

## 2. Seilbohrverfahren

### 2.1. Anwendung des Seilbohrens im Festgestein

Ausgehend von der Geologie der Grundwasserlagerstätten des Festgesteins der DDR und der sich daraus ableitenden Hauptanwendung des Linksspülbohrens und des Seilbohrens, ergeben sich in der gegenseitigen Ergänzung dieser beiden Verfahren zur Lösung aller auftretenden bohrtechnischen Probleme in der Hydrogeologie für das Seilbohren wesentliche Aufgabengebiete /2/, wenn

#### Situation 1

Bohrungen in Gebieten niederzubringen sind, in denen der geologische Aufbau und die hydrogeologischen Verhältnisse kompliziert und ungenügend erforscht sind,

#### Situation 2

bei hydrogeologischen Bohrungen süßwasserführende Grundwasserleiter von Grundwasserleitern mit hoch mineralisierten oder gar versalzenen Wässern in geringerer vertikaler Entfernung über- oder unterlagert werden,

#### Situation 3

Grundwasserleiter mit unbedeutendem hydrostatischem Druck erkundet oder erschlossen werden müssen,

#### Situation 4

es aus erkundungsmethodischen Gründen erforderlich ist, beim Bohren im Bohrloch ständig den statischen Grundwasserspiegel zu beobachten,

### Situation 5

auf Grund des geologischen Baus, des Bohrprofils beim Spülbohren mit großen, bohrtechnisch nicht zu beherrschenden Spülungsverlusten zu rechnen ist oder diese beim Linksspülbohren mit Klarwasserspülung eingetreten sind,

### Situation 6

es überaus erschwert ist, das für das Abteufen einer Spülbohrung notwendige Spülungsmedium in ausreichender Qualität und Menge zur Verfügung zu stellen,

### Situation 7

während der Bohrarbeiten Zwischen- und Vorpumpversuche mit einem großen Zeitanteil durchgeführt werden müssen,

### Situation 8

beim Bohren in Magmatit-Metamorphit-Wechselagerungen bei gleichen mechanischen Bohrgeschwindigkeiten beim Linksspülbohren um ein Vielfaches höhere Bohrwerkzeugkosten entstehen.

Die Charakteristiken der Einsatzgebiete des Seilbohrens werden besonders dadurch geprägt, daß dieses Verfahren ohne einen Spülungskreislauf arbeitet. Dadurch wird eine Veränderung der natürlichen hydrostatischen Druckverteilung (Situationen 1, 3 und 4) und der hydrochemischen Verhältnisse (Situationen 1 und 2) weitestgehend vermieden. Die unbedeutende Beeinflussung der hydrostatischen Druckverteilung ist durch das Fehlen einer Spülungssäule oberhalb des Ruhewasserspiegels begründet, woraus sich die Charakteristik für die Situation 5 und davon abgeleitet auch für die Situation 6 ergibt. Der im Verhältnis zum Linksspülbohren beim Seilbohren geringere Gesamtgrundmittleinsatz und der niedrigere Arbeitskräftebedarf je Schicht sind die Grundlagen der Charakteristik der Situation 7.

Da bei der technischen Ausführung des Spülbohrens als Lufthebebohren für die Arbeit der Mammutpumpe eine bestimmte Eintauchtiefe des Lufteintritts erforderlich und die notwendige Bohrlochteufe bei über Tage anstehendem oder nur unter einer ge-

ringen Lockergesteinsbedeckung lagernden Festgestein nicht gegeben ist, hat sich das Seilbohren für das Durchteufen dieses Bohrlochabschnittes als sehr vorteilhaft erwiesen.

Ein besonders wichtiger Einsatzbereich ist die Anwendung des Seilbohrens in Magmatit-Metamorphit-Wechselagerungen (Situation 8). Obwohl die mechanischen Bohrgeschwindigkeiten die des Linksspülbohrens nicht übersteigen, ergibt sich doch durch die niedrigeren Bohrwerkzeugkosten ein besseres ökonomisches Ergebnis. Die ermittelten 8 hydrogeologisch-bohrtechnischen Situationen für den Einsatz des Seilbohrens lassen sich in der Praxis nicht immer in der strengen Weise trennen; die vorgenommene Aufgliederung sollte hauptsächlich dazu dienen, den Nachweis zu bringen, daß dieses Bohrverfahren viele Bedingungen erfüllt, die von keinem anderen in der gleichen Weise eingehalten werden können.

Der erreichte Entwicklungsstand der Erkundungs- und Brunnenbohrtechnik in der DDR erfordert den Einsatz des Seilbohrens aus hydrogeologischen, bohrtechnischen und ökonomischen Gründen.

## 2.2. Wirkungsweise des Seilbohrverfahrens /3/

Um die Einflußgrößen auf das Leistungsvermögen des Seilbohrens klar darstellen zu können, wird die Wirkungsweise dieses Bohrverfahrens in einer kurzen Erläuterung beschrieben.

Das Schema des Seilbohrens im Festgestein zeigt das Bild 2. Die Bohrgarnitur besteht aus dem Meißel (1), einer oder mehrerer Schwerstangen (2), der Rutschschere (3) - diese kommt in der Brunnenbohrtechnik in der DDR nicht mehr zum Einsatz - und der Seilmuffe (4) mit der Seilhülse (5), in der das Bohrseil (6) eingebunden ist. Das Bohrseil, welches durch die Seilmuffe, die zusammen eine Wirbelverbindung darstellen, mit der übrigen Bohrgarnitur verbunden ist, läuft über die Schlagrolle (7) in der Krone des Bohrmastes (9), über die Schlagrolle (10) der Schwinge (11) und über die Umlenkrolle (12). Das Ende des Bohrseiles ist auf der Bohrtrommel (13) befestigt. Auf die Bohrtrommel wirken eine Bremse (14) oder eine spezielle Nachlaßvor-

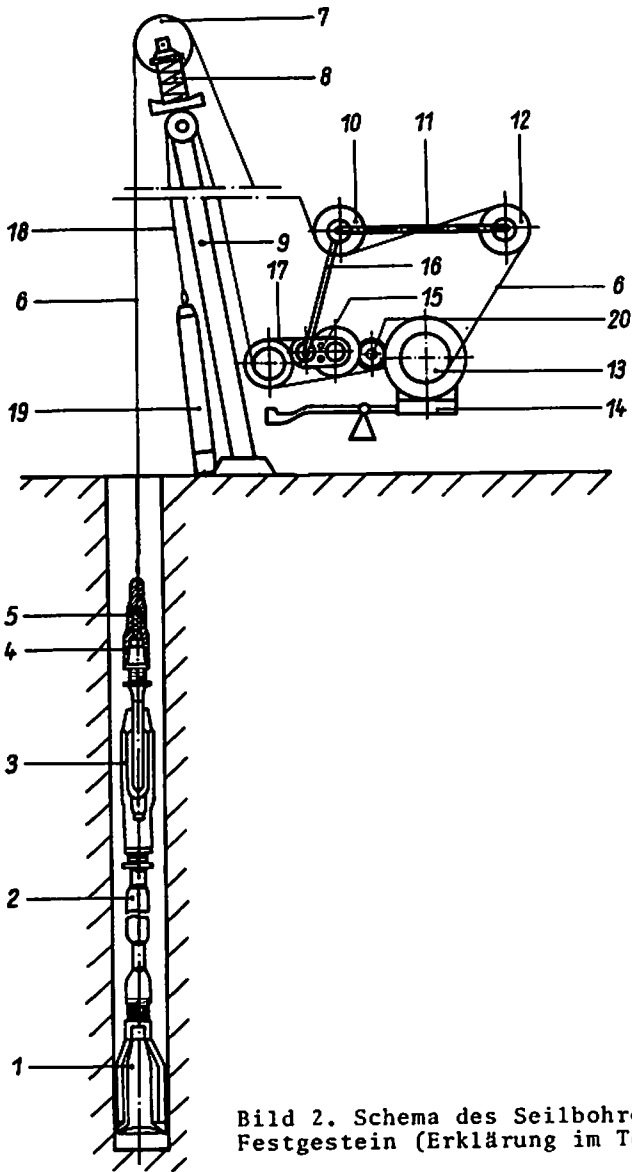


Bild 2. Schema des Seilbohrens im Festgestein (Erklärung im Text)

