**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 90 (1972)

**Heft:** 11: IIILSA, Internat. Fachausstellung der Heizungs-, Luft- und Sanitärtechnik, Zürich, 17. bis 25. März 1972

**Artikel:** Der Sonnenbergtunnel in Luzern als Beispiel für das Auffahren grosser Tunnelprofile in Hartgestein mit vollmechanischen Vortriebsmaschinen

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-85152

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 15.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

Reklametafeln überstrahlt werden. Mehrfachentscheidungen an einem Punkt bewirken Unsicherheit. Sie lassen sich im allgemeinen durch Angabe von Sammelbegriffen und spätere Einzelinformationen ersetzen.

Eine Vereinfachung des Informationssystems kann dadurch erreicht werden, dass die bauliche Gestaltung der Verkehrsanlage dem natürlichen Verhalten der Fahrgäste angepasst wird. So ist beispielsweise der gewohnte Rechtsverkehr anzustreben. Kreuzungen von Fahrgastströmen wirken sich nachteilig aus und sollten daher in Entflechtungs- und Verflechtungsstrecken aufgelöst werden. Die von der Pariser Metro bekannte Trennung von Zu- und Abgängen erleichtert ebenfalls die Information. Hier sind Entscheidungshilfen nur in einer Richtung notwendig. Der Fahrgast kann sich innerhalb der Fussgängertunnel kaum verlaufen. Auch die Netzgestaltung kann zur Verringerung des Informationsumfangs beitragen. So besteht die Pariser Metro nur aus Durchmesserlinien ohne gegenseitige Verflechtungen. Alle Züge fahren bis zu den Endstationen, so dass für jede Linie nur zwei Fahrzielangaben erforderlich sind. In den Städten der Bundesrepublik Deutschland sind dagegen Linienverflechtungen vorgesehen. Dadurch wird hier ein grösseres Kommunikationssystem benötigt.

Am Beispiel der Hamburger U-Bahn zeigte der Referent eine Möglichkeit für die Fahrgastinformation auf. Die Weg-Ziel-Information beginnt bereits in der Umgebung der Haltestelle durch U-Zeichen auf Masten oder an Haltestellengebäuden. Die Informationsmasten enthalten ausserdem Linienhinweise sowie Angaben über die Endhaltestellen und wichtige Zwischenhaltestellen. Sie sind in der Regel mit einer Uhr ausgerüstet. Gegebenenfalls weisen Pictogramme auf andere Verkehrsmittel hin, deren Haltestellen auf gleichem Wege zu erreichen sind. Stark verzweigte Fussgängertunnel sind an der Stirnseite der Treppenöffnungen mit Übersichtsplänen versehen, in denen der Standort des Betrachters besonders gekennzeichnet ist. Im Bereich der Aussentreppe ist ein Schnellbahnplan zur Erkundigung des Fahrweges angebracht. In der Schalterhalle kann sich der Fahrgast an Hand von Fahrzeitenplänen, Tarifplänen und Bekanntmachungen weiter informieren. Auf dem Bahnsteig ist der Schnellbahnplan in Grossformat auf der Tunnelwand dargestellt. Fahrtrichtungsanzeiger geben die Fahrtrichtung des nächsten Zuges und die wichtigsten Zwischenstationen an. Eine in der Nähe befindliche Informationssäule ermöglicht eine abschliessende Überprüfung des Fahrweges, der Abfahrtzeit und des Tarifs. Bei grossen Haltestellen enthält sie ausserdem einen Umgebungsplan der Haltestelle. An der Spitze des einfahrenden Zuges sind Fahrtziel und farbige Liniennummer angeschlagen. Während der Fahrt kann der Weg auf farbigen Netzplänen an der Decke oder Stirnseite des Wagens verfolgt werden. Die Haltestellennamen können durch das Wagenfenster an einem durchlaufenden Schriftband auf der Tunnelwand oder in Bahnsteigmitte auf herunterhängenden Tafeln in Grossformat gelesen werden. Unter den Namen sind Hinweise auf die Ausgänge oder auf andere Verkehrsmittel zu finden.

Für die Zukunft ist im Hinblick auf den akuten Personalmangel eine weitgehende Automatisierung des U-Bahn-Betriebes zu erwarten. Dabei erfolgt die Fahrkartenausgabe durch die bereits bekannten Einfachautomaten für jeweils eine Fahrpreisstufe bzw. durch 10- oder 20stufige Mehrpreisautomaten, die zurzeit erprobt werden. Die Automaten sollten möglichst für Restgeldrückgabe ausgerüstet sein. Die deutschen U-Bahn-Gesellschaften verzichten auf eine regelmässige Zu- und Abgangskontrolle im Sperrenbereich. Dadurch entfallen aufwendige elektronische Sperrenanlagen, wie sie im Ausland anzutreffen sind. Derartige Kontrolleinrichtungen verringern die Durchlassleistung der Sperren. Zur Erfassung der Schwarzfahrer werden in Hamburg sporadisch Kontrollen in den Zügen und an den Ausgängen durch Betriebspersonal vorgenommen. Dabei zeigte sich ein Fahrgeldhinterzieheranteil von 1 %. Die Abfertigung der Züge übernimmt der Zugfahrer oder bei automatisiertem Betrieb der Zugbegleiter. Für die Überwachung des Verkehrsablaufes werden Fernseher installiert. Betriebs- und technisches Personal werden zur Beseitigung von Störungen mobil eingesetzt. Die Betriebslenkung wird von einer zentralen Leitstelle vorgenommen.

Die Haltestellenzugänge werden in der Regel mit festen Treppen und parallellaufenden Rolltreppen ausgestattet. Wegen des hohen Aufwandes für Betrieb und Unterhalt sollten Rolltreppen nur dort eingebaut werden, wo es der Höhenunterschied zwischen Bahnsteig und Erdoberfläche oder die Verkehrsstärke erfordert. Bei grosser Tiefenlage sind feste Treppen nicht mehr zumutbar. Da aber vor allem ältere Leute, Körperbehinderte, Fahrgäste mit Kinderwagen oder sperrigen Traglasten die Fahrtreppe nicht benützen, werden in Hamburg bei Höhendifferenzen von mehr als etwa 20 m zusätzlich Fahrstühle eingebaut. Betrieblich bereiten derartige Anlagen jedoch noch einige Schwierigkeiten. Für die rechtzeitige Information und Umlenkung der Fahrgastströme bei Betriebsstörungen sollten auf dem Bahnsteig, in Vorhallen und in langen Fussgängertunneln zentral besprechbare Lautsprecher angebracht werden. Auf Umsteigebahnhöfen empfiehlt es sich, den Busfahrern über die zentrale Busleitstelle oder über sogenannte Anschlusssignale Auskunft darüber zu erteilen, ob sich gerade eine U-Bahn nähert. Auf diese Weise lassen sich längere Anschlusszeiten vermeiden. Schliesslich gehören zu einer U-Bahn-Haltestelle noch Einrichtungen des Kundendienstes wie Kioske, Läden, Warenautomaten, öffentliche Fernsprecher, Briefkästen und gegebenenfalls Briefmarkenautomaten.

Die beschriebene Ausstattung einer modernen U-Bahn-Haltestelle muss im Hinblick auf weitere Personaleinsparung noch ergänzt werden. So wäre beispielsweise ein Informationsautomat denkbar, der bei Bedienung einer Zieltaste ein bedrucktes Informationsblatt mit Auskünften über Fahrweg, Linie, Umsteigepunkte, Fahrpreis, Fahrtdauer usw. ausgibt. Ausserdem könnten Auskunftssäulen ähnlich den Polizeirufsäulen aufgestellt werden, über die der Fahrgast Verbindung mit der Betriebsleitstelle erhalten kann. Zu begrüssen wäre schliesslich noch eine Anzeige der Abfahrtszeit des nächsten Zuges wie bei den Fernbahnen oder besser noch eine automatische Angabe der erforderlichen Wartezeit. Alle diese Massnahmen tragen zur Steigerung der Attraktivität einer U-Bahn bei.

## Der Sonnenbergtunnel in Luzern als Beispiel für das Auffahren grosser Tunnelprofile in Hartgestein mit vollmechanischen Vortriebsmaschinen

Von Obering. **W. Feil**, Erkelenz

Seit einigen Jahren ist in der Auffahrtechnik von Tunneln und Stollen in standfestem Gestein eine Umwälzung zu beobachten. In zunehmendem Masse wird der konventionelle Vortrieb, gekennzeichnet durch die Arbeitsvorgänge Bohren, Laden, Sprengen, durch den Einsatz vollmechanischer Vortriebsmaschinen abgelöst. Hierfür lassen sich verschiedene Gründe angeben. Der vollmechanische Vortrieb bietet grössere Sicherheit für das Arbeitspersonal und ermöglicht in der Regel höhere Vortriebsleistungen. Ausserdem lassen sich die mit den Sprengarbeiten unvermeidlich verbundenen Mehrausbrüche in der Regel erheblich kleiner halten und somit Kosten bei der profilgerechten Erstellung der Tunnelauskleidung einsparen.

Für den Vortrieb in hartem Gestein ist der Bohrkopf der Maschine mit mehreren über den Tunnelquerschnitt verteilt angeordneten Rollenmeisseln (Warzen-, Disk- oder Zahnmeisseln) ausgerüstet. Er wird über eine zentral gelagerte Welle angetrieben und hydraulisch gegen die Ortsbrust gedrückt. Durch das unter Druck erfolgende Abrollen der Meissel wird das Gestein gelöst. Das Bohrgut fällt nach unten, wird dort mit Schaufel- oder Becherwerken aufgenommen, über Transportbänder zur nachgeführten Ladeeinrichtung gefördert und dort in geeignete Transportbehälter gegeben. Zur Einleitung der Vorschubkräfte in das Gebirge wird die Maschine mit Hilfe seitlich angeordneter Spannschilder fest in der bereits aufgefahrenen Tunnelröhre verspannt. Nach Erreichen eines vollen Bohrhubes werden Stützfüsse ausgefahren, die Spannschilder gelöst und die Verspannvorrichtung hydraulisch nachgezogen. Die Maschine wird wieder ausgerichtet und erneut verspannt, die Bohrarbeit kann fortgesetzt werden.

Der Referent erläuterte im Anschluss kurz die verschiedenen Arten von Rollenmeisseln, ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit und berichtete dann über eine neuentwickelte Maschinenkombination, die beim Bau des Sonnenbergtunnels in Kriens eingesetzt wird. Bei diesem Tunnelprojekt im Zuge der Schweizer Nationalstrasse N 2 handelt es sich um zwei einzelne Richtungstunnel von 10,46 m Durchmesser und 1400 m Länge. Das zu durchfahrende Gebirge besteht teilweise aus Mergel und teilweise aus Kalksandstein mit einer Druckfestigkeit bis zu 1260 kp/cm² und einem Quarzgehalt zwischen 20 und 36 Volumenprozent. Die Überdeckung beträgt maximal 90 m. Der Fels ist streckenweise stark zerklüftet und verwitterungsanfällig. Die Tunnelleibung wird deshalb unmittelbar nach dem Verfahren der Vortriebsmaschine durch Spritzbeton gesichert.

In der Ausschreibung hatte die Baudirektion der Stadt Luzern zwei bergmännische Vortriebsweisen vorgesehen. Sie entschied sich jedoch für einen Sondervorschlag, der den Einsatz einer vollmechanisierten Vortriebsmaschine vorsah. Ausschlaggebend hierfür waren die bereits oben genannten Vorteile gegenüber dem konventionellen Gebirgsabbau. Ausserdem waren bei dieser Methode die geringsten Gebirgsstörungen zu erwarten, was sich hinsichtlich der Wassereintrittsgefahr und der Standzeit des Felsgesteins günstig auswirken musste. Schliesslich bot der sprengungsfreie Vortrieb angesichts der geringen Überdeckung in den Portalzonen die grösste Sicherheit gegen Gebirgsdurchschläge.

Für die endgültige Festlegung der Tunnelauskleidung war ein genauer Aufschluss über die geologischen Verhältnisse des durchörterten Gebirges erforderlich. Zu diesem Zweck wurden die beiden Tunnelröhren zunächst mit einer Vortriebsmaschine von 3,5 m Durchmesser aufgefahren. Die Erweiterung auf den Vollausbruch erfolgte durch den Einsatz von zwei hintereinander laufenden Maschinen mit 7,7 m beziehungsweise 10,46 m Durchmesser. Diese Erweiterungsmaschine wurde zweistufig konstruiert, damit sie später ohne weiteres für jeden Durchmesser zwischen 6 m und 12 m zu verwenden ist. Dazu müssen lediglich die Arme des Bohrkopfes oder Meisselträgers dem jeweiligen Tunneldurchmesser angepasst werden. Liegt dieser unter 8 m, so wird nur die erste Maschinenstufe benötigt. Antriebs- und Vorschubeinrichtungen sind so ausgelegt, dass die Maschine bis zu einem Durchmesser von 11 m auch in hartem Granit eingesetzt werden kann.

Die Verspannung der Erweiterungsmaschine erfolgt jeweils im kleineren Durchmesser. Dadurch wird es möglich, unmittelbar nach Durchlaufen der letzten Maschinenstufe den gesamten Tunnelquerschnitt zu sichern und Auskleidung sowie Abdichtung ohne Behinderung durch Nachläufer oder dergleichen einzubauen. Bewetterung und Energiezufuhr werden durch den Pilotstollen vorgenommen. In einem Vorläufer sind Elektro- und Hydraulikmotoren sowie der Transformator untergebracht. Zwischen den beiden Erweiterungsstufen ist ein schreitender Ausbau vorgesehen, um Maschine und Personal vor Gebirgseinbrüchen zu schützen. Der Bohrhub beträgt für beide Maschinen maximal 1,5 m. Der Antrieb erfolgt durch ein gemeinsames Hydraulikaggregat. Das bedingt einen Vortrieb im Taktverfahren. Während eine der beiden Stufen arbeitet, steht die andere, so dass hier Wartungs- und Reparaturarbeiten durchgeführt werden können. Das Bohrgut wird im Gleisbetrieb nach hinten durch den fertigen Tunnel gefördert. Dazu wird das von der 7,7-m-Stufe gelöste Material über Förderbänder durch die Hohlwelle der grossen Maschine gegeben. Zunächst waren für den Bodentransport zwei Gleise verlegt worden. Da die Transportleistung für den möglichen Vortrieb jedoch zu gering war, wurde nachträglich ein drittes Gleis angeordnet. Der Bohrfortschritt beträgt im Durchschnitt 7 m pro Tag.

Der Bohrkopf wird über Hydrostatikpumpen bewegt, zu deren Antrieb 4 Elektromotoren mit 640 kW installiert sind. Weitere Motoren mit 120 kW betreiben die Hydraulikpumpen für die Verspannung, den Bohrkopfandruck und die Schreiteinrichtung. Die Drehzahl der grossen Maschinenstufe ist mit 3,6 U/min, bei der kleinen mit 5,5 U/min festgelegt. Der maximale Andruck beträgt 604 beziehungsweise 680 Mp.

In der Zwischenzeit wurden weitere Maschinen ähnlicher Art gebaut, die beim Streckenvortrieb im deutschen Steinkohlenbergbau verwendet werden. So läuft zurzeit auf der Zeche Consolidation in Recklinghausen eine Zweistufenmaschine mit 3 m Pilotvorschnitt und 5,3 m Nachschnitt. Auch beim Bau des Hotzenwaldkraftwerks in der Nähe von Wehr im Schwarzwald wird eine Erweiterungsmaschine eingesetzt, um einen Stollen von 3 m auf 6,3 m Durchmesser zu vergrössern. Dabei wird ein Granit mit Druckfestigkeiten bis zu 2800 kp/cm² durchfahren.

## Erkenntnisse und Folgerungen aus der bisherigen Anwendung des Gefrierverfahrens im Tiefbau

Von Dr.-Ing. **B. Neunert**, Direktor, München

Lange Zeit fand das Gefrierverfahren nur im Schachtbau Anwendung. In den letzten Jahren konnte es sich jedoch auch auf drei Gebieten des Tiefbaus durchsetzen, nämlich bei Gründungen, bei der Stabilisierung von Baugruben und im Stollenbau. Voraussetzung dazu war die Entwicklung leicht transportabler Kälteaggregate mit ausreichender und wirtschaftlicher Leistungsgrösse. Als besonders günstig hat sich ein Gerät mit einer Kälteleistung von 250000 kcal/h erwiesen. Der Energiebedarf beträgt rd. 200 kWh bei einem Anschlusswert von 250 kVA und einer Soletemperatur von -25° C.

Das Gefrierverfahren lässt sich im Prinzip in jedem Lockergestein (Kiese, Sande oder bindige Böden) von einem bestimmten Wassergehalt an anwenden. Die dabei zu erreichenden Druckfestigkeiten liegen zwischen 18 kp/cm² bei reinem Eis und über 200 kp/cm² bei einem wassergesättigten Sand-Kies-Gemisch. Sie sind von der Bodenart und vom Wassergehalt sowie von der Soletemperatur abhängig. Für die Praxis ist ausserdem die mit dem Gefriervorgang verbundene Volumenänderung von grossem Interesse. Bei nichtbindigen, gut durchlässigen Böden gefriert nur soviel Wasser, wie der Porenraum an Eis aufnehmen kann. Das überschüssige Wasser fliesst ab. Bindige Böden verhalten sich zuweilen anders. Hier gefriert das Wasser, bevor es in benachbarte Zonen ausweichen kann. Seine Volumenvergrösserung überträgt sich dabei anteilmässig auf den gefrorenen Boden. Sie ist abhängig von den im Boden herrschenden Druckverhältnissen, von der Grösse der