



Anwendung moderner Spritzbetontechnologie im Schachtbau

„Spritzbeton ist das Zusammenspiel von Mensch, Maschine und dem Baustoff Beton“

Primsmulde: Baustoffsilos mit Sendeeinrichtung

Eine im Berg- und Tunnelbau bekannte Tatsache ist, dass jedes Bauwerk eine Einzigartigkeit aufweist. Einzigartig ist, dass eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender, projektbezogener Parameter zu einer funktionalen, bauwerksbezogenen Komplexität führen, die von allen Projektbeteiligten, jedoch insbesondere von den Unternehmen und Zulieferern, höchste Anpassungsfähigkeit und Flexibilität verlangt.

Ein Bereich mit besonderer Herausforderung im Zusammenspiel von Unternehmer und Zulieferer ist die Bau- und Felsicherungstechnik unter Anwendung der Spritzbetontechnologie. Spritzbeton kommt als Baustoff zur Sicherung von Bauteilen in kürzester Zeit und zum flexiblen Ausbau von Bauwerken zum Einsatz. Das Zusammenspiel von Mensch, Maschine und Baustoff und die Qualität dieser Komponenten bestimmen letztendlich den Erfolg der Spritzbetonapplikation. Die Vorzüge des Spritzbetons hat sich in den vorangegangenen zwei bis drei Jahrzehnten auch der Schachtbau zu Nutze gemacht.

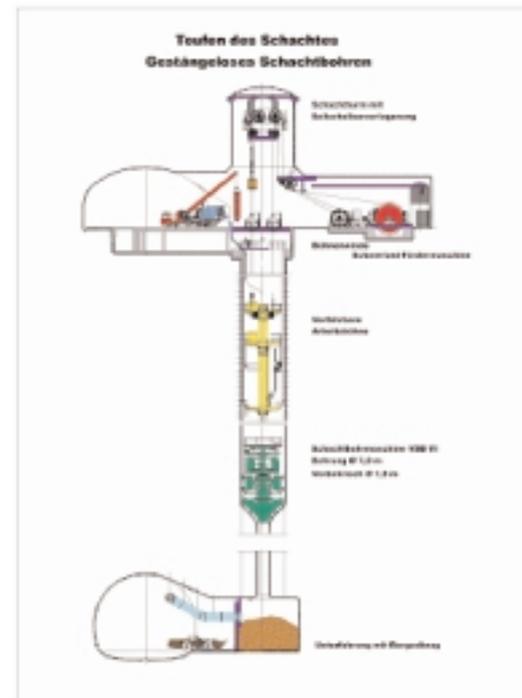
■ DER SCHACHTBAU-EXPERTE ALS BINDEGLIED ZWISCHEN MASCHINENBAUER UND BAUSTOFFTECHNOLOGE

Der Slogan: „Spritzbeton ist das Zusammenspiel von Mensch, Maschine und dem Baustoff Beton“ weist auf ein substanzielles Merkmal hin: Nicht alle können alles oder bergmännisch: Der Bergbau ist nicht eines Mannes Sache! Die erfolgreiche Umsetzung eines Konzeptes kann bekanntlich nur im Team erfolgen. Der Schachtbauer mit seiner Fachkompetenz ist sowohl auf dem Maschinensektor als auch auf dem Gebiet der Baustofftechnologie kein Experte, er führt aber zur Realisierung seines Bauwerkes als Bindeglied die Experten zusammen und schließt als wichtigsten Experten den Bauherrn mit ein, der sein Bergwerk kennt und der die Produktanforderungen definiert.

Die Aufgabe des Schachtbauers ist in dem Zusammenspiel von Unternehmer und Zulieferer darin zu verstehen, aus den Einzelstücken ein in sich schlüssiges Gesamtkonzept zu erstellen und zur Zufriedenheit des Kunden in ein qualitativ hochwertiges Endprodukt, wie z.B. in Form eines Schachtes oder Bunkers, umzusetzen. Die folgenden Ausführungsbeispiele verdeutlichen die Entwicklung der Spritzbetontechnologie im Schacht- und Bunkerbau und zeigen das hohe Innovationspotential dieser Bau- und Felsicherungsmethode auf.

■ ZWEI SPRITZBETON-METHODEN: TROCKEN- UND NASSSPRITZEN

Für das Aufbringen von Spritzbeton sind zwei Methoden üblich: das traditionelle Trockenspritzen und das zunehmend auch im Schachtbau zur Anwendung kommende Nassspritzen. Beim Trockenspritzverfahren wird das für die Hydratation benötigte Zugabewasser



Sedrun: Verstärken des Betons vom Mischwagen zur Bühne

an der Düse zugegeben, während beim Nassspritzverfahren die Mischungen bereits beim Anmischen das benötigte Zugabewasser erhalten.

Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile und können bezüglich des Spritzvorganges entweder von Hand oder maschinell mittels Manipulator durchgeführt werden. Die Wahl der am besten geeigneten Methode erfolgt unter den Gesichtspunkten Bauwerksanforderung, Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit.

Vorteile Trockenspritzverfahren

- bei Trocknung auf < 3 % Restfeuchte nahezu unbegrenzt lagerfähig
- hohe Frühfestigkeit
- Gute Vorabdichtung bei Wasseranfall (hohe Frühhaftzugfähigkeit)
- hohe Flexibilität
- einfache Handhabung bei geringen zu verarbeitenden Einzelchargen und Gesamtmengen

Vorteile Nassspritzverfahren

- Hohe Leistungsfähigkeit (bis zu 25 m³/h)
- gleichmäßige Betonqualität
- hohe Dauerhafteigenschaften
- gute Mechanisierbarkeit
- für große zu verarbeitende Mengen
- geringe Staubentwicklung
- geringer Rückprall (< 10 %)
- geringer Druckluftverbrauch
- Verschleißverminderung

■ SCHACHT HÜNXE: ANWENDUNG VON TROCKENSPRITZBETON IM SCHACHTBAU

Bereits in den 80er Jahren wurde beim Teufen des 1.370 m tiefen Tagesschachtes Hünxe der Deutschen Steinkohle AG Spritzbeton als vorläufige Sicherung in Verbindung mit Anker und Baustahlgitterbewehrung eingesetzt. Mit einem als Bodenentleerer gestalteten Kübel mit angebauter Trockenspritzmaschine wurde der auf der Baustelle angemischte Trockenspritzbeton zur Sohle gefördert und von Hand eingebracht.

■ SCHACHT GÖTTELBORN: PNEUMATISCHE TROCKENSPRITZBETON- FÖRDERUNG ÜBER 1.000 m TEUFE

Das Füllort 6. Sohle Schacht Göttelborn 4 wurde in Anker-Spritzbetonbauweise ausgeführt. Der schachtnahe Anfangsquerschnitt des zweiflügeligen Füllortes betrug ca. 220 m³ und verjüngte sich nach ca. 35 bis 40 m auf ca. 27 m³. Der Trockenspritzbeton wurde in diesem Projekt erstmalig über eine ca. 1.000 m lange Fallleitung (Ø 65 mm) pneumatisch nach unter Tage transportiert und dort unmittelbar über eine Spritzdüse aufgetragen. Zum Einsatz kam eine Schürenberg-Betonspritzmaschine mit einer Leistung von durchschnittlich ca. 8 m³/h.

■ WESTERN DEEP LEVELS: EINSATZ VON STAHL- FASER-NASSSPRITZ- BETON

In den Jahren 1995 bis 1997 haben die beiden Partnerfirmen RUC, Südafrika und Thyssen Schachtbau GmbH den Blindschacht Western Deep Levels in Süd-



Primsmulde: Baustoffbunker mit Filter und Abzugsschnecke



Primsmulde: Auftragen des Spritzbetons auf den vorläufigen Ausbau

afrika für die Anglo American Corp. aus einer Teufe von ca. 2.285 m um ca. 750 m mit einer Schachtbohrmaschine tiefer geteuft.

10 Jahre nach dem Schacht Hünxe war die Spritzbetontechnik bereits wesentlich weiter entwickelt. Im standfesten Gebirge und auf einem gebohrten Gebirgsstoß, versehen mit einer vorläufigen Sicherung aus einer Systemankerung mit Baustahlverzug, wurde erstmalig im Schachtbau ein Stahlfaser-Mikrosilika-Nassspritzbeton als endgültige, statisch tragende Schachtauskleidung mittels eines Spritzmanipulators maschinell eingebracht.

In einer Untersuchung des Bereiches „Rock Mechanics Department“ der Anglo American Corp. wurde der Stahlfaser-spritzbeton-Variante im Vergleich zu dem konventionellen, ca. 30 cm starken Schalungsbeton aus gebirgsmechanischen und ökonomischen Gründen der Vorzug gegeben. Die Stahlfaserspritzbetonschale, die in Abhängigkeit zur

Geologie eine Stärke von min. 50 mm oder 100 mm aufweisen musste, wurde mit einer Mindestfestigkeit von 50 MPa eingebracht.

Zuschlagstoffe und Zement wurden separat in Big-Bags angeliefert, am Schachtkopf in einem Zwangsmischer zu Nassspritzbeton angemischt, über Rohrleitung auf die Schachtarbeitsbühne verstrützt und nach Durchlaufen eines Rührwerkes mittels einer Doppelkolbenpumpe vom Typ MBT Suprema der Spritzdüse zugeführt, an der auch der Erstarrungsbeschleuniger beigemischt wurde. Diese Ausbaumethode zeichnete sich durch hohe Leistungsfähigkeit und gleichmäßige Betonqualität aus.

■ SCHACHT PRIMSMULDE: HOCHLEISTUNGS-SPRITZBETON-EINRICHTUNG

Für das Abteufen des ca. 1.260 m tiefen Bohrschachtes „Primsmulde“ des Bergwerkes Saar der DSK, der einen Durchmesser von ca. 8 m aufzuweisen hatte, wurde aufbauend auf den Erfahrungen des Schachtes Western Deep Levels ein leistungsfähiges, hoch mechanisiertes Teufkonzept entwickelt, das von der Ausbrucherstellung bis zum Auskleiden Spitzenleistungen von ca. 15 m fertigen Schachtes pro Tag ermöglichte.

Auf den gebohrten Schachtstoß wurde eine vorläufige Sicherung mit Anker und Baustahlgitterverzug eingebracht. Der endgültige Ausbau bestand aus einer 20 cm Spritzbetonschale mit einer weiteren Lage Baustahlgitter.

Das Baustoffkonzept war auf hohe Schachtbohrleistungen abgestimmt. Der



Sedrun:
Montage der Betoneinrichtung
auf der Arbeitsbühne



ofentrockene Spritzbeton wurde mittels Silofahrzeugen angeliefert. Am Schachtkopf wurde der Trockenbaustoff in stationären Silos zwischengelagert und über Druckkessel und Schachtröhrlleitung in einen Vorratsbunker mit Filter geblasen, der auf der Schachtarbeitsbühne positioniert war. Der Trockenbaustoff wurde mittels Förderschnecke aus dem Vorratsbunker abgezogen, mit Wasser angemischt und mittels Doppelkolbenpumpe als Nassspritzbeton zur Spritzdüse am Spritzmanipulator gepumpt. Der Manipulator war über eine Rundlaufeinrichtung am Schachtumfang verfahrbar. Bis zu täglich ca. 100 m³ Spritzbeton konnten auf diese Weise verarbeitet werden. Das Nassspritzen hat sich abermals durch seine Leistungsfähigkeit bei hohen Festbeton- und Dauerhafteigenschaften ausgezeichnet.

■ SCHACHT SEDRUN II: STAHLFASERSPRITZ- BETON BEI SCHWIERIGER GEOLOGIE UND HYDROLOGIE

Das Abteufen des Schacht II in Sedrun mit einem Durchmesser von ca. 7 m



Sedrun:
Brandschutz-
spritzbeton:
exakt 7,5 cm (B 6)

Drainagearbeiten im
Schacht Sedrun

erfolgte durch Anwendung der gestängellosen Schachtbohrtechnik auf Vorbohrloch. Der stahlfaserverstärkte Spritzbeton (22 cm) zur Felssicherung und der aufgrund sicherheitstechnischer Gesichtspunkte geforderte Brandschutzspritzbeton (7,5 cm) wurden mit einem Spritzmanipulator vom Typ MBT Meyco Robojet eingebaut, und zwar als Nassspritzbeton. Die Schachtauskleidung soll im Brandfall 4 Stunden Branddauer bei Temperaturen bis 880 °C am Schachtfuß ohne Abplatzungen standhalten. Eingebaut wurde der Brandschutz-Spritzbeton „Sika S“.

Als Zuschlagstoff kam Tunnelausbruchmaterial zum Einsatz. Das Stahlfasernassspritzbetongemisch wurde auf Anforderung der Teufmannschaft vom Auftraggeber hergestellt und mittels Fahr-mischer zum Schachtkopf transportiert. Über eine Schachtröhrlleitung wurde der Spritzbeton in einen auf der Schachtbühne angeordneten Ausgleichsbehälter verstürzt. Nach dem Nachmischen wurde der Spritzbeton mittels Betonpumpe vom Typ Meyco Suprema zur Düse am Spritzmanipulator gepumpt. Starker Wasserzufluss im oberen Schachtbereich zwang die Teufmannschaft umfangreiche Drainagemaßnahmen durchzuführen. Das Gebirgswasser

konnte an den Zutrittsstellen mit Noppenmatten gefasst, über Schläuche durch den Spritzbeton in sog. Trüfelrinnen gesammelt und von dort mittels Drainageleitung zum Schachtkopf gepumpt werden.

■ BUNKER 10, 11 UND 12, BW SAAR: AUSKLEIDUNG VON KOHLENBUNKERN IN SPRITZBETONBAUWEISE

Auf dem Bergwerk Saar wurden in den Jahren 2004 bis 2005 3 Rohkohlebunker mit Spritzbeton ausgekleidet. Alle Bunker erhalten eine 25 cm dicke, in zwei Lagen aufgebrachte und jeweils mit

Baustahlmatten bewehrte Spritzbetonschale.

Die Rohkohlebunker unterscheiden sich in Teufe, Durchmesser und Ausbruchstechnik. Beim Bunker 12, Durchmesser leicht 7 m, wurde ausnahmsweise und aufgrund der geringen Teufe von ca. 14 m der Spritzbetonausbau während des Teufens mitgeführt. Die Anlieferung des Baustoffes erfolgte in ofengetrocknetem Zustand mittels Big Bags zum Bunkerkopf.

Der Bunker 10, mit einem Durchmesser von 9 m und einer Teufe von ca. 64 m, wurde zunächst konventionell in Bohr- und Sprengarbeit und einer vorläufigen Ausbausicherung, bestehend aus Ankern und Maschendraht abgeteuft. Im Anschluss daran erfolgte das Einbringen des Spritzbetons von einer verfahr-

baren Arbeitsbühne. Aus logistischen Zwängen musste der Spritzbeton in Big Bags in der Unterfahrung angeliefert werden. Mit einer Aliva 265 wurde der Trockenbaustoff aus der Unterfahrung bis zu 75 m hoch zur Einbaustelle gefördert und auf der Arbeitsbühne in üblicher Weise verarbeitet.

Der Rohkohlebunker 11 mit einem Durchmesser von 6,3 m und einer Teufe von 125 m wurde mit einer Schachtbohrmaschine vom Typ Wirth „SBVI“ auf Vorbohrloch geteuft. Auch beim Bunker 11 war die Anlieferung des Spritzbetons aus logistischen Gründen nur zur Unterfahrungsstrecke möglich. Am Bunker 11 kam jedoch eine Schürenberg-Spritzbetoneinrichtung zum Einsatz, die den Trockenbaustoff über eine Baustoffleitung vertikal bis zu 130 m aufwärts förderte, der dann von der Schachtarbeitsbühne aus eingebracht wurde.

Fernsteuerung für Spritzmanipulator



■ AUSBLICK

Im Schachtbau ist durch die Allianz mit den Kunden und Zulieferern die Spritzbetontechnologie eingeführt und innovativ weiterentwickelt worden. Spritzbetonmaschinen und Spritzbetonzusatzmittel stehen für höchste Anforderungen in der mechanisierten Spritzbetonverarbeitung zur Verfügung. Die Handhabung des Spritzbetons ist äußerst flexibel zu gestalten. Der Spritzbeton hat im Verlauf der letzten zwei bis drei Jahrzehnte die klassische Bauweise der Auskleidung und Instandsetzung von Füllorten, Großräumen und Schächten mittels Mauerwerk und Stahlringen verdrängt. Ohne Spritzbeton ist moderner Schachtbau undenkbar geworden!

Bleibt abzuwarten, in welchen Branchen (Bergbau, Tunnelbau, Bau von Wasserkraftwerken, etc.) und Regionen dieser Welt diese Technik in Zukunft ihre Anwendung finden wird.

*Dipl.-Ing. Franz Stangl,
Dipl.-Ing. Tim van Heyden*