

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 5-6

Artikel: Erfahrungen mit Vortriebsmaschinen grossen Durchmessers in der Schweiz
Autor: Amstad, Christian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940562>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.05.2025

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

Energieversorgung

Obwohl der brasilianische Energieverbrauch nicht mehr jährlich um 10 bis 12 % zunimmt, sondern im Zuge der Stagnation zuletzt nur noch um 2 % gestiegen ist, wird die Leistung der Itaipú-Turbinen dringend gebraucht; sie liefern derzeit – mit ihrem Anteil von 24 % an der im Lande installierten Kapazität – 35 % der ins brasilianische Netz eingespeisten elektrischen Energie. Ohne Itaipú müsste der Strom heute in Brasilien rationiert werden. BG

Literatur

- [1] Schnitter, N.: Itaipú – das grösste Wasserkraftwerk der Welt. «wasser, energie, luft» 71 (1979) H. 1/2, S. 17–20.
- [2] Pumpbeton für Itaipú. «Zement & Beton», Wien, 36(1991) H. 2, S. 50.
- [3] Gester, M.: Das grösste Kraftwerk der Welt wird eingeweiht. Itaipú nach nur sechzehn Jahren Bauzeit fertiggestellt – Ökonomie und Ökologie. «FAZ» (1991) 104, S. 12.
- [4] Gromow, A.: Itaipú – das grösste Wasserkraftwerk der Welt ist fertiggestellt. «Siemens-Zeitschrift» (1991) 5, S. 11–15.
- [5] Gabler, H.; Lull, H.P.: Itaipú – 12600 Megawatt aus dem Rio Paraná, Neuentwicklungen bei Wasserkraftwerken (10 Seiten).

Bildnachweis: Siemens AG (KWU), Erlangen

Erfahrungen mit Vortriebsmaschinen grossen Durchmessers in der Schweiz

Zusammenfassung eines Vortrags
von Kalmann Kovari, Robert Fechtig und
Christian Amstad

Seit 1970 wurden in der Schweiz bei zehn verschiedenen Projekten insgesamt rund 35 km Tunnel mit Durchmessern von über 10 m für zweispurige Eisenbahn- und Autobahntunnel mechanisch aufgeföhren [1]. Derzeit sind vier Tunnelbohrmaschinen (TBM) mit 10,80 bis 11,87 m Durchmesser im Einsatz, u. a. für den Bözbergtunnel mit dem weltweit grössten Bohrdurchmesser; die Fläche der Ortsbrust ist hier mit 110,6 m² nahezu doppelt so gross wie die Ortsbrust des grössten Fahrtunnels beim Kanaltunnel (60,5 m²). In den Jahren 1989/90 setzte die bisher intensivste Bautätigkeit mit solchen Bohrvortrieben ein mit einer totalen Bohrstrecke von 20,9 km. Die Grossprofile in der Schweiz wurden mit Tunnelbohrmaschinen der Firmen Robbins, Wirth und Herrenknecht aufgeföhren; die Nachläufer sind mehrheitlich von der Firma Rowa geliefert worden.

Bei den *Bohrsystemen* wird zwischen Vollschnitt- und Ausweitungsmaschinen unterschieden. Bei den ersteren wird der Querschnitt in einem Arbeitsgang, bei den letzteren in zwei oder drei Arbeitsgängen ausgebrochen. Die erste Vollschnittmaschine wurde mit einem Stützdach und der Verspannung mittels Gripperplatten an den Fels eingesetzt. Alle weiteren Vollschnittmaschinen mit offener Ortsbrust wurden mit einem Schild versehen und die Vorschubkraft auf den im Schildschwanz versetzten Tübbingring abgegeben. Der Grauholztunnel stellt mit seinem Mixschild [2] einen Sonderfall dar. Bei den Ausweitungsmaschinen wurde zunächst ein durchgehender Pilotstollen (3,50 bis 4,50 m Durchmesser) aufgeföhren und anschliessend der Tunnel in einer oder zwei weiteren Stufen zum vollen Querschnitt (10,46 bis 11,30 m Durchmesser) aufgeweitet. Die Vorschubkraft wurde im Pilotstollen und im mittleren Ausweitungsbereich durch Gripperplatten an den Fels abgegeben. Falls im Pilotstollen Anker erforderlich sind, so sollten diese aus einem Material wie z. B. glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen, das bei der Ausweitung maschinell abbaubar ist. Die Ausweitungsmaschinen arbeiten namentlich im standfesten oder wenig nachbrüchigen Gebirge wirtschaftlich, da die Felssicherung optimal gewählt werden kann. Diese kann im Vollquerschnitt unmittelbar hinter dem Bohrkopf ohne Behinderung des Vortriebes eingebracht werden.

Die Vortriebslängen der einzelnen TBM-Einsätze grossen Durchmessers liegen zwischen 2,6 km und 7,1 km, was eine durchschnittliche Vortriebslänge von 4,5 km je Bohreinsatz ergibt.

Das ausgebrochene Gesteinsvolumen und die aufgebohrten Gesteinsarten sind aus Bild 1 ersichtlich. Ihre einaxialen Druckfestigkeiten reichen von 50 bis 150 N/mm² [3]. Probleme beim Bau traten beim Anföhren von stark wasserführenden Karsthöhlen und Lockergesteinsformationen mit Wassersäulen von bis 40 m Höhe [2] sowie in teilweise stark quellfähigen Gebirgsformationen auf. Die Schweiz hat bei TBM-Vortrieben mit Durchmessern von über 10 m Ausbruchvolumen etwa 45 % der weltweiten Leistungen erbracht, gefolgt von den USA (25 %) und China (20 %).

Wichtig beim Bohrvortrieb sind unter anderem die planerischen Vorgaben (Arbeitszeitbeschränkungen, Transporte, Entsorgung usw.), die Geologie (Festigkeit, Klüftung, Schichtung, Wasseranfall, Hohlräume usw.) sowie maschinen- und betriebstechnische Faktoren, wie z. B. die Art des Bohrsystems, die Leistungsauslegung des Vortriebssystems und der Versorgung einschliesslich der Tübbingfabrikation, die Art der Schutterung, Art, Ort und Zeitpunkt des Ausbaus der Tunnelsohle sowie der Innenschale. Bei den Ausweitungsmaschinen ist auch der Aufwand für die Felssicherung zu berücksichtigen. Die Brutto-Vortriebslei-

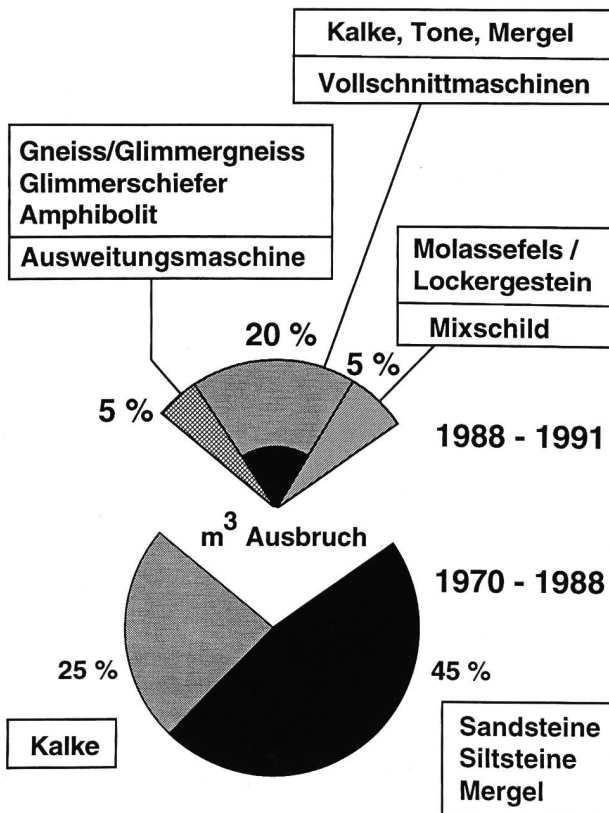


Bild 1. Gesteinsarten der 1970 bis 1988 in der Schweiz mit grossen Durchmessern aufgebohrten Tunnel.

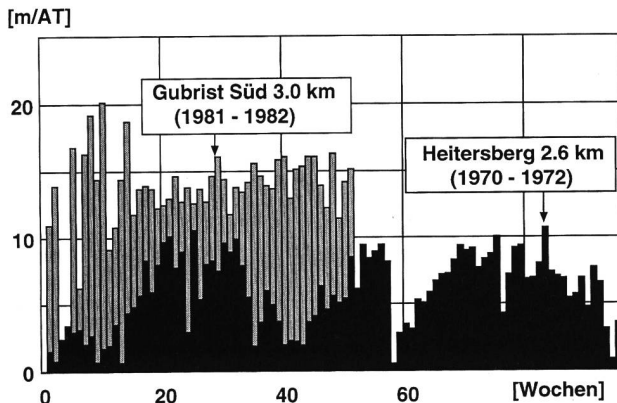


Bild 2. Leistungssteigerung beim Einsatz von Tunnelbohrmaschinen (1970/72) durch Übergang auf Tunnelbohrmaschinen mit Schild (1981/82).

stungen konnten von wöchentlich 38 m (1970) auf 67 m (1986) gesteigert werden.

Ursachen für *Leistungseinbrüche* sind einerseits maschinenspezifischer und betrieblicher Art (Hauptlagerschäden, Lagerwechsel untertage oder über Tag), andererseits geologisch bedingt, wie Tagbrüche, mit Lehm und Wasser gefüllte Karsthöhlen, dem Bohrkopf vorausseilende Ortsbrust mit grobblockigem Bohrgut, Absinken der bis 600 t schweren Tunnelbohrmaschine mit Schild [3] und fehlende Steuermöglichkeit infolge geringer Tragfähigkeit des anstehenden Gebirges in Störzonen.

Zum Vergleich der *Netto-Vortriebsleistungen*: Für das Bohren des 2,6 km langen Ostloses des Heitersbergtunnels ohne Schild wurden mehr als 90 Wochen (450 Arbeitstage) benötigt. Für die nachfolgend unter praktisch gleichen geologischen Bedingungen erstellte, rund 3 km lange Süd-röhre des Gubristtunnels benötigte man nur etwa die Hälfte dieser Zeit (Bild 2). Dank dem Tübbingeinbau im Schildschwanz entfielen die zeitraubenden Felssicherungsarbeiten mit Spritzbeton, Ankern und teilweise auch Stahlbögen, die man beim Heitersbergtunnel im Maschinenbereich ausführen musste. Im Gubristtunnel ergab sich bei der zweiten Tunnelröhre eine Leistungssteigerung von rund 35% – nicht maschinentechnisch bedingt, sondern als Folge eines optimierten Betriebsablaufes (Betonfahrbahn bereits 100 m hinter dem Bohrkopf eingebaut).

Bei den Vollschnittmaschinen mit Schild betrug die *Brutto-Vortriebsleistung* im Mittel 2,6 km/Jahr und bei den Ausweitungsmaschinen im Mittel 1,9 km/Jahr bzw. 2,5 km/Jahr beim neuesten zweistufigen Maschinensystem bei rund 230 Arbeitstagen/Jahr und Zwei-Schichten-Arbeitstag. Die mittlere Netto-Vortriebsleistung betrug bei den neueren Tunnelbohrmaschinen rund 11 m/Arbeitstag, wobei sämtliche maschinentechnisch oder geologische Bedingungen Stillstände berücksichtigt sind. Die maximale Tagesleistung betrug 25 m. Die aufgebohrten Gesteinsarten bereiteten für die Penetration bei den neuesten Maschinentypen keine besonderen Probleme. Man verzeichnet bei diesen allerdings ein Mehrfaches an installierter Leistung gegenüber den Maschinen der ersten Generation. Die heute erreichbare Anpresskraft je Rollenmeissel liegt bei 280 kN für einen 17"-Meissel gegenüber rund 120 kN bei den kleineren Meisseln der siebziger Jahre. Im Tunnel Locarno wird das kristalline Gestein mit Druckfestigkeiten von bis zu 250 N/mm² mit Anpresskräften von 170 bis 220 kN gebohrt.

Der maschinelle Vortrieb grosser Tunnelprofile gelangte in der Schweiz dank der Innovationsfreudigkeit und Risikobereitschaft von Behörden, Planern, Maschinenherstellern und insbesondere von Unternehmern zum Durchbruch.

Angesichts der Risiken hinsichtlich Geologie, Bauzeit und finanzieller Mittel beim Einsatz von grossen Tunnelbohrmaschinen ist die allgemeine Einhaltung der Baukosten und Bauzeiten bemerkenswert. Wie weit der maschinelle Vortrieb und insbesondere die Grossbohrsysteme ausgereift sind, zeigt, dass der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein bereits im Jahre 1985 die Empfehlung SIA 198/1 «Tunnel- und Stollenbau im Fels mit Vollvortriebsmaschinen» herausgegeben hat. BG

- [1] Kovari, K.; Fechtig, R.; Amstad, Ch.: Erfahrungen mit Vortriebsmaschinen grossen Durchmessers in der Schweiz. Vortrag, STUVA-Tagung 1991, Düsseldorf
[2] Grauholtztunnel, SIA-Dokumentation D 063, 1990
[3] Bözberg- und Habsburgtunnel, SIA-Dokumentation D 074, 1991.

Die Umweltschäden beim Schiffbruch des Tankers «Haven»

Etwa 144 000 Tonnen Rohöl sind im April 1991 nach einer Reihe von Explosionen aus dem in Zypern registrierten Tanker «Haven» in den Golf von Genua geflossen. Battelle Europe, Genf, hat den Auftrag erhalten, den Charakter und das Ausmass der durch dieses Unglück verursachten Umweltschäden abzuschätzen.

Diese Untersuchungen, die im vergangenen Herbst begonnen haben, sind nicht nur wegen der ökologischen Unglücksfolgen erforderlich, sondern auch wegen wirtschaftlicher und rechtlicher Belange. Es wird gerichtlicherseits abzuklären sein, wer Verantwortung trägt und welche Zahlungen durch die für das Unglück Verantwortlichen zu leisten sein werden. Die vom Tanker freigesetzten Kohlenwasserstoffe sind nicht die einzige Ursache für Umweltprobleme im Golf von Genua. Sowohl vor dem April 1991 wie auch nach dem Unglück haben Öltanker illegal in diesem Gebiet Öl abgelassen.

Die Forscher der amerikanischen Battelle-Laboratorien haben eine Analysenmethode (bekannt als Fingerprint-Analyse) erarbeitet, die den Ursprung bestimmter Verunreinigungen zu bestimmen gestattet. Unterschiede, die zur Identifikation verwendet werden können, gibt es nicht nur zwischen den Rohölen verschiedener Länder, sondern sogar zwischen verschiedenen Ölvorkommen desselben Landes. Battelle wird daher versuchen, aus den vom Meeresboden und von den Stränden des betroffenen Gebietes genommenen Proben den Ursprung der verschiedenen Ablagerungen und Überreste von Kohlenwasserstoffen zu ermitteln. Battelle hat ferner Verfahren erarbeitet, mit denen sich die Art des Abbaus bestimmen lässt, der die Kohlenwasserstoffe unterworfen waren. Daraus kann dann geschlossen werden, auf welche Art sie ins Meer gelangt sind. Zum Beispiel hat ein Öl nach einem Brand nicht dieselbe molekulare Zusammensetzung wie ein Öl, das nur einen natürlichen Abbau erlitten hat. An Felsen klebende Rückstände unterscheiden sich von solchen auf dem Meeresboden. In gewissem Umfang ist es auch möglich, die Zeitdauer zu ermitteln, während der eine Ablagerung sich an einem bestimmten Ort befunden hat, so dass der Zeitpunkt der Verschmutzung abgeschätzt werden kann und damit die Suche nach den Verantwortlichen erleichtert wird.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden es ermöglichen, die Langzeiteffekte der von der «Haven» verursachten Verschmutzung besser zu überwachen und Sanierungsmassnahmen auszuwählen wie auch deren Wirkungen abzuschätzen.

Battelle Europe, 7, route de Drize, CH-1227 Carouge/Genève.