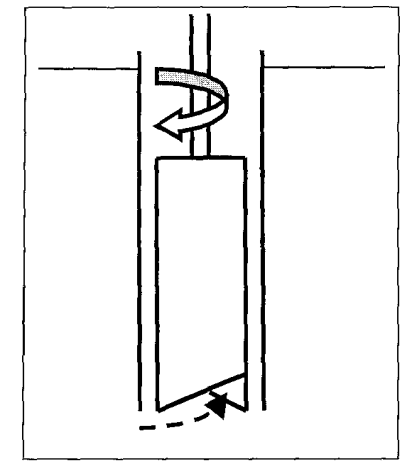
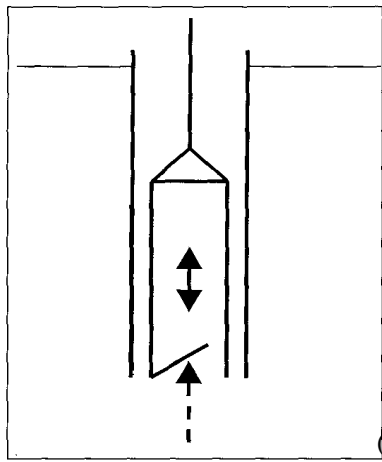
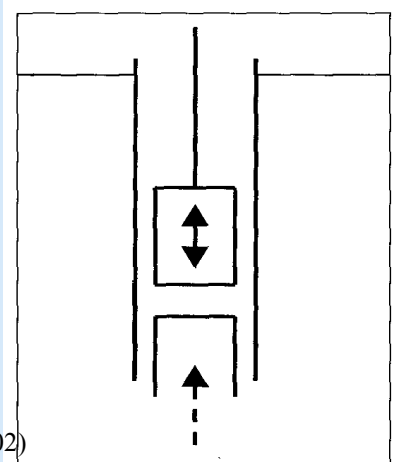


Einteilungskriterien für Bohrverfahren

| Verfahrenstechnische Kriterien | Anwendungstechnische Kriterien |
|--|---------------------------------------|
| Arbeitsweise des Bohrwerkzeuges | Brunnenbohrung |
| Art der Bohrgutförderung | Messstellenbohrung |
| | Aufschlussbohrung |
| | Bohrpfahlbohrung |
| | etc. |

Einteilung der Bohrverfahren

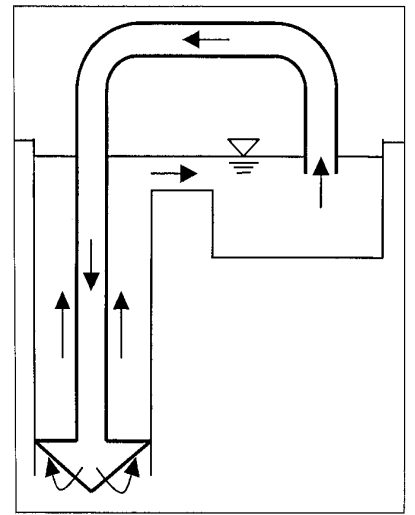
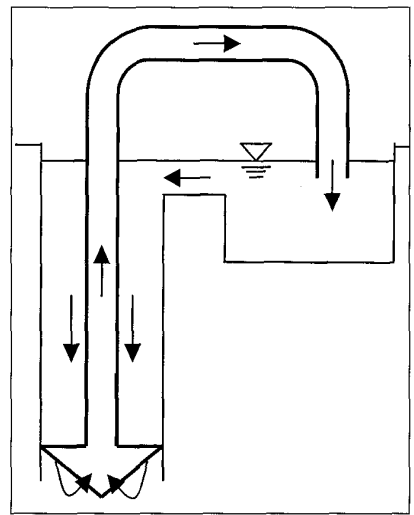
| Bohrverfahren | <i>Trockenbohrverfahren</i> | <i>Spülbohrverfahren</i> |
|--------------------|--|--|
| Kennzeichen | Bohrgutförderung periodisch im Bohrwerkzeug | Bohrgutförderung kontinuierlich in einem Spülstrom |
| Erkennungsmerkmale | meist verrohrte Bohrung Verrohrungseinrichtung Verrohrungsdrehtisch Trockenbohrgestänge oder Bohrseil | meist unverrohrte Bohrung Spülteich, -wannen Spülbohrgestänge |

| Trockenbohren | | |
|--|---|--|
| Drehbohren | Schlagbohren | Rammbohren |
| a) am Gestänge | a) am Seil | a) am Seil |
| b) an Kelly-Stange | | b) am Gestänge |
| c) Endlosschnecke | | |
|  |  |  |

(Abb. Urban 2002)

| Trockenbohren | | |
|---|---|--|
| Drehbohren | Schlagbohren | Rammbohren |
| überwiegend diskontinuierliche Bohrgutförderung, nach jeder Füllung muß das Bohrwerkzeug zur Entleerung aus dem Bohrloch fahren | | |
| <i>Trockenbohrverfahren ohne Bohrgutförderung verdrängen den anstehenden Boden vollständig und arbeiten drehend oder rammend.</i> | | |
| <i>Kontinuierliche Bohrgutförderung erfolgt beim Drehbohren mit Endlosschnecken (Hohlbohrschnecken weisen eine teilverdrängende Arbeitsweise auf)</i> | <i>Beim Schlagbohren schlägt das aktiv arbeitende Bohrwerkzeug im Freifall auf die Bohrlochsohle auf.</i> | <i>Beim Rammbohrverfahren wird das passiv arbeitende Bohrwerkzeug durch auf dieses wirkende, zusätzliche Vorrichtungen eingerammt.</i> |
| <i>Trockenbohrverfahren werden überwiegend bei flachen Bohrungen angewendet.</i> | | |

Spülbohren

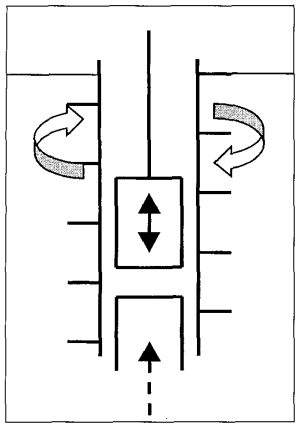
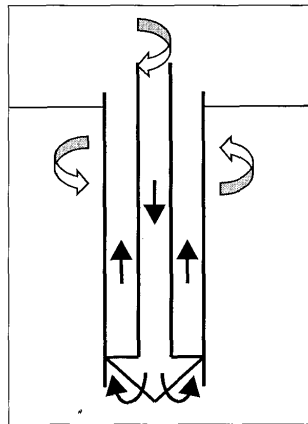
| Direkte Spülbohrverfahren | | Indirekte Spülbohrverfahren | |
|--|-----------------|--|-------------------|
| drehend | drehschlagend | drehend | |
| a) Spüldrehbohren | a) Imlochhammer | a) Saugbohren | a) Lufthebebohren |
| b) Rotary-Bohren | b) Außenhammer | b) Strahlsaugbohren | |
|  | |  | |

(Abb. Urban 2002)

Spülbohren

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>Direkte Spülbohrverfahren <i>auch: Normal-, Rechts- oder Druck-Spülbohrverfahren</i></p> | | <p>Indirekte Spülbohrverfahren <i>auch: Gegenstrom-, inverses, Links- oder Umkehr-Spülbohrverfahren</i></p> | |
| <p>Spülung aufsteigend im Ringraum</p> | | <p>Spülung aufsteigend im Gestänge</p> | |
| <p>drehend</p> | <p>drehschlagend</p> | <p>drehend</p> | |
| <p>a) Spüldrehbohren Antrieb verfahrbarer Kraftspülkopf</p> | <p>a) Imlochhammer</p> | <p>a) Saugbohren Kreiselpumpe und Vakuumpumpe</p> | <p>a) Lufthebebohren Wasserstrahlpumpe</p> |
| <p>b) Rotary-Bohren Antrieb Kellystange mittels Drehtisch</p> | <p>b) Außenhammer</p> | <p>b) Strahlsaugbohren Mammutpumpen-Prinzip</p> | |
| | <p>Einsatz überwiegend im Festgestein</p> | <p>physikalisch bedingt nur begrenzte Teufen</p> | <p>Teufen bis 800 m bereits realisiert</p> |
| <p>sehr große Tiefen erreichbar, allerdings kleine Bohrdurchmesser; Prinzip beim Einspülen von Spülfiltern</p> | | <p>verfahrenstechnisch für große Bohrdurchmesser besonders geeignet</p> | |

Kombinationsbohren

| Hohlbohrschnecken-Verfahren | | Doppelkopfbohrverfahren | |
|--|------------------------|--|------------------------|
| Trockenbohr-kombinationen | Spülbohr-kombinationen | Trockenbohr-kombinationen | Spülbohr-kombinationen |
| a) drehend | a) drehend | a) Gestänge/drehend | a) drehend/drehend |
| b) schlagend | b) drehschlagend | b) Schnecke/drehend | b) drehschl./drehend |
| c) rammend | | | c) drehschl/drehschl |
| <p><i>Bildbeispiel rammend:</i></p>  | | <p><i>Doppelkopf gegenläufig:</i></p>  | |

(Abb. Urban 2002)

Kombinationsbohren

| | | | |
|---|---|---|----------------------------|
| Hohlbohrschnecken-Verfahren | | Doppelkopfbohrverfahren | |
| Arbeitsweise Innenstrang <i>(Hohlbohrschnecke dient als Verrohrung oder Standrohr)</i> | | Arbeitsweise Innen-/Außenstrang <i>(gleichzeitiges Einbringen durch zwei gegenläufig drehende Bohrantriebe)</i> | |
| Trockenbohr- kombinationen | Spülbohr- kombinationen | Trockenbohr- kombinationen | Spülbohr- kombinationen |
| a) drehend | a) drehend | a) Gestänge/drehend | a) drehend/drehend |
| b) schlagend | b) drehschlagend | b) Schnecke/drehend | b) drehschl./drehend |
| c) rammend | | | c) drehschl./drehschl |
| <p><i>Werden die eine Festgesteinsschicht überlagernden Lockergesteinsschichten unter gleichzeitiger Mitnahme einer Verrohrung durchteuft, spricht man vom Überlagerungsbohrsystem.</i></p> <p><i>Nach Erreichen der Festgesteinsschicht wird der äußere Bohrstrang (Verrohrung) auf oder in dieser abgesetzt. Die Bohrung kann nun mit dem inneren Bohrstrang fortgesetzt werden</i></p> | | | |
| <i>in der Regel max. Teufen bis 30 Meter (bis 90 m bekannt)</i> | <i>Bei Überlagerungsbohrverfahren sind je nach eingesetztem System Bohrtiefen zwischen 30 und 250 m üblich.</i> | | |

