

10 Bohrverfahren und Brunnenbau

10.1 Bohrverfahren

Es gibt drei verschiedene Schlagbohrverfahren:

10.1.1 Schlagbohrverfahren

Bohranlage und Bohrausrüstung müssen auf das zu bohrende Gebirge, die zu erreichende Endteufe und den Bohrdurchmesser abgestimmt sein. Bohrwerkzeuge und Spüleinrichtungen müssen sicherstellen, daß das Bohrgut so ausgetragen wird, daß geologisch ansprechbare Proben gewonnen werden. Darüber hinaus muß die Standfestigkeit der Bohrung gewährleistet sein, vgl. Tab. 11.

Das traditionelle Brunnenbohrverfahren im Festgestein vor Einführung der Drehbohrmethoden war das Schlagbohrverfahren. Beim Schlagbohrverfahren wird das Gebirge durch schlagende Bohrwerkzeuge gelockert und zertrümmert und das Bohrgut (Bohrklein, Cuttings) von Zeit zu Zeit mit Schappen oder Greifern zutage gefördert.

Gestängefreifallbohrverfahren (Kanadisches Bohrverfahren)

Wegen der häufig auftretenden Gestängebrüche und wegen zu geringen Bohrfortschritts ist das Meißelbohrverfahren praktisch bedeutungslos geworden.

Seilfreifallbohrverfahren (Pennsylvanisches Bohrverfahren)

Dieses Bohrverfahren kann bei Durchmessern über 400 mm in jedem Festgestein angewendet werden. Insbesondere, wenn bei stark geklüftetem oder verkarstem Gebirge und tiefliegendem Grundwasserspiegel große Spülverluste auftreten, wird dem Seilfreifallbohrverfahren (Abb. 61) manchmal der Vorzug vor dem Drehbohrverfahren gegeben.

Tab.11: Überblick über die Anwendungsbereiche der einzelnen Bohrverfahren

		Drehbohrverfahren		Hammerbohrverfahren
		Wasserspülung	Luftspülung	Luftspülung
Bohrtiefen bis	90 m	+	+	+
	150 m	+	+ ¹	+ ¹
	>150 m	+	(+) ¹	(+) ¹
gesteins-technische Merkmale	hart, quarzreich	-	-	+
	spröde	+	+	+
	weich, elastisch	+	(+)	-
wenig standfestes Gestein		+	-	-
lockere Deckschichten	5 – 6 m	+	(+)	-
bindige Deckschichten	5 – 6 m	+	-	-
Deckschichten ohne	Wasserzutritte	+	+	(+) ²
Aussagekraft der Bohrproben	bei geringen Wasserzutritten	+	-	-
	bei Zutritten > 1 l/s	-	+ ³	+ ³
	bei totalem Spülverlust	-	+ ⁴	+ ⁴
Richtungsstabilität der Bohrung		(+)	(+)	+
Durchteufen stark geklüfteter Bereiche ohne zusätzliche Verrohrung		-	+	+
Horizontierte Ermittlung der Größenordnung von Wasserzuflüssen		-	+	+

Anmerkungen: ¹ starke Wasserzutritte (>10 l/s) können je nach Kompressorleistung die erreichbare Bohrtiefe verringern

² Bohrgut häufig zu staubförmig

³ bei starken Wasserzutritten (>10–15 l/s) ist die Probenahme des Bohrgutes sehr erschwert

⁴ auch bei Luftspülung kann gelegentlich totaler Spülverlust eintreten

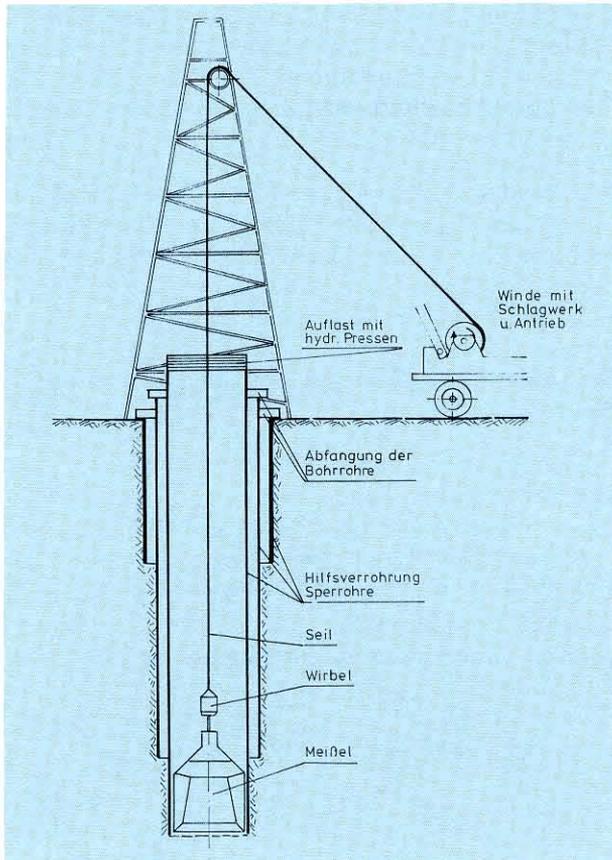


Abb. 61: Schema des Schlagbohrverfahrens mit Seilfreifall zur Bohrgutförderung

Hammerbohrverfahren (Hammer-Drill)

