

# Spritzmörtel zur Gebirgssicherung in Sprengvortrieben im Deutschen Steinkohlenbergbau

PNEUMATICALLY APPLIED MORTAR FOR ROCK SUPPORT USED IN ROCK BLASTING IN GERMAN COAL MINES

**Dipl.-Ing. Gerhard Gailer und Dipl.-Ing. Alfred Kraus, Deilmann-Haniel GmbH, Dortmund**

Üblicherweise erfolgt im tiefliegenden Steinkohlenbergbau die Gebirgssicherung im Streckenvortrieb durch Unterstützungsausbau in Form von Stahlbögen mit Verzugsmatten und Gesteinhinterfüllung. Die Substitution des Gesteins durch hydraulisch abbindende Baustoffe hat eine wesentliche Verstärkung des Unterstützungsausbaus bewirkt.

Bei der Herstellung von langlebigen Großräumen in Teufen zwischen 1.000 und 1.500 m hat sich die Gebirgssicherung mit Ankerspritzbeton-Verbundausbau in Anlehnung an die "Neue Österreichische Tunnelbauweise" vielfach bewährt.

Bei der Herstellung langlebiger Gesteinsstrecken in großen Teufen findet ein zweischaliger Ausbau, bestehend aus Ankerspritzbeton und nachträglich eingebrachtem Unterstützungsausbau mit Baustoffvollhinterfüllung in zunehmendem Maße Anwendung. Dieser aufwendige Ausbau entwickelt hohe Stützkräfte auch im Hinblick auf dynamische Beanspruchungen infolge von Abbaueinwirkungen. Größte Verbreitung hat Spritzmörtel im Steinkohlenbergbau bisher als Konsolidierungsmaterial gefunden. Durch das Anspritzen des freigelegten Gebirges mit schnellabbindenden Baustoffen soll die Steinfallgefahr eingeschränkt werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist nachgewiesen, allerdings unter der Voraussetzung, daß der endgültige Streckenausbau rechtzeitig ausreichende Stützkräfte entwickelt und eine unkontrollierte Auflockerung des Gebirges unterbindet. Mit Fortschreiten der Bergbautätigkeit in immer größere Teufenbereiche nimmt der Bedarf an Strecken zu, die hohen Gebirgssicherungsaufwand erfordern. Überlegungen aus jüngerer Zeit gehen dahin, höheren Aufwand für das Herstellen und Sichern der Strecken in Kauf zu nehmen, im Gegenzuge aber wesentlich geringeren Unterhaltungsaufwand betreiben zu müssen, als das bei den üblichen Ausbaufahren erforderlich ist. Dies scheint durch vermehrte Anwendung von Spritzmörtel unter Tage möglich zu sein.

Die Verwendung von Spritzmörtel und von Bewehrungsmatten bedeuten zusätzliche Arbeitsvorgänge, die die Vortriebsgeschwindigkeit nachteilig beeinflussen. Mit Hilfe von stahlfaserarmierten Spezialbaustoffen erscheint es möglich, den dafür erforderlichen Arbeitsaufwand zu minimieren. Erste Versuche mit hochfesten Densitbaustoffen lassen zudem erwarten, daß verhältnismäßig dünne Spritzlagen einen hohen Ausbauwiderstand und ein hohes Arbeitsvermögen entwickeln. Der sich dabei ergebende geringere Materialumschlag hätte für den Bergbau zusätzliche Vorteile.

*It is usual practice to support the rock mass in coal mines at great depths by means of steel arches together with liner plates and rock backfill. Substituting the rock by hydraulic cementing materials has resulted in a substantial strengthening of the support.*

*For the execution of long-lasting, large underground openings at depths from 1,000 to 1,500 m, rock support by means of anchors and shotcrete based on the New Austrian Tunneling Method has proved successful on many occasions.*

*For the construction of long-lasting, deep rock drifts, a two-stage support consisting of anchors and shotcrete on the one hand and subsequently placed backfill material on the other hand is being used increasingly. This complex system acts as a strong support also with regard to dynamic stresses and strains resulting from mining operations. Pneumatically placed mortar is being widely used as a consolidation material in coal mines. By applying rapid-setting materials on the exposed rock mass, there is less danger of rock fall. The effectiveness of this measure has been proved, on the condition that the permanent lining acts as a sufficient support in due time and prevents uncontrolled breaking up of the rock mass. The deeper mining operations progress, the greater the need for roadways with massive support. It has been realized recently that it is worth spending more on the execution and support of the roadways than traditional support measures would require, which on the other hand will result in substantially lower maintenance costs. This seems to be possible by extending the application of shotcrete for underground work.*

*The application of shotcrete and steel wire reinforcement means additional operations, which has a negative effect on the driving speed. By using steel fibre reinforced special materials, it seems to be possible to minimize the required activities. Moreover, first tests with high-strength "dense materials" point to the fact that relatively thin shotcrete layers develop great structural strength and high fracture energy. The smaller quantities of material to be handled would be an additional advantage.*

In einer vor 30 Jahren verfaßten Broschüre meines Unternehmens mit dem Titel **"Spritzbeton als neues Ausbauelement im Untertagebau"** wird u. a. festgestellt:

"Nach den bisher gemachten Erfahrungen kann das Anwendungsgebiet des Spritzbetons im Bergbau in folgende Punkte zusammengefaßt werden:

- Als provisorische Sicherung des unmittelbaren Arbeitsbereiches vor Ort (**Bild 1**).
- Als Ausbau in tragender Funktion in Strecken und Kammern mit Tunnelcharakter
  - a) als reiner Spritzbetonausbau
  - b) als kombinierter Ausbau mit Baustahlgewebe, Gebirgsankern oder Stahlbögen.
- Als wirtschaftliches Mittel zum Durchfahren und Durchteufen gestörter Gebirgsschichten und zum Aufwältigen von Brüchen."



**Bild 1:** *Provisorische Sicherung des unmittelbaren Arbeitsbereiches*

Diese auszugsweise wiedergegebene Beurteilung des Spritzbetons gilt heute wie damals, wenngleich sich der Stand der Technik zwischenzeitlich wesentlich verbessert hat.

Der Verbrauch an hydraulisch abbindenden Baustoffen im Bergbau ist in dieser Zeit von nahezu null auf knapp 1,9 Mio. Tonnen im Jahr 1989 angestiegen, doch nur ein marginaler Teil davon wird in Form von Spritzbeton zur Gebirgssicherung im Streckenvortrieb verwendet. Die größte Baustoffmenge wird zur Herstellung von Dämmen im Strebrandbereich benötigt. In den vergangenen ca. 15 Jahren nahm auch der Bedarf an Baustoff zur Hinterfüllung des Unterstützungsausbaus stetig zu, da man verbreitet die Erfahrung gesammelt hatte, daß dadurch die Konvergenzerscheinungen deutlich vermindert werden konnten. Man spricht in der Literatur von einer Konvergenzverminderung von 25 % bis 30 % bei Vollhinterfüllung gegenüber Handsteinverzug.

Heute geht man davon aus, daß die Baustoffhinterfüllung des Gleitbogenausbaus zu einem früheren Zeitpunkt die Eigentragsfähigkeit des Gebirges aktiviert, als dies bei der Handsteinhinterfüllung der Fall ist. Modellversuche bei der Bergbau-Forschung GmbH in Essen und die dabei ermittelten Stützkraftkennlinien hinterfüllter Gleitbögen haben dies verdeutlicht (**Bild 2**).

Bei hohen Überlagerungsdrücken, wie sie im Bergbau in Teufenlagen zwischen 1.200 m und 1.500 m auftreten, reicht diese Vorgehensweise aber nicht mehr aus, um Strecken über längere Zeit ohne nennenswerte Querschnittsverengung offenzuhalten. Dies ist die Teufenlage, in der gegenwärtig neue Lagerstättenteile aus- und vorge richtet werden.

Die Idee des kraftschlüssigen Ausbaus, wie sie von der NÖT bekannt ist und nach der die Eigentragsfähigkeit des Gebirges zu einem möglichst frü-

hen Zeitpunkt nach Freilegen des bergmännischen Hohlräume anzustreben ist, hat für die Lösung der Aufgabenstellung auch im Steinkohlenbergbau zahlreiche Anhänger gefunden. Nur wenn es gelingt, die Gebirgsauflockerung am Übergang zum Hohlraum so gering als möglich zu halten, ist damit zu rechnen, daß das Gebirge selbst einen Tragring entwickelt, der imstande ist, dem Gebirgsdruck standzuhalten.

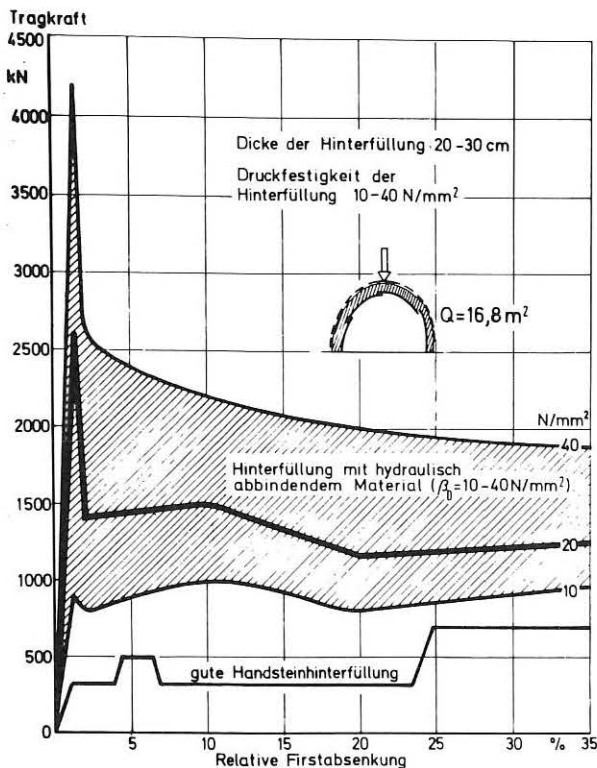


Bild 2: Arbeitskennlinienbereich von hinterfüllten Gleitböden ( $16,8 \text{ m}^2$ ;  $36 \text{ kg/m}$ ; Anfangseinschubwiderstand  $150 \text{ kN}$ )

Die Spritzbetonanwendung in Verbindung mit Anker Ausbau und Mattenarmierung hat sich insbesondere bei der Herstellung von Schachtlocken und Füllörtern bewährt. Dies sind tief liegende Großräume an Tagesschächten.

Daß der Bergbau auf Verfahren aus dem Ingenieurbau zurückgegriffen hat, erklärt sich nicht nur damit, daß es Vorstücke im Tiefbau gibt, daß es sich um langlebige untertägige Hohlräume handelt und daß sie während ihrer Lebensdauer kaum zusätzlichen dynamischen Belastungen aus dem Kohlenabbau ausgesetzt sind, sondern auch damit, daß hier wegen des meist direkten Zugangs von der Tagesoberfläche besonders günstige Versorgungsmöglichkeiten gegeben sind.

Diese Feststellungen enthalten wesentliche Fak-

ten, die aufzeigen, weshalb die Verbreitung von Spritzbeton als Ausbauelement im Steinkohlenbergbau nicht in großem Umfang zugenommen hat.

Im Streckenvortrieb wird Spritzbeton, wie schon vor 30 Jahren erkannt, als Konsolidierungsbaustoff und als endgültiges Ausbauelement verwendet.

Spritzbeton als Konsolidierungsmaterial bietet sich überall dort an, wo bereits entfestigtes Gebirge an weiterer Auflockerung gehindert oder vor Zutritt von Wasser und Atmosphärien geschützt werden soll. Dies ist überwiegend der Fall bei Störungsdurchörterungen und zum Schutz der Ortsbelegschaft in Sprengvortrieben gegen Steinfall.

Die Bergbehörde schreibt hierfür "soforttragende" Baustoffe vor, die 1 Std. nach dem Einbringen eine Druckfestigkeit von mindestens  $5 \text{ N/mm}^2$  und nach 5 Std. eine Druckfestigkeit von  $10 \text{ N/mm}^2$  aufweisen müssen. Unserer Meinung nach ausreichend wären aber auch frühtragende Baustoffe, die 5 Std. nach dem Einbringen eine Druckfestigkeit von mehr als  $5 \text{ N/mm}^2$  erreichen (Bild 3).

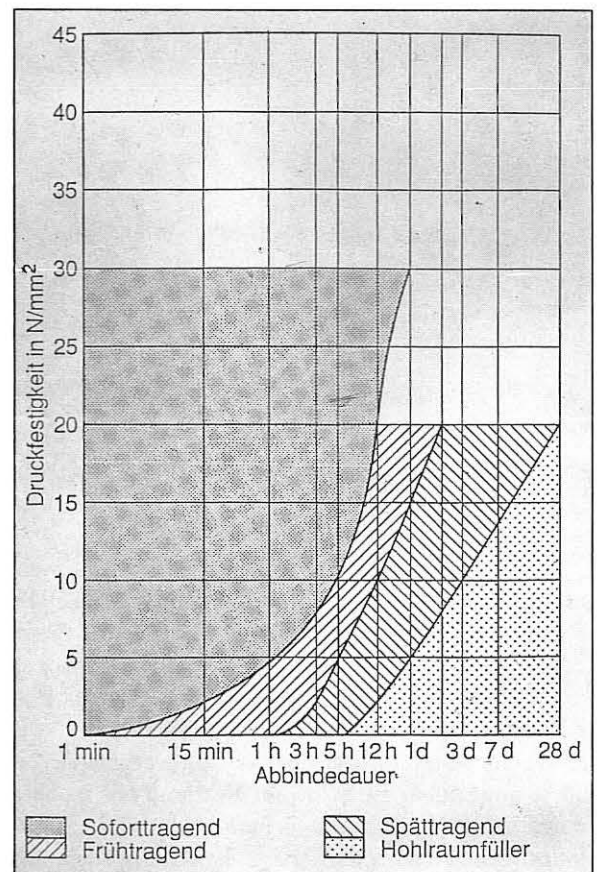


Bild 3: Sofort- und spättragende Baustoffe

Konsolidierungsbaustoffe werden gegenwärtig fast ausschließlich im Trockenspritzverfahren mit

Rotorspritzmaschinen verarbeitet. Die Anlieferung der Konsolidierungs-Fertigmörtel zum Verbrauchsort erfolgt meist in Säcken oder Containern, zumal nur verhältnismäßig geringe Baustoffmengen je m<sup>2</sup> Oberfläche nötig sind.

Die Vorteile des Konsolidierens in Sprengvortrieben zum Schutz gegen Steinfall sind grundsätzlich anerkannt. Die zuverlässige Wirksamkeit ist aber nur gewährleistet, wenn der endgültige Ausbau vor Ort eine exzellente Qualität besitzt. Da dies nicht immer der Fall war, geriet die Konsolidierung etwas in Verruf. Praxisfremde behördliche Auflagen und hohe Baustoffpreise haben desweiteren dazu beigetragen, daß das Konsolidieren im Streckenvortrieb sich nicht in größerem Umfang durchsetzen konnte.

Spritzbeton als endgültiges Ausbauelement bei der Herstellung von langlebigen Großräumen, aber auch bei der Auffahrung von Gesteinsstrecken hat sich dagegen im Steinkohlenbergbau vielfach bewährt. Spritzbeton verwendet man nahezu ausschließlich im Verbund mit Ankern und mit Armierungsmatten (Bild 4).

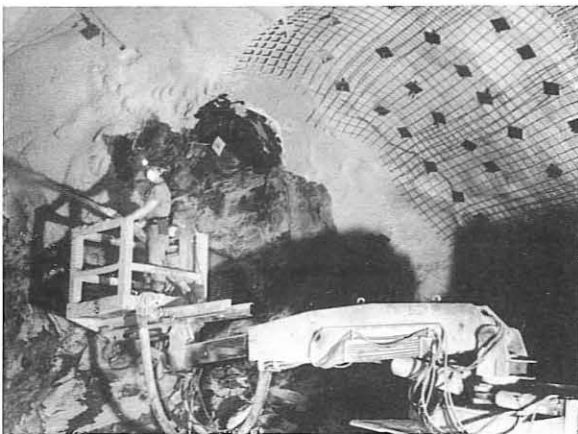


Bild 4: Spritzbetonauftrag als endgültiges Ausbauelement

Kurzlebige Abbaustrecken sehen wir bislang nicht als einen Fall für Spritzbetonausbau an. Die durch die Bergbau-Forschung GmbH in Essen durchgeführten Untersuchungen und Messungen unter Tage haben ergeben, daß quasi starrer Ankerausbau in Abhängigkeit einiger Parameter, wie z. B. der Gesteinsart, nur bei Konvergenzen bis 20 % anwendbar ist. Auch im Verbund mit Ankern eingebauter Spritzbeton bringt nach unseren Erfahrungen keine erkennbare Erhöhung des Arbeitsvermögens des Ausbaus, weil die Konvergenzen in Abbaustrecken weitaus größer sind. Daher wird der auf einigen Bergwerken eingeführte Ankerausbau in Flözstrecken ohne Spritzbetonschicht nur mit einer starken Verzugsmatte

versehen.

Rund 40 % der Abbaustrecken werden im übrigen maschinell mit Teilschnittmaschinen hergestellt. Die Vortriebsgeschwindigkeit beträgt 8 - 10 m/d. Ein zusätzlicher Spritzbetonausbau wäre, vor Ort eingebracht, leistungshemmend.

Die Anwendung von Spritzbeton in Verbindung mit z. B. nachgiebigen Ankerarten könnte, entsprechende technische Entwicklung vorausgesetzt, auch für Abbaustrecken Vorteile bringen:

- Günstigeres Verhältnis zwischen Ausbruch und lichtem Querschnitt
- Einfache Nachbesserung bzw. Verstärkung des Ausbaus
- so daß eine Mehrfachnutzung der Strecke ohne wesentliche Querschnittsverengung denkbar wäre.

Wie bisher festgestellt, kommen demnach für die Anwendung von Spritzbetonausbau in der Praxis hauptsächlich nur Gesteinsstrecken in Frage. Jährlich werden ca. 70 km im Steinkohlenbergbau aufgefahren. Ca. 10 % bis 15 % davon werden mechanisch mit Vollschnittmaschinen gebohrt. Hier kommt Spritzbeton als Streckenausbau verfahrensbedingt gegenwärtig nicht in Betracht. Der Spritzbetonverbundausbau eignet sich vorrangig für Gesteinsstrecken, die mit Bohr- und Sprengarbeit hergestellt sind.

Wirkungsweise und Handhabung des Spritzbeton-Verbundausbaus in Sprengvortrieben werden anhand von Beispielen aus dem untertägigen Großraumbau deutlich. Seit 1970 sind etwa 20 Schachtglocken, 10 Großräume und ca. 4 km Füllörter und Gesteinsstrecken mit Anker-Spritzbeton-Verbundausbau aufgefahren worden. Die Entwicklung hat einen ersten Höhepunkt beim Bau des Anschlußbergwerkes Haltern gefunden. Dort wurden 3 Schachtglocken und Füllörter mit einer Länge von zusammen rd. 900 m ausschließlich mit Ankern, Spritzbeton und Baustahlmatten ausgebaut. Die Ausbruchquerschnitte betragen 28 m<sup>2</sup> bis 150 m<sup>2</sup>. Die Grubenräume befinden sich in Teufen zwischen 870 m und 1.100 m, die größten Querschnitte liegen auf dem tiefsten Niveau.

Nach dem Freisprengen des Hohlraums erfolgte zunächst eine erste Gebirgssicherung mit Spritzbeton in einer Stärke von 10 - 20 cm. Es wurde frühtragender Spritzbeton verwendet. Die relativ dicke Konsolidierungsschicht ist u. a. auf den nötigen Ausgleich der unregelmäßig ausgebildeten Gebirgsoberfläche zurückzuführen. Durch die Mörtelschicht wurden die Anker gebohrt und gesetzt.



Als Ankerplatten wurden ebene Platten verwendet, die mit einer Mutter mit Halbkugelschale gegen die Spritzbetonschicht verspannt wurden. Mit den Ankerplatten oder mit Hilfe zusätzlicher Halteelemente wurden eine bzw. zwei Lagen Baustahlmatten befestigt. Sie dienen als Armierung für den Spritzbeton. Hier erwies sich die flexible Bemessung der Spritzbetonstärke bzw. die kurzfristige Nachbesserungsmöglichkeit in Abhängigkeit von den angetroffenen Gebirgsbedingungen und den beobachteten Konvergenzerscheinungen als besonderer Vorteil des kraftschlüssigen Anker-Spritzbeton-Verbundausbaus.

Bei der späteren Herstellung des Füllortes auf dem Bergwerk Ibbenbüren in 1.440 m Teufe zeigte sich die Überlegenheit dieses Ausbaues in ein-drucksvoller Weise.

Bei einem kreisförmigen Ausbruchsquerschnitt von ca. 120 m<sup>2</sup> und unter Einbeziehung schweren Ausbaus mit Ankern von 6 - 8 m Länge ist es gelungen, die Auffahrkonvergenz auf 3 % zu begrenzen. Für alternativ überlegten Unterstützungsaus-bau mit Baustoffhinterfüllung wurde eine Auffahrkonvergenz von mindestens 40 % berechnet. Die Kriechkonvergenz konnte auf nahezu null gesenkt werden. Vor Anlaufen des ersten Abbaus wurde eine zweite Ausbauschale aus nachgiebigen Be-tontübbingen eingebaut.

Seitdem wird für die Auffahrung langlebiger Ge-steinstrecken zweischaliger Ausbau häufiger in Erwägung gezogen.

Es handelt sich hierbei um ein flexibles, kraft-schlüssiges Ausbausystem, bestehend aus Anker-Spritzbeton, der vor Ort eingebaut wird und um zu-sätzlichen Gleitbogenausbau mit Baustoff-hinterfüllung.

Der Gleitbogenausbau kann zeitlich verzögert in größerem Abstand nachgeführt werden. Die Aus-baustützkraft kann geologischen Bedingungen und späteren Belastungen entsprechend dimensioniert, bzw. im Falle unerwarteter Gegebenheiten nahezu beliebig angepaßt werden. Gegenwärtig erfolgt dies hauptsächlich durch Variation von Ankersetzdichte und Ankerlänge sowie des Abstandes der 2. Aus-bauschale von vor Ort. Zukünftig wäre auch ein Anpassen der Spritzbetonstärke als zusätzliche Va-riationsmöglichkeit vorstellbar.

Nach den bisherigen Erkenntnissen ist zu er-warten, daß trotz hoher Herstellungskosten der zweischalige, kraftschlüssige Streckenausbau wirt-schaftlich erhebliche Vorteile bieten kann. Dies ist im Einzelfall zu untersuchen und objektiv unter

Berücksichtigung von Lebensdauer, Zweck und Unterhaltungsaufwand der Strecke zu kalkulieren.

Ob auch ein einschaliger, kraftschlüssiger Spritz-betonverbundausbau ausreichender Stützkraft für tiefliegende Gesteinstrecken gefunden werden kann, bedarf noch praktischer Nachweise und der Überwindung psychologischer Schwellen. Im Er-folgsfall ergäben sich für den Steinkohlenbergbau erhebliche, vor allem wirtschaftliche Vorteile. Spritzbeton als Ausbauelement im Steinkohlen-bergbau würde dadurch wesentliche neue Impulse und eine entsprechende Verbreitung erfahren.

Dennoch ist es unerlässlich, auf die enormen Probleme hinzuweisen, die der Steinkohlenbergbau zu lösen hat, um Spritzbeton als Ausbauelement am Verbrauchsort einsetzen zu können:

Leistungsfähige, moderne Steinkohlenbergwerke fördern aus einem Grubenfeld von bis zu 100 km<sup>2</sup> und mehr mit einem Streckennetz von bis zu 150 km um rd. 25.000 to/d Kohlen und Berge. Die Kohlenförderung erfolgt aus den Gewinnungsbe-trieben zu Tage überwiegend vollautomatisch über Förderbandstraßen und Skipförderanlagen. Für die Versorgung aller Betriebspunkte in Aus-, Vor-, Herrichtung, Abbau und in Raubbetrieben stehen schienengebundene Flurfördereinrichtungen und Leitungen zur Verfügung. Da Baustoffe von den zahlreichen Verbrauchern in einem Bergwerk je-derzeit abrufbar sein müssen, kommen für den Transport dieser Massengüter nur Rohrleitungs-fördernetze in Frage, in denen die Baustoffe pneumatisch, in Einzelfällen auch hydraulisch ge-fördert werden.

Mit Hilfe microprozessor-gesteuerter Fernver-sorgungssysteme hat der Bergbau in fortschrittli-cher Weise diese Aufgabenstellung gelöst (**Bild 5**).

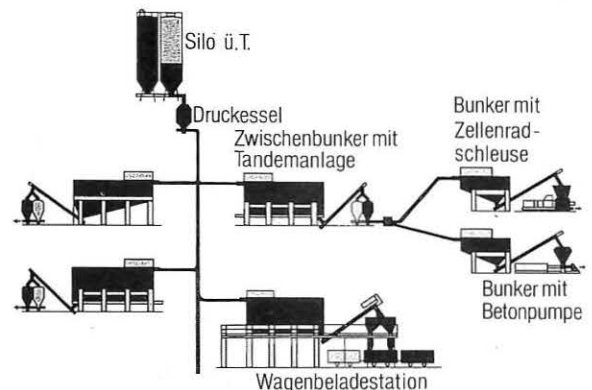


Bild 5: Zentrale pneumatische Versorgung mit Bau-stoffen

Nachteile der leitungsgebundenen Baustoffver-

sorgungssysteme sind

- die enormen Investitionskosten für Leitungen (ca. DM 200,-/m), für Blasmaschinen, die in der Lage sind, bis zu 2.000 m Entfernung zu fördern (ca. 1 Mio. DM je Einheit) und für Vororteinrichtungen, bestehend aus Bunker und Verarbeitungsmaschinen (ca. 0,5 Mio. DM je Einheit).
- die sehr hohen Betriebskosten für Druckluft und Leitungsverschleiß
- die Beschränkung, je Leitungsnetz nur eine Baustoffsorte fördern zu können
- und die kostensteigernde Notwendigkeit, feuergetrocknete Baustoffe verwenden zu müssen.

Dies hat zur Folge, daß die Baustoffwahl zumeist nach den Bedürfnissen der Hauptverbraucher, das sind die Strebbegleitdämme, gewählt werden. Für Spritzbetonausbau stehen daher meist weniger zweckmäßige Baustoffqualitäten zur Verfügung. Dies trifft besonders dann zu, wenn pulverförmiges Material benutzt wird.

Die Vermeidung von Staub bei der Verarbeitung feuergetrockneter Baustoffe ist ebenfalls ein noch nicht restlos gelöstes Problem.

Die nicht immer gewährleistete gleichmäßige Benetzung des Baustoffes und das noch nicht ausreichende Verständnis für Beton seitens der Belegschaft führen zu mangelhafter Spritzbetonqualität und überhöhtem Rückprall.

Die hohen Baustoffpreise schrecken zudem die Bergleute vor einer umfassenderen Verwendung von Spritzbeton als Ausbauelement ab.

Dennoch setzt sich allmählich die Ansicht durch, daß die Art des Streckenausbaus im Hinblick auf die Zwecke einer Strecke über ihre gesamte Lebensdauer nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert werden muß.

Wenn mittels aufwendigerem Streckenausbau die Konvergenzgeschwindigkeit nennenswert verzögert wird, bewirkt dies geringeren Unterhaltungsaufwand und eine höhere Verfügbarkeit der Strecke für ihre planmäßigen Aufgaben, so daß sich das wirtschaftliche Gesamtergebnis erheblich verbessern läßt.

Diese Möglichkeit wird sich der Bergmann zunutze machen, wenn ihm bessere Verfahren zur Verfügung gestellt werden.

Es ist daher unsere Aufgabe, praxisgerechte Verfahren zu entwickeln, die Kosten zu senken und die Einbauleistung bei verbesserter Spritzbeton-

qualität zu erhöhen.



Bild 6: Stationäre Spritzbetonanlage

Ansatzpunkte bieten sich auf folgenden Gebieten an:

- Baustofftechnologie:  
Durch Entwicklung neuer Baustoffrezepturen könnten Rückprall und Staubeentwicklung verringert werden. Das Naßspritzverfahren bietet gute Möglichkeiten, wenn es gelingt, Baustoffe mit frühtragenden Eigenschaften herzustellen und besonders wünschenswert wäre es, den Baustoff durch Zusatzmittel für das Konsolidieren tauglich zu machen.

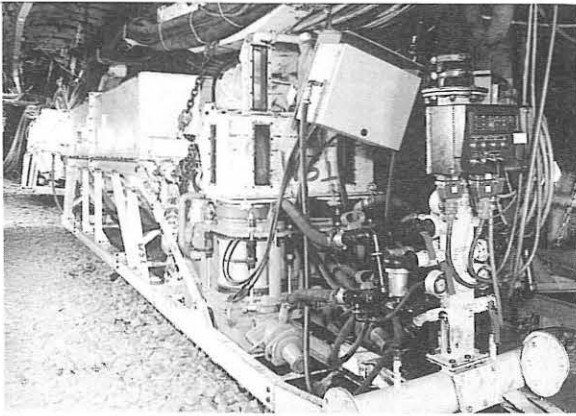
Völlig neue Möglichkeiten könnten auch hochfeste Baustoffe bieten, da dünne Spritzbetonschalen vergleichbare Gebirgsstützkräfte wie wesentlich stärkere Schichten aus üblichem Spritzbeton hätten.

- Verfahrenstechnik:  
Die Verwendung von Stahlfaserspritzbeton anstelle von Baustahlmatten würde eine Verringerung des Einbauaufwandes bewirken.

Mit Spritzmanipulatoren könnten bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung und Steigerung der Einbauleistung Arbeitskräfte für andere Aufgaben freigestellt werden.

- Maschinenteknik:  
Vergleicht man die stationäre maschinelle Ausstattung für das Spritzen von Beton unter Tage (Bild 6) in den frühen 60er Jahren mit den heutigen mobilen Einrichtungen (Bild 7), so springt der erzielte technische Fortschritt sofort ins Auge.

Bereits zur Verfügung stehen microprozessor-gesteuerte Fernbedienungseinrichtungen, mit denen alle Funktionen der Spritzanlage vom Düsenführer ausgelöst werden können.



*Bild 7: Mobile Einrichtung im heutigen Stand der Technik*

Für qualitativ hochwertigen Naßspritzbeton werden z. B. Mischer benötigt, die eine gleichbleibende Konsistenz gewährleisten, oder pulsationsarme Betonpumpen mit einem nahezu gleichförmigen Förderstrom.

Bei allen maschinentechnischen Einrichtungen sind die rauen Einsatzbedingungen im Bergbau zu berücksichtigen.

**- Infrastruktur und Organisation:**

Die Versorgung der Betriebe mit optimalen Baustoffsorten in den erforderlichen Mengen bei zeitlich unbeschränkter Verfügbarkeit muß sichergestellt werden, um den Ablauf der Vortriebsarbeiten nicht zu behindern und der Forderung nach einer kraftschlüssigen Gebirgssicherung zu dem frühest möglichen Zeitpunkt zu entsprechen.

Im Bergbau muß des weiteren auf breiter Basis dem Spritzbeton als Ausbauelement ein entsprechend hoher Stellenwert zugeordnet werden. Nur dann wird man der Baustoff- und der Verarbeitungsqualität besondere Sorgfalt schenken. Nur dann wird man bereit sein, die Ausbildung der Betonfacharbeiter und der Düsenführer, die derzeit noch ungenügend ist, auch im Bergbau auf einen Stand zu bringen, der dem der Tunnelbaufachleute entspricht.

Zusammengefaßt ist festzustellen, daß zunehmend Bedarf an kraftschlüssigem Ausbau für langlebige Strecken im tiefliegenden deutschen Steinkohlenbergbau besteht. Dafür ist Spritzbeton unumgänglich nötig. Die gegenwärtig vorhandenen Infrastrukturgegebenheiten sind noch nicht auf die Bedürfnisse der Gebirgssicherung in Streckenvortrieben ausgerichtet, ebenso ist das Verständnis für Spritzbeton als Ausbauelement im Bergbau noch nicht im erforderlichen Umfang gegeben.

In meinem Unternehmen haben wir uns sehr intensiv mit Spritzbeton im Sprengvortrieb befaßt. Auch mit der Baustofftechnologie haben wir uns auseinandergesetzt. Dabei sind wir auf einen Weg gestoßen, der zielführend sein könnte. In Densit, einem Baustoff mit 28-d-Druckfestigkeiten, die in Abhängigkeit von der Rezeptur zwischen 100 und 200 N/mm<sup>2</sup> liegen, steht ein hochfestes Material zur Verfügung, das mühelos mit 4 - 6 Gew.-% Stahlfaserzusatz im Naßverfahren als Spritzbeton verarbeitet werden kann. Die hohe Festigkeit gestattet das Spritzen von dünnen Ausbauschalen, der Stahlfaserzusatz dient als Armierung und verleiht dem Ausgangsmaterial ein hohes Arbeitsvermögen. Durch Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger läßt sich die Abbindegeschwindigkeit steuern.

Anker können durch die endgültige Spritzmörtelschale gebohrt und gesetzt werden.

Dieses Verfahren führt hin zum einschaligen Streckenausbau, der hinsichtlich des Arbeitsaufwandes vorteilhafter als zweischaliger Ausbau ist.

Der Fortfall des Matteneinbaus und die geringeren erforderlichen Baustoffmengen je Flächeneinheit gestatten höhere Vortriebsgeschwindigkeiten.

Günstige Rückprallwerte, es wurden in Versuchen 5 % bis 10 % ermittelt, bewirken zusätzlich sparsamen Baustoffverbrauch. Somit werden die Versorgungssysteme wesentlich entlastet. Da bei gleichen lichten Querschnitten wegen des hochfesten, dünnwandigen Ausbaus die Ausbruchquerschnitte zurückgenommen werden können, für einen Schacht haben wir 15 % Minderausbruch ermittelt, ergeben sich eine Reihe von Kosteneinsparungen.

Mein Vorschlag, der so weit durch Versuche abgesichert ist, daß er jederzeit realisiert werden kann, soll als Anregung verstanden werden. Es sollte damit aufgezeigt werden, daß der Bergbau gezwungen ist, in Einzelheiten andere Wege zu gehen, als dies bei gut von der Tagesoberfläche aus erreichbaren Tunnelbauwerken der Fall ist, daß es aber aussichtsreiche Entwicklungsmöglichkeiten gibt, um auch im Bergbau mit kraftschlüssigem Spritzbetonverbundausbau insgesamt wirtschaftlicher als bisher Strecken auffahren und unterhalten zu können.

Ich bin sicher, daß wir in weiteren 30 Jahren weitere Fortschritte machen werden, ich bin aber auch sicher, daß dann Spritzbeton kein neues Ausbauelement für den Streckenvortrieb, sondern unverzichtbar im Steinkohlenbergbau sein wird.

## Literaturverzeichnis

- /1/ **Albers, Hans-Jürgen:**  
Konventioneller Ausbau und die Neue Österreichische Tunnelbauweise im Steinkohlenbergbau; Glückauf 121 (1985) Nr. 11.
- /2/ **Albers, Hans-Jürgen:**  
Gebirgsverhalten als Reaktion auf unterschiedliche Ausbaurverfahren beim Erstellen von Grubenräumen im Steinkohlenbergbau; Vortrag TWV Bochum, 1989.
- /3/ **Buschmann, Nanne:**  
Prüfung von Baustoffen aus Entsorgungsprodukten; Glückauf 123 (1987) Nr. 20.
- /4/ **Gailer, Gerhard:**  
Erfahrungen mit Anker Ausbau im Füllort; Verlag Glückauf 1988 "Anker Ausbau im Steinkohlenbergbau".
- /5/ **Gailer, Gerhard:**  
Entwicklung eines Vollschaftbohrverfahrens für tiefe Tagesschächte; Glückauf-Forschungshefte 50 (1989) Nr. 4.
- /6/ **Götze, Wilhelm; Schroer, Diethelm:**  
Stand und Probleme der Baustofftechnik; Die Führungskraft 54 (1987).
- /7/ **Haecker, Dietrich:**  
Auffahrung eines Füllortes in 1.440 m Teufe mit mehrschaligem Ausbau; Unser Betrieb, Werkszeitschrift der Deilmann-Haniel GmbH, Nr. 42 (1986), 45 und 47 (1987).
- /8/ **Haecker, Dietrich:**  
Füllortausbau in großer Teufe; Verlag Glückauf 1988 "Anker Ausbau im Steinkohlenbergbau".
- /9/ **Thierse, Dieter:**  
Die NÖT im Steinkohlenbergbau; Glückauf 123 (1987) Nr. 23.
- /10/ **Wessolowski, Ulrich:**  
Spritzbeton als neues Ausbauelement im Untertagebau. Informationsschrift der C. Deilmann Bergbau GmbH, Zweigniederlassung Dortmund-Kurl.
- /11/ **Zischinsky, Ulf:**  
Bemessung und Erfahrungen mit Ankerspritzbeton-Ausbau; Verlag Glückauf 1988 "Anker Ausbau im Steinkohlenbergbau".