

## Robbins-Untersuchung verspricht Effizienz und

**E**ine von der Robbins Company im August 1994 abgeschlossene Untersuchung könnte bald zu einem erstaunlichen Anstieg der Wiederverwertbarkeit des Haufwerks führen, das beim Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen anfällt. Die Resultate der während des Äspö-Projekts in Südschweden durchgeführten Tests über die Auswirkungen des Meißelabstands auf die Stückgröße und Bohrbarkeit des Gesteins zeigen, daß die Größe der während des Bohrens anfallenden Gesteinsstücke im Verhältnis zur Vergrößerung des Meißelabstands zunimmt. Robbins-Mitarbeiter identifizierten und produzierten Gesteinsstücke mit idealen Abmessungen für die Wiederverwendung in Zuschlagstoffen für Beton und Spritzbeton in einem Verfahren, das eine Maximierung der für das Recycling geeigneten Haufwerkmenge verspricht.

Vor kurzem stattgefundenen Versuche in der Schweiz bestätigten, daß durch einfaches Sieben des Haufwerks Material produziert wird, das ohne weitere Aufbereitung in hochfestem Spritzbeton und möglicherweise sogar in frostsicherem Pumpbeton der Körnung 0/32 verwendet werden kann. Die Untersuchung der Robbins Company ist eine Fortsetzung dieser Ansätze zur Erforschung des Potentials für das Haufwerk-Recycling, wobei man sich auf Möglichkeiten zur Beeinflussung der während des Bohrens anfallenden Gesteinsstückgröße konzentriert.

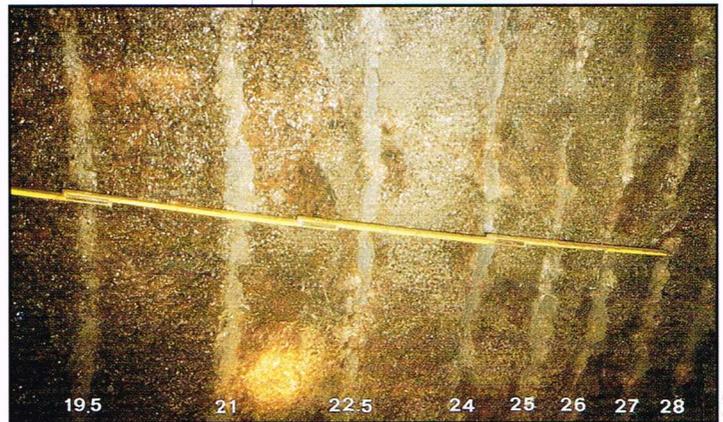
Haufwerk-Recycling bietet sowohl umwelttechnische als auch wirtschaftliche

Vorteile. Die Wiederverwendung von Ausbruchmaterial führt zu verbessertem Rohstoff-Management und der geringere Aufwand für den Haufwerktransport sowie der niedrigere Bedarf an Entsorgungsflächen senkt Projektkosten und Umweltschäden.

Die Äspö-Untersuchung zeigt auch, daß ein größerer Meißelabstand die Bohrbarkeit des Gesteins in keinsten Weise negativ beeinflusst. Weniger Meißel je Tunneldurchmesser resultieren normalerweise auch in weniger Stillstandzeiten für den Meißelwechsel und niedrigerem Energiebedarf je Kubikmeter ausgebrochenes Gestein.

Die Tunnelauffahrung mittels einer TBM erfordert noch während des Vortriebs Gebirgssicherungsmaßnahmen und eine Auskleidung der Tunnelwände nach Beendigung der Arbeiten. Beide Maßnahmen beinhalten die Verwendung von Spritzbeton und Beton. Da die Vorkommen an geeignetem Flußsand und -kies mittlerweile übernutzt oder aus Umweltschutzüberlegungen heraus eingeschränkt sind, wird eine alternative Versorgung mit diesen Materialien dringend notwendig. Das Nutzungspotential des während des Tunnelbohrens anfallenden Haufwerks für Gebirgssicherungs- und Auskleidungsmaßnahmen ist eine interessante und neue Entwicklung.