richtung (14). Die Schlagrolle ist auf einem Stoßdämpfer (8) gelagert. Von der Hauptwelle (20) wird die Kurbel (15) angetrieben. Die Kurbelbewegung wird mit den Pleuelstangen (16) auf die Schwinge und somit auf die Schlagrolle übertragen. Durch diese Bewegung wird mit Hilfe des über die Schlagrolle laufenden Bohrseiles die Bohrgarnitur im Bohrloch auf- und abbewegt und schlägt in der untersten Stellung auf die Bohrlochsohle, wobei eine Gesteinszerstörung erzielt wird. Um einen kreisförmigen Bohrlochquerschnitt abzubohren, muß der Bohrmeißel nach jedem Schlag mit einer bestimmten Gradzahl umgesetzt, d. h. gedreht werden. Diese Drehung wird durch die bei der Belastung des Bohrseiles mit der Bohrgarnitur im Bohrseil entstehende Drallkraft erzielt. Bei jedem Aufschlag der Bohrgarnitur auf die Bohrlochsohle wird das Bohrseil kurzzeitig entlastet und kann sich durch die Wirbelverbindung der Seilmuffe wieder vollständig entdrallen, so daß beim folgenden Hub der Bohrgarnitur im Bohrseil wieder ein Belastungsdrall zum Umsetzen des Bohrmeißels entsteht. Mit Hilfe der Bremse oder der Nachlaßvorrichtung der Bohrtrommel wird bei dem eintretenden Bohrfortschritt die Bohrgarnitur ständig der Bohrlochsohle nachgeführt.

Beim Seilbohren wird ohne Spülungskreislauf gearbeitet. Im Bohrloch muß sich jedoch soviel Wasser befinden, daß das entstehende Bohrklein in der sich über der Bohrlochsohle beim Bohren bildenden Bohrkleinsäule aufgeschlämmt werden kann. Da während des Bohrvorganges keine kontinuierliche Bohrklein-entfernung von der Bohrlochsohle und aus dem Bohrloch erfolgt, muß nach dem Abbohren eines bestimmten Teufenintervalls die Bohrgarnitur aus dem Bohrloch ausgefahren werden, um mit der Schlammtrummel (17) und dem Schlammseil (18) das Schlammwerkzeug (19) in das Bohrloch zum Entfernen des Bohrkleins einfahren zu können. Nach dem Entfernen des Bohrkleins wird die Bohrgarnitur für den nächsten Bohrmarsch in das Bohrloch eingelassen.

Diese globale Funktionsbeschreibung des Seilbohrvorganges weist schon sehr deutlich auf die Einflußgrößen des Leistungsvermögens dieses Bohrverfahrens hin. In Bild 3 (s. Beilage) ist eine Übersicht des technischen Systems des Seilbohrens im Festge-

stein in der hydrogeologischen Erkundungs- bzw. Brunnenbohrtechnik dargestellt. Die Zusammenstellung der Einflußgrößen der Systembestandteile zeigt, daß das Leistungsvermögen nicht nur von reinen bohrtechnischen Faktoren bestimmt wird, sondern auch geologische, hydrogeologische, technologische und erkundungsmethodische Probleme einen bedeutenden Einfluß ausüben.

### 2.3. Technik und Technologie des Seilbohrens

#### 2.3.1. Bohrgerät

Das Bohrgerät wurde schon als ein wesentlicher Hauptbestandteil im technischen System "Seilbohren im Festgestein" für die hydrogeologische Erkundung und Erschließung herausgestellt. Als Seilbohranlagen können die Bohrgeräte UKS-30, UKS-22, FA-12 und FAP-20 eingesetzt werden /4/. In der Brunnenbohrtechnik werden Bohranlagen, bei denen das Hauptbohrverfahren das Seilbohren im Festgestein ist, als Einzweckbohranlagen eingesetzt. Dabei müssen die Hauptbaugruppen von Seilbohranlagen den spezifischen Anforderungen entsprechen.

Die Antriebsart hat für die Herstellung der Übereinstimmung der Bewegungsabläufe von Bohrgarnitur und Schlageinrichtung eine wesentliche Bedeutung. Wichtig für den Antriebssatz einer Seilbohranlage ist seine gute stufenlose Regelbarkeit, um besonders die Schlagzahlen beim Bohren genau den jeweiligen Bohrbedingungen anpassen zu können, sowie die Unempfindlichkeit gegen stoßhafte Belastungen, die beim Seilbohren auftreten.

Ein Dieselmotor mit Keilriemenvorgelege zur Drehzahlanpassung hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen und ist in der Lage, alle auftretenden stoßhaften Belastungen aufzunehmen, ermöglicht für den erforderlichen Schlagzahlenbereich eine stufenlose Regelbarkeit und ist aus energietechnischer Sicht für den Bohrfeld-einsatz sehr ökonomisch.

Das Schlagwerk stellt die zentrale Baugruppe einer als Einzweckbohranlage konzipierten Seilbohranlage dar. Von den bereits genannten Seilbohranlagen sind diese mit den in Tabelle 1 genannten Schlagwerkausführungen ausgerüstet.

---

Schlagwerkausführung

---

Schlagschwinge Freifallkurbel

---

UKS-30

FAP-20

UKS-22

FA-12

---

Tabelle 1  
Aufgliederung der Schlag-  
werkausführung nach  
Bohranlagentyp

Für die Beurteilung der Schlagwerkausführungen ist für die Bedingungen des Seilbohrens im Festgestein die Steuerung des Bewegungsablaufes der Bohrgarnitur im Bohrloch in den von den Bohrlochbedingungen vorgegebenen Grenzen das entscheidende Kriterium. Diese Steuerung bezieht sich vorrangig auf die Abwärtsbewegung der Bohrgarnitur, da nur am Ende dieser Bewegungsphase Zerstörungsarbeit auf der Bohrlochsohle geleistet wird. Diese Steuerung ist hauptsächlich in Tonstein-Wechsellagerungen notwendig, da sich im Tonstein auch bei den relativ niedrigen maximal erreichbaren Schlaggeschwindigkeiten der Bohrmeißel und damit die gesamte Bohrgarnitur festschlagen kann. Aus diesem Grunde ist unter dem Gesichtspunkt des hohen Anteils der Tonstein-Wechsellagerungen mit 74,5% am Bohrprogramm bei den Brunnenbohrungen im Festgestein in der DDR die Schlagschwinge der Freifallkurbel überlegen.

Das Hebewerk hat mit der Nachlaßvorrichtung, die auf die Bohrtrommel wirkt, auf Grund der spezifischen Bohrtechnologie des Seilbohrens im Festgestein eine besondere Bedeutung. Um die gestellten Anforderungen erfüllen zu können, muß das Hebewerk drei Seiltrommeln besitzen, und zwar die

Bohrtrommel

Schlämmtrommel

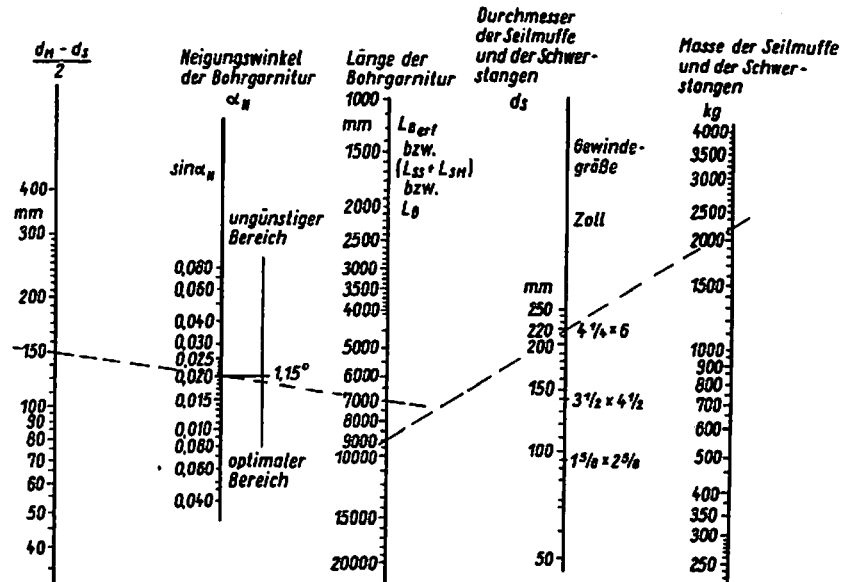
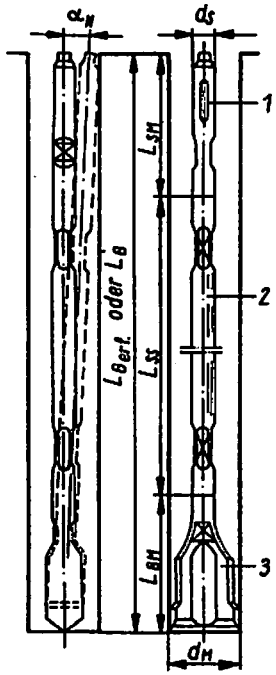
Fördertrommel.

Die Nachlaßvorrichtung ist für die Regulierung des Bohrregimes beim Seilbohren im Festgestein von großer Wichtigkeit. Es muß ein zentimetergenaues Nachlassen der Seilbohrngarnitur auch unter der Einwirkung der hohen dynamischen Belastungen während des Bohrvorganges garantiert sein.

Das Bohrseil stellt in der Seilbohrtechnik die Verbindung zwischen dem über Tage befindlichen Bohrgerät und der im Bohrloch befindlichen Seilbohrgarnitur dar. Dabei dient es einerseits als Förderseil für den Ein- und Ausbau der Bohrgarnitur und zum anderen hat es die vorrangige Aufgabe, die Kraftübertragung für den Bohrprozeß auf der Bohrlochsohle und die damit verbundene Steuerung dieses Prozesses zu garantieren. Für die Belastung dieser Seile bedeutet das, daß sie große schwellende dynamische Beanspruchungen dauernd ertragen müssen. Trotz dieser Beanspruchungen muß ein Bohrseil noch einen hohen Belastungsdrall entwickeln, der für ein erfolgreiches Seilbohren im Festgestein unerläßlich ist.

Diese Einsatzbedingungen und Anforderungen stellen für Drahtseile einen Spezialfall mit einem sehr geringen Anwendungsbereich dar. Hier ist auch die Ursache dafür zu suchen, daß Rundlitzendrahtseile aller Hauptmacharten abhängig vom Seilangebot eines jeden Landes für das Seilbohren Verwendung finden. In der DDR hat das Seil E 24 x 160 z/S, TGL 17 555, die besten Eignungen für den Einsatz beim Seilbohren im Festgestein nachgewiesen. Dieses linksgängige Kreuzschlagseil in WARRINGTON-Machart wird als Bohrseil allen planmäßig auftretenden Anforderungen gerecht. Da die bei der Belastung des Bohrseiles auftretende Elastizität erst bei einer Seillänge, die einer Bohrteufe von etwa 30 m entspricht, für das Seilbohren eine genügende Größe erreicht, muß bei geringeren Teufen durch eine veränderte Vorspannung des Stoßdämpfers die noch fehlende Elastizität kompensiert werden. Für diese zusätzliche Aufgabe des Stoßdämpfers hat sich die Anordnung desselben in der Schlagschwinge und in der Ausführung als Schraubenfeder mit einer Gesamtfederkonstante von  $24\ 000\ \text{N}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $2\ 400\ \text{kp}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) besonders bewährt, da das traditionelle Anbringen des Stoßdämpfers in der Krone des Bohrmastes und in der Ausführung mit Gummischeiden eine Elastizitätskompensation nur ungenügend gestattet.





**Ablesebeispiel: Erforderliche Mindestlänge  $L_{B \text{ erf}}$**

$d_M = 520 \text{ mm}$   
 $d_S = 220 \text{ mm (} 4\frac{1}{4}'' \times 6'')$  }  $\frac{d_M - d_S}{2} = 150 \text{ mm}$

Erforderliche Mindestlänge der Seilbohr-garnitur = 7000 mm

$L_{B \text{ erf}} = (L_{SS} + L_{SM}) + L_M$

**Ablesebeispiel: Gesamtmasse  $G_B$**

Bohr-garnitur  $4\frac{1}{4}'' \times 6''$  mit  
 $d_M = 520 \text{ mm}$   
 bei  $L_{B \text{ erf}} = 10500 \text{ mm u. } L_M = 1500 \text{ mm}$

$L_{SS} + L_{SM} = 9000 \text{ mm};$   
 $(G_{SS} + G_{SM}) = 2200 \text{ kg}$

$G_M = 450 \text{ kp}$  (Entnahme aus ent-sprechenden Tabellen-werken)

$G_B = (G_{SS} + G_{SM}) + G_M = 2200 + 450 = 2650 \text{ kg}$

Bild 4. Bestimmung der erforderlichen Mindestlänge  $L_{B \text{ erf}}$  und der Gesamtmasse  $G_B$  der Seilbohr-garnitur  
 1 Seilmuffe; 2 Schwerstange oder Schwerstangen; 3 Bohrmeißel; L Länge in mm; G Masse in kg;  $d_M$  Schneidmaß des Bohrmeißels in mm;  $d_S$  Seilmuffen- und Schwerstangendurchmesser in mm  
 Indizes: B Bohrgarnitur; M Bohrmeißel; SS Schwerstangen; SM Seilmuffe

### 2.3.2. Seilbohrgarnitur

#### Aufbau der Seilbohrgarnitur

Der in Bild 4 angegebene Aufbau der Bohrgarnitur enthält nicht die international gebräuchliche Rutschschere.

Auf Grund der großen Differenz zwischen dem Bohrdurchmesser und dem Bohrgarniturdurchmesser in der Brunnenbohrtechnik führt die Bohrgarnitur im Bohrloch Taumelbewegungen aus, wodurch es auch auf Grund der großen Bohrgarniturmasse zu Brüchen der Rutschscheren kommen kann. Weiterhin können durch den Einsatz einer Rutschschere 15 bis 20% der Bohrgarniturmasse nicht als Schlagmasse genutzt werden.

Damit sind

- der Bohrmeißel,
- eine oder mehrere Schwerstangen und
- die Seilmuffe mit der Seilhülse

die Hauptbestandteile der Bohrgarnitur. Für eine Seilbohrgarnitur in ihrer Gesamtheit sind die

- Länge,
- Durchmesser verhältnisse zum Bohrdurchmesser und
- Masse

entscheidende Kriterien.

Das Nomogramm des Bildes 4 zeigt deutlich, daß die Gesamtlänge der Bohrgarnitur und das Verhältnis der Seilmuffen- bzw. der Schwerstangendurchmesser zum Bohrdurchmesser einen entscheidenden Einfluß auf die maximal erreichbare Schlagzahl ausüben.

#### Bohrwerkzeug

Auch beim Seilbohren im Festgestein ist die zentrale Bedeutung der Bohrwerkzeuge für die Effektivität dieses Verfahrens voll gegeben. Dabei sind in der konstruktiven Ausführung Bohrwerkzeuge erforderlich, die

- eine gute Anpassung der Meißelschneide an das zu durchbohrende Gestein,

- einen niedrigen hydrodynamischen Widerstand zur Erzielung einer hohen Schlaggeschwindigkeit bei gleichzeitiger intensiver Bohrkleinaufschlammung,
- ein rundes Bohrloch bei niedriger Umsetzkraft und
- eine kostensparende Regenerierung derselben garantieren.

Basis für die Ausführung des Bohrwerkzeuges muß stets das Bohrprogramm sein. Aus diesem Grunde wird der in dem Bild 5 dargestellte Seilbohrmeißel eingesetzt. Dieser Meißel besitzt für die unterschiedlichen Gesteine lediglich zwei Winkelgrößen der Meißelschneide, und zwar 1,571 rad und 2,094 rad ( $90^{\circ}$  und  $120^{\circ}$ ). Durch Auftragsschweißungen wird die Meißelschneide bei Verschleißerscheinungen regeneriert, und der vorgegebene Winkel der Meißelschneide (s. Tabelle 3) wird ständig den konkreten Bohrbedingungen genau angepaßt.

Der hohe Anteil von Tonstein-Wechsellagerungen des geologischen Profils im Teufenbereich der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung im Festgestein der DDR hat abhängig von der Zusammensetzung des Tonsteins sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf den Einsatz des Seilbohrverfahrens.

Zur Vermeidung der durch diese besonderen geologischen Bedingungen hervorgerufenen bohrtechnischen Schwierigkeiten werden Nachräumer eingesetzt (s. Bild 5). Dieser Nachräumer ist so ausgeführt, daß er innerhalb kurzer Zeit montiert bzw. demontriert werden kann. Die stegförmigen Arbeitsschneiden des Nachräumers zerkleinern bei der Bewegung des Bohrmeißels die sich an der Bohrlochwand befindenden Zusammenballungen des Tonsteins und gestatten so ein komplikationsloses Ausfahren der Bohrgarnitur nach einem Bohrmarsch.

### Schwerstangen und Seilmuffe mit Seilhülse

Während des Schlagbohrvorganges treten in der Bohrgarnitur nicht nur hohe dynamische Belastungen in axialer Richtung auf, sondern auch bedeutende Biegewechselbeanspruchungen müssen von der gesamten Bohrgarnitur ertragen werden.

Aus diesem Grunde müssen folgende konstruktive Gestaltungsfragen beachtet werden:

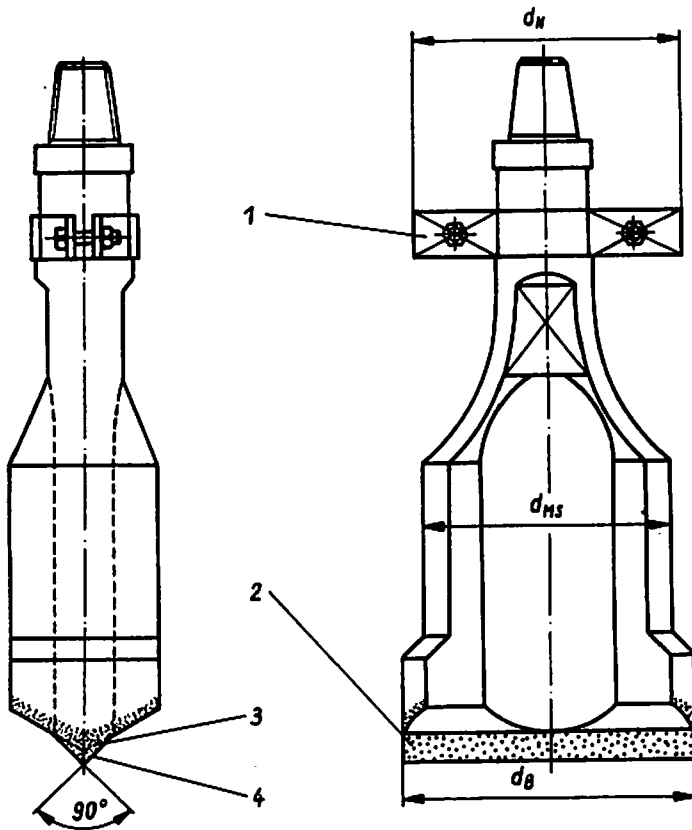


Bild 5. Seilbohrmeißel (mit Nachräumer)

1 Nachräumer

$$d_N = d_B + d_{MS}$$

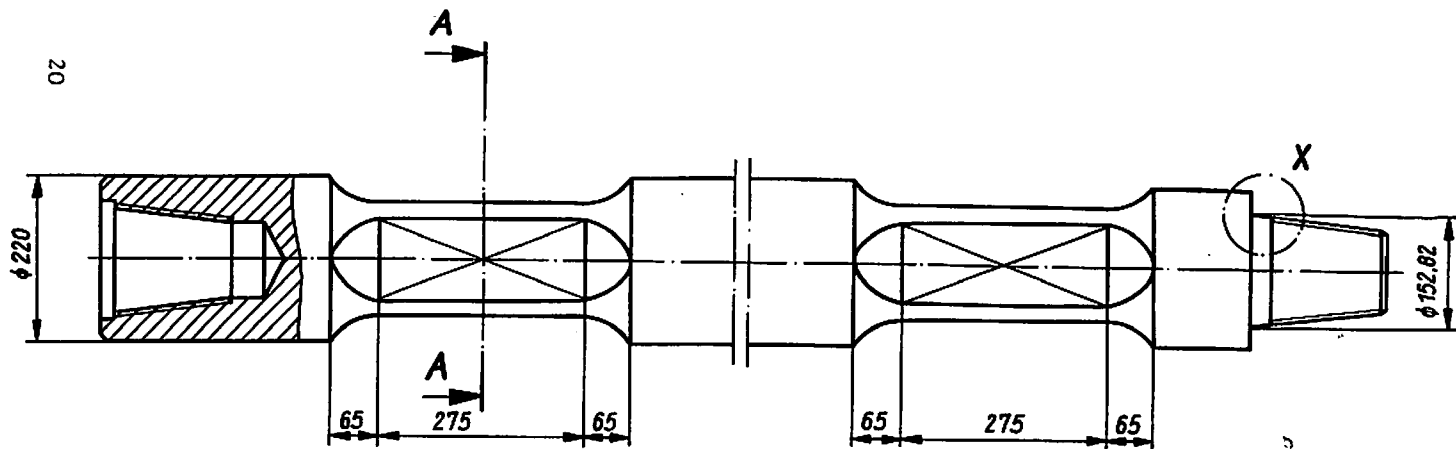
2

2 Zonen der Auftragsschweißung

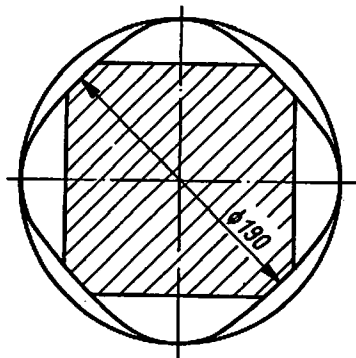
3 Verlauf der Meißelschneide bei 120° Meißel-  
schneidenwinkel

4 Vorschneide bei 90° Meißelschneidenwinkel

- Weglassen der Fangrillen, verbunden mit dem Einsatz von Fangwerkzeugen, die im Bereich der Schlüsselflächen angreifen
- Einhaltung großer Übergangsradien der Schlüsselflächen und gleichzeitiges Abdrehen der Schlüsselflächenkanten
- Abschleifen der Bearbeitungsflächen im Bereich der Schlüsselflächen



Schnitt A-A



Einzelheit X

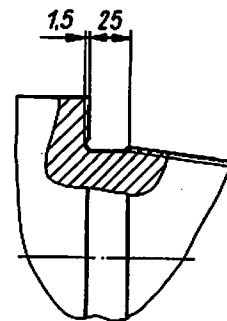


Bild 6. Darstellung der Konstruktionsmerkmale der Seilbohrschwerstangen 4 1/4" x 6" - Schwerstangenausführung

- Einhaltung der erforderlichen Mindestlänge der Seilbohrgarnitur entsprechend Bild 4, um durch die Verringerung der Amplitude der Taumelbewegungen der Bohrgarnitur die Biegewechselbeanspruchungen herabzusetzen

Damit erhält eine Seilbohrschwerstange die im Bild 6 am Beispiel einer 4 1/4" x 6" - Schwerstangenausführung dargestellten Konstruktionsmerkmale.

Durch die Herausnahme der Rutschschere aus der Seilbohrgarnitur ist es notwendig, eine neue Möglichkeit für den Bohrseillängenausgleich zu schaffen, um Bohrseilbrüche über der Seilmuffe zu vermeiden. Diese Funktion wird durch eine veränderte Konstruktion der Seilmuffe von derselben übernommen, die eine vertikale Verschiebung der mit dem Bohrseil verbundenen Seilhülse um etwa 400 mm gestattet.

### Gewindeverbindungen

Die Verbindung zwischen den einzelnen Hauptbestandteilen der Seilbohrgarnitur wird durch Gewindeverbindungen hergestellt. Dieses keglige Gewinde ist ausgehend von den API- und GOST-Standards in der TGL O-4938 für die DDR standardisiert worden. Dabei ist zu beachten, daß das Gewinde unbedingt mit einer Entlastungsrille ausgeführt werden muß (s. Bild 6). Häufige Havariursache beim Seilbohren ist besonders das unkontrollierte Lösen der Gewindeverbindungen der Bohrgarnitur im Bohrloch. Mit dem im Bild 7 dargestellten Diagramm können für alle in der TGL O-4938, Bl. 2, aufgeführten Seilbohrgarniturdimensionen die erforderlichen Verschraubmomente ermittelt werden. Der darin gezeigte Streubereich verdeutlicht den großen Einfluß des Reibungskoeffizienten  $\mu$ , der durch den Zustand der Gewindeverbindungen und deren Pflege besonders beeinflußt wird. Die erforderlichen Drehmomente für das Verschrauben werden mit Hilfe von entsprechenden Hubzügen oder einer Sonderkonstruktion am Bohrgerät erzeugt und mit dazugehörigen Schlüsseln auf die Gewindeverbindungen übertragen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Zuordnung der Gewindegrößen zu den Schneiddurchmessern der Meißel. Dabei steht das Ziel im Vordergrund, bei einer vorgegebenen Seilbohrgarniturlänge eine

maximale Schlagmasse zu erhalten, da mit der Gewindenenngröße gleichzeitig der Außendurchmesser der Schwerstangen festgelegt ist (s. Tabelle 2).

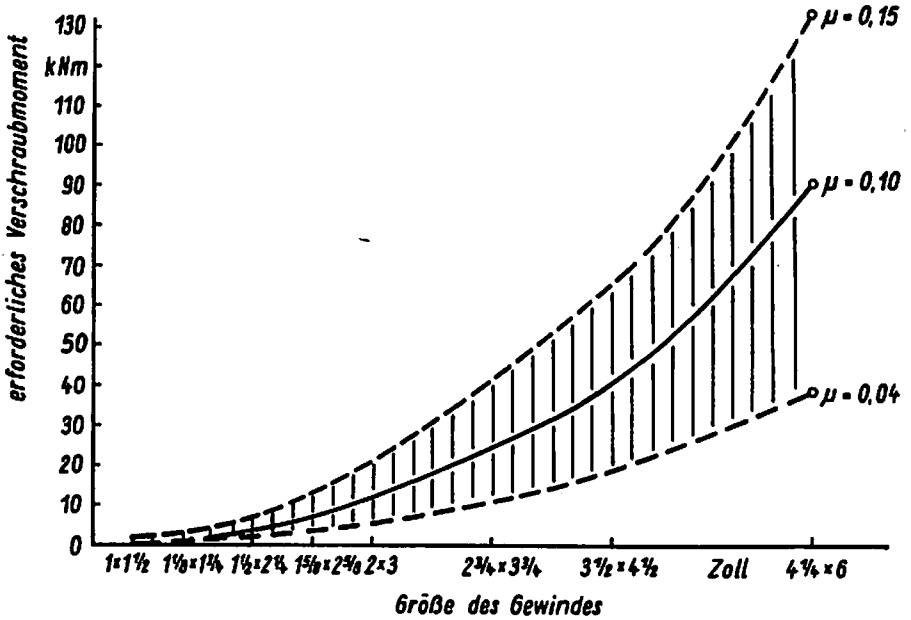


Bild 7. Erforderliches Verschraubmoment von Gewindeverbindungen von Seilbohrgarnituren

Tabelle 2. Kombination der Schneiddurchmesser der Seilbohrmeißel und der Gewindegrößen

Schneiddurchmesser	140	243	346	346	490	690
der Seilbohrmeißel				394	590	790
in mm	190	295	394	445		
Gewindegrößen						
in Zoll	$1 \frac{5}{8} \times 2 \frac{5}{8}$	$3 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{2}$	$4 \frac{1}{4} \times 6$			

### 2.3.3. Schlammwerkzeuge und Bohrkleinaustrag

Da beim Seilbohren ohne Spülungskreislauf gearbeitet wird, muß nach dem Abbohren eines bestimmten Bohrintervalls die Bohrgarnitur aus dem Bohrloch ausgefahren werden, um das über der Bohrlochsohle befindliche Bohrklein austragen zu können. Der Bohrkleinaustrag erfolgt mit einem Schlammwerkzeug. Dabei kommen Spatenventile /5/ oder Kiespumpen der TGL 23 974, Bl. 8, zum Einsatz.

Ein Schlammwerkzeug muß neben seiner Hauptaufgabe auch gleichzeitig ein Kalibrieren des Bohrloches ermöglichen, um sofort zu erkennen, daß infolge des fehlenden Umsetzens des Bohrmeißels beim Bohren kein vollkommen rundes Bohrloch entstanden ist, wodurch Havarien verursacht werden können.

Dazu ist eine entsprechende Abstimmung der Schneiddurchmesser der Seilbohrmeißel mit den Nennmaßen der Schlammwerkzeuge notwendig, wie es im Bild 8 angegeben ist.

Schneiddurchmesser der Seilbohrmeißel in mm	140	190	243	295	348	394	445	490	590	690	790
Schlammwerkzeug (Nennmaß nach TGL 23 974, Blatt 8) in mm	80 (60 bis 110)										
	112 (78 bis 128)										
	140 (50 bis 150)										
	175 (65 bis 165)										
	226 (67 bis 167)										
	332 (58 bis 158)										
	426 (64 bis 194)										
	(92 bis 192) 528										
	(100 bis 200) 620										

Bild 8. Kombination der Schneiddurchmesser der Seilbohrmeißel von Seilbohrgarnituren



Beim Schlämmvorgang ist es besonders wichtig, stets eine Restbohrkleinsäule im Bohrloch zu belassen, um beim nachfolgenden Meißelmarsch bereits eine für das neu entstehende Bohrklein aufnahmefähige Bohrkleinsäule zur Verfügung zu haben.

#### 2.3.4. Seilbohrregime /6/

Zu den Parametern der Bohrregime beim Seilbohren im Festgestein gehören

- Schlagmasse
- Schlaghöhe
- Schlagzahl
- Meißelüberhang
- Wechselfolge zwischen dem Bohr- und dem Schlämmvorgang innerhalb eines Gesamtbohrmarsches
- Winkel der Meißelschneide

Schlagmasse, Schlaghöhe und Schlagzahl werden in ihren maximal und minimal zu erreichenden Werten von den Parametern des Bohrgerätes dominierend beeinflusst. Die Tatsache, daß die stärkste Entwicklung des Seilbohrens von außerhalb der Brunnenbohrtechnik stehenden bohrtechnischen Zweigen vorangetrieben wurde, hat sich besonders auf diese Parameter des Bohrregimes ausgewirkt, da die in der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung dominierenden Bohrdurchmesser in den anderen Einsatzgebieten des Seilbohrens nur eine untergeordnete Bedeutung besitzen.

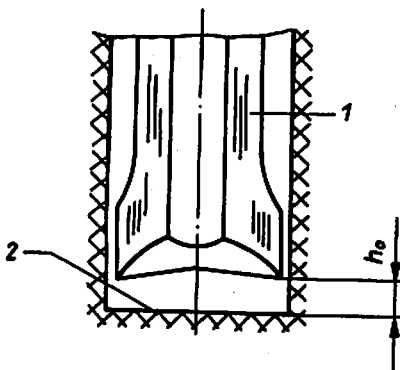


Bild 9  
Schema des Meißelüberhangs  $h_0$   
1 Seilbohrmeißel  
2 Bohrlochsohle

Tabelle 3. Zusammenstellung der Seilbohrregime

Bohranlage: UKS-30 M  
 Bohrseil: E 24 x 160 z/S, TGL 17 555  
 Teufenbereich: 0 bis 200 m

Winkel der Meißelschneide	Gestein	Bohr- durch- messer	Schlag- masse	Schlag- höhe	Schlagzahl zu Beginn des Bohrmarsches	Meißel- überhang	Wechsel vom Bohrvorgang zum Schlamm- vorgang beim Absinken der Schlagzahl auf
in rad (in grd)		in mm	in t	in mm	in s <sup>-1</sup> (in min <sup>-1</sup> )	in mm	in s <sup>-1</sup> (in min <sup>-1</sup> )
1,308...1,571 (75...90)	Kalkstein-Ton- stein-Wechsel- lagerung	490	2,2		0,70 (42)		0,63 (38)
		490	2,6		0,67 (40)		0,60 (36)
		690	3,0	820	0,60 (36)	30...50	0,53 (32)
		790	3,0		0,53 (32)		0,47 (28)
1,483...1,745 (85...100)	Sandstein-Ton- stein-Wechsel- lagerung	490	2,2		0,70 (42)		0,63 (38)
		590	2,6		0,67 (40)		0,60 (36)
		690	3,0	820	0,60 (36)	50...70	0,53 (32)
		790	3,0		0,53 (32)		0,47 (28)
1,308...1,571 (75...90) oder 1,483...1,745 (85...100) entsprechend der Wechsel- lagerung	Tonstein	490	2,2 <sup>1)</sup>		0,63 (38)		0,57 (34)
		590	2,6		0,58 (35)		0,52 (31)
		690	3,0	820	0,50 (30)	0	0,43 (26)
		790	3,0		0,45 (27)		0,37 (22)
2,007...2,269 (115...130)	Magmatit- Metamorphit- Wechsel- lagerung	490	3,0		0,70 (42)		0,63 (38)
		590	3,0		0,67 (40)		0,60 (36)
		690	3,0	820	0,60 (36)	70...90	0,53 (32)
		790	3,0	(600)	0,32 (32)		0,47 (28)

1) Die angegebene Schlagmasse ist nur mit dem Wert, der ein Festschlagen des Bohrwerkzeuges ausschließt, einzusetzen.

Der Meißelüberhang ist im Bild 9 dargestellt. Er ist der Abstand zwischen der Bohrlochsohle und der Meißelschneide, wenn sich der Seilbohrmeißel mit der Seilbohrgarnitur in der unteren Ruhelage befindet. Dieser Überhang ist erforderlich, damit durch die Elastizität des Bohrseiles und des Stoßdämpfers der Rückhub der Bohrgarnitur unterstützt und somit zusätzlich beschleunigt wird. Dadurch tritt eine Entlastung des Schlagwerkes ein, und gleichzeitig werden die Taumelbewegungen der Bohrgarnitur beim Aufschlag des Bohrmeißels auf die Bohrlochsohle gedämpft. Die Wechselfolge zwischen dem Bohr- und dem Schlämmvorgang ist auf Grund des diskontinuierlichen Bohrgutaustrages beim Seilbohren im Festgestein wesentlich für eine maximale Bohrgeschwindigkeit. Der Zeitpunkt für den Beginn des Schlämmvorganges wird dadurch charakterisiert, daß durch die entstehende Bohrkleinsäule die Widerstände beim Schlagvorgang anwachsen und es zu einer Verringerung der Schlagzahl und damit der Bohrgeschwindigkeit kommt.

Der Winkel der Meißelschneide des Bohrmeißels soll in diesem Zusammenhang zum Bohrregime gezählt werden, da diese Kenngröße auf Grund der großen dynamischen Belastungen besonders sorgfältig auf das jeweilige Gestein abgestimmt werden muß. Dabei wird die Größe des Schneidenwinkels bis in die unmittelbare Nähe des Wertes verringert, wo bei einem Unterschreiten abhängig vom Gestein während des Schlagbohrvorganges Meißelschneidenbrüche auftreten. Die in der Tabelle 3 enthaltenen Bohrregime garantieren ausgehend von den geologischen Bedingungen und Kennwerten des Bohrprogramms eine volle Kapazitätsauslastung des Bohrgerätes und somit auch eine hohe Effektivität der Bohrarbeiten.

#### 2.4. Einschätzung des erreichten Standes des Seilbohrens

Bei der Einschätzung des Seilbohrens im Festgestein in der Brunnenbohrtechnik der DDR sind die Bohrdurchmesser-Verhältnisse und Bohrteufen mit den damit verbundenen hydrogeologischen Bedingungen und Forderungen von entscheidender Bedeutung. Dabei werden auf den technisch-ökonomischen Teilgebieten, wo eine gleiche

Ausgangsbasis gegeben ist, Vergleiche mit dem parallel zum Einsatz kommenden Linksspülbohrverfahren gezogen.

Die Ermittlung der Bohrwerkzeugstandlänge ist beim schlagenden Bohren an andere Bedingungen geknüpft als beim drehenden Bohren, da beim Seilbohrmeißel jede auftretende Verschleißerscheinung der Meißelschneide durch eine elektrische Auftragsschweißung wieder regeneriert wird. Das führt dazu, daß die spezifischen Bohrwerkzeugkosten beim Seilbohren, dargestellt als Bohrwerkzeugkosten pro Bohrmeter, wesentlich unter denen des Linksspülbohrens liegen. Diese Tendenz ist besonders stark beim Bohren in Magmatit-Metamorphit-Wechselagerungen ausgeprägt. Für die Leistungsfähigkeit der Bohrwerkzeuge und des entsprechenden Bohrregimes ist die mechanische Bohrgeschwindigkeit  $v_{\text{mech}}$  eine wichtige Kenngröße. Die für das Seilbohren teilweise niedrigeren Werte von  $v_{\text{mech}}$  werden bei Effektivitätsbetrachtungen durch geringeren Grundmitteleinsatz, geringere Bohrwerkzeugkosten und durch den Einsatz von zwei Arbeitskräften in der Schicht beim Seilbohren gegenüber dem Linksspülbohren wieder kompensiert. Das führt dazu, daß beim Vergleich der auf eine Arbeitskraft bezogenen Leistungseinheiten das Seilbohren die gleichen Produktivitätskennziffern erreicht wie das Linksspülbohren. Es kann eingeschätzt werden, daß das Seilbohren mehr leistet, als nur die im Abschnitt 2.1. genannten, vom Linksspülbohrverfahren nicht zu bewältigenden Bedingungen und Forderungen in der Rolle des einzigen Alternativverfahrens unter Vernachlässigung der ökonomischen Ergebnisse zu erfüllen. Das bedeutet, daß der ökonomische Einsatz dieses Bohrverfahrens gleichberechtigt in einer hydrogeologisch und bohrtechnisch begründeten gegenseitigen Ergänzung mit dem Linksspülbohrverfahren gegeben und notwendig ist.

Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Seilbohrverfahrens als schlagendes Bohrverfahren wird gegenwärtig der Einsatz eines weiteren Schlagbohrverfahrens für die hydrogeologische Erkundung und Erschließung des Festgesteins vorbereitet - das Bohren mit Versenkhammern.

## 2.5. Hammerbohren mit Versenkhämmern

### 2.5.1. Anwendungsgebiete des Hammerbohrens im Festgestein

Das Bohren mit Versenkhämmern, die auch Versenkhammer, Tieflochhämmer, Unterflurhämmer oder Tauchhämmer genannt werden, stellt gegenwärtig eine progressive Entwicklung der schlagenden Bohrverfahren dar und beginnt in der jüngsten Zeit, sich auch in der Brunnenbohrtechnik im Festgestein durchzusetzen (englisch "hammerdrill").

Ausgehend von einer hydrogeologisch begründeten Bohrdurchmesser-  
verringering in der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung des Festgesteins in der DDR und des damit verbundenen Anteils von 25% der Festgesteinsbrunnen mit einem Endbohrdurchmesser  $\leq 300$  mm, ergeben sich für den Einsatz der Versenkhammer als Einzelhammer entsprechende Aufgabengebiete. Diese sind das Abteufen von Brunnenbohrungen in dem genannten Endbohrdurchmesserbereich in Magmatiten, Metamorphiten, Sandsteinen (mit quarzitischem Bindemittel) und Kalksteinen. Die Endbohrdurchmesser unterhalb 300 mm werden sich in der DDR besonders in Magmatiten und Metamorphiten einsetzen lassen, da der Mittelwert der Brunnenförderleistung in diesen Gesteinen nur  $3,47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) beträgt.

### 2.5.2. Wirkungsweise des Hammerbohrens mit Versenkhämmern

Nach BERUBE /13/ wird die Entwicklung des mit Druckluft arbeitenden Hammerbohrens in drei Generationen eingeteilt:

#### 1. Generation

- Anordnung des Bohrhammers mit Rotationseinrichtung über Tage
- Einsatz von Hohlgestänge
- Ausführung der Bohrkronen als Stahlkronen

#### 2. Generation

- Anordnung des Bohrhammers mit Rotationseinrichtung über Tage

- Einsatz von Hohlgestänge
- Ausführung der Bohrkronen mit Hartmetallschneidenelementen

### 3. Generation

- Anordnung des Bohrhammers ohne Rotationseinrichtung unter Tage
- Anordnung der Rotationseinrichtung über Tage
- Einsatz von Hohlgestänge
- Ausführung der Bohrkronen mit Hartmetallschneidenelementen

Der wesentliche Qualitätssprung der dritten Generation liegt in der Anordnung des Bohrhammers direkt über der Bohrkronen und in der Trennung der Rotationseinrichtung von dem sich dadurch ergebenden Unterflurhammer, wodurch dieser nur noch zur Erzeugung der notwendigen Schlagenergie dient. Die erforderliche Rotationsbewegung wird durch einen separaten Antrieb von über Tage mit dem Bohrgestänge auf das Bohrwerkzeug übertragen. Die gesamte technische Ausführung des Bohrens mit Versenkhammern reduziert wesentlich die bei den ersten beiden Generationen entstehenden Übertragungsverluste, da die Schlagenergie des Schlagkolbens des Versenkhammers (Bild 10) direkt auf die Bohrkronen übertragen wird.

Die Druckluft dient beim Bohrverfahren zur Übertragung der Arbeitsenergie für den Versenkhammer und gleichzeitig als Spülungsmedium. Dabei wird die Druckluft im Bohrgestänge zum Versenkhammer geführt und steigt nach der Abgabe der Arbeitsenergie im Bohrhammer durch den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Bohrgestänge unter Mitnahme des Bohrkleins nach über Tage auf. Der Luftvolumenstrom ergibt sich aus den Kenndaten des Versenkhammers und muß nach /13/ so bemessen sein, daß für den Austrag des Bohrkleins und auftretender Wasserzuflüsse im Ringraum zwischen dem Bohrgestänge und der Bohrlochwand eine Luftgeschwindigkeit von etwa  $23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  garantiert wird. Die mechanische Bohrgeschwindigkeit der Versenkhammer ist dem Luftdruck direkt proportional.

### 2.5.3. Technik und Technologie des Hammerbohrens

#### Bohrgerät

Als Bohrgerät für das Hammerbohren mit Versenkhämmern eignen sich Bohranlagen, die mit modernen Bohrmasten für das Drehbohren ausgerüstet sind. Solche Bohrmasten besitzen eine steuerbare Vorschubeinrichtung, die auf den sich an Führungsschienen bewegendem Bohrwagen wirkt. Der Bohrwagen ist dann der Träger notwendiger Rotationseinrichtungen, die auch gleichzeitig die erforderliche Druckluft in die eigentliche Bohrgarnitur leiten. Somit stellt die Einführung dieses Bohrverfahrens für die modernen Drehbohrgeräte in der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung eine wesentliche Erweiterung des Einsatzgebietes dar, da die für das Bohren mit Versenkhämmern notwendige Bohrgarnitur an die Kraftspülköpfe der Flachbohranlagen angeschlossen und somit gesteuert und gedreht werden kann, während gleichzeitig durch den Kraftspülkopf die notwendige Arbeits- und Spülluft in die Hammerbohrung geführt wird.

Der Kraftspülkopf muß aber gleichzeitig auch die Durchführung des Linksspül- oder Rechtsspülbohrens gestatten, damit das über dem Festgestein lagernde Lockergestein mit diesem Bohrverfahren durchteuft werden kann.

Gleichzeitig sollte das Bohrgerät mit einer Dosierpumpe ausgerüstet sein, damit eine Wasser- bzw. Wasser-Schäumergemisch-Zufuhr in den Luftstrom erfolgen kann.

#### Hammerbohrungarnitur

Die Hammerbohrungarnitur besteht aus

- Bohrkrone
- Versenkhammer
- Bohrgestänge

Die Bohrkrone, mit Hartmetallschneidenelementen bestückt, ist das vorherrschende Bohrwerkzeug beim Bohren mit Versenkhämmern. Mit einem Schaft, der mit einem Keilwellenprofil versehen ist, wird die Bohrkrone mit dem Versenkhammer verbunden (Bild 10). Diese Bohrwerkzeuge werden gegenwärtig für Schneiddurchmesser

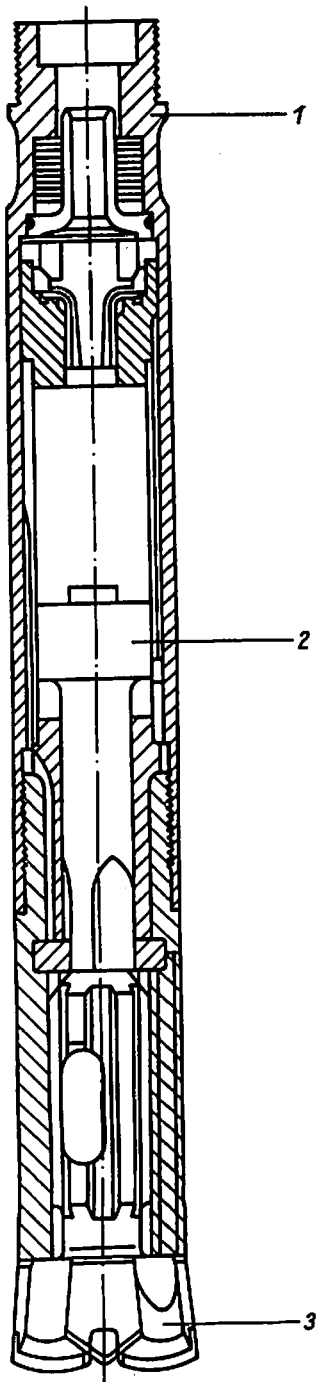


Bild 10  
 Aufbau eines  
 Versenkhammers  
 1 Bohrhammer-  
 gehäuse  
 2 Schlagkolben  
 3 Bohrkronen mit  
 Hartmetall-  
 schneidelementen

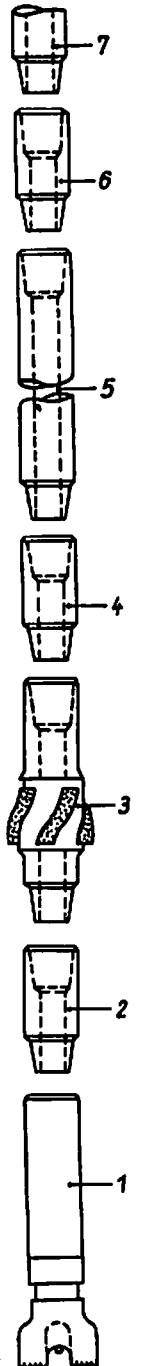


Bild 11  
 Aufbau der Hammer-  
 bohrgarnitur  
 1 Bohrkronen  
 2 Versenkhammer  
 3 Stabilisator bzw.  
 Nachräumer  
 4 Übergang  
 5 Bohrgestänge  
 6 Übergang  
 7 Anschluß des  
 Kraftspülkopfes



von 65 bis 445 mm hergestellt, wobei die Bohrwerkzeuge der größeren Bohrdurchmesser als Erweiterungsbohrkronen ausgebildet sind. In der DDR stehen gegenwärtig für dieses Bohrverfahren Bohrkrone bis zu einem Bohrdurchmesser von 100 mm zur Verfügung.

Der Versenkhammer ist das charakteristische Merkmal der Bohrgarnitur bei diesem Hammerbohrverfahren. Das Bild 10 zeigt den generellen Aufbau von Versenkhammern. Dabei ist zu erkennen, daß der Schlagkolben direkt auf die Bohrkrone wirkt, wodurch die Schlagenergie ohne große Übertragungsverluste direkt am Bohrwerkzeug wirksam wird. Das ist auch der Hauptgrund für die hohe Effektivität dieses Bohrverfahrens. Die Versenkhammer werden mit ihren unterschiedlichen Baugrößenausführungen, abgestimmt auf den Schneiddurchmesser der Bohrkrone, eingesetzt. Die Versenkhammer arbeiten mit Schlagzahlen im Bereich von  $12,5$  bis  $33,3 \text{ s}^{-1}$  ( $760$  bis  $2000 \text{ min}^{-1}$ ), wobei die Arbeit je Schlag von  $30$  bis  $300 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $3$  bis  $30 \text{ kp}\cdot\text{m}$ ) reicht. Für den Einsatz in der Brunnenbohrtechnik ist besonders die Eignung der Versenkhammer beim Bohren unterhalb des Wasserspiegels von besonderer Wichtigkeit. Oberhalb des Versenkhammers wird häufig ein Stabilisator bzw. Nachräumer in die Hammerbohrgarnitur eingesetzt (Bild 11).

Das Bohrgestänge dient beim Bohren mit Versenkhammern für die Steuerung der Arbeit des Versenkhammers. Mit dem Bohrgestänge wird die Druckluft zum Bohrhammer geleitet, die Rotationsbewegung von über Tage übertragen und der Bohrdruck reguliert. Dabei liegt die Belastung des jeweiligen Bohrgestänges wesentlich niedriger als beim Rotarybohren mit Flüssigkeitsspülung. Somit ist jedes Rotarybohrgestänge für den Einsatz bei diesem Hammerbohrverfahren geeignet.

Bei der Auswahl des Bohrgestänges sind die Durchmesserhältnisse zwischen dem Gestänge und dem Bohrloch wichtig, wobei auf einen kleinen Ringraumquerschnitt zu orientieren ist. Dadurch wird bei einem gegebenen Luftvolumenstrom eine maximale Aufstiegs geschwindigkeit, die zum Austrag des Bohrkleins und vorhandener Wasserzuflüsse notwendig ist, erreicht. Spezialbohrgestänge für das Hammerbohren mit Versenkhammern ist innen und

außen glatt, wodurch geringe Druckverluste und günstige Voraussetzungen für den Bohrkleinaustrag gegeben sind.

### Hammerbohrregime

Zu den wichtigsten Parametern des Bohrregimes beim Hammerbohren mit Versenkhämmern gehören:

- Hammerbelastung (Bohrdruck)
- Drehzahl
- Luftdruck
- Luftvolumenstrom

Die Parameter des Bohrregimes sind beim Hammerbohren genau nach den Angaben des jeweiligen Hammertyps einzuhalten, so daß die weiteren Ausführungen zum Hammerbohrregime lediglich als Orientierungswerte zu betrachten sind.

Die Hammerbelastung ist erforderlich, damit die vom Versenkhammer erzeugte Schlagenergie mit der Bohrkronen auf das zu durchbohrende Gestein für die Gesteinszerstörung übertragen werden kann. Die Hammerbelastung wird abhängig von der Baugröße des Versenkhammers in einem Bereich von 100 bis 1500 kg gewählt.

Die ständige Rotation des gesamten Versenkhammers ist notwendig, damit ein kreisendes Bohrloch abgebohrt wird. Die dazu notwendige Drehzahl wird von einer Rotationseinrichtung des Bohrgerätes über das Bohrgestänge auf den Hammer übertragen. Dabei liegt diese Drehzahl in einem Bereich von  $0,25$  bis  $2,5 \text{ s}^{-1}$  ( $15$  bis  $150 \text{ min}^{-1}$ ).

Der Luftdruck der Arbeitskraft hat einen entscheidenden Einfluß auf die Funktion des Bohrhammers und beeinflusst die erreichbare mechanische Bohrgeschwindigkeit (s. Abschnitt 2.5.4.). Bei Versenkhämmern, die unterhalb des Wasserspiegels eingesetzt werden, muß der hydrostatische Druck der überlagernden Flüssigkeitssäule besonders in der Phase des Beginns der Zirkulation der Luftspülung berücksichtigt werden. Für den Einsatz beim Bohren mit Versenkhämmern sind Kompressoren mit Enddrücken von  $0,5$ ;  $1$ ;  $1,5$ ;  $2$  und  $2,5 \text{ MPa}$  ( $5$ ;  $10$ ;  $15$ ;  $20$  und  $25 \text{ kp}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) im Einsatz. Die Verwendung von Kompressoren der oberen Druckstufen garantiert eine mechanische Bohrgeschwindigkeit in härtesten Gestei-

nen, die in der modernen Rotarybohrtechnik nur bei einer Bohrmeißelbelastung von  $1,36\text{-t}\cdot\text{cm}\cdot\text{Meißeldurchmesser}^{-1}$  erreicht werden /13/.

Der Luftvolumenstrom ist in erster Linie von der Baugröße des Versenkhammers abhängig. Da aber der Luftvolumenstrom eine besondere Aufgabe beim Bohrkleinaustrag zu erfüllen hat und die dafür notwendigen Luftvolumina größer sind als die für den Betrieb des Hammers erforderlichen Werte, sind in der Regel die Verhältnisse der Säuberung des Bohrloches ausschlaggebend für die Dimensionierung des Luftvolumenstromes. Dabei stellen Luftaufstiegsgeschwindigkeiten im Ringraum von  $23\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  Spitzenwerte dar, wobei auch schon bei  $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  eine vertretbare Säuberung der Bohrlochsohle erreicht wird. Besonders wichtig wird der leistungsfähige Betrieb der Versenkhammer bei Wasserzuflüssen, die in der Brunnenbohrtechnik das Ziel der Bohrarbeiten darstellen. Die Wasserzuflüsse können mit gesteigerten Luftvolumina oder in besonderen Fällen durch den Einsatz von Schäumern beherrscht werden. Diese Schäumer werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Sie müssen aber für den Einsatz in der Brunnenbohrtechnik physiologisch unbedenklich sein. Schäumer werden mit Wasser gemischt und mit einer Dosierpumpe dem Luftstrom zugeführt. Sie dienen zur

- Verringerung der Staubentwicklung
- Verhinderung des Zusammenbackens des aufsteigenden Bohrkleins im Bohrloch bei sehr geringen Grundwasserzuflüssen
- Senkung des hydrostatischen Druckes der im Bohrloch befindlichen Wassersäule
- Havariebekämpfung beim Festwerden der Bohrgarnitur.

Dabei ergeben sich folgende wesentliche Vorteile:

- Verminderung der erforderlichen Kompressorleistung
- Senkung des Energieaufwandes durch Verringerung des Reibungswiderstandes zwischen Bohrgarnitur und Bohrlochwand
- Erhöhung der Bohrgeschwindigkeit durch Verbesserung der Bohrlochsohlenreinigung beim Einsatz des Luft-Schäumer-Gemisches
- Reduzierung der mechanischen Beanspruchung der Bohrlochwand durch die Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit des aufsteigenden Spülluftstromes

Die erforderlichen Kompressoren für dieses Bohrverfahren besitzen Fördervolumenströme in den Abstufungen 0,083; 0,167; 0,25· 0,417 und 0,5 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> (5; 10; 15; 25 und 30 m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>).

#### 2.5.4. Einschätzung des Hammerbohrrens mit Versenkhämmern /2/

Dieses ursprünglich nicht für die Brunnenbohrtechnik entwickelte Bohrverfahren ist in diesem Einsatzgebiet bereits so vervollkommen worden, daß die hier erzielten Ergebnisse denen der anderen Anwendungsgebiete ebenbürtig sind. Das trifft auch auf das Abführen des Bohrkleins mit der Luftspülung aus den unter ständigen Wasserzuflüssen stehenden Brunnenbohrungen zu. Die mechanische Bohrgeschwindigkeit der Versenkbohrhämmer ist vom Luftdruck der Arbeitsluft direkt und vom Luftvolumenstrom soweit abhängig, wie er zur Verbesserung der Bohrlochsohlenreinigung beiträgt. In der Tabelle 4 werden für Versenkhämmern bei 100 mm Schneiddurchmesser der Bohrkronen mechanische Bohrgeschwindigkeiten angegeben, die die Effektivität dieses Bohrverfahrens in seinem Einsatzgebiet nachweisen.

Tabelle 4. Mechanische Bohrgeschwindigkeiten von Versenkbohrhämmern bei einem Bohrdurchmesser von 100 mm /14/

Gestein	Bohrgeschwindigkeit bei Luftdruck	
	0,56 MPa in m·s <sup>-1</sup>	1,05 MPa in m·s <sup>-1</sup>
Granit	0,84 · 10 <sup>-3</sup> bis 1,1 · 10 <sup>-3</sup>	1,86 · 10 <sup>-3</sup> bis 2,12 · 10 <sup>-3</sup>
Kalkstein/	1,35 · 10 <sup>-3</sup> bis	2,8 · 10 <sup>-3</sup> bis
Sandstein	1,69 · 10 <sup>-3</sup>	3,2 · 10 <sup>-3</sup>

Das Hammerbohrverfahren mit Versenkbohrhämmern wird als schlagendes Bohrverfahren das Seilbohren nicht in all seinen Einsatzgebieten ablösen können. Es kann jedoch wesentlich dazu beitragen, durch den Einsatz in Magmatiten, Metamorphiten und Sandsteinen mit quarzitischem Bindemittel, wo das Leistungsvermögen

des Linksspül- und des Seilbohrens sehr niedrig ist, eine Effektivitätssteigerung bei den Bohrarbeiten zu erzielen. Die international bekannt gewordenen hohen Bohrgeschwindigkeiten dieses Hammerbohrverfahrens berechtigen zu dieser Schlußfolgerung, wobei jedoch die hohen Investitionskosten für die notwendigen leistungsstarken Kompressoren (Schraubenkompressoren) und für die in der Brunnenbohrtechnik erforderlichen Baugrößen der Versenkhammer einen rationellen Einsatz dieser Ausrüstungen verlangen, der von den Kennwerten des Bohrprogramms abhängig ist und somit eine technisch-ökonomische Einsatzbegründung verlangt.