Bei den Im-Loch-Hammer- oder den Tieflochhammer-Bohrtechniken wird ein Schlagbohrwerkzeug durch Luft angetrieben. Die Antriebsluft für den Hammer transportiert das Bohrklein im Ringraum zwischen Gestänge und Bohrlochwand nach oben. Zur Zeit ist dieses Verfahren einsetzbar für Bohrungen mit Durchmessern bis zu 17 1/2" bzw. 444 mm. Es erlaubt Bohrfortschritte bis zu 100 m pro Tag.

Das Hammerbohrverfahren ist nicht geeignet für:

- Gebirge mit starkem Nachfall oder bei weichem, elastischem Gestein wegen Brückenbildungen oder Verstopfungen
- Bohrungen, die so tief sind, daß der Kompressor den hydraulischen Druck der Wassersäule an der Bohrlochsohle nicht mehr überwinden oder das andringende Wasser nicht mehr austragen kann.

Muß mit Nachfall gerechnet werden, ist beim Schlagbohren eine Hilfsverrohrung erforderlich. Das Ziehen festsetzender Rohre kann Schwierigkeiten bereiten,

da die Hilfsverrohrung meistens ohne Spülung in das trockene Gebirge oberhalb des Wasserspiegels gesetzt wird.

Ein wesentlicher Vorteil der Schlagbohrverfahren besteht darin, daß keine Wasser- und keine Spülmittelzusätze verwendet und damit auch nicht in das Gebirge eingetragen werden. Die Gefahr des Zusetzens von wasserführenden Klüften und Hohlräumen ist gering, da während des Bohrvorgangs zulaufendes Wasser ausgeblasen wird und dadurch die Klüfte freigespült werden. Bereits während des Bohrens können die Wasserzutritte lokalisiert und größenordnungsmäßig abgeschätzt werden.

Bei größeren Klüften und Hohlräumen besteht die Gefahr des Verlustes der Druckluftspülung und des Bohrkleins. Durch rückfließendes Bohrklein, z. B. durch Unterbrechung des Druckluftstromes, kann das Bohrgestänge festsitzen und das Loch zufallen.

10.1.2 Drehschlagbohrverfahren

Beim Drehschlagbohrverfahren handelt es sich um eine Kombination aus Drehbohren und Schlagbohren. Das Gestein wird hauptsächlich durch Schlagenergie gelockert. Einige Bohrlochhammertypen besitzen eine zusätzliche Umsetzvorrichtung im Schlagkopf; der Bohrvorgang ist dann als drehschlagend anzusehen.

10.1.3 Drehbohrverfahren

Beim Drehbohrverfahren wird die Drehbewegung in der Regel über Tage auf das Bohrgestänge und das Bohrwerkzeug übertragen. Gebräuchliche Drehvorrichtungen sind:

- der Drehtisch mit darin gleitender Mitnehmerstange (Kelly)
- der Drehkopf mit fest eingespanntem oder verschraubtem Bohrgestänge.

Der Drehkopf ist in mechanischen oder hydraulischen Vorschubeinrichtungen eingebaut, die das Tieferführen des Gestänges ermöglichen und zur Regelung des notwendigen Bohrandrucks auf der Sohle dienen. Der Bohrandruck wird hauptsächlich durch das Gewicht des Bohrwerkzeugs sowie durch direkt oberhalb davon eingebaute Schwerstangen erzeugt. Beim Drehbohren überwiegt die stetige Bohrgutförderung mit Hilfe von Spülung. Als Spülungsmedium dienen Wasser, Wasser mit Spülmittelzusätzen, Druckluft oder Druckluft mit Wasser.

Das Drehbohren hat sich im Brunnenbau als das z. Zt. wirtschaftlichste Bohrverfahren durchgesetzt.

10.2 Spülverfahren beim Drehbohren

10.2.1 Direktes Spülbohrverfahren (Druckspülbohren, Rechtsspülen, Rotarybohren)

Nach der Führung des Spülstromes werden beim Drehbohren zwei Verfahren unterschieden, das direkte und das indirekte Spülbohrverfahren.