Während der vergangenen 30 Jahre

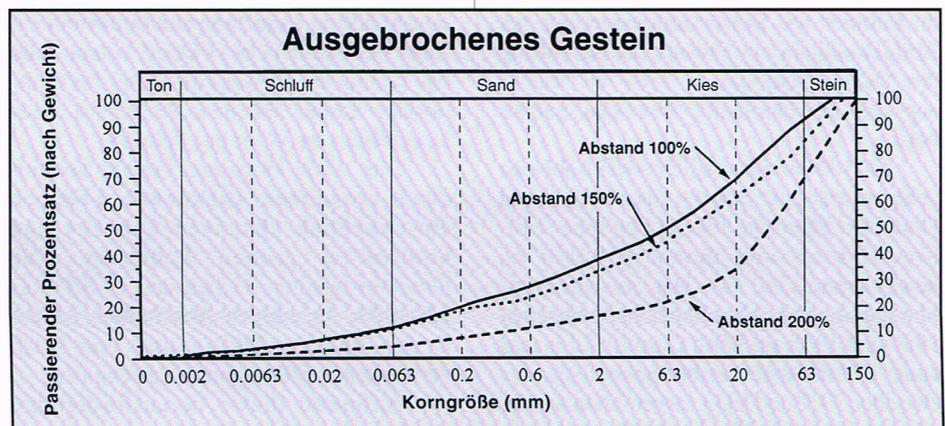
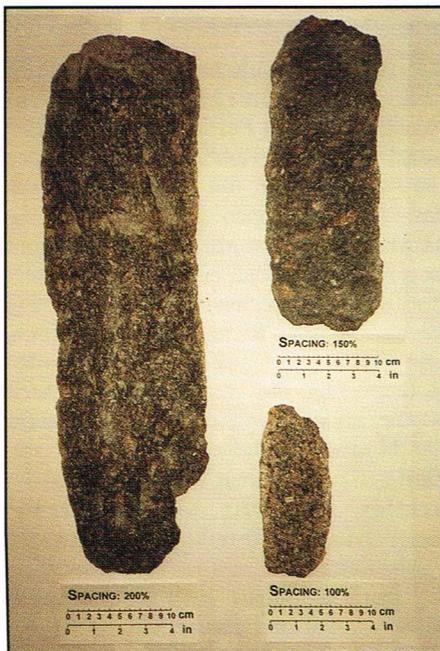


**Ein Muster der verschiedenen Meißelabstände an der Ortsbrust. Die Meißelpositionen 24 bis 28 haben einen Abstand von 86 mm; die Positionen 19,4 bis 24 einen von 129 mm.**

haben Verbesserungen in der TBM-Technologie zu größeren Meißeldurchmessern und -belastungen geführt, um höhere Bohrfortschritte zu erzielen. Erst kürzlich ist auch der Meißelabstand vergrößert worden, und zwar von den bisher üblichen 65 mm auf das derzeitige Standardmaß von 86 mm. Die Robbins-Untersuchung bei Äspö ist ein Fortschritt auf dem Weg zu größeren Meißelabständen als serienmäßiges Konstruktionsmerkmal.

Die Robbins Company führte ihre Versuche bei Äspö im Smaland-Granit mit einer typischen Druckfestigkeit von UCS 250 MPa, einem Spitzenlastindex IS50 = 7,5 MPa und einem CHERCHAR-Abrasivitätsindex von 5,3 durch.

Die im Rahmen des Äspö-Projekts eingesetzte TBM ist die Robbins MK 15-680. Der 5,0 m im Durchmesser messende offene Bohrkopf dieser Maschine hat 34 Rollenmeißel von jeweils 432 mm Durchmesser. Vier zusätzliche Meißelträger gestatten Vergrößerungen des Meißelabstands von den ursprünglichen 86 mm auf 129 mm und 172 mm.



## Umweltvorteile bei recyceltem Haufwerk

Robbins-Mitarbeiter führten die Versuche in enger Zusammenarbeit mit dem das Äspö-Projekt leitenden Unternehmen SKANSKA aus Schweden und gemäß den von der Schweizer Geotest AG aufgestellten Richtlinien durch.

Die Haufwerkanalyse wurde bei Meißelabständen von 86 mm (100 Prozent), 129 mm (150 Prozent) und 172 mm (200 Prozent) vorgenommen. Bohrbarkheitsversuche wurden über eine Strecke von 9,5 m und 4,5 m mit einem Meißelabstand von 129 mm bzw. 172 mm durchgeführt.

Die Geotest-Mannschaft führte eine Siebanalyse der während jeder Testphase anfallenden 40 kg bis 90 kg Haufwerk durch. Die Gesteinsstücke wurden nach Standardsiebkurven, Stabsiebkurven, Stückgröße und -form (kubisch, flach,

länglich) sortiert.

Die Haufwerkanalyse ließ den Schluß zu, daß eine Vergrößerung des Meißelabstands um 50 Prozent die Stückgröße um 60 Prozent erhöht. Die Dicke der beim Bohren anfallenden flachen Stücke ist das kritischste Maß bei der Bestimmung der Recycelbarkeit des Haufwerks, wobei 0/32 mm ein Mindestmaß für Betonzuschlagstoffe darstellt. In Granit, der bei Äspö vorherrschenden Gesteinsart, ist ein Meißelabstand von 107 mm der engste Abstand, mit dem ein solches Gesteinsstück produziert wird.

Bei der Untersuchung der Siebkurven fanden die Forscher heraus, daß größerer Meißelabstand die Feinmaterialmenge in den Haufwerkproben verringerte. Dies resultiert in einem Sand-Kies-Verhältnis nach dem

Brechen, das für die Betonherstellung günstiger ist. Die Ergebnisse zeigen auch eine größere Dicke von relativ kleinen Gesteinsstückchen, eine Entwicklung, die für die richtige Korngrößenverteilung im Endmaterial wichtig ist.

Die Robbins-Untersuchung bei Äspö ist ein bedeutender Schritt vorwärts auf dem Weg zu einer umweltverträglichen und wirtschaftlich vorteilhaften Lösung des Entsorgungsproblems von Haufwerk, selbst bei Projekten mit schwierigen Gesteinsarten wie Granit. Der Einsatz von TBMs mit erheblich vergrößertem Meißelabstand könnte eine neue Ära im Hartgesteintunnelvortrieb einleiten. □

Bearbeitet mit Genehmigung aus einem Vortrag anlässlich des LUCIA TBM-Symposiums 1994: E. Büchl und C. Thalmann.

## Leistungsrekorde von Robbins-Tunnelbohrmaschinen

Die Robbins Company führt eine Liste mit Rekorde (Grundlage sind eingehende Baustelleninformationen), die von Robbins-TBMs aufgestellt wurden. TBM-Rekorde ab Januar 1995 folgen. Wir bemühen uns, exakte Angaben zu machen; wenn Sie jedoch Unstimmigkeiten feststellen, informieren Sie Tom Gething bei Robbins.

NACH MASCHINEN DURCHMESSER	BESTE SCHICHT	BESTER TAG	BESTE WOCHE	BESTER MONAT	GRÖSSTE AUSBRUCH-MENGE IN 24 STUNDEN
3,01 - 4,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	83,0 m MK 12C 1994 Blue Mtns, Australien	172,4 m MK 12C 1994 Blue Mtns, Australien	703,4 m MK 12C 1994 Blue Mtns, Australien	2187 MK 12C 1994 Blue Mtns, Australien	1760 m <sup>3</sup> 129-182-2 1989 Syar-Tunnel, USA
4,01 - 5,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	81,7 m 166-245-2 1993 SSC #3, Texas, USA	143,9 m 166-245-2 1993 SSC #3, Texas, USA	632,2 m 146-193-2 1993 SSC #4, Texas, USA	2418,3 m 146-193-2 1993 SSC #4, Texas, USA	2827,7 m <sup>3</sup> 166-245-2 1993 SSC #3, Texas, USA
5,01 - 6,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	N/A	86,3 m 167-266 1993 Hochland von Lesotho	399,8 m 167-266 1993 Hochland von Lesotho	1401 m 1811-256 1992 Yindaruqin, China	2064 m <sup>3</sup> 189-229-1 1990 Kemano, KAN
6,01 - 7,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	40,5 m 222-183-2 1993 Dallas Metro, USA	114,6 m 222-183-2 1993 Dallas Metro, USA	500 m 222-183-2 1993 Dallas Metro, USA	1690 m 222-183-2 1993 Dallas Metro, USA	3871 m <sup>3</sup> 222-183-2 1993 Dallas Metro, USA
7,01 - 8,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	N/A	62,5 m 261-107-1 1961 Gardner Dam, KAN	203 m 261-107-1 1961 Gardner Dam, KAN	N/A	3004 m <sup>3</sup> 261-107-1 1961 Gardner Dam, KAN
8,01 - 9,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	30,1 m 271-244 1991 Ärmelkanal-Tunnel	75,5 m 271-244 1991 Ärmelkanal-Tunnel	428 m 271-244 1991 Ärmelkanal-Tunnel	1719,1 m 271-244 1991 Ärmelkanal-Tunnel	4142 m <sup>3</sup> 271-244 1991 Ärmelkanal-Tunnel
9,01 - 10,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	29,6 m 321-199 1992 TARP, USA	74 m 321-199 1992 TARP, USA	324 m (5 days) 321-199 1992 TARP, USA	753 m 322-254 1990 TARP, USA	5626 m <sup>3</sup> 321-199 1992 TARP, USA
10,01 - 11,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	21 m 354-253 1990 TARP, USA	48,75 m 354-253 1990 TARP, USA	185 m 354-253 1990 TARP, USA	684,5 m 354-253 1990 TARP, USA	4442 m <sup>3</sup> 354-253 1990 TARP, USA
11,01 - 12,0 M Model-Nr. Jahr Projekt	14 m 381-255 1991 Bözberg, Switzerland	23,75 m 381-255 1991 Bözberg, Switzerland	100 m 381-255 1991 Bözberg, Switzerland	385 m 381-255 1991 Bözberg, Switzerland	2685 m <sup>3</sup> 381-255 1991 Bözberg, Switzerland

ANMERKUNG:  symbolisiert einen Weltrekord für alle Maschinendurchmesser.

N/A = Keine Angaben