

# Neue Entwicklungen bei vermörtelten Anker

Von Dipl.-Ing. Ulrich Overwin, Dr. Rudolf Röck,  
Dipl.-Ing. Manfred Blümel und Ing. Peter Schwab

Die schwierigen Gebirgsverhältnisse beim Galgenbergtunnel gaben den Anstoß für neue Entwicklungen auf dem Gebiet vermörtelter Anker. Der Beitrag beschreibt ein neues Injektions-Ankersystem, die Entwicklung eines schnell erhärtenden Ankermörtels, Untersuchungen zum Tragverhalten frisch versetzter Anker sowie praktische Erfahrungen mit dem neuen System beim Bau des Galgenbergtunnels.

## Das IBI-Ankersystem

Selbstbohrende Injektionsanker finden heute weitverbreitete Anwendung auch in nicht standfesten Böden. Ein Vorteil dieser Ankertechnik liegt in ihrem einfachen und vor allem schnellen Versetzen der Anker mit auf der Baustelle vorhandenem Gerät. Das bekannteste System ist dabei der IBO-Anker (Injektion, Bohren, Outside-Gewinde). Dieser Anker wird über ein durchgehendes Außengewinde auf der Ankerstange gekuppelt und ist universell einsetzbar.

In umfangreichen Grundsatzversuchen hat es sich teilweise als schwierig erwiesen, das Bohrklein mit der Spülung aus dem Bohrloch abzuführen. Dabei stellten die Querschnittserweiterungen im Bereich der Kupplungsmuffen und der Abstandhalter, die in der DIN 4125 zur Ankerzentrierung gefordert werden, Hindernisse dar. Bei Spülung mit Wasser in bindigen Böden zeigte sich dieser Untergrund als schwierig ausspülbar, da er sich in diesen Ankerbereichen wie ein Stopfen festsetzte. Forderung war es also, einen kuppelbaren Selbstbohrinjektionsanker zu entwickeln, der auf seiner Gesamtlänge einen konstanten Außendurchmesser aufweist und einen großen Innenquerschnitt für große Spülmengen besitzt.

Das IBI-Ankersystem (Injektion, Bohren, Inside-Gewinde) ist als Weiterentwicklung des IBO-Ankers bei der GD-Anker Gruber Dübel Anker GmbH, Seesen-Rhüden, aus den oben genannten Forderungen entstanden (Bild 1). Grundlegendes Prinzip dieses Systems ist die Verlegung der Kupplungselemente nach innen. Sämtliche Verbindungen der Ankerstangen mit den anderen Komponenten wie Bohrkronen mit Rückschlagventil, Nachverpreßventil und Kupplungsmuffen werden in die Ankerstange geschraubt und besitzen den gleichen Außendurchmesser wie die Ankerstange.

Der erstgenannte Autor ist Mitarbeiter der GD-Anker Gruber Dübel Anker GmbH, Seesen-Rhüden, der zweitgenannte ist Laborleiter der Schretter & Cie Portlandzement- und Kalkwerk, Vils, der drittgenannte ist Assistent am Institut für Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität Graz, der letztgenannte ist Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Galgenbergtunnel und Prokurist der Stettin Bauunternehmung Hoch- und Tiefbau Ges.m.b.H., Leoben.

## IBI-Ankerstange

Die IBI-Ankerstange wird aus einem Stahlrohr St 52 (Streckgrenze  $R_{eh} = 345$  bis  $355$  N/mm<sup>2</sup>, Zugfestigkeit  $R_m = 500$  bis  $650$  N/mm<sup>2</sup>) durch Kaltaufrollen des Gewindes hergestellt, wobei eine Gefügevergütung des Stahls in den Bereich eines St 60 erreicht wird. Das Innengewinde, ein linksgängiges Rundgewinde nach ISO-Norm, wird durch Außenaufrollen erzeugt. Die dabei entstehende Außenkontur dient der Verankerung des Ankers im Gebirge. Die Ankerstangen werden in der Fertigung auf Bestelllänge geschnitten. Das Ablängen geschieht mit einem Trennschleifer. Dadurch werden die Ankerenden gehärtet, wodurch beim Setzen des Ankers eine optimale Schlagübertragung des Bohrhammers garantiert ist.

## IBI-Kupplungsmuffe

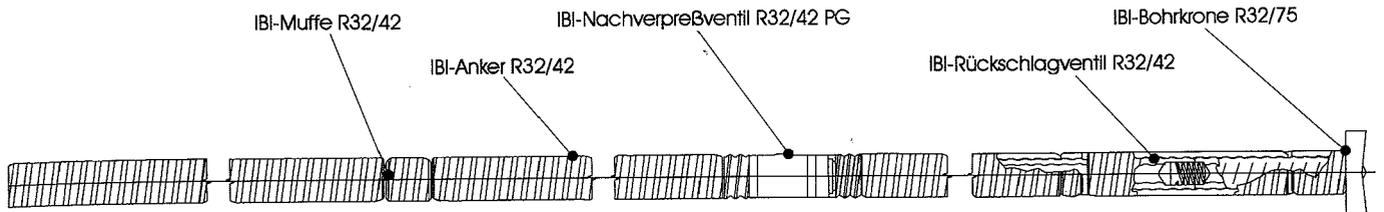
Für die Verlängerung der Ankerstangen dienen die IBI-Muffen, die aus einem IBO-Ankerstück gefertigt werden. Diese Ankerstücke besitzen ebenfalls wie alle Ankerkomponenten das ISO-Normgewinde und werden in die IBI-Ankerstangen geschraubt. Damit die Kupplungsmuffen in die beiden zu verschraubenden Ankerstangen gleichmäßig eingeschraubt werden, besitzen die Muffen einen fixierten Mittelstop (Bild 2). Durch die definierte Einschraubtiefe wird ein Abscheren des Gewindes verhindert und die Traglast eines gekuppelten IBI-Ankers sichergestellt. Das Muffenstück wird an einem Ende innen angefast, damit ein problemloses Einführen eines Freispülschlauches für spätere Nachverpressungen möglich ist.

## IBI-Nachverpreßventil

Zur besseren Verankerung im Gebirge und zur Erzielung einer Gebirgsvergütung sind für den IBI-Anker Nachverpreßventile entwickelt worden, die mehrfach benutzt werden können (Bild 3). Diese werden wie die IBI-Muffen zwischen zwei Ankerstangen eingeschraubt. Damit ist ein flexibler Einsatz von Anzahl und Lage der Nachverpreßventile in einem Anker jederzeit möglich. Das Nachverpreßventil besitzt den gleichen Außendurchmesser wie die Ankerstange.

Das Öffnen und Schließen des Nachverpreßventils wird durch eine mit einer Metallkugel versperrte Bohrung ermöglicht. Eine Gummimanschette fixiert die Kugel in der Bohrung und verschließt das Nachverpreßventil nach dem Verpreßvorgang. Es ist so konstruiert, daß es trotz der benötigten Injektionsbohrung keine Minderung der Ankertraglast bewirkt. Dies wurde durch Zugversuche bei GD-Anker und in Eignungsprüfungen nachgewiesen.

Das Freispülen des Injektionskanals nach einem Verpreßvorgang ermöglicht weitere Nachinjektionen über die Nachverpreßventile. Diese Nachverpressungen können über einen Druck-Mengenschreiber exakt dokumentiert



**Bild 1** Aufbau des IBI-Ankersystems.

werden. Der Öffnungsdruck des Nachverpreßventils liegt erfahrungsgemäß bei etwa 60 bar, da die den Anker umhüllende Primärinjektion erst durchbrochen werden muß. Der weitere Injektionsdruck liegt wesentlich niedriger.

**IBI-Bohrkrone mit Rückschlagventil**

Die verschiedenen Bohrkrone für die IBI-Anker sind für unterschiedliche Gesteinsarten ausgelegt. Wesentliches Merkmal aller Bohrkrone ist die Kombination mit einem Rückschlagventil, das einen Mörtelrückfluß durch den Injektionskanal oder ein Freispülen des Bohrkronebereichs verhindert (Bild 4).

Der Öffnungsdruck des Rückschlagventils ist so dimensioniert, daß ein Öffnen des Ventils mit dem Wasserdruck des Freispülschlauches nicht möglich ist. Das Ventil öffnet nur bei Einsatz höherer Drücke, die beim Spülen während des Bohrens oder beim Verpreßvorgang angewandt werden. Dabei stellt das Ventil sicher, daß ein Freispülen der Primärverpressung im Bereich der Bohrkrone vermieden wird. Die vermörtelte Bohrkrone garantiert in der Regel

auch, daß die Nachverpressungen über die Nachverpreßventile und nicht über die Bohrkrone geschehen.

**Ankerplatten**

Die Anforderungen an Ankerplatten sind schon lange definiert, jedoch nicht immer berücksichtigt worden. Es wird verlangt, daß eine Ankerplatte bis zum Ankerbruch hält und eine Winkeleinstellbarkeit von  $\pm 15^\circ$  aufweist. Durch die Neuentwicklung einer in der Bohrung verstärkten Kallottenankerplatte sind diese Forderungen eindeutig erfüllt. Die in Bild 5 dargestellte GD-Universalankerplatte bietet einen Winkelausgleich bis zu  $\pm 15^\circ$  und hält bis zur Bruchlast des Ankers unabhängig von seiner Winkelstellung.

Der besondere Vorteil an dieser Ankerplatte ist der Einsatz als optische Meßplatte, mit der die Belastung des Ankers qualitativ beurteilt werden kann. Die Auslegung der einzusetzenden Ankerplatte geschieht nach den Kenndaten Gebrauchslast und Bruchlast des Ankers. Die Platte wird so dimensioniert, daß sie sich bei Überschreiten der Ankergebrauchslast deutlich zu verformen beginnt und die

# Sicherheit für die Baustelle und den Termin.

Weltweit  
die **No.1**

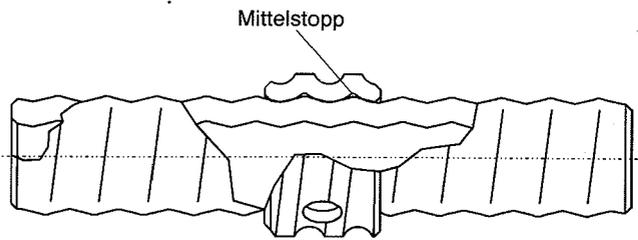
- ▶ in der Systemvielfalt bei selbstbohrenden Ankern
- ▶ bei Hochdruck Verbund-Schneckenpumpen

**IBI-Anker**  
Die Lösung für extreme Gebirgsverhältnisse. Über die Nachverpreßmöglichkeit erlaubt das IBI-Ankersystem eine echte qualitativ nachprüfbare Gebirgsvergütung. Sprechen Sie mit uns!

**GRUBER DÜBEL ANKER GMBH**  
**Am Schlörbach 19 · D-38723 Seesen-Rhüden**  
**Tel. 00 49 / (0) 53 84 / 96 32-1 · Fax 96 32-60**

Internationale Partner in: Österreich · Schweiz · Frankreich · Italien · USA · Kanada · Taiwan · Japan

**IBO-Pumpe M 400**  
Durch den Verbund mehrerer potentiierter IBO-Schneckenpumpen kann ein Betriebsdruck von bis zu 150 bar erreicht werden. Sprechen Sie mit uns.



**Bild 2** IBI-Muffe.

Verformung deutlich bis zum Erreichen der Bruchlast zunimmt. Hierdurch wird es möglich, sofortige Sicherungsmaßnahmen einzuleiten, ohne daß bereits Anker abgerissen sind. Dies ist ein wesentliches Argument für die Sicherheit auf der Baustelle, da ein Abreißen von Ankermuttern und Ankerstücken verhindert werden kann.

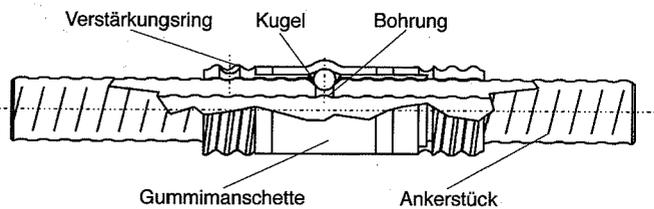
**Vorteile des IBI-Ankersystems**

Der IBI-Anker weist eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Systemen auf. Durch den Einbau von Nachverpreßventilen ist man in der Lage, mehrere Nachverpressungen mit dem IBI-Anker vorzunehmen. Diese Maßnahme ist sinnvoll, um bei schwierigen, nicht standfesten Gebirgsverhältnissen eine Gebirgsvergütung zu erzielen.

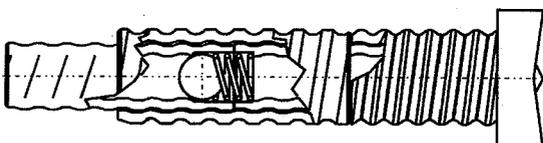
Das System ist äußerst flexibel einsetzbar. So kann der IBI auch als Spieß (St 37-Stahl) zur voreilenden Sicherung eingesetzt werden. Aufgrund seines größeren Außendurchmessers besitzt er eine höhere Biegesteifigkeit und Knicksicherheit als zum Beispiel ein IBO-Anker gleicher Traglast.

**Neuer Ankermörtel mit hoher Frühfestigkeit**

Die äußerst schwierigen Gebirgsverhältnisse, wie sie beim Bau des Galgenbergtunnels vorgefunden wurden, gaben den Anstoß zur Weiterentwicklung bestehender und Erprobung neuartiger Ankermörtel. Überraschenderweise ergab eine kurze Durchsicht der Standardliteratur auf dem Gebiet der Ankertechnik zwar den Bestand zahlreicher Untersuchungen über das Tragverhalten mörtelgebetteter Anker, aber so gut wie keine Hinweise darauf, wie die Eigenschaften des Ankermörtels auf die Wirksamkeit der Anker Einfluß nehmen, geschweige denn darauf, welche Anforderungen überhaupt an den Ankermörtel zu stellen sind. Auch die diversen Normenwerke über Anker enthalten diesbezüglich keinerlei Hinweise. Es wird lediglich vereinzelt Sulfatbeständigkeit gefordert. Man hat sich of-



**Bild 3** IBI-Nachverpreßventil.



**Bild 4** IBI-Kreuzbohrkrone mit Rückschlagventil.

**Tabelle 1** Festigkeitsvergleich verschieden eingestellter Ankermörtel auf Basis schnellerhärtendem Zement und Normalzement.

	Schnell - AM			AM
	1	2	3	4
Beginn Minuten ....	35	70	125	175
Ende Minuten .....	45	85	155	250
l/kg Wasserbedarf	182,5	180,0	177,5	200,0
Ausbreitmaß cm ..	26,5	26,0	26,5	26,0
kg/l Rohdichte .....	2,243	2,236	2,249	2,157

	N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>	
	BZF	DF	BZF	DF	BZF	DF	BZF	DF
3 Stunden .....	1,1	3,8	1,0	3,6	0,6	2,9	0	0
6 Stunden .....	1,2	4,3	1,2	4,2	1,4	4,9	0	0
12 Stunden .....	3,0	13,0	2,3	10,1	1,9	7,0	3,6	15,3
24 Stunden .....	5,0	26,0	5,4	27,1	5,1	27,4	5,0	29,9
3 Tage .....	8,7	44,3	9,2	43,7	9,1	48,8	7,5	42,3
7 Tage .....	9,8	53,8	9,3	50,1	9,9	56,1	7,8	54,9
21 Tage .....	10,1	60,6	9,4	56,3	10,4	64,5	8,2	58,6
28 Tage .....	9,7	62,1	9,4	59,6	10,5	64,8	8,4	62,3

BZF=Biegezugfestigkeit; DF=Druckfestigkeit.

fenbar damit begnügt, daß der Ankermörtel irgendwie erhärtet und zwar ungestört.

Die Notwendigkeit, beim Durchhörtern schwieriger Gebirgsformationen wie am Galgenberg die Ankerbelastbarkeit auf einen möglichst frühen Zeitpunkt vorzuverlegen, führte dazu, daß am Institut für Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität Graz die dafür gängigen Vorgangsweisen einer kritischen Überprüfung unterzogen wurden. Es zeigte sich dabei, daß mit dem Einsatz von Beschleunigerpatronen unter diesen Verhältnissen nur unbefriedigende Ergebnisse erzielbar waren und die Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Ankermörtel, bezogen auf den Haftverbund, in der Praxis kaum erfaßbar waren.

Daher wurde an den Mörtelhersteller Schretter & Cie Portlandzement- und Kalkwerk, Vils, der Wunsch herangetragen, die Frühbelastbarkeit der Anker durch verbesserte Ankermörtel zu erhöhen und sicherzustellen.

**Neuentwicklungen**

Die ersten Versuche zielten darauf ab, bei der Herstellung der Mörtel durch Senkung des W/Z-Wertes und Verwendung von Zement der Festigkeitsklasse PZ 475 eine Beschleunigung der Bindezeiten und der Früherhärtung zu erwirken. Die Versuchsergebnisse waren zwar vielversprechend und wiesen den Weg in die richtige Richtung, konnten jedoch nicht restlos überzeugen. Der Beginn der Ankerbelastbarkeit konnte zwar um ein bis zwei Stunden vorverlegt werden, entsprach aber noch nicht den Anforderungen.

Die Forderung der Baustelle war, daß die starken Gebirgsverformungen bereits nach wenigen Stunden zu einer Lastaufnahme durch die eingesetzten SN-Anker führen sollten; eine Teilspannung der Anker sollte bereits nach fünf Stunden möglich sein. Dafür war ein schnellerhärtender Ankermörtel notwendig, der auch bei ständiger Gebirgsbewegung zur Kraftübertragung zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in der Lage sein müßte. Schretter & Cie verfügt bereits seit mehr als einem Jahrzehnt über Erfahrung mit Schnellzementen zur Herstellung von Spritzbeton. Unter Nutzung des vorhandenen Know-hows konnte in sehr kurzer Zeit durch geeignete Modifikation des Spritzbeton-Schnellzementes eine passende Variante für den gewünschten Ankermörtel entwickelt werden.

Dieses spezielle System von schnellabbindendem Portlandzement läßt sich ziemlich exakt in weiten Bereichen auf eine bestimmte Erstarrungszeit einstellen. Wie bei allen Zementen ist die Erstarrungszeit abhängig vom W/Z-Wert und in geringem Maß von der Verarbeitungstemperatur. Diese Gruppe von Ankermörteln, hergestellt aus besagten Schnellzementen, sind in Tabelle 1 dargestellt. Dabei läßt sich unschwer erkennen, daß diese sich im wesentlichen lediglich im Erstarrungsverhalten unterscheiden. Die übrigen Parameter sind praktisch identisch.

### Baustellenversuche

Zur Abklärung der Gebrauchstauglichkeit eines schnellen Ankermörtels war es notwendig, die geeignete Erstarrungszeit in einem praxisgerechten Baustellenversuch unter den Bedingungen eines Tunnelbetriebes zu ermitteln. Zweites Versuchsziel war es, die Auszugfestigkeit der 4 m langen SN-Anker (Durchmesser 21 mm) nach verschiedenen Zeiten zu messen. Zu diesem Zweck gelangten drei verschiedene Ankermörtel mit unterschiedlichen Erstarrungszeiten auf die Baustelle Galgenbergtunnel. Die Erstarrungszeiten waren mit 35, 70 und 125 min, bestimmt nach Laborbedingungen, eingestellt. Die Laborbedingungen bezogen sich auf ein Ausbreitmaß von 26 cm, das heißt sehr weich bis fließend und 20° C Verarbeitungstemperatur. Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, ergaben die Versuche vor Ort zusammengefaßt etwa folgendes Bild:

◊ Die Wasserdosierung an der Mörtelpumpe war geringer als im Labor angenommen, was dazu führte, daß die Erstarrungszeit deutlich verkürzt wurde. Möglicherweise hat die hohe Scherbeanspruchung in der Mischschnecke ebenfalls dazu beigetragen, die Erstarrungszeit zu verkürzen.

◊ Die Verarbeitungstemperatur von 8° C im Tunnel hat sich offenbar nicht verzögernd gegenüber der Labortemperatur von 20° C ausgewirkt.

**Tabelle 2** Ergebnisse der Ankerausziehversuche.

Bohrlochdurchmesser 45 mm, Ankerdurchmesser 21 mm, Ankerlänge 4m

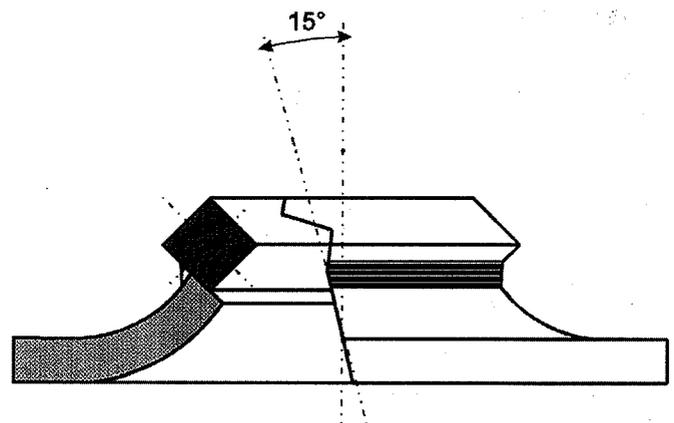
Bohrloch	Erstarrungsbeginn in Minuten	Alter bei Zugversuch Stunden	Manometerdruck bar	Kraft kN	Bemerkungen
7	20	1:20	410	239	
8	20	1:20	500	293	Höchstlast, Anker konnte nicht gezogen werden.
9	70	1:35	460	269	Wasser im Bohrloch, Gewinderiß am Anker, Anker konnte nicht gezogen werden.
9*	70	2:00	280	224	Wasser im Bohrloch, Anker wurde durch den Gewinderiß bereits losgeschlagen.
2	20	7:40	485	283	Wasser im Bohrloch.

\* Neuerlicher Zugversuch mit 60 Tonnen-Zylinder durchgeführt.

◊ Die arbeitstechnisch untere Grenze der Verarbeitungszeit des Mörtels unter Baustellenbedingungen soll 45 Minuten nicht unterschreiten.

◊ Bei allen Ausziehversuchen konnte bereits eine halbe Stunde nach Erstarrungsende, das heißt etwa anderthalb bis zwei Stunden nach Mischbeginn, nahezu die maximale Ankerzugkraft von 290 kN erzielt werden, sodaß die für spätere Termine vorgesehenen Ausziehversuche entfallen konnten.

◊ Schräg nach unten gebohrte Ankerlöcher bergen die Gefahr der Wasseransammlung in sich, was zu deutlicher Verminderung des Haftverbundes und zu W/Z-Werterhöhung führt.

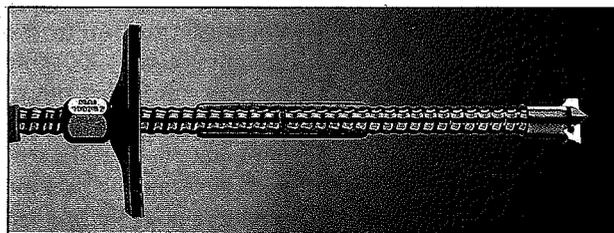


**Bild 5** GD-Ankerplatte.

## HI-TECH-TUNNELING

**MAI  
PUMP**

**AUSTRIA**

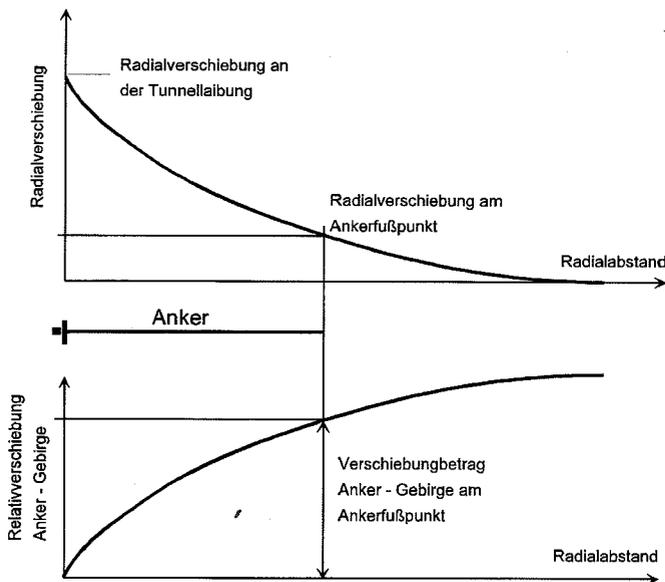


**MAI-PUMP Injektionspumpen  
MAI-SYSTEMS Injektionsbohrankersysteme**

**MAI  
SYSTEMS**

**INTERNATIONAL**

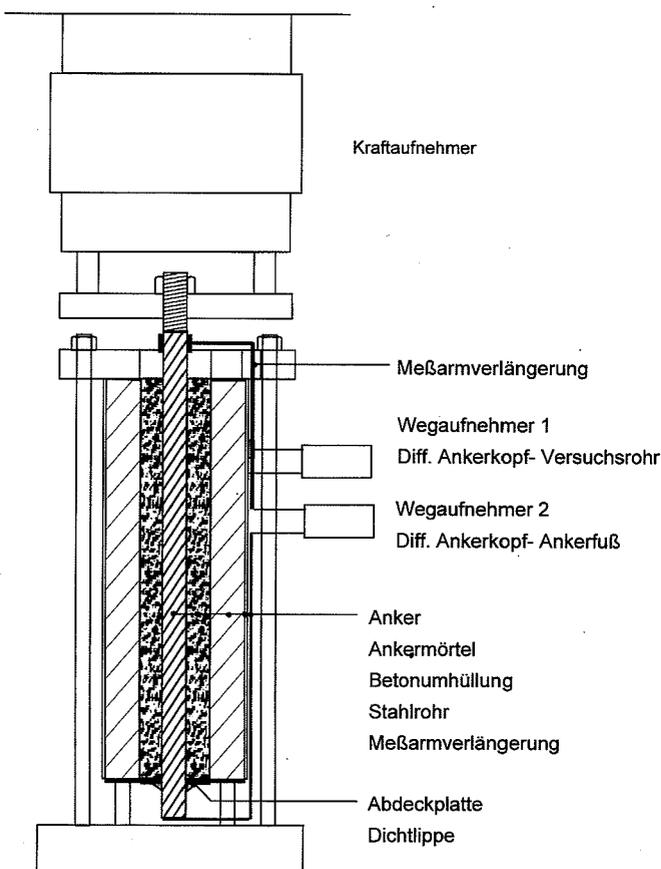
MAI SYSTEMS INTERNATIONAL Ankertechnik GmbH, A-9710 Feistritz/Drau, Postfach 8, Austria, Tel.: +43/(0)4245/6244-0, Fax.: +43/(0)4245/6244-10



**Bild 6** Relativverschiebung Anker-Gebirge.

Bei einem Versuch (Bohrloch 9) gab es bei der Spannkraft von 260 kN einen Gewinderiß. Beim neuerlich durchgeführten Ausziehversuch versagte der Anker schon bei 224 kN. Damit konnte unfreiwillig die negative Wirkung starker Erschütterungen demonstriert werden.

Mit Abschluß dieser Versuche war die Praxistauglichkeit dieses Systems von Ankermörteln basierend auf schnellbindende Portlandzemente erwiesen. Es folgten nunmehr umfangreiche Untersuchungen am Institut für Felsmechanik und Tunnelbau an der Technischen Universität Graz über das Auszugverhalten der neuen Mörtel unter dynamischen, die Gebirgsbewegung simulierenden Bedingungen.



**Bild 7** Testaufbau.

## Tragverhalten von vermörtelten Ankern

Über das Tragverhalten mörtelgebetteter Anker liegen bereits zahlreiche Untersuchungen vor. Bei allen bisherigen Versuchen wurde jedoch davon ausgegangen, daß die Erhärtung des Mörtels ungestört erfolgen kann. Im stark verformungsfreudigen Gebirge, zum Beispiel in Störzonen mit hoher Überlagerung, trifft diese Bedingung jedoch nicht zu. Vor allem in der Erstarrungsphase kann es dabei zu nennenswerten Relativbewegungen zwischen Ankerstab, Mörtel und Gebirge kommen, welche den Abbindeprozeß des Mörtels und damit das Tragverhalten des Ankers negativ beeinflussen. Der frisch versetzte Anker erfährt bei anliegender Ankerkopfplatte den Verschiebungsbetrag der Tunnellaubung in diesem Punkt.

Die relativen Verformungsbeträge sind am Ankerfußpunkt am größten, da durch das Fehlen des inneren Verbundes kaum Kräfte in den Stahlanker eingeleitet werden können und der Anker daher auch nur geringe Dehnung erfährt. Der Relativverschiebungsbetrag am Ankerfußpunkt ist dann der Verschiebungsbetrag an der Tunnellaubung abzüglich der Gebirgsverschiebung in diesem Punkt. Der relative Verschiebungsbetrag am Ankerkopfpunkt ist in der Regel sehr klein. Erst nach Übernahme von Lasten durch den Anker tritt eine Verformung am Ankerkopf auf, welche durch Deformation der Ankerplatte sichtbar wird. Da, wie bereits erwähnt, nahe der Tunnellaubung die relativen Verschiebungsbeträge am kleinsten sind, wird in diesem Bereich auch der Abbindeprozeß am wenigsten gestört (Bild 6).

Bei in situ-Zugversuchen, wie sie üblicherweise auf Baustellen ausgeführt werden, wird jedoch nur dieser hohlraumnahe Bereich getestet, da in der Regel ein halber bis ein Meter guter Verbund ausreicht, um die Ankerbruchlast zu erreichen. In welchem Zustand sich der Anker aber in jenen Bereichen großer relativer Anfangsverschiebungsbeträge befindet, geht daraus nicht hervor. Die derzeitige Praxis des möglichst frühen Anziehens der Anker Mutter sollte daher überdacht werden, da durch eine Bewegungsmöglichkeit am Ankerkopf die Größe des Relativverschiebungsbetrages kleiner wird. Dies gilt vor allem, wenn kein schnell erhärtender Ankermörtel eingesetzt wird. Am Galgenbergtunnel betragen die maximalen Ersttagsverschiebungsbeträge rund 12 cm.

Das Ziel der derzeitigen Untersuchung ist einerseits das Ermitteln kritischer Deformationsgeschwindigkeiten, unter welchen die Funktion des Verbundsystems noch sichergestellt ist. Andererseits wird versucht, das System Mörtel-Ankerstab für verformungsfreudiges Gebirge hinsichtlich Mörtelzusammensetzung und Ankerprofilierung zu optimieren.

### Versuchsaufbau und -durchführung

Ein mit Beton (B 300) gefülltes Stahlrohr (St 37; 101,6 x 2,9; l = 500 mm) wird mit einer Kernbohrung (da = 57 mm), welche das Ankerbohrloch nachbilden soll, versehen. Für die Versuche mit Ankern größeren Durchmessers (IBO, IBI) wird ein Stahlrohr mit einem Außendurchmesser von 132,5 mm und einer Kernbohrung da = 82,5 mm verwendet. Das Versuchsrohr besitzt am unteren Ende einen Deckel mit Dichtlippendurchführung, um ein Austreten des Frischmörtels zu verhindern. Nach dem Abmischen wird der Ankermörtel in das Versuchsrohr gefüllt und der Anker versetzt. Danach erfolgt der Einbau in eine servohydraulisch gesteu-

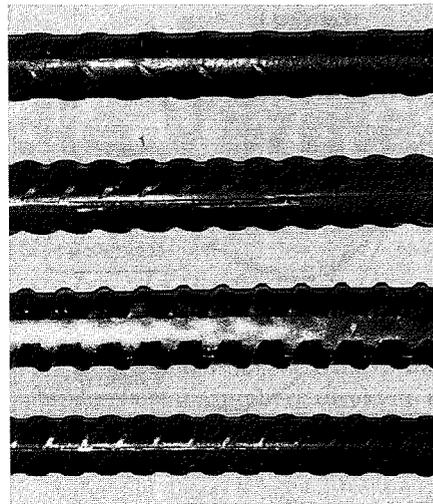
erte Prüfanlage (Bild 7). Die Vorlaufzeit vom Abmischen bis zum Versuchsstart beträgt rund zehn Minuten.

Die Regelung des Versuchablaufs erfolgt weggesteuert. Zur Wegerfassung sind zwei elektronische Wegaufnehmer installiert, welche die Verformung Ankerkopf-Versuchsröhr und Ankerkopf-Ankerfuß messen. Die Wegrate wird mit Hilfe eines 32 Bit-Prozessors generiert; die Regelung erfolgt im »Closed Loop« mit einer Abtastrate von 5 000 Hz. Durch diesen Testaufbau ist es möglich, eine kontinuierliche Gebirgsbewegung während des Mörtelabbindeprozesses zu simulieren. Inwieweit das Tragvermögen durch diese aufgezwungene Bewegung beeinflusst wird, ist in einer Versuchsserie mit unterschiedlichen Ankermörteln und verschiedenen Ankertypen untersucht worden.

### Versuchsergebnisse

Für die in dem Bild 8 dargestellten Ankertypen ist eine Auswertung von Zugversuchen mit dem Ankermörteltyp AM 500/1 in Bild 9 zusammengestellt. Die Ausziegeschwindigkeit bei diesen Versuchen betrug konstant 0,012 mm/min. Dieses Diagramm verdeutlicht die große Abhängigkeit des Frühzeittragvermögens von der Rippengeometrie. Auf Tunnelbaustellen ist eine breite Palette von Ankern mit unterschiedlichen Rippenausbildungen anzutreffen, da in der Regel lediglich eine bestimmte Ankerbruchlast gefordert wird.

Das Bild 10 verdeutlicht den Einfluß unterschiedlicher Mörtelsorten auf das Arbeitsvermögen des Anker-Mörtelverbundes im jungen Stadium. Der Mörtel AM 500/1 ist ein hochwertiger Ankermörtel mit einer Abbindezeit von 250 Minuten, der Mörtel mit der Bezeichnung AM 500/1 Q ist im Prinzip derselbe Mörtel mit einem Quellmittelzusatz. Die quellfähigen Mörtel legen bis zur maximalen Tragkraft kontinuierlich gegenüber dem Mörtel ohne Zusatz zu. AM 500/1 S ist einer der neuen schnellabbindenden Mörtel. Sehr gut erkennbar ist die rasche Kraftaufnahme bereits wenige Minuten nach dem Ankereinbau. Nach sechs Stunden, die in etwa einer Zykluszeit beim Tunnelvortrieb entsprechen, wird bereits eine für viele Situationen sehr brauch- und nutzbare Tragkraft erreicht.



**Bild 8** Ankertypen 1 bis 4 (a = Ankerrippenabstand, c = Rippenhöhe, d = Durchmesser).

#### ANKERTYP 1

a=20 mm  
c=1 mm  
d=23 mm

#### ANKERTYP 2

a=14 mm  
c= 1,5 mm  
d=24 mm

#### ANKERTYP 3

a=13 mm  
c=2 mm  
dm=27 mm

#### ANKERTYP 4

a=12,5 mm  
c=1,2 mm  
d=20 mm

Die Arbeitslinien für die am Galgenberg eingesetzten Ankertypen sind in Bild 11 dargestellt. Der IBI-Anker weist gegenüber dem verwendeten SN-Anker ein deutlich höheres Tagvermögen auf. Bei diesem Laborversuch wurde der IBI-Anker nicht nachinjiziert.

### Praktische Erfahrungen mit dem IBI-Anker

Zur Umsetzung in die Baupraxis waren einige Modifikationen notwendig. Grundsätzlich ist der Selbstbohranker als verlorenes Bohrgestänge mit verllorener Bohrkronen anzusehen. In erster Linie ist die Bohrkronen als intensiver Kostenbestandteil auf das zu durchbohrende Material (Gebirge) und die Bohrlänge (Ankerlänge) abzustimmen. Die Bohrkronen bestehen für einfache Lockerböden und kurzen Ankerlängen aus Stahlblättchen mit aufgeschweißten Kreuzrippen, bei mittelschweren Böden dichtgelagerter Art aus Stahlplatten mit Hartmetallschneidern. Bei härterem Gestein können Bohrkronen wie für normales Bohrgestänge erforderlich werden.

## Stollen- und Tunnelbau



Bauen für eine erfolgreiche Zukunft.

Ab 1. Jänner 1996:

**Ed. Ast & Co.**  
Baugesellschaft m. b. H.

A-8073 Feldkirchen  
Eduard Ast-Straße 1

Tel.: 0316 / 2402 - 0\*  
Fax: 0316 / 2402 - 275



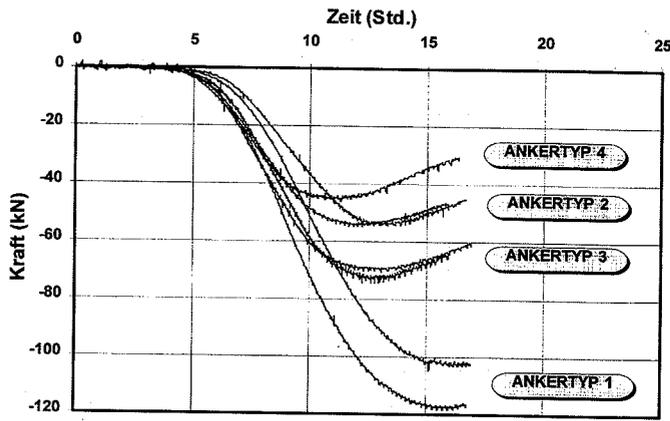


Bild 9 Arbeitslinien Ankertyp 1 bis 4, AM 500/1, 0,012 mm/min.

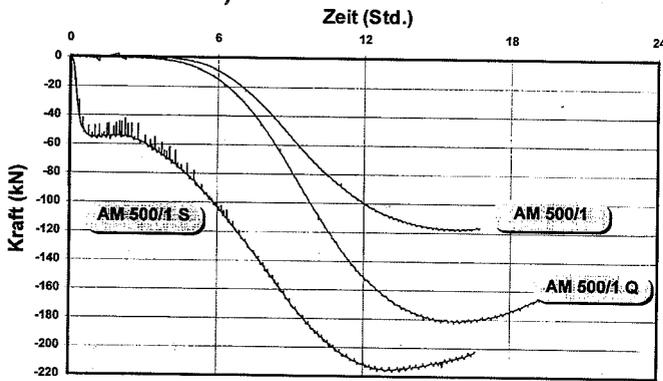


Bild 10 Arbeitslinien Ankertyp 1 für 3 Ankermörtelsorten.

Als Alternative für die Verwendung von originalen Bohrkronen kann auch ein Vorbohren des Ankerloches mit normalem Bohrgestänge durchgeführt werden. Am Galgenbergtunnel war aufgrund der großen Ankerlängen (bis zu 20 m in der Brustsicherung) und den überaus häufigen Gesteinsschichtenwechsellern (sehr weiche und harte Schichten in mehreren Dezimeterstärken) oft ein Vorbohren notwendig.

Bei großen Ankerlängen und extrem hartem Gestein im tieferliegenden Bereich kann es auch bei Verwendung von teuren Original-Bohrkronen durch eine Überbelastung an den Verbindungsmuffen zum Bruch der IBI-Anker kommen. Bei den schwierigen Verhältnissen am Galgenberg-

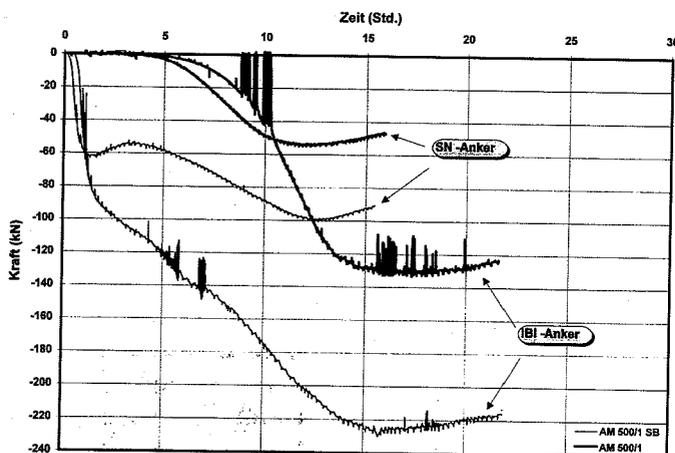


Bild 11 Arbeitslinien SN bzw. IBI - Anker, 0,012 mm/min, AM 500/1 u. AM 500/1 SB.

tunnel war es notwendig, mit dem Bauherrn vor Ort die Wahl der Kronen für die IBI-Anker festzulegen oder ein zusätzliches Vorbohren anzuordnen.

Aufgrund der niedrigen Kalottenhöhe von 4,50 m war es erforderlich, die Lafettenlänge auf das längstmögliche Maß zu kürzen, wodurch maximale Ankerteilstücke von 2 m Länge zum Einsatz gebracht werden konnten. Bei einer Ankerlänge von 10 m ergibt dies somit vier Koppelstöße. An jeden dieser Koppelstöße war es möglich, ein Nachverpreßventil am Koppelstück einzusetzen.

Nach den anfänglichen Problemen unter den extremen Einsatzbedingungen wurden durch Modifikationen alle Teile so verbessert, daß ein planmäßiges Versetzen erreicht werden konnte. Durch die Verwendung von Schnellbindeelementen und Schnellankermörteln war es von großer Bedeutung, den richtigen Zeitpunkt zum Auswaschen der Nachinjizierstrecke im Ankerinneren zu wählen. Bei großen Ankerlängen ist das Einführen des dünnen Schlauches zum Spülen durch die innenliegenden Koppelstellen (Querschnittverengungen) schwierig. Durch gekennzeichnete Schlauchlängen und die garantierte Reinigung der gesamten Ankerlänge bis zum Nachverpreßventil hin, ist die Funktion dieser Nachverpreßventile sichergestellt. Es muß vor allem darauf geachtet werden, daß der Spülvorgang erst beendet wird, wenn reines Waschwasser aus dem Anker fließt.

Besonders schwierig gestaltete sich in den empfindlichen Gebirgsbereichen das Abführen dieser Spülwässer, damit keine negative Beeinflussung des umliegenden Gebirges erfolgt. Die Spülwässer wurden im Zuge der Ableitung der gesamten Tunnelwässer in den Absetzbecken vorgeklärt und in der Neutralisationsanlage auf den zulässigen Wert neutralisiert.

Durch die niedrige Kalottenhöhe und der dadurch begrenzten Lafettenlänge war es nicht möglich, alle Anker, vor allem beim Übergang des ersten Strossenbereiches, exakt radial zu versetzen. Daher wurden besondere Ankerplatten mit einer Winkeleinstellbarkeit von  $\pm 15^\circ$  eingesetzt.

## Zusammenfassung

Der Einsatz des IBI-Ankersystems im Galgenbergtunnel hat gezeigt, daß das System die gestellten Anforderungen erfüllt. Zur besseren Nutzung der zur Verfügung stehenden großen Injektionsquerschnitte des Ankers und zur Erzielung optimaler Verpreßkörper ist es sinnvoll, die Anker drehend-injizierend zu versetzen. Für diese Verfahrensweise ist der Einsatz eines Rotations-Injektions-Adapters notwendig, der hohe Spülmedienmengen und eine Injektion unter Rotation ermöglicht. Vorteile dieser Verfahrensweise sind eine Selbstzentrierung des Ankers im Bohrloch, eine gleichmäßige Mörtelüberdeckung nach Norm und vor allem eine garantiert lückenlose Verfüllung des Bohrlochs.

Die Erfahrung beim Galgenbergtunnel zeigt, daß für einen erfolgreichen Einsatz von IBI-Ankersystemen folgende Randbedingungen beachtet werden sollten:

- ◇ Verwendung von möglichst großen Ankereinteilstücklängen, abhängig von der maximalen Lafettenlänge,
- ◇ Wahl der richtigen Bohrkronen, abhängig vom Gebirgs- material und den Gesteinshärten,
- ◇ Wahl des richtigen Ausspülzeitpunktes und sorgfältiges Freispülen,
- ◇ Ordnungsgemäßes Ableiten der Ausspülwässer.