Anwendung der Bohrverfahren (Bieske 1998)

| Bohrverfahren Anwendung | | Drehbohren | | | | | Schlagbohren | | | | | | | Sonstige Verfahren | | |
|----------------------------|--------------------------|---|---------------------------|--------------|-----------|--------------|-------------------|----------------|------------------|--|--------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | | mit Spülung | | | | | Trockendrehbohren | Freifallbohren | | | Hammerbohren | Rammkernbohren | Schlauchkernbohren | Drehschlagbohren | Einspülen | Einrammen |
| | | direkte Spülstromrichtung (Druckspülbohren) | inverse Spülstromrichtung | | | | | Seilfreifall | Gestängefreifall | | | | | | | |
| | | | Saugen | Strahlsaugen | Luftheben | Counterflush | | | ohne Spülung | mit Spülung direkte oder inverse Strömrichtung | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| Lockergestein | Aufschlußbohrungen | a | + | + | + | + | + | • | | | + | + | | | | |
| | Meißtelbohrungen | b | + | + | + | | + | • | | | • | • | • | + | + | |
| | Versuchsbrunnenbohrungen | c | + | + | + | | + | • | | | | | + | • | • | |
| | Brunnenbohrungen | d | • | + | + | | + | • | | | | | + | • | • | |
| Festgestein | Aufschlußbohrungen | e | + | + | + | • | + | • | + | | | | + | | | |
| | Meißtelbohrungen | f | + | + | + | | + | • | + | | | | + | | | |
| | Versuchsbrunnenbohrungen | g | + | + | + | | + | + | • | + | | | + | | | |
| | Brunnenbohrungen | h | + | + | + | | + | + | • | + | | | + | | | |

+ zweckmäßig

• wird seltener oder in Sonderfällen angewendet

30 für Bohrungen bis 30 m Tiefe

L Druckluft als Spülmedium bevorzugt

⊙ Kernen möglich

○ Kernen nur in bindigen Schichten möglich

□ Hilfsverrohrung in der Regel erforderlich

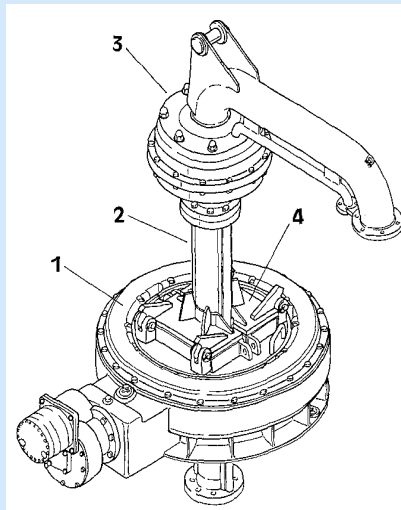
Ausgewählte technische Begriffe

| | |
|-------------------|---|
| Bohrgerüst | Bohrmasten (klappbare Gitterwerks- und Portalmasten; Varianten teleskopierbar) |
| | Bohrböcke (2-, 3- oder 4-teilige Metallrohr-, Winkeleisen- und Holzböcke) |
| Turmhöhe | Mast-/Mäkler-/Lafetten-/Bockhöhe (Gesamt-Bauhöhe vom Fuß bis zur Krone) |
| freie Arbeitshöhe | Abstand zwischen Haken und Abfang-/Brech- oder Verrohrungseinrichtung |
| Vorschubweg | gibt den Weg an, den das Bohrgetriebe am Mast verfahren kann (Hub) |
| Vorschubsystem | Kolben-, Ketten-, Seil-, Windenvorschub, Zahnräder, -leisten, Spindel, Eigenlast |
| Kronenlast | Hakenregellast = Bohrstranggewicht im „trockenen Bohrloch“ (30 bis 400 kN) |
| | Kronenregellast = Hakenlast + Flaschenzuglasten (50 bis 500 kN) |
| Andruckkräfte | von 5 bis zu 400 kN (üblichen Bereiche liegen zwischen 20 und 175 kN) |
| Zugkräfte | von 5 bis über 600 kN (üblichen Bereiche liegen zwischen 25 und 200 kN) |
| Bohrantrieb | Drehtisch (Übertragung des Drehmoments auf Mitnehmerstange = Kelly) |
| | Kraftdrehkopf (Drehmomentübertragung auf Kelly, Bohrgestänge und Bohrrohre) |
| | <i>großes Drehmoment = geringe Drehzahl / kleines Drehmoment = hohe Drehzahl</i> |
| Bohrhammer | hydraulisch, pneumatisch, brennkraft- und elektrobetrieben |
| lichte Weite | möglicher Durchmesser von Verrohrung und Einbauten ohne Drehtischeinsatz |

| Bohrantriebe | | Durchgang lichte Weite [mm] |
|-----------------------------|--|--|
| <i>Drehtische</i> | | 130- 300 500-2110 |
| <i>Trockendrehbohren</i> | <i>Gestänge Schnecke Hohlbohrschnecke</i> | 50- 150 120- 250 |
| <i>Spülbohren, direkt</i> | <i>hydraulische Kraftdrehköpfe pneumatische Kraftdrehköpfe</i> | 30- 150 30- 50 |
| <i>Kernbohren</i> | <i>hydraulische Kraftdrehköpfe Bohrspindel</i> | 35- 100 35- 100 |
| <i>Überlagerungsbohren</i> | | 30- 100 |
| <i>Imlochhammer</i> | <i>hydraulische Kraftdrehköpfe pneumatische Kraftdrehköpfe</i> | 35- 100 30- 50 |
| <i>Spülbohren, indirekt</i> | <i>Lufthebebohren Saugbohren</i> | 100- 300 100- 200 |

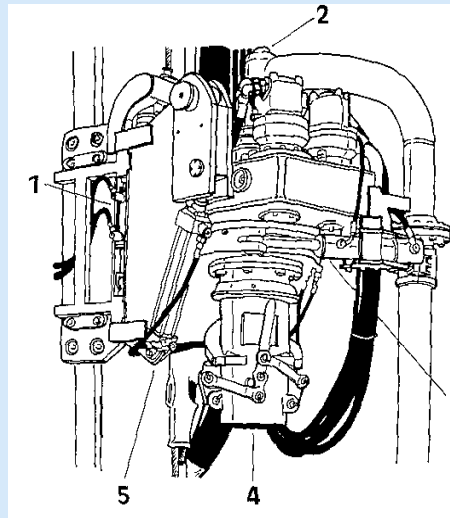
Bohrantriebe

Drehtisch



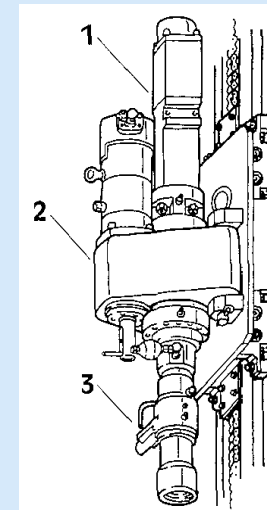
- 1 Drehtisch mit hydraulischem Antrieb*
- 2 Mitnehmerstange*
- 3 Spülkopf*
- 4 Drehtischeinsatz*

Spül-Kraftdrehkopf



- 1 Sperrzylinder für die Funktion Schwenken*
- 2 Spülkopf*
- 3 Brechvorrichtung*
- 4 mech. Gestänge-Wechselglocke*
- 5 Ausklappzylinder*

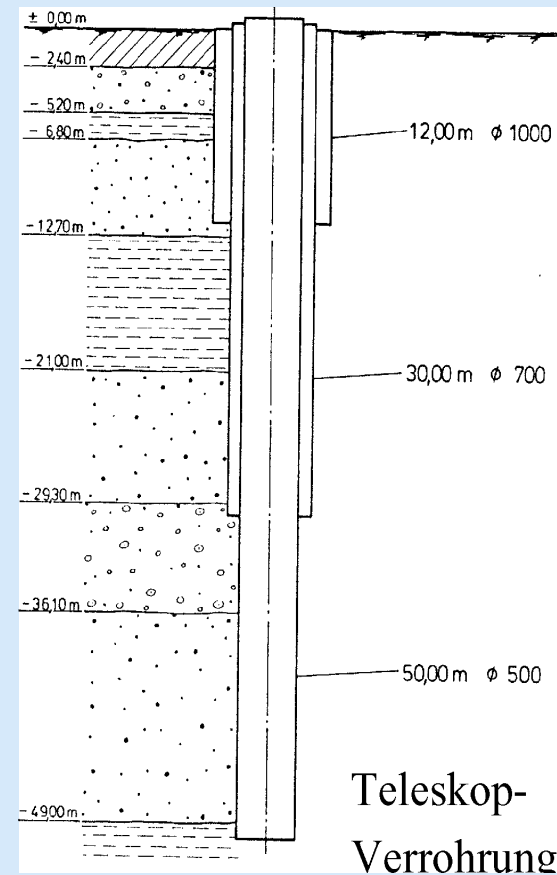
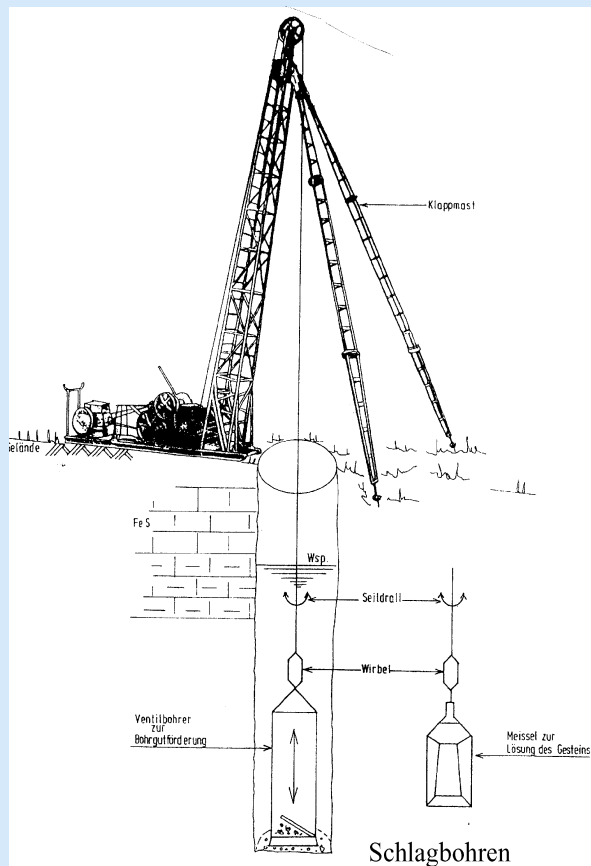
Hydraulikbohrhammer



- 1 Schlagwerk*
- 2 Drehwerk*
- 3 Spülrotor*

(Abb. Urban 2002)

Trockenbohrverfahren (Bieske 1998)



Bohrwerkzeug (Trockenbohrung)

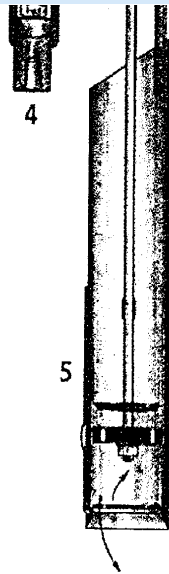


Bild 6.4 Seilwirbel (4)
und Kiespumpe (5)

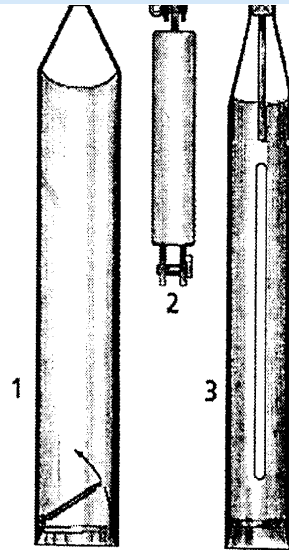


Bild 6.3 Schlammbüchse (1),
Schwerstange (2), Schlagbüchse (3)

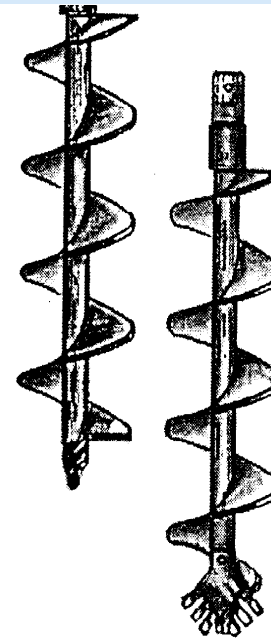


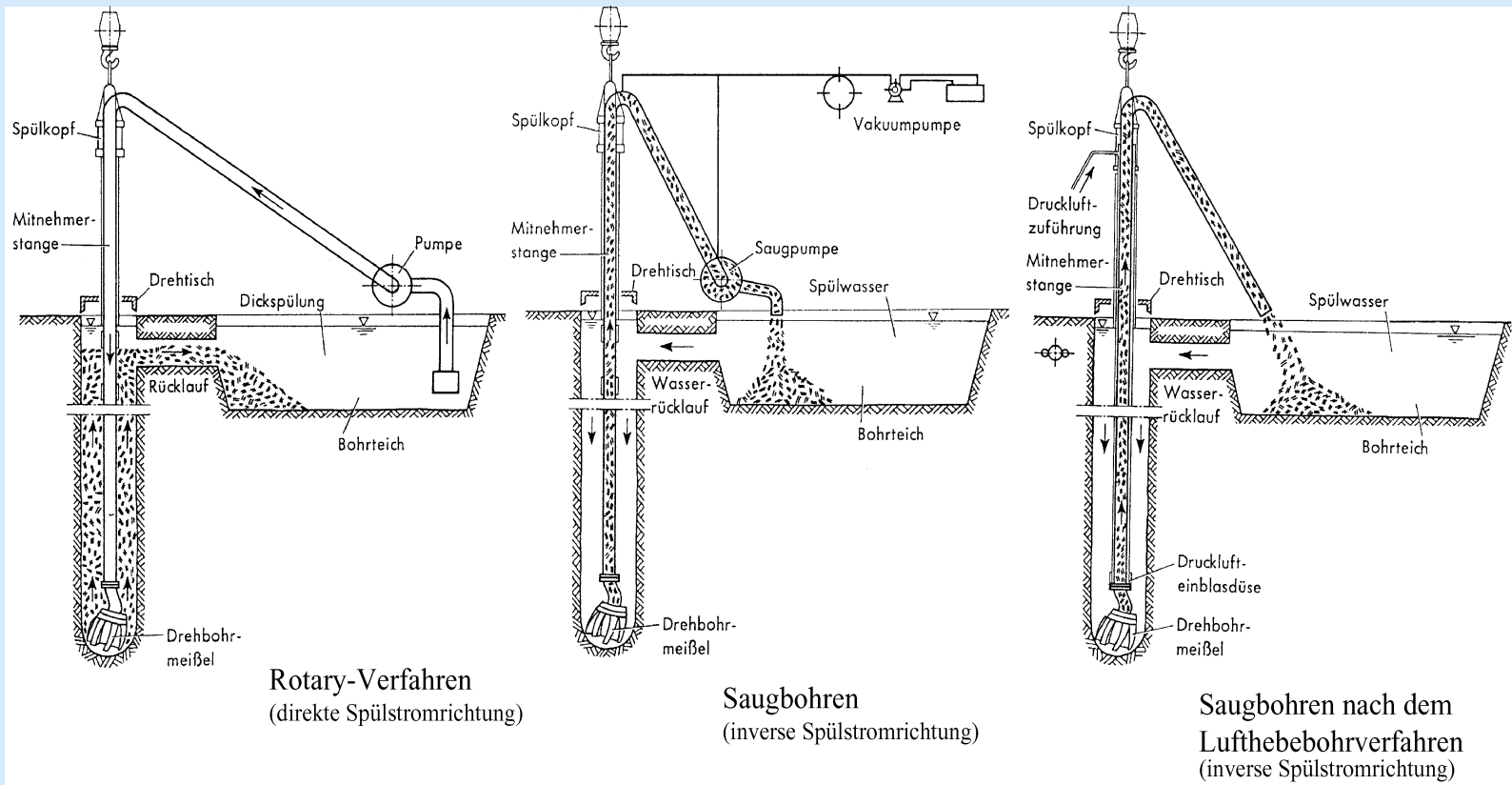
Bild 6.2 Schneckenbohrer



Bild 6.1 Bohr-
schappe

Kiespumpe(5) Schlammbüchse(1) Schlagbüchse(3) Schneckenbohrer
Bohrschappe
Seilwirbel(4) Schwerstange(2)

Spülbohrverfahren



(Bieske 1998)

Stabilisierung

Bohrungen müssen in Abhängigkeit vom zu durchteufenden Gebirge, dem angewandten Bohrverfahren und dem Bohrungszweck stabilisiert werden.

Gefährdete Bereiche

- **Bohrlochmund**
- **Bohrlochwand**
- **Bohrlochsohle**

Aufrechterhaltung des Bohrloches

- **hydraulisch** (*hydrostatischer Überdruck*)
 - höherer Spülungsspiegel
 - stützende Flüssigkeit
(Klarwasserspülung, Dickspülung, Stützsuspension)
- **mechanisch** (*Einbau von Rohren*)

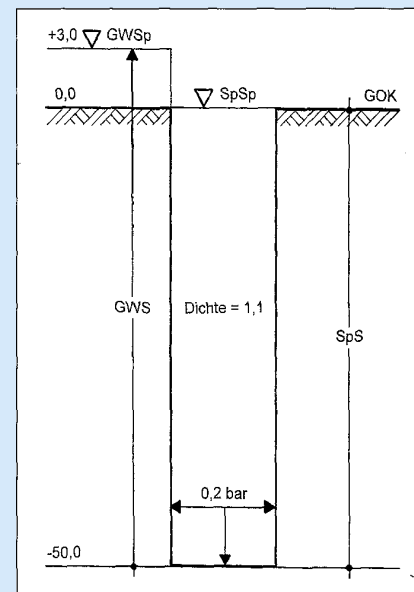
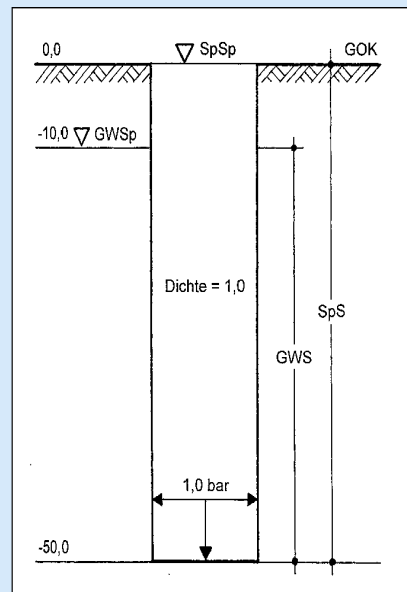
Mit der Bohrlochstabilisierung soll

- das Bohrloch gegen Einsturz gesichert werden,
- die Bohrlochwandung vor schädlichen Einflüssen wie *Infiltration* und *Verschmierung* weitestgehend geschützt werden,
- die Entnahme von möglichst unverfälschten Bodenproben gewährleistet werden,
- die Endteufe sicher erreicht und gehalten werden.

Hydraulische Maßnahmen

Der hydrostatische Überdruck im Bohrloch entspricht bei Klarwasser bzw. einer Klarwasserspülung in jeder Tiefe der Differenz zwischen Spülungsspiegel und Grundwasserspiegel.

Bei artesisch gespanntem Grundwasser muss der Spülungsüberdruck mit Beschwerungsmitteln soweit erhöht werden, dass dieser mindestens 0,2 bis 0,3 bar über dem Grundwasserdruck liegt.



Hydraulische Maßnahmen

Bei einer erhöhten Spüldichte nimmt der Spülungsüberdruck im Bohrloch mit zunehmender Tiefe zu.

Bei tiefliegendem Grundwasserspiegel ist der Spülungsüberdruck = Infiltrationsdruck besonders hoch.

Stützende Flüssigkeiten sind:

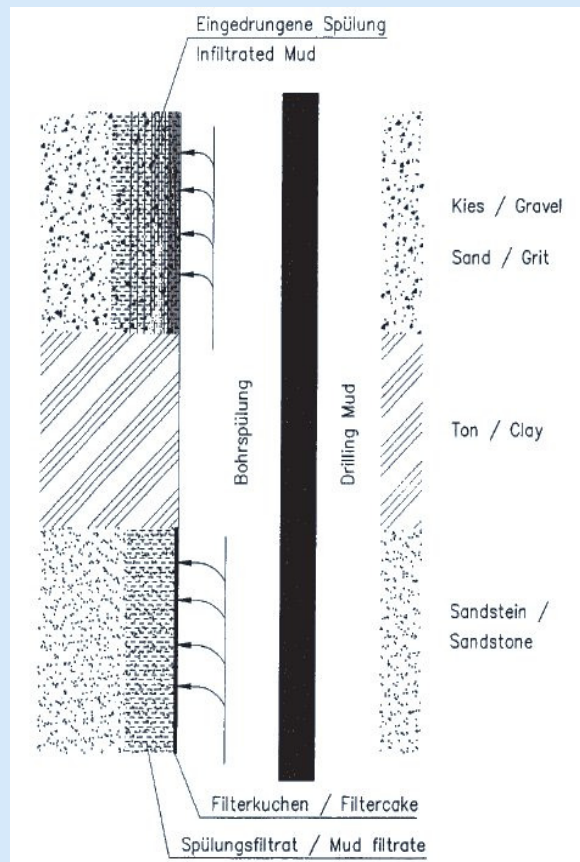
- Klarwasser (-spülungen)
- Dickspülungen
- Stützsuspensionen

$$\text{Spüldichte [kg/l]} = \frac{\text{Überlauf [m]} + 2 \text{ m Sicherheit}}{\text{Tiefe des artesischen Zulaufs [m]}} + 1 \text{ kg/l}$$

$$\text{Ausgangsspülung) Beschwerungsmasse [t/m}^3\text{]} = \frac{\text{Dichte Beschwerungsmittel} \cdot (\text{notwendige Spüldichte} - \text{Dichte}}{\text{Dichte Beschwerungsmittel} - \text{notwendige Spüldichte}}$$

| Beschwerungsmittel | spez. Gewicht [kg/dm ³] | löslich In | erreichbare Spüldichte [kg/l] |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------|
| Kreide | 2,6 - 2,67 | Säuren | 1,25 - 1,45 |
| Kalk (Calcit) | 2,7 | Säuren | ~ 1,5 |
| Schwerspat, minderwertig | 3,6 - 3,7 | unlöslich | < 2,0 |
| Schwerspat, hochwertig (Baryt) | 4,1 - 4,4 | unlöslich | 2,0 - 2,6 |

Hydraulische Maßnahmen



Spülung im Bohrloch

Filtrationsabläufe im Grundwasserleiter

Aufbau Filterkuchen (Filterkruste)

Geophysikalischer Nachweis über Differenz bei der Widerstandsmessung zwischen „Großer und Kleiner Normale“

Hydraulische Maßnahmen

Der Austrag des Bohrkleins von der Bohrlochsohle nach Zutage wird maßgeblich durch 3 Faktoren beeinflusst:

- **Fließgeschwindigkeit der im Bohrloch aufsteigenden Spülung**
- **Dichtedifferenz zwischen Spülung und erbohrtem Gestein**
- **Viskosität der Bohrspülung**

| Spülmittel/-polymere | Empfohlener Einsatzbereich | |
|---------------------------|--|--|
| | zur Erhöhung der Tragfähigkeit/Viskosität | bei unverrohrten Bohrloch |
| Aktivbentonit | Süßwasserspülungen | Stabilisierung von Sand-/Kiesschichten in Süßwasserspülung |
| Polyanionische CMC | Süß-Salzwasserspülungen | Toninhibierung in Süß-Salzwasserspülung |
| Technische CMC | Süß-Salzwasserspülungen | Toninhibierung in Süß-Salzwasserspülung |
| Polyacrylamid | feststoffarme Süßwasserspülungen | Toninhibierung in Süß-Salzwasserspülung |
| CMHEC | Süß-Salzwasserspülungen Ca²/Mg²-Gehalt >1500 ppm | Toninhibierung in Süß-Salzwasser-spülung b. Ca²/Mg²-Gehalt >1500 ppm |
| Guar Gum | bentonitfreie Süßwasserspülungen | Toninhibierung in Süß-Salzwasserspülung |

Hydraulische Maßnahmen

Prüfen von Bohrspülungen

Marsh-Trichter zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Bohrspülungen

- Den Trichter am unteren Ende verschließen und durch das Sieb mit Spülung befüllen bis der Spiegel die Unterkante des Siebes berührt (1500 ml).
- Die untere Öffnung freigeben und mit einer Stoppuhr die Zeit für den Auslauf von 1000 ml Spülung messen = Auslaufzeit (AZ).
- Anschließend die Zeit für den Auslauf der noch im Trichter befindlichen 500 ml Spülung ermitteln und in Sekunden als Restlaufzeit (RAZ) notieren.

Ringapparat zur Messung der Wasserabgabezeit

- Ein Filterpapier auf die Grundplatte legen.
- Den Metallring zentrisch auf das Filterpapier positionieren.
- Die zu prüfende Bohrspülung in die konische Öffnung des Ringes füllen.
- Stoppuhr in Gang setzen, wenn der erste Tropfen das Filterpapier berührt.
- Zeit messen bis das ganze (außerhalb des Ringes sichtbare) Filterpapier durchnässt ist = Wasserabgabezeit (WAZ) Empfohlener Wert > 1000 s

Hydrometer/Aräometer zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Bohrspülung

- Zu prüfende Spülung in den am unteren Ende des Hydrometers befindlichen Becher füllen und diesen ohne Lufteinschlüsse mit dem Hydrometer verbinden.
- Das Hydrometer in ein mit Wasser gefülltes Rohr eintauchen.
- Dichte der Bohrspülung direkt an der Eintauchstelle des Hydrometers ablesen = kg/l. Empfohlener Wert für unbeschwerte Spülung < 1,10 kg/l.

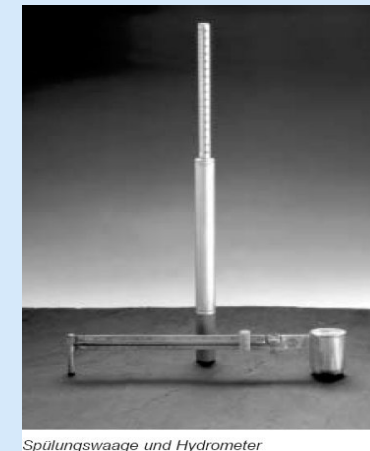
Prüfen von Bohrspülungen

| kg Bentonit/cbm Wasser | | 30 | 40 | 50 | 60 |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|
| Marsh-Trichter Auslaufzeit | sek. | 30 | 35 | 40 | 55 |
| Fließgrenze n. v. Soos | N/qm | 6,5 | 16 | 35 | 58 |
| Filtratwasser | ml | 17,5 | 15 | 12 | 11 |
| Scheinbare Viskosität | mPas | 6 | 9 | 14 | 20 |
| Plastische Viskosität | mPas | 4 | 5 | 5 | 4 |
| Suspensionsdichte | t/cbm | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 |



Marsh-Trichter und Maßbecher

Produktkennwerte für Aktivbentonit



Spülungswaage und Hydrometer

Mechanische Maßnahmen

Werden Bohrlöcher nicht mit stützenden Flüssigkeiten stabilisiert, müssen sie temporär oder dauerhaft verrohrt werden, sofern sie nicht in standfestem Gebirge abzuteufen sind.

| Temporäre Stabilisierung | | Dauerhafte Stabilisierung | |
|--------------------------|---|---------------------------|---|
| Bohrrohre | einfache oder teleskopierte Rohrtouren (Rohrfahrt, Rohrkolonne) | Sperrrohre | inzementiert in zuvor geteufte Bohrung |
| Standrohre | für erste Bohrmeter (bes. bei Spülbohrungen) | Futterrohre | teleskopartig eingebaut und zementiert (bes. Tiefbohrungen) |
| | | Mantelrohre | auf Mantelreibung sitzend im Bohrloch verbleibend |

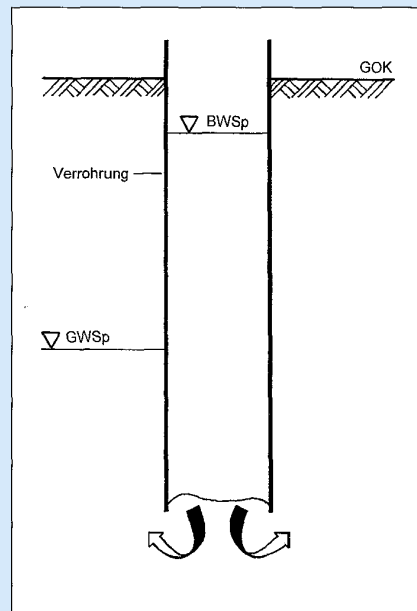
Die mitgeführte Verrohrung garantiert, dass

- die Bohrlochwand nicht einbricht
- kein verunreinigtes Bohrwasser in die Bohrlochwand eindringen kann
- Spülungsverluste verhindert werden
- es zu keiner Verfälschung von Bodenproben kommt
- höher liegende Wasserleiter sicher abgesperrt werden und so ein Aufschluss der Wasser-verhältnisse erst möglich ist
- Seilbohrwerkzeuge sicher im Bohrloch geführt werden

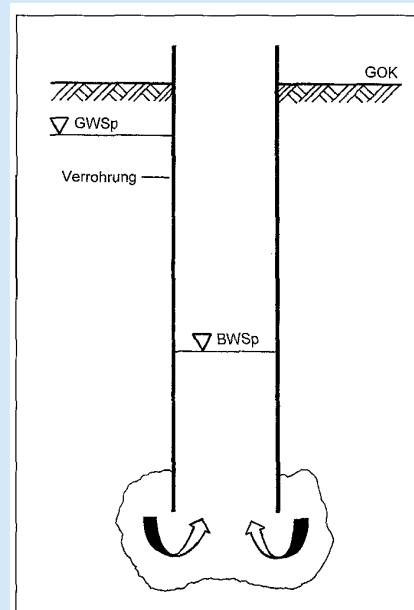
Die Rohrtourlänge ist abhängig vom anstehenden Boden, der zu überwindenden Mantelreibung und der zur Verfügung stehenden Verrohrungseinrichtung.

Mechanische Maßnahmen

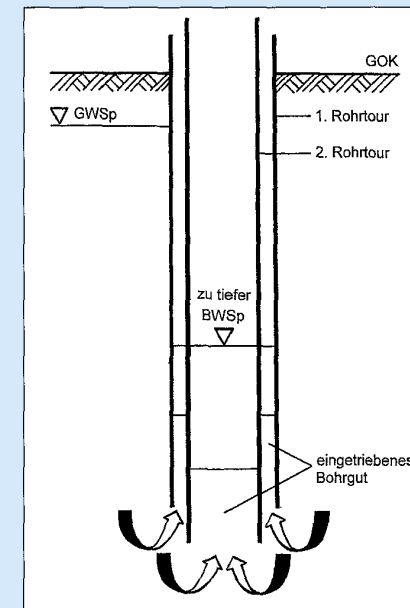
Wird in wasserführenden Böden verrohrt gebohrt, hat der in der Verrohrung stehende Wasserspiegel direkte Auswirkungen auf den Bohrablauf. (Eine ggf. erforderliche Teleskopierung verlangt einen Verrohrungsplan.)



Bohren mit Wasserauflast



Bohren mit abgesenktem Bohrloch-Wasserspiegel (BWSp)



Teleskopierte Verrohrung: Bohrguteintrieb durch zu tief liegenden Bohrlochwasserspiegel

Probenablage



Ablage der Proben auf einer Folie



Ablage der Proben auf dem Boden

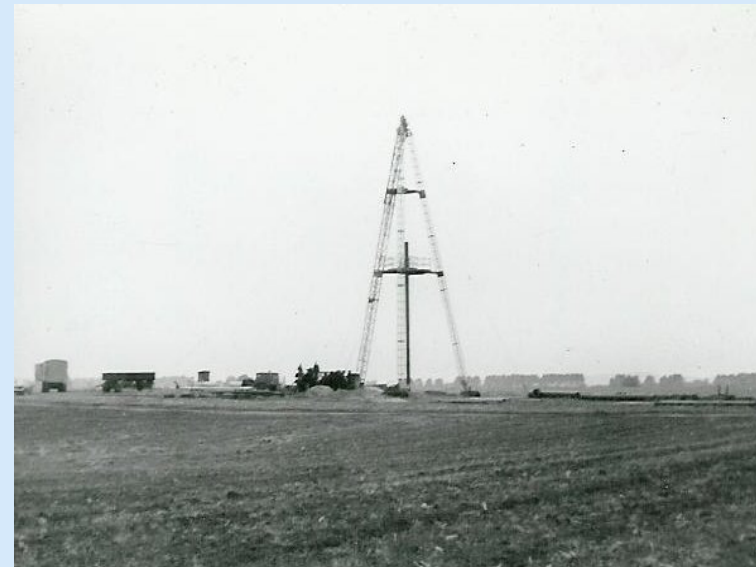
Proben aus dem Spülstrom

Trockenbohrung bei Artesik

Trockenbohren (ohne Spülungslast) im über Flur gespannten Grundwasserleiter



Seilschlagbohrgerät



Turm von **Fa. Schäfer, Celle**

Spezialanfertigung 1966 für VEB Geol. Erk. Nord

Turmhöhe **24 m**, 2 Arbeitsbühnen

Abb.: **Gr. Raden (MV) 1977**

Freier Auslauf bei Artesik



Gr. Raden (MV) 1977 (> 120 m Teufe)



Artesik 14 m ü. Gel., freier Auslauf 160 m³/h

Grundwasserbeobachtung bei Artesik



Artesische Grundwassermessstelle mit Hilfsgerüst beim Pumpversuchsmonitoring

Folgen bei nicht beherrschter Artesik



übermäßiger Sandaustrag aus einer Bohrung infolge nicht beherrschter Artesik



Bodensenkungen als Folge des übermäßigen Sandaustrags

Unkontrollierter, übermäßiger Bohraustrag

SVZ
24.3.20.04

Schiefer Kirchturm von Köln mit Beton gestützt

Köln (dpa) • Die Hohlräume unter dem in Schräglage geratenen Kölner Kirchturm wurden in der Nacht zum Freitag mit Beton gefüllt. Der Turm hatte sich nach Bohrarbeiten für eine U-Bahn um einen Meter geneigt und wurde mit Stahlträgern abgestützt. Ob er gerettet werden kann, war nach wie vor unklar.

Schiefer Turm von Köln lockt die Japaner an

Kirche soll in Stadtrundfahrten integriert werden

