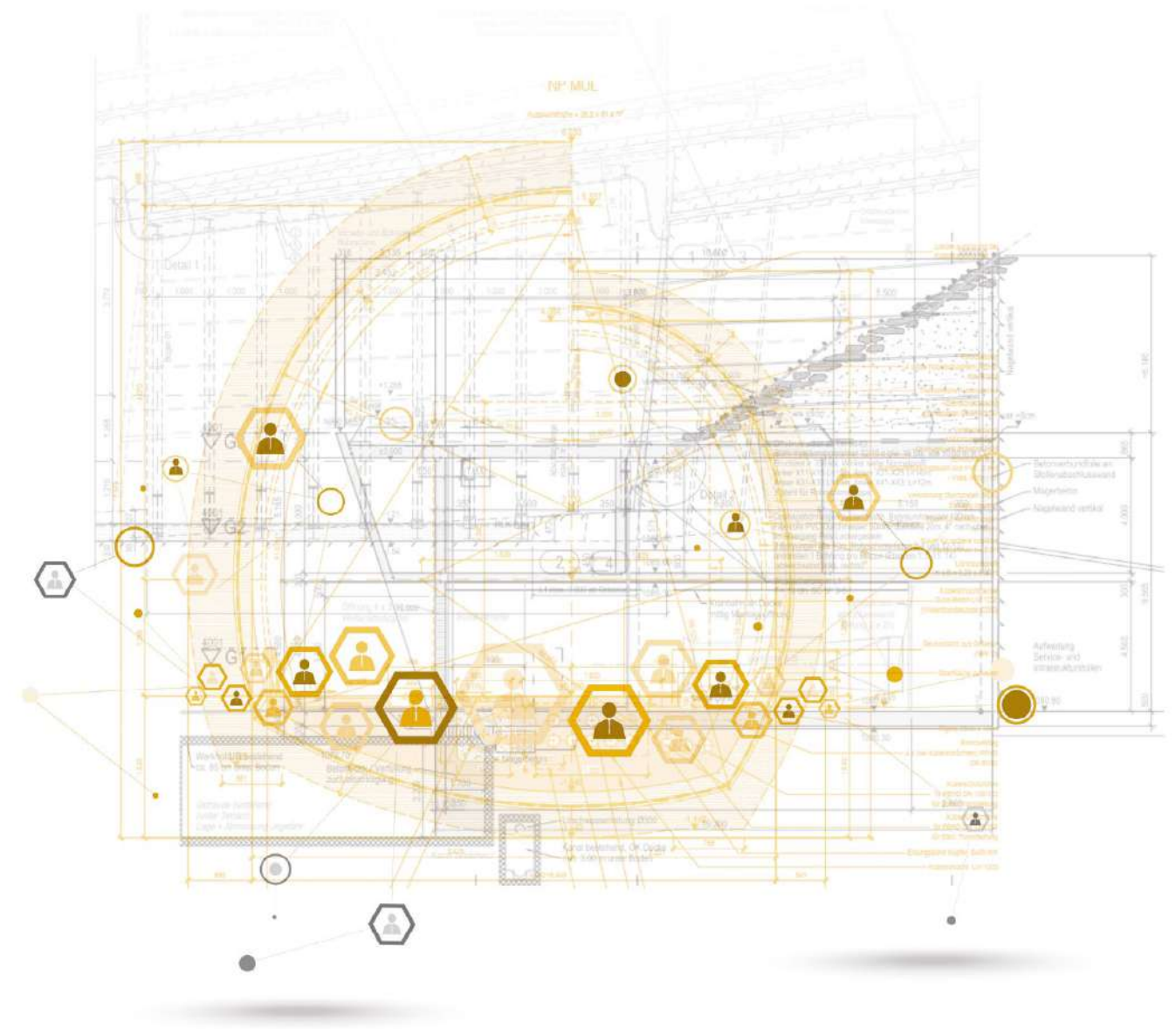
International betrachtet geht der Trend bereits in diese Richtung. Der «Human Factor», also das im Team eingebrachte Wissen, wird künftig bereits bei der Planung eine immer wichtigere Rolle spielen. Je früher die ausführenden Spezialisten und Baufachleute mit ihrem umfangreichen Know-how (insbesondere von unmittelbar fertiggestellten Bauten) in neue Projekte mit einbezogen werden, desto bessere Lösungen können für die Realisation erzielt werden. Das Modell «Partnering System», bei dem von Beginn weg Partnerschaften zwischen Bauherren, Planern und den ausführenden Baufachleuten eingegangen werden, zeigte in den skandinavischen Ländern (insbesondere Schweden und Norwegen) bereits Erfolge.

Ein frühes Miteinander bringt für alle Involvierten zusätzliche Vorteile: Kosten, Funktionalität, Qualität, Betriebskriterien, Arbeitsplanung, Sicherheit und die Gewichtung von Umwelt und deren Einflüssen werden bereits bei der Projektierung optimiert. Trotzdem wird der Wettbewerbsgedanke nicht ausgeblendet, da frühe Projektphasen mit mehreren entsprechend

präqualifizierten Unternehmen parallel durchlaufen werden und durch Reduzierung der Teilnehmer über technische und kommerzielle Kriterien schliesslich die technisch und wirtschaftlich beste Lösung für ein Projekt zur Ausführung kommt.

Das beschriebene, modernere Vorgehen stellt hohe Anforderungen an die Beteiligten und unterstreicht die Wichtigkeit des «Human Factor». Die Berufsbilder im Tunnelbau sind, wie in vielen anderen Fachgebieten, einem raschen Wandel unterworfen. Die Digitalisierung spielt dabei eine bedeutende Rolle. Künstliche Intelligenz, Robotik oder Remote Processing verändern die traditionellen Berufe grundlegend. Sie bilden die eigentliche Grundlage zur Innovation im Untertagebau. Die Anforderungen an die Mitarbeiter steigen stetig. Um gute Fachleute zu erhalten, müssen Tunnelbau-Firmen heute vermehrt für optimale Arbeitsbedingungen auf ihren Baustellen sorgen. Eine der zusätzlich grossen Herausforderungen ist der Transfer von Know-how innerhalb der Belegschaft. Vorhandenes Wissen kann andernorts zum entscheidenden Faktor für den Erfolg werden.

Die traditionelle baubezogene Dreiteilung in Auftraggeber, Planer und Baufachleute wird künftig ergänzt durch Städteplaner, Verkehrsplaner, Umweltschutzverbände etc.



11

Risiken beim Tunnelbau

Der Umgang mit Risiken hat viel mit einer bewussten Planung auf Basis von Erfahrungen mit vorangegangenen Grossprojekten zu tun und basiert international auf der «Best Practice»-Regel

Grundsätzlich werden die Risiken im Untertagebau, wie bei anderen grossen Bauprojekten, aufgelistet, analysiert und gewichtet. Die Ableitung von Massnahmen für den Fall, dass ein identifiziertes Risiko eintritt, werden konsequent festgehalten. Standardisierte Risikoprozesse sind ein Muss für jede an einem Tunnelprojekt beteiligte Gesellschaft. Tunnelbau-Gesellschaften, wie z. B. Implenia, profitieren bei der Beurteilung und Bearbeitung von Risiken im Tunnel- und Untertagebau von ihrem über Jahrzehnte erworbenen Wissen. Dabei werden primär zwei Risikokategorien unterschieden: erstens Prozessrisiken und zweitens geologische, planerische und bautechnische Risiken.

Die Prozessrisiken sind insbesondere für die Tunnelbau-Firmen sehr umfangreich und gleichzeitig anspruchsvoll in der Beurteilung. Auftraggeber und Baufirmen sollten zu einer möglichst deckungsgleichen Beurteilung ihrer jeweiligen Risiken gelangen.

Dieser komplexe Vorgang der Abgleichung verlangt von den Parteien «fair play», also eine verträgliche Aufteilung aller möglichen Risiken inklusive deren Bewertung, sowie einen gut entwickelten gegenseitigen Dialog. In Bezug auf die Risikoanalyse folgt diese These einer im Kapitel 09 «Kosten/Nutzen und Social Cost Benefit» festgestellten Notwendigkeit einer gesamtheitlichen Betrachtung, die zu verminderten Risiken für alle Beteiligten führt.

Bei den geologischen, planerischen und bautechnischen Risiken sind Tunnelbau-Firmen sehr unterschiedlich aufgestellt. Das Know-how und die Erfahrung aus abgeschlossenen und vergleichbaren Projekten helfen,

einerseits die eigenen Risiken bei Planung und Bauausführung zu minimieren und andererseits bei einem Eintreffen eines Risikos schnell die richtigen und vorbereiteten Massnahmen zu treffen. Simulationen, die Bildung von Szenarien und vorbereitete Aktionspläne für den Schadenfall sind entscheidend, um die Sicherheit im Projekt nicht zu gefährden.

Gesellschaftliche Trends und die Beurteilung politischer Tendenzen bilden eine spezifische neue Risikokategorie

Die vergangenen zwei Jahrzehnte zeigen, dass eine neue Kategorie von Risiken zunehmend an Bedeutung gewinnt: die gesellschaftlichen bzw. die politischen Risiken. Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, sind gesellschaftliche Themen und politische Prozesse ebenfalls in die Beurteilung des Risikos für Auftraggeber und Auftragnehmer miteinzubeziehen. Gesellschaftliche oder politische Themen, die zu zeitlichen Verschiebungen von Projekten führen, spielen in der Planung von Tunnelbaustellen und Projekten im Underground Space eine wichtige Rolle und stellen für alle am Projekt beteiligten Baufirmen und den Auftraggeber ein erhebliches Risiko dar. Fehleinschätzungen und unsorgfältige Risikobeurteilungen können dringend notwendige Vorhaben über Jahre hinaus verzögern oder verunmöglichen.

Es ist wichtig zu verstehen, dass ein gut entwickeltes Risikomanagement in allen Phasen eines Infrastrukturprojekts stattfinden muss.

12

Fazit und Empfehlungen

Eine der wichtigen Erkenntnisse der letzten drei Jahrzehnte ist, dass der Raum unter der Erdoberfläche (Underground Space) auch für bisher nicht übliche Nutzungen beplant, bebaut und ausgerüstet werden kann. Das Bild vom dunklen, mysteriösen und gefährlichen «Untergrund» gehört der Vergangenheit an. Die Verknappung von Landreserven in urbanen Gebieten, aber auch die zunehmenden Bedürfnisse des öffentlichen und individuellen Verkehrs in den Städten führen zu den Überlegungen, unterirdische Alternativen zu suchen. Doch es sind nicht nur die neuen Anwendungen, die an den Hochschulen und von der Bauindustrie intensiv diskutiert werden. Es sind auch die herkömmlichen Verwendungszwecke des Untertagebaus, wie z. B. der Tunnelbau für Verkehr, Energie und Logistik, die neu gedacht und weiterentwickelt werden.

Ein Tunnel ist nicht mehr «nur» eine Röhre für eine bestimmte Nutzung. Neue, für verschiedene Bedürfnisse nutzbare Tunnel oder Räume sind teilweise bereits Realität und helfen mit, viele Problemstellungen gleichzeitig zu lösen.

Die in dieser Publikation mehrfach erwähnte Verknappung des Bodens ist ein Fakt, der sich auch auf den Bereich Sicherheit und ökologische Ausrichtung bei der Nutzung von Underground Space auswirkt. Die künftige Nutzung der verschiedenen Facetten im Underground Space ist von Relevanz für die kommenden Generationen, für die Funktion von Städten, für die Versorgung und die Entwicklung von Wirtschaftsräumen und für einen schonungsvollen Umgang mit den Ressourcen. Die Aufzählung ist nicht abschliessend. Es stimmt zuversichtlich, dass sich die Gesellschaft in kleinen Schritten an neuartige Einrichtungen unter der Erdoberfläche gewöhnt.

Die diversen Forschungsprojekte und Versuchsanlagen weltweit produzieren belastbare Ergebnisse und Hinweise für Auftraggeber, Planer und Realisatoren. Zusätzlich helfen herausragende Projekte, wie das «Forum des Halles» in Paris, als reale Anschauungsbeispiele, den Underground Space zu erleben und allfällige Vorbehalte abzubauen. Zusammenfassend sind die Entwicklungen in diesem Bereich als positiv zu beurteilen. Dennoch sind noch viele, insbesondere gesellschaftspolitische Fragen zu diskutieren und Problemstellungen zu lösen.

In diesem Zusammenhang haben die Autoren besonders auf das Thema «Social Cost Benefit» hingewiesen. Die Beurteilung der sozialen und ökologischen Kosten bei Grossprojekten, z. B. Stadttunnel für Verkehrsverlagerungen, wurde in der Vergangenheit vernachlässigt. Die stetig wachsenden urbanen Zentren, aber auch die von Verkehr belasteten Rand- und Landgebiete bedürfen eines grösseren Schutzes als bisher. Für die Auftraggeber auf staatlicher wie auch auf privater Seite besteht die Notwendigkeit, die Planungs- und Baukosten in Relation zum langfristigen gesellschaftlichen Nutzen eines Bauwerks im Underground Space zu setzen. Diese Überlegungen, insbesondere bei der Planung, sind auch für die gesellschaftliche Akzeptanz und die politische Betrachtung der meist umfangreichen Bauvorhaben miteinzubeziehen. In der Folge gewinnen die adäquate Kommunikation und die daraus bestenfalls entstehende Plausibilität für die Projekte zweifellos an Wichtigkeit für die Bauherren wie auch für die ausführenden Firmen.

Last, but not least ist der Begriff «Human Factor» in ein Fazit der Autoren miteinzubeziehen. Ein interdisziplinäres Handeln bereits bei der Planung bringt für alle Beteiligten Vorteile. Risiken für Zusatz- oder Rescue-Kosten werden minimiert. Zeitverhältnisse, gerade bei mehrjährigen Grossprojekten, können optimiert und intelligente Lösungen im Bereich der Nachhaltigkeit des Bauwerks vermehrt eingebracht werden.

Der Faktor Mensch ist beim Untertagebau höher zu gewichten als in den vergangenen Dekaden. Bereits gemachte Erfahrungen aus der Planung und der Realisation von Bauvorhaben bieten insbesondere den Auftraggebern/Bauherren ein hohes Mass an Sicherheit. Erfahrene Tunnelbau-Firmen und -Fachleute können ihr Wissen aus den verschiedensten Bauprojekten direkt einbringen. Bevorstehende Bauvorhaben, wie z. B. der zweite Strassentunnel durch den Gotthard, stellen interessante Fallbeispiele dazu dar. Die bei vorangegangenen Tunnelbauten gemachten Erfahrungen begünstigen ohne Zweifel den Erfolg des neuen Projekts in puncto Zeitverhältnisse, Sicherheit und Kosten.

Die Autoren des Weissbuchs «Tunnelbau & Underground Space 2050» haben zu den einzelnen Kapiteln, auf der nachfolgenden Seite, fünf Empfehlungen formuliert:



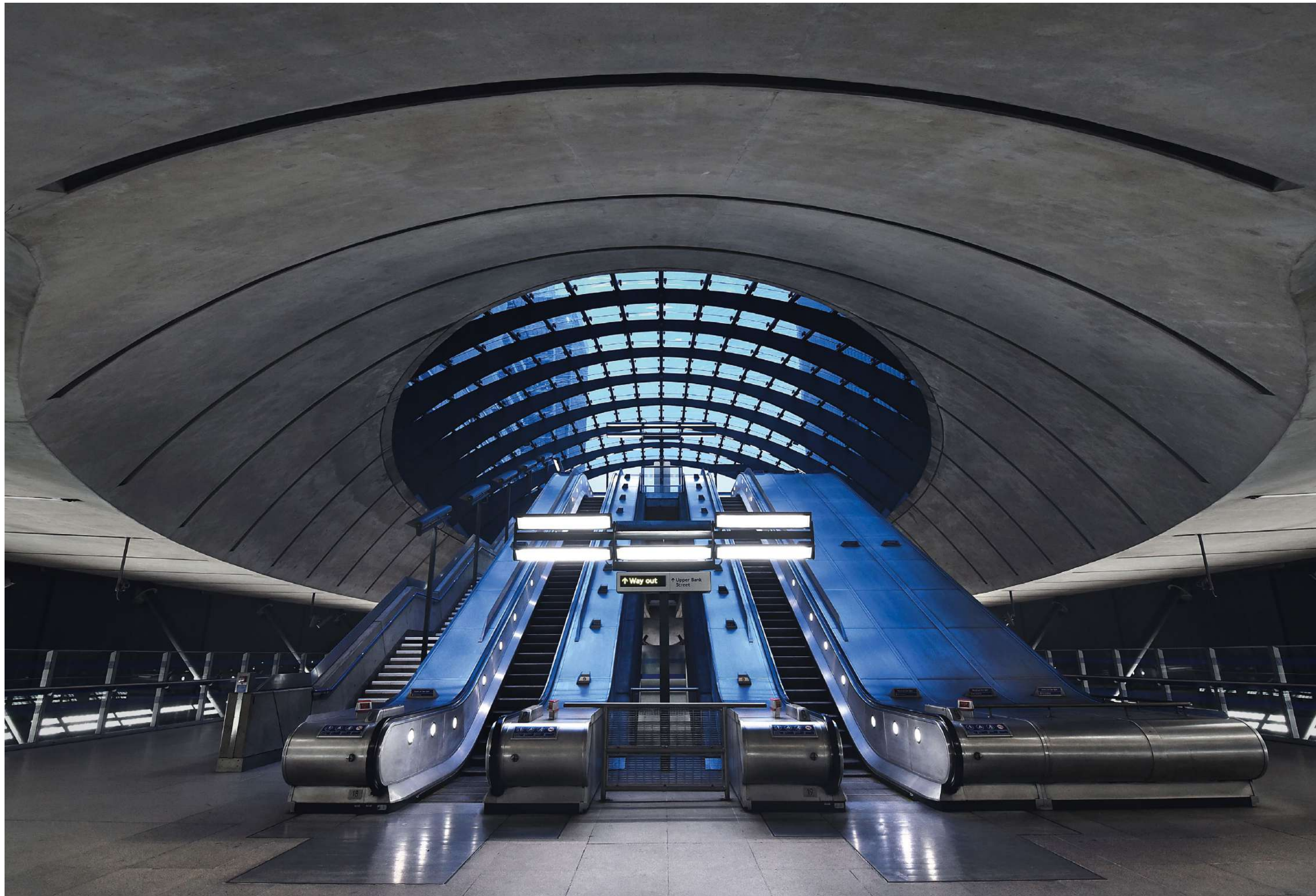
Unterirdische Erweiterungsbauten (Eingangsbereich Museum Louvre, Paris, Frankreich)



Offene unterirdische Raumnutzung (Forum des Halles, Paris, Frankreich)



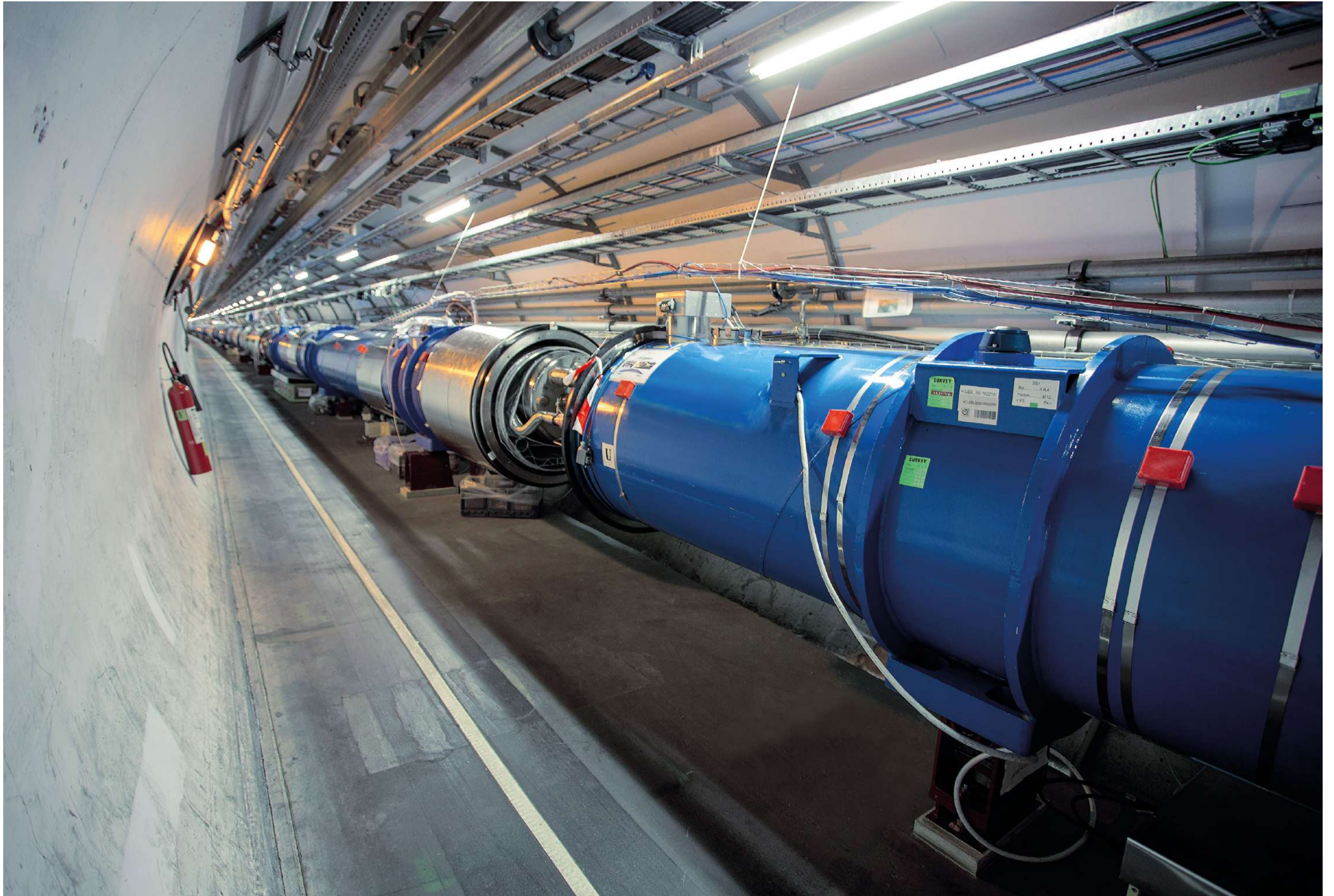
Unterirdische Ausbauten [Salzbergwerk-Museum, Salina Turda, Rumänien]



Unterirdische Stationen für öffentliche Verkehrsmittel (U-Bahn-Station Canary Wharf, London, England)



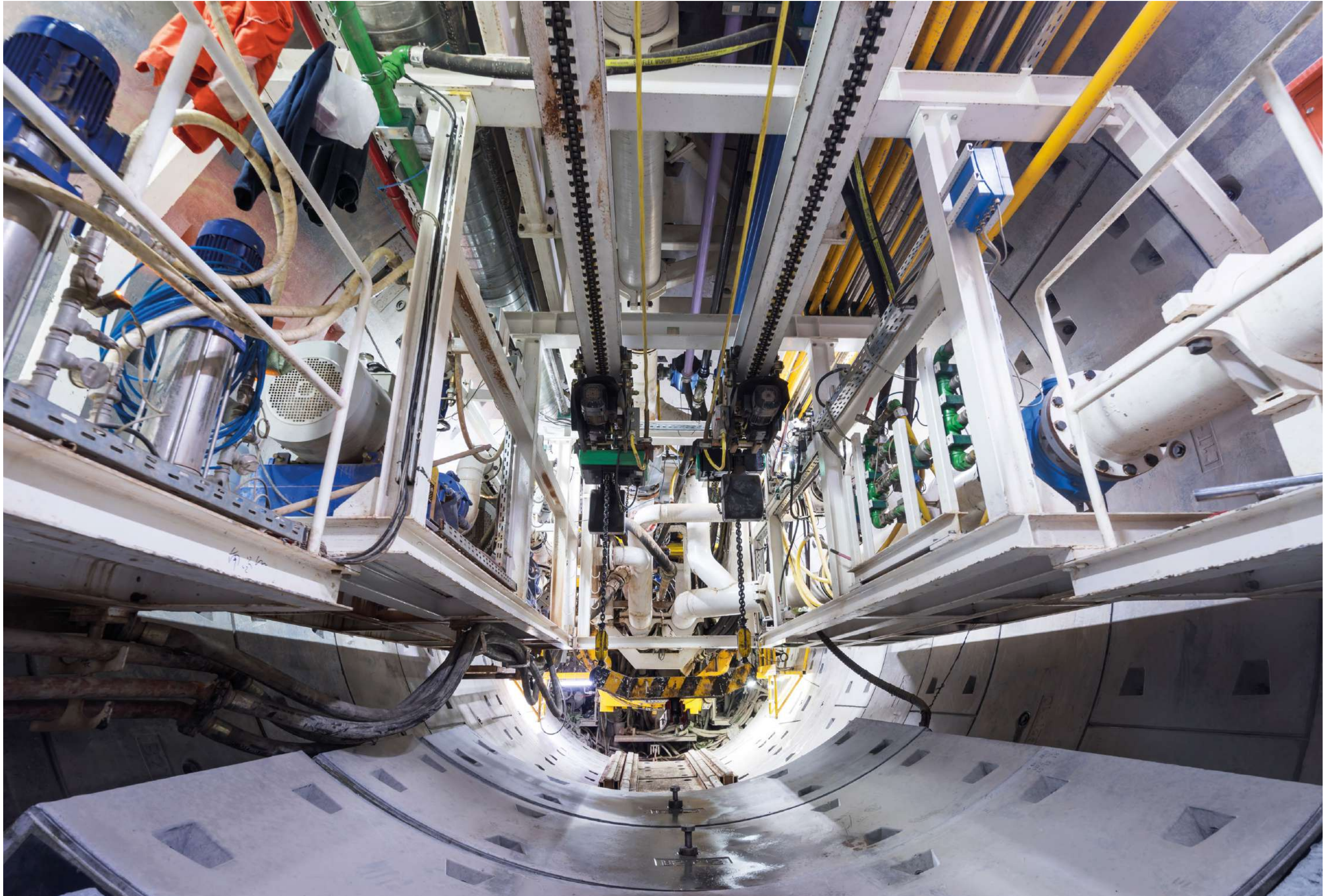
Unterirdisches vertikales Farming (ausgemusterte Luftschutzanlagen aus dem Zweiten Weltkrieg, London, England)



Unterirdische Grossbauten (grösster Teilchenbeschleuniger der Welt, 27 Kilometer langer Ring, CERN, Genf, Schweiz)



Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine im Fels (Bözbergbahntunnel, Kanton Aargau, Schweiz)



Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine im Lockergestein (U-Bahn, Düsseldorf, Deutschland)

Autorenschaft/Arbeitsmethode

Initiiert wurde dieses Weissbuch vom international tätigen Schweizer Baukonzern Implenia. Implenia ist in der Schweiz und in verschiedenen Ländern Europas an zahlreichen Tunnelbau- und Underground-Spaces-Projekten beteiligt. Eines der grössten und bekanntesten Projekte der vergangenen Jahre war der Bau des längsten europäischen Eisenbahntunnels, des Gotthard-Basistunnels (NEAT).

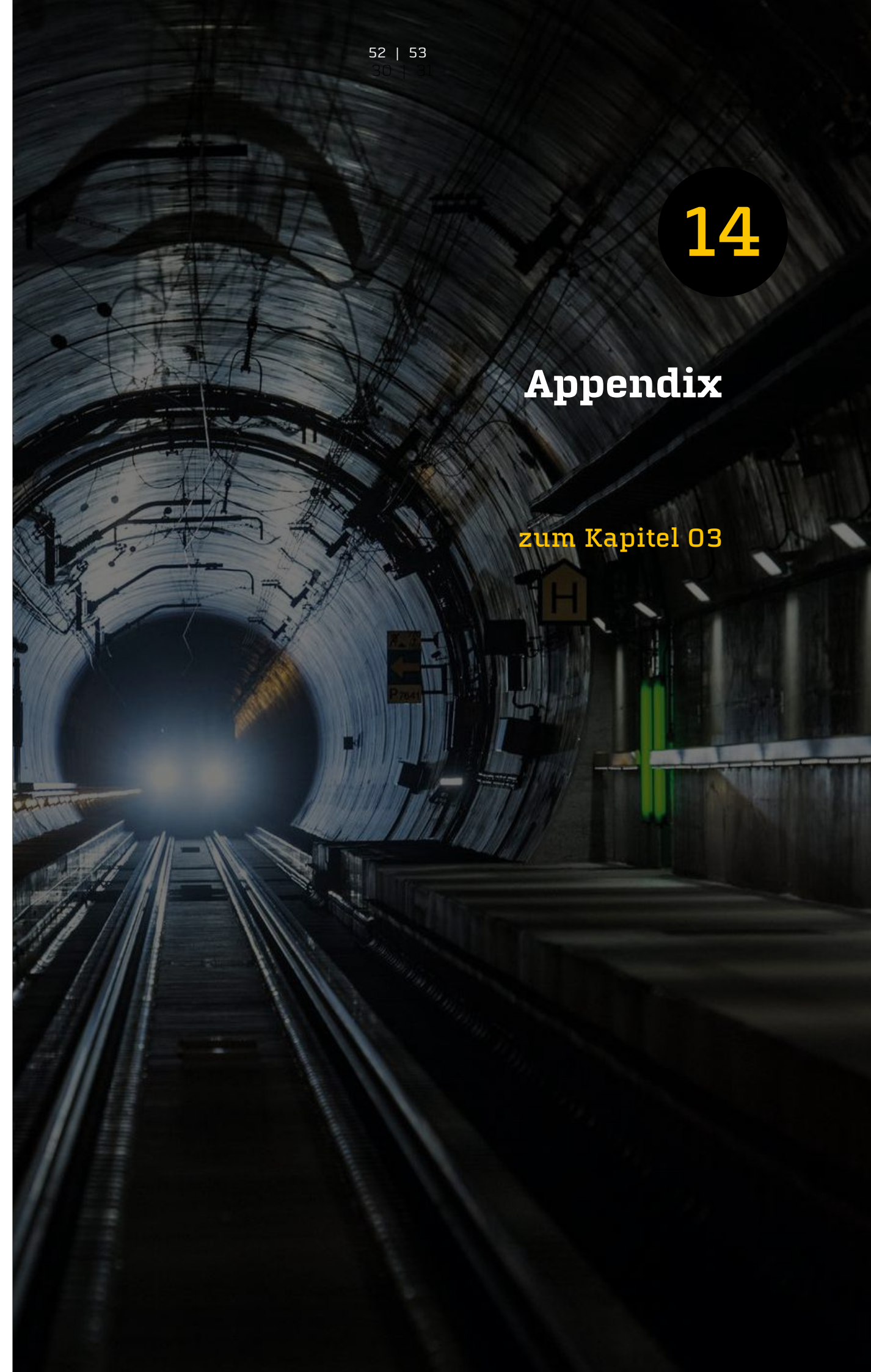
Implenia hat eine Gruppe von eigenen Experten im Untertagebau aufgefordert, sich mit aktuell diskutierten zentralen und zukunftsgerichteten Fragen auseinanderzusetzen sowie an diesem Weissbuch mitzuschreiben. Die Experten und Co-Autoren sind praxiserfahrene Ingenieure und Tunnelbau-Experten des Konzerns. Sie sind aktuell in der Schweiz, Deutschland und Österreich (Region DACH) an grossen Untertage-Projekten beteiligt resp. leiten diese Bauten.

In rund einem Dutzend Workshops wurden die Kernthemen definiert, sortiert und eingehend diskutiert. Die konsolidierten Meinungen und Ergebnisse wurden anschliessend in verschiedenen Gesprächen mit Branchenexperten (Professoren, Ingenieuren, Fachspezialisten der Verwaltung, Baufachleuten etc.) überprüft und konsolidiert.

Leitung, Koordination und Redaktion des Projekts erfolgten im Auftrag von Implenia durch die Beratungsgemeinschaft KMES Partner in Zürich.

Appendix

[zum Kapitel 03](#)



Grosse zurzeit im Bau oder in Planung befindliche Tunnelbau-Projekte in Europa

- | | | | | |
|---|--|--|--|---|
| +
Eisenbahn
<i>Semmering-Basistunnel</i>
Österreich | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>U-Bahn Wien</i>
Österreich | +
Wasserkraftwerke
<i>Kühtai</i>
Österreich | +
Autobahn / Strasse
<i>Tunnel Glückstadt</i>
Deutschland | +
Schiff
<i>Stad Ship Tunnel</i>
Norwegen |
| +
Eisenbahn
<i>Brenner-Basistunnel</i>
Österreich / Italien | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>Stammstrecke München</i>
Deutschland | +
Wasserkraftwerke
<i>Kaunertal</i>
Österreich | +
Autobahn / Strasse
<i>2. Röhre Gotthard-Strassentunnel</i>
Schweiz | |
| +
Eisenbahn
<i>Sandbukta-Moss-Såstad</i>
Norwegen | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>Hamburg</i>
Deutschland | +
Wasserkraftwerke
<i>Trift</i>
Schweiz | +
Autobahn / Strasse
<i>Förfärd Johannelund / Lunda</i>
Schweden | |
| +
Eisenbahn
<i>Turin-Lyon-Tunnel (TEL)</i>
Italien / Frankreich | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>Grand Paris Express</i>
Frankreich | +
Wasserkraftwerke
<i>Lago Bianco</i>
Schweiz | +
Autobahn / Strasse
<i>Oslofjordtunnelen byggetrinn 2</i>
Norwegen | |
| +
Eisenbahn
<i>Varberg</i>
Schweden | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>Lyon</i>
Frankreich | | | |
| | +
U-Bahn / S-Bahn
<i>Station Sofia in Stockholm</i>
Schweden | | | |

Querschnitt durch die
einzelnen Erdschichten

Impressum

Autorengruppe: Weissbuch Tunnelbau & Underground Space 2050

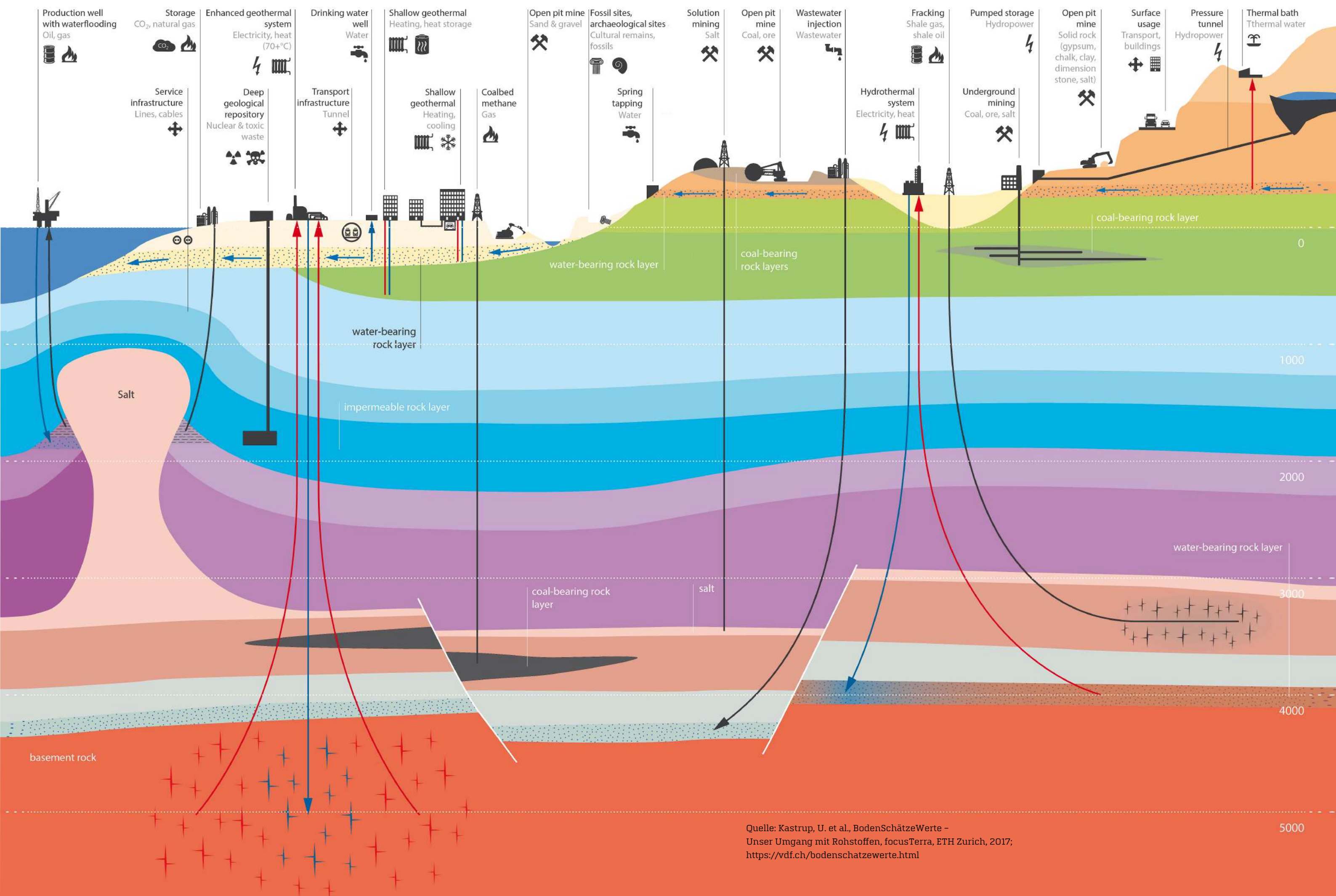
Projektmanagement: KMES Partner, Zürich

Bilder: Implenia AG, Adobe Stock, Getty Images, Pexels

Drucklegung: Oktober 2021

www.weissbuch-tunnelbau.ch

Das Copyright für sämtliche Inhalte liegt bei KMES Partner | KLAUS, Zürich. Die Wiedergabe, auch auszugsweise oder in Ausschnitten, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung und unter Verweis auf die Autorenschaft gestattet.



Quelle: Kastrup, U. et al., BodenSchätzeWerte - Unser Umgang mit Rohstoffen, focusTerra, ETH Zurich, 2017; <https://vdf.ch/bodenschatzewerte.html>