Bei dem **direkten Spülbohrverfahren** wird die Spülung mit Überdruck über einen Spülkopf durch das Bohrgestänge gepumpt. Sie tritt unter Druck aus den Meißelöffnungen aus und steigt im Ringraum zwischen Gestänge und Bohrlochwand nach oben. Die erbohrten und vom Spülstrom ausgetragenen Gesteinsteilchen werden mit einem Schüttelsieb separiert oder sedimentieren in Klärbecken oder -tanks (Abb. 62).

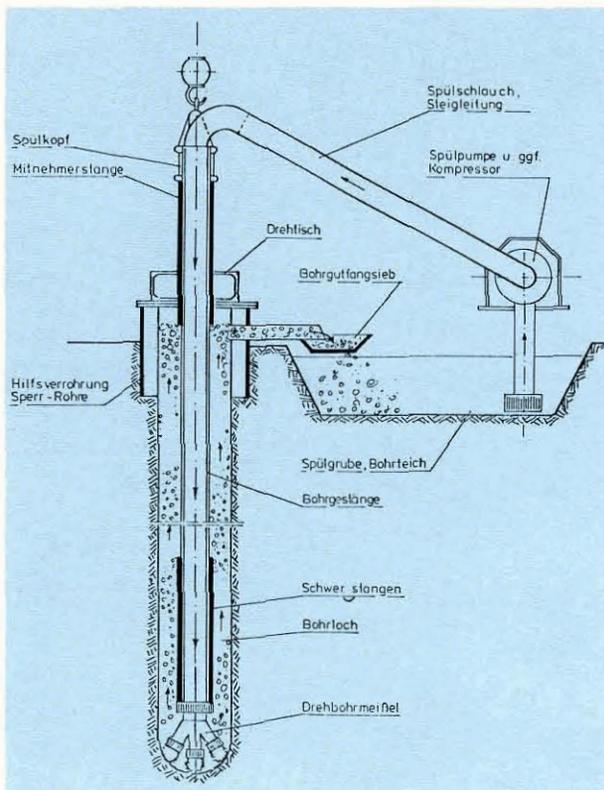


Abb. 62: Schema des direkten Spülbohrverfahrens (Druckspülbohrer, Rechtsbohrer, Rotarybohrer)

Beim Spülen mit Wasser muß für den Austrag des Bohrkleins eine Mindestgeschwindigkeit von 0,6 m/s herrschen. Der Bohrdurchmesser wird durch die Pumpenleistung begrenzt. Zu den Verfahren mit direkter Spülung zählt auch das Hammerbohrverfahren.

10.2.2 Indirektes Spülbohrverfahren (inverse Spülung, Umkehrspülung, Linksspülung)

Die indirekte Spülstromrichtung wird durch Überdruck der Spülung im Ringraum gegenüber der mit Bohrgut beladenen Spülung im Gestängeinneren erzeugt. Prinzipiell ist zu unterscheiden zwischen dem Counterflushverfahren und den für große Bohrdurchmesser angewandten Saug-, Saugstrahl- und Lufthebeverfahren.

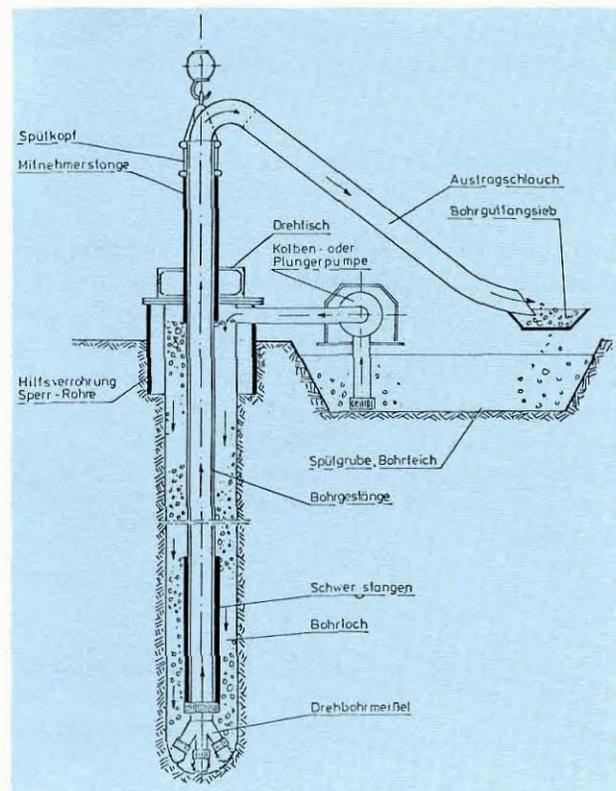


Abb. 63: Schema des Counterflushverfahrens

Counterflushverfahren

Mit einer Pumpe wird die Spülung über eine Stopfbuchse am Bohrlochkopf in den Ringