2. Jahrgang / September 2011 / **Nr. 5**

bauaktuell

Baurecht – Baubetriebswirtschaft – Baumanagement

Herausgegeben von
Detlef Heck / Georg Karasek / Arnold Tautschnig

Schwerpunkt: Spezialtiefbau

Interview mit Thomas Bauer
Im Infrastrukturbereich wurde viel zu wenig gebaut

Manfred Schöpf/Peter Außerlechner
Gerätetechnik als Motor für Entwicklungen im Spezialtiefbau

Gert Stadler/Hartmut Kautz
Richtlinie Schmalwand: Stand des Wissens oder Stand der Technik?

Klaus Englert/Florian Englert
Baugrund- und Systemrisikoverwirklichung bei Spezialtiefbauarbeiten

Gerhard Beck/Walter Haus/Boris Engelhardt
Einheitliche Angebots- und Vertragsbedingungen im deutschen Spezialtiefbau

Peter Freitag/Alexander Zöhrer
Windkraftanlagen: Beiträge der Geotechnik zur nachhaltigen Energiegewinnung

Wolfgang Hussian
Aus der aktuellen Rechtsprechung

Das letzte Wort hat Rainer Kurbos

www.lindeverlag.at

Linde

Gerätetechnik als Motor für Entwicklungen im Spezialtiefbau

Manfred Schöpf / Peter Außerlechner

Aus der Vielfalt der Neuerungen werden im vorliegenden Beitrag die Einführung der Schlitzwandfrästechnik, Entwicklungen auf dem Sektor der Drehbohrgeräte einschließlich neuer Verfahrenstechniken sowie die Einführung der Elektronik zum Erfassen und Steuern von Prozessen und Gerätefunktionen als besonders markante Entwicklungen detaillierter beschrieben, welche die Welt des Spezialtiefbaus deutlich verändert und weitergeführt haben.[1]

1. Einleitung

Der Spezialtiefbau ist eine der innovativsten Sparten des Bauwesens. Maschinentechnische Weiterentwicklungen und bautechnische Neuerungen haben frühere Einsatzgrenzen aufgehoben, sodass wirtschaftliche und umweltverträgliche Lösungen für fast alle Bauaufgaben in der Geotechnik bewältigt werden können. Viele dieser bau- und gerätetechnischen Entwicklungen haben dazu beigetragen, die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz zu verbessern und gleichzeitig die Produktivität auf den Baustellen weiter zu erhöhen.[2]

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die permanente Weiterentwicklung im Spezialtiefbau liegt in der engen Verflechtung von fundierter Spezialtiefbauerfahrung und spezialisiertem Know-how im Maschinenbau mit dem Ziel, Kosten zu reduzieren und die Produktivität zu erhöhen. In immer stärkerem Umfang müssen dabei auch Fragen der Umweltverträglichkeit von Entwicklungen in den Entscheidungen berücksichtigt werden.

Aus dieser Denkweise sind aus dem interdisziplinären Zusammenspiel zwischen Maschinenbauern und den Bauschaffenden in den vergangenen drei Dekaden wegweisende Entwicklungen entstanden, die sich Zug um Zug als Standard in der Spezialtiefbauwelt etabliert haben.

„Innovationen weisen genau den richtigen Weg, damit Bauen Zukunft hat. Instrumente der Vergangenheit allein können keinen dauerhaften Markterfolg sichern. Langfristig haben bauwirtschaftliche Unternehmungen dann eine gute Perspektive, wenn sie Innovationen fördern.“ So beschrieb Staatssekretär *Großmann* in seiner Festrede zum Deutschen Baumaschinentag anlässlich der Eröffnung der BAUMA 2004 die Bedeutung von Innovationen im Bauwesen. Das Zitat bezog sich, dem Anlass entsprechend, hauptsächlich auf Entwicklungen in der Gerätetechnik. Es gilt aber genauso für alle Innovationen in der Verfahrenstechnik, für Entwicklungen neuer Berechnungsmethoden und für Fortschritte im Normenwesen.

2. Entwicklungsschwerpunkte

Der Rahmen dieses Beitrages würde gesprengt werden, wenn alle bedeutenden Entwicklungen der letzten 25 Jahre auf sämtlichen Gebieten des Spezialtiefbaus aufgezeigt werden. ZB werden in der Hochdruckinjektionstechnik durch die Entwicklung des Dreiphasensystems (Wasser, Luft, Zement) und durch die wissenschaftliche Erforschung optimierter Düsengeometrie Säulendurchmesser von 4 m möglich. Japanische Firmen haben sich auf diesem Gebiet – wie übrigens auch bei vielen anderen Neuerungen – als sehr innovativ erwiesen.

Die wachsende Bedeutung erneuerbarer Energieformen, wie Geothermie oder die Windenergie, hat auch auf dem Gebiet der Spezialtiefbaugeräte einen Innovationsschub ausgelöst. Dazu zählt die Entwicklung von Tiefbohranlagen für Geothermie-Bohrungen bis 2.000 m. Große „Windparks“ sollen immer häufiger im Offshore-Bereich vor den Küsten gebaut werden. Die Lasten der Windräder werden dabei häufig über massive Stahlrohre abgetragen. Der Einbau der Stahlrohre mit Längen bis zu 80 m, einem Durchmesser von 4 m und einem Gewicht von 400 bis 500 Tonnen ist nur möglich, weil schwere Hydraulikhämmer entwickelt wurden. Sie weisen Kolbengewichte bis zu 60 Tonnen und Schlagenergien bis zu 1.200 kNm auf.

Aus der Vielfalt der Neuerungen werden nachfolgend nur drei Beispiele als besonders markante Entwicklungen detaillierter beschrieben, die die Welt des Spezialtiefbaus deutlich verändert und weitergeführt haben:

- Einführung der Schlitzwandfrästechnik;
- Entwicklungen auf dem Sektor der Drehbohrgeräte einschließlich neuer Verfahrenstechniken;
- Einführung der Elektronik zum Erfassen und Steuern von Prozessen und Gerätefunktionen.

3. Schlitzwandfräsen

Die Idee von Schlitzwandfräsen gab es bereits seit Mitte 1960 in Japan. Sie hat aber über 20 Jahre lang, mit Ausnahme von Frankreich, Japan nicht verlassen. Die Revolutionierung des Schlitzwandbaues wurde wesentlich durch den Bau der ersten BAUER-Fräse im Jahre 1984 vorangetrieben und erlebte Mitte der 1980er-Jahre bei mehreren Baugruben an der Ringstraße in Wien sowie dem Tiefspeicher des Naturhistorischen Museums und am Donauwehr 2 – Lobau in Österreich bereits ihren ersten Höhepunkt.

Dipl.-Ing. Manfred Schöpf
ist Marketingleiter eines auf die Herstellung und Entwicklung von Spezialtiefbaugeräten spezialisierten Unternehmens in Schrobenhausen/Deutschland.

Ing. Peter Außerlechner
ist Geschäftsführer eines Spezialtiefbau-Unternehmens in Wien.

1 Siehe ausführlich auch *Schöpf/Außerlechner*, Gerätetechnik als Motor für Entwicklungen im Spezialtiefbau, 25. Chr Veder Kolloquium, Graz 2010 und Bauportal 6/2010, 338.
2 Fachtagung Spezialtiefbau, Gelsenkirchen 2003.

Abbildung 1: Dichtwand Brombachspeicher, Einsatz der ersten BAUER-Fräse 1984

Mit dieser Technik konnten nicht nur tiefe Baugrubenwände gebaut werden, sondern sie ermöglichte auch die sichere und wirtschaftliche Herstellung von Abdichtungen unter Staudämmen, wobei die erreichbaren Tiefen kontinuierlich von zirka 40 m bis auf 120 m gesteigert wurden. Das Durchörtern von Felslagen und das Einbinden in einen Felshorizont wurden zu einer beherrschbaren Aufgabe.

3.1. Standardfräse – Fräsprinzip

Die Schlitzwandfräse beruht im Gegensatz zur klassischen Greifertechnik auf dem Spülbohrprinzip. Sie besteht aus einem Stahlrahmen, an dessen unteren Ende zwei hydraulisch angetriebene Getriebe angebaut sind. Die mit Zähnen bestückten Schneidwerkzeuge – die Fräsräder – werden auf die horizontalen Naben der Getriebe montiert.

Der Boden wird durch die Drehbewegung der Räder und die Auflast auf die Räder gelöst. Das mit der Stützsuspension vermischte Aushubmaterial wird von einer Kreiselpumpe über armierte Gummischläuche an die Oberfläche zu einer Regenerierungsanlage gepumpt. Größere Steine müssen zwischen den Fräsrädern zerkleinert werden. Um den Boden unter der Fräse vollständig wegfräsen zu können, wird an den Fräsrädern ein zwangsgesteuerter Klappzahn angebracht. Bei jeder Umdrehung klappt er unter das Getriebeschild und fräst dort den Boden ab. Während des Aushubvorganges müssen die Hydraulikschläuche und der Förderschlauch kontinuierlich der Fräse in den Schlitz folgen. Sie dürfen jedoch keine unterschiedlichen Zugkräfte auf das Gerät ausüben; sie könnten sonst zu Abweichungen der Fräse aus der Vertikalen führen. Deshalb werden die Schläuche über Rollen, die an konstant ziehenden Winden hängen, so gehalten, dass resultierende Kräfte immer vertikal nach oben gerichtet sind. Der doppelte Verschiebeweg der Rollen ergibt die maximale Frästiefe. Durch den Einsatz größerer Geräteträger mit längerem Gittermastausleger konnte die erreichbare Frästiefe gesteigert werden.

Die Fugenausbildung zwischen den betonierten Lamellen ist bei jeder Schlitzwand ein sensibler Vorgang. Die klassische Methode besteht im Einbau von Abschalrohren, die an den Stirnseiten in den offenen Schlitz eingehoben werden. Nach dem Ansteifen des Betons werden die Rohre mit hydraulischen Ziehgeräten gezogen. Die Einführung von Flachbohlen war ein großer Verfahrensfortschritt. Dabei werden flache Stahlbohlen (zB Spundwandbohlen) an den Stirnseiten des offenen Schlitzes eingebaut. Die Bohlen können auch mit in Nuten geführten Fugenbändern versehen werden. Nach Beendigung des Betoniervorganges in einem Schlitz wird der Nachbarschlitz ausgehoben. Vor dem Betonieren des Nachbarschlitzes wird die Bohle gezogen. Je nach Firmenausführung kann sie auch mit einem Lösekeil, der am Aushubwerkzeug befestigt ist, horizontal vom Beton gelöst und in den offenen Schlitz hineingezogen werden.

Die Frästechnik ermöglicht eine ganz andere Art der Fugenkonstruktion. Der lichte Abstand zwischen zwei Primärlamellen wird um zirka 30 bis 50 cm kleiner als die Fräsenlänge gewählt. Die Fräse schneidet beim Herstellen der Sekundärlamelle in den Beton auf beiden Außenseiten ein und hinterlässt auf beiden Seiten eine stark aufgeraute Betonoberfläche. Während des Betonierens der Sekundärlamelle entsteht ein inniger Kontakt zwischen dem Beton der Lamellen. Dies ist ein wirtschaftliches System, da kein Zusatzgerät mit zusätzlichem Personal erforderlich ist. Vor allem aber gibt es für die Anwendung der „überfrästen Fuge“ keine Tiefenbegrenzung. Dieser Vorteil kommt ganz besonders bei der Herstellung von tiefen Dichtwänden zum Tragen.

Die Einführung der Schlitzwandfräsen hat die Herstellung von Schlitzwänden revolutioniert, vor allem in Hinblick auf die Schlitzwandtiefe, die Produktivität und das Lösen von harten Böden.

3.2. Schlauchaufrollung für große Tiefen

Die erreichbare Frästiefe hängt bei dem im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen System der Schlauchführung über Umlenkrollen direkt von der Länge des Gittermastes des Geräteträgers ab. Die wachsenden Forderungen nach großen Frästiefen konnten nur mit einem neuen Prinzip der Schlauchführung erfüllt werden. Beim Weiterschreiben der Gleichung „Auslegerlänge = 2 x Frästiefe“ hätte der Schlitzwandfräse das Schicksal der Dinosaurier gedroht. Es wäre möglicherweise durch ein unverhältnismäßiges Anwachsen der Geräteträgergrößen ausgestorben.

Die Idee, die Schläuche auf senkrecht auf dem Geräteträger montierten Trommeln aufzuwickeln, hat das Tor für große Frästiefen aufgestoßen. Dieses System besteht im Wesentlichen aus einer großen Trommel für den Förderschlauch und einer kleineren, aber breiteren Trommel für die Aufnahme der Hydraulikschläuche. Die Schläuche

werden zu einem parallel liegenden Schlauchband zusammengefasst.

Hydraulikmotoren in den Schlauchtrommeln ermöglichen eine feinfühlige, synchronisierte Vertikalbewegung aller Schläuche beim Ein- und Ausfahren der Schlitzwandfräse. Durch diese Technik konnten Schlitzwände in Japan und in Kanada bis zu einer Tiefe von 120 m abgeteuft werden.[3] Zurzeit stellt eine mexikanische Spezialtiefbaufirma mit einer *Bauer*-Fräse BC 40 mehrere Schächte her, deren Schachtwände aus ebenfalls 120 m tiefen Schlitzwänden bestehen. In naher Zukunft stehen auf dem Weltmarkt einige Projekte mit 150 m tiefen Wänden an.

Abbildung 2: Dichtwand Péribonka, Kanada – Schlitzwandfräse mit einem Schlauchaufrollsystem für 120 m Tiefe, 2006

3.3. Fräsen von Fels

Die Fräsräder werden seit Einführung der Frästechnik mit hartmetallbewehrten Fräszähnen ausgestattet. Damit können alle Bodenarten vom lockeren Sand, hartem Ton bis hin zu zementierten Sand-Kiesgemischen und Geschiebemergel gelöst werden. Eingelagerte Steine stellen ebenfalls kein großes Hindernis dar. Bei der Einführung des Fräsensystems vor 25 Jahren lag die wirtschaftliche Einsatzgrenze für Standardzähne bei der Lösefähigkeit von dichten und teilweise zementierten Böden. Es konnte allerdings bereits verwitterter, mürber Fels „angeknabbert“ werden. Im Lauf der Jahre wurde die Lösekapazität durch optimierte Zahnstellung und Zahnverteilung am Fräsrad und einen verbesserten Hartmetallbesatz deutlich erhöht. Eine einaxiale Druckfestigkeit von ungefähr 50 MPa gilt heute als vernünftige obere Grenze. Bei solchen Festigkeiten werden die physikalischen Grenzen des „schneidenden oder schabenden Lösens“ mit Zähnen erreicht.

Der Einsatz in härterem Fels wurde durch den Besatz der Fräsräder mit Rundschaftmeißeln ermöglicht. Dieser Lösevorgang wird als „reißendes Lösen“ bezeichnet.[4] Rundschaftmeißelbesetzte Fräsräder bilden eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Verbreitung der Schlitzwandfräse als Felsfräse. Im praktischen Dauerbetrieb hat sich eine Obergrenze der Lösbarkeit von Fels bei einer einaxialen Druckfestigkeit von 100 bis 120 MPa herauskristallisiert. Es wurden aber auch Felsschichten in kleinerer Mächtigkeit mit deutlich höheren Festigkeiten gefräst. In diesem Fall ist allerdings mit einer reduzierten Leistung und mit einem höheren Verschleiß zu rechnen.

Der steigende Bedarf an gefrästen Schlitzdichtwänden unterhalb von Staudämmen erfordert immer wieder eine Einbindung der Wand in harten, unverwitterten Felsuntergrund. Dabei werden Druckfestigkeiten von 200 MPa und mehr angetroffen. Damit auch solche Projekte mit der Schlitzwandfräse hergestellt werden können, wurde ein Besatz der Fräsräder mit Rollenmeißeln entwickelt. Die Rollenmeißel rollen durch die Drehbewegung der Räder über den Fels und sprengen durch Überdrücken Gesteinsteile aus der Felsmatrix. Bei der Umschließung einer Mülldeponie in Langkampfen bei Kufstein wurde diese Fräsradvariante zum ersten Mal eingesetzt.[5] Der Einsatz von Fräsrädern mit Rollenmeißeln ist als *ultima ratio* anzusehen, wenn Standardräder an ihre Grenzen stoßen. Der Fortschritt ist relativ klein (1 bis 3 m^3/h), aber konstant. Die Einsatzgrenze liegt im Wesentlichen in der begrenzten Auflast aus dem Eigengewicht der Fräse.

4. Drehbohrgeräte

Die Revolution auf dem Bohrpfahlsektor fand bereits vor 35 Jahren durch die Einführung von hydraulischen, kompakten und mobilen Drehbohrgeräten mit verriegelbarer Kellystange statt. Die – grundsätzlich – unveränderte Technik wurde in den letzten 25 Jahren allerdings deutlich weiterentwickelt. Ein 30 m tiefer Bohrpfahl mit einem Durchmesser von 1.300 mm war vor 25 Jahren ein herausragendes Produkt; heute stellen Bohrpfähle bis zu 100 m Tiefe oder Durchmessern bis 3.500 mm durchaus keine Seltenheit mehr dar.

Während die Drehbohranlagen der 1960er-Jahre in der Lage waren, im Durchschnitt 20 bis 25 m Pfahl von 60 bis 90 cm Durchmesser herzustellen,[6] schaffen Drehbohrgeräte heutiger Generation Spitzenleistungen von 60 bis 100 m Pfahl von 1,20 m bis 1,50 m Durchmesser pro Tag.

Mit den steigenden Anforderungen an die geotechnischen Randbedingungen wurde das Erreichen größerer Tiefen oder Durchmesser, generell

3 *Heinrich*, Péribonka Hydroelectric Development Project, 22. Chr. Veder Kolloquium, Graz 2007.

4 *Stötzer/Lack/Schwank*, Geräte zur Herstellung von Pfahlbohrungen mit großem Durchmesser, 6. Chr. Veder Kolloquium, Graz 1991.

5 *Kraiger*, Altlastensanierung Langkampfen mittels Schlitzwand – Einsatz von Greifer und Fräsen, Leoben 1996, Vortrag DEPOTECH.

6 *Kluckert/Schmidt*, Rückblick auf 40 Jahre Bohrpfahltechnik, 25. Baugrundtagung, Stuttgart 1998.

Abbildung 3: Fräsradtypen für verschiedene Bodenarten: links – Standardzähne, Mitte – Rundschaftmeißel, rechts – Rollenmeißel

das Arbeiten in immer schwierigeren Böden, angestrebt. Die Triebfedern der Entwicklung sind die Anforderungen des Marktes und das Bewusstsein, dass nur permanente Weiterentwicklung den Erfolg sichert.

4.1. Bohrtiefe

Ein Vergleich von zwei Bohrpfahlprojekten in Asien zeigt, wie die Forderung, Pfähle mit großen Tiefen herzustellen, im Zeitraum von 1990 bis 2007 gelöst wurde.

4.1.1. Hi-Lai Complex, Kaoshung, Taiwan 1990

In Kaoshung, der zweitgrößten Stadt von Taiwan, wurde 1990 der sogenannte Hi-Lai Complex mit einer Gesamthöhe von 187 m und sieben Untergeschoßen gebaut. Der Pfahlentwurfsplan sah 146 Pfähle mit einem Durchmesser von 2,4 m und einer Pfahllänge von 81 m vor. Der Baugrund ist verhältnismäßig homogen aufgebaut. Im Wesentlichen besteht er aus Wechsellagen von sandigem Schluff, Ton und dichten Sanden (SPT 40 – 60). Ab einer Tiefe von 70 m wird harter Tonstein (SPT > 100) angetroffen.

Bei diesem Projekt wurde das zu jenem Zeitpunkt größte Bohrgerät von BAUER, die BG 26, eingesetzt. Die vierfach teleskopierbare Kellystange konnte „nur“ eine Bohrtiefe von 65 m erreichen. Für die restliche Bohrtiefe bis 81 m wurde eine Verlängerungsstange gebaut. Diese Kombination bedingte einen komplizierten Bohrablauf. Dies war allerdings die einzige Möglichkeit, Pfähle in den geforderten Dimensionen herzustellen.

4.1.2. Berjaya Center, Kuala Lumpur, Malaysia 2000

Die Lasten von zwei Türme eines Einkaufszentrums in Kuala Lumpur in Malaysia werden mit 418 Großbohrpfählen abgetragen. Zum sicheren Übertragen von Gebrauchslasten bis zu 11.500 kN mussten Pfahldurchmesser von 1.500 mm und maximale Pfahllängen von 80 m gewählt werden. Der Boden besteht aus stark verwitterten Sedimentgesteinen wie Tonschiefer, Sandstein und Quartziten („Kenny Hill Formation“) mit darunter liegendem Kalkstein. Die Oberkante der Kalksteinschicht variiert – typisch für Kuala Lumpur – extrem stark. Die genaue Lage der Felsoberkante ist deshalb schwer vorhersagbar.

Die BG 40 war als einziges Kellybohrgerät in der Lage, 80 m tiefe Bohrungen herzustellen. Der Fortschritt im Kellybau machte dieses Projekt allerdings überhaupt erst möglich. Es wurde eine neu entwickelte, verriegelbare Vierfach-Kellystange eingesetzt, die im komplett ausgefahrenen Zustand eine Bohrtiefe von 80 m erreichen konnte.

Die rasche Entwicklung in der Gerätetechnik und der Technik des Kellybaues innerhalb von 10 Jahren wird besonders deutlich, wenn das Gerätekonzept auf dieser Baustelle mit dem erforderlichen Geräteeinsatz auf der vorher beschriebenen taiwanesischen Baustelle verglichen wird. Bei beiden Projekten mussten Bohrpfähle mit 80 m Länge hergestellt werden.

4.2. Felsbohren

Der Baugrund ist in der Regel inhomogen aufgebaut, sodass bei einer Pfahlbohrung auch Felslagen zu durchörtern sind oder der Pfahlfuß in einer Felsschicht einzubinden ist. Für das Kellybohren ist es daher erstrebenswert, dass ein einfacher Werkzeugwechsel ausreicht, um alle Bodenschichten von weichem Ton bis zu hartem Fels durchbohren zu können.

Bohrwerkzeuge mit einem Schneidzahnbesatz gehörten von Anfang an zur Grundausrüstung. Um auch harte, zementierte Böden oder klüftigen Fels im Trockendrehbohrverfahren bohren zu können, wurden – ähnlich wie bei der Fräsradentwicklung – Werkzeuge mit Rundschaftmeißelbesatz entwickelt. Die Reißfähigkeit von Rundschaftmeißeln benötigt hohes Drehmoment und Anpressdruck.

Abbildung 4: links: Kaoshung, Taiwan (1990): Abfangvorrichtung, Kellyverlängerung und Kellystange an einem Bohrgerät BG 26
rechts: 80 m tiefe Pfahlbohrung mit einem Bohrgerät BG 40 und einer vierfach Teleskopkellystange, Kuala Lumpur, Malaysia (2000)

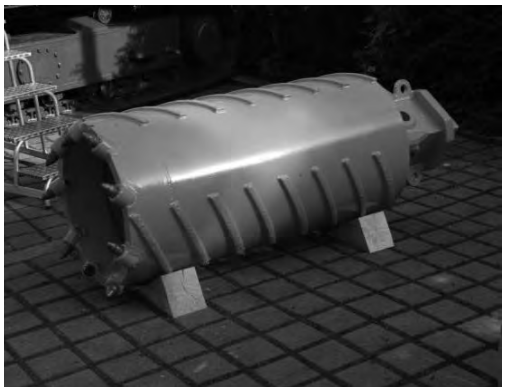

Abbildung 5: links: Kernbohrrohr mit Rundschaftmeißeln, rechts: Kernrohr mit Rollenmeißeln und einem Kernstock (Druckfestigkeit 300 MPa), Durchmesser 1.800 mm in Wladiwostok 2009

Die Kraftdrehköpfe der ersten Generation der Bohrgeräte um 1975 konnten ein Drehmoment von 70 kNm erzeugen. Das Drehmoment von heutigen Geräten reicht bis zu 500 kNm. Aus diesem Grund ist die Verwendung von Rundschaftmeißeln an Bohrwerkzeugen immer effektiver geworden. Es kann damit Fels bis zu einer Festigkeit von zirka 100 MPa gelöst werden. Die Festigkeit ist natürlich nicht das einzige Kriterium für den Bohrfortschritt. Klüftigkeit, Schichtung und Abrasivität können den Fortschritt sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

Die Effektivität der Reißwirkung wird erhöht, wenn das verfügbare Drehmoment und die Vorschubkraft auf weniger Zähne konzentriert werden. Das ist der Grundgedanke hinter der Entwicklung von Kernbohrrohren. Das Kernbohrrohr schneidet einen Ringspalt in den Fels, sodass der dazwischen liegende Felsstock anschließend relativ einfach zerstört werden kann.

Kernrohre mit Rollenmeißel werden bei sehr hartem Fels mit einer Festigkeit über etwa 100 MPa eingesetzt. Dabei wird ein Ringspalt mit einer Schnittbreite von 140 bis 170 mm mit Rollenmeißeln bearbeitet. Das Bohrgut wird mittels Lufthebeverfahren in einen Auffangbehälter gefördert, der über dem Kernrohr sitzt. Die Luft wird über einen Luftschlauch und einem Spülkopf zum Kernrohr gebracht. Der Kern wird anschließend mit einem Meißel oder einer Felsschnecke zerstört.

4.3. Drehbohrgeräte als modulare Systeme

Die Gerätekonzepte moderner Drehbohrgeräte sind modular aufgebaut. Mit kleinen Modifikationen können mit einem Gerät verschiedene Spezialtiefbauverfahren durchgeführt werden. Dies macht Spezialgeräte einem breiten Einsatzspektrum zugänglich und ermöglicht einen hohen Auslastungsgrad sowie für den Anwender auch Alternativen in der Auswahl des jeweils am besten geeigneten Verfahrens wie:

- Kellybohren (verrohrt und unverrohrt);
- Bohren mit dem Doppelkopfsystem ;
- Bohren mit langer Hohlschnecke (SOB-System):
- Einmischen von dichtenden oder erhärtenden Suspensionen in den Boden (Soil-Mix-System).

Die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten bezieht sich nicht nur auf die Anwendbarkeit von verschiedenen Verfahren. Bei der Herstellung von Trägerbohrungen für einen Berliner Verbau in einer kleinen innerstädtischen Baulücke wird das gleiche Kellybohrverfahren verwendet wie bei einer Bohrung für einen Hochlastpfahl mit einem Durchmesser von 3 m und einer Tiefe von 80 m. Es ist aber aus wirtschaftlichen und logistischen Gründen selbstverständlich, völlig andere Größenklassen von Geräten einzusetzen.

5. Elektronik in Spezialtiefbaugeräten

Bauen unter Einsatz modernster Technik und Organisationsformen verlangt intelligente Baumaschinen, wobei die Automatisierungstechnik eine wichtige Rolle spielt. Viele Komponenten der automatischen Steuerung von Maschinenkomponenten sind zur Selbstverständlichkeit geworden und werden vom Nutzer gar nicht mehr wahrgenommen.[7] Neue Errungenschaften der Mikroelektronik, wie Prozessrechner, speicherprogrammierte Steuerungen (SPS) oder intelligente Bus- und Sensorsysteme, haben längst Einzug in Baumaschinen gehalten. Diese dienen einerseits der Sicherheit der Verfahren, aber auch der Qualitätssicherung im Besonderen. Die grundsätzlichen Einsatzbereiche der „Elektronik“ in Spezialtiefbaumaschinen können folgendermaßen gruppiert werden:

- **Datenerfassung:** Dazu zählen Gerätedaten wie Umdrehungszahl, Motortemperatur, Öldruck oder das Erfassen von Prozessdaten wie Pfahltiefe, Durchflussmenge von Suspension, Drehzahl der Fräsräder. Ein äußerst wichtiger Punkt ist die Erfassung von Fehlerdaten. In Kombination mit den Möglichkeiten der Datenübertragung können Fehlfunktionen von Spezialisten analysiert und dem Baustellenpersonal kann Hilfe angeboten werden.
- **Datenvisualisierung:** Wichtige Gerätedaten und systemrelevante Prozessdaten werden auf großen Touchscreens dem Fahrer angezeigt. Er kann über den Bildschirm mit dem Gerät kommunizieren.
- **Datenübertragung:** Alle genannten Parameter können auf Speichermedien im Gerät gespeichert werden. Sie können aber auch mit Hilfe der neuen Datenübertragungsmittel weltweit übertragen und zB in der Zentrale ausgewertet werden.
- **Prozesssteuerung:** Bei der jüngsten Generation von Drehbohrgeräten können prozessorge-

7 *Steinmetzger*, Neue Baumaschinen-Generationen mit Einsatz modernster Kommunikationstechnik (2002).

Abbildung 6: links: 1974 BG 7 – erstes hydraulisches Drehbohrgerät mit Vorschubzylinder und verriegelbarer Kellystange, rechts: 2009 Drehbohrgerät BG 40 mit Kastenbohrer 2.500 mm auf einer Baustelle in Italien

steuerte Programmabläufe die Ausführung von Bohrprozessen übernehmen. Dies gewährleistet eine konstante Ausführungsqualität und erlaubt eine kontinuierliche Prozessüberwachung. Dadurch wird der Gerätefahrer wirkungsvoll entlastet. Seine Rolle wird dabei immer mehr zu der eines Überwachers. In diesem Punkt wird von Spezialisten ein sehr großes Entwicklungspotenzial gesehen.

Ausblick

Wie in dem Beitrag gezeigt, hat der Spezialtiefbau gerade in der Maschinentechnik in den vergangenen Dekaden eine rasante Entwicklung durchschritten, die aus den Marktanforderungen mit steigenden Produktivitätsanforderungen resultierte. Dadurch konnten im Wesentlichen größere Leistungen erzielt werden, die sich beispielsweise in immer größeren Bohrtiefen, schnelleren Herstellungsprozessen oder aber auch in gesicherten und hochqualitativen Herstellungssystemen niederschlagen.

Obwohl die Gerätetechnik inzwischen auch modulare und flexible Geräte herstellt, darf aus bauwirtschaftlicher Sicht nicht negiert werden, dass gerade der Mechanisierungsgrad bei Spezialtiefbauprojekten zu einem enormen Kostendruck geführt hat. So sollten alle am Bau Beteiligten ein Gespür dafür entwickeln, welche „Werte“ sich auf diesen Baustellen befinden und dass diese auch wirtschaftlich zum Einsatz kommen müssen. Stillstände, Verzögerungen oder auch nur eine schlechte Arbeitsvorbereitung können die im Beitrag geschilderten Produktivitätsgewinne rasch zunichtemachen. Daher müssen alle Projektpartner über die grundlegenden Prozessabläufe im Spezialtiefbau Kenntnis besitzen, da einerseits die Sicherheit der Verfahren, wie bei einer Schlitzwand, aber auch der wirtschaftliche Einsatz von den Randbedingungen der Baustelle abhängen.

Die modernen Verfahren im Spezialtiefbau, kombiniert mit raffinierten ingenieurtechnischen Ideen, fußend auf umfangreichen Erfahrungen können auch in Zukunft die anstehenden Bauaufgaben, insbesondere im innerstädtischen Bereich oder beim Bauen im Bestand, lösen helfen.

BESTELLEN SIE JETZT IHR SCHNUPPERABO 20 % GÜNSTIGER!

bau aktuell-Schnupperabo 2011
(Heft 5+6)
Print & Online
EUR 30,70

Bestellschein

Fax +43 1 24 630-53

Ich / Wir bestelle(n) hiermit umgehend direkt durch die Linde Verlag Wien GmbH, Scheydgasse 24, 1210 Wien,
Tel.: +43 1 24 630 • Fax: +43 1 24 630-23 • www.lindeverlag.at • E-Mail: **office@lindeverlag.at**

☐ Ex. **bau aktuell-Schnupperabonnement,** Print & Online **2011** (Heft 5+6) **EUR 30,70**
bau aktuell-Jahresabonnenment, Print & Online 2011 (Heft 1–6) EUR 115,–

Alle Preise exkl. MwSt. und Versandspesen. Abbestellungen sind nur zum Ende eines Jahrganges möglich und müssen bis spätestens 30. November des Jahres schriftlich erfolgen. Unterbleibt die Abbestellung, so läuft das jeweilige Abonnement automatisch auf ein Jahr und zu den jeweils gültigen Abopreisen weiter. Preisänderung und Irrtum vorbehalten.

Kundennummer (falls vorhanden): Firma:

Vorname: Nachname:

Straße: PLZ:

Telefon: Fax:

E-Mail: Newsletter: ☐ ja ☐ nein

Datum: Unterschrift:

Handelsgericht Wien, FB-Nr.: 102235X, ATU 14910701, DVR: 000 2356

office@lindeverlag.at • www.lindeverlag.at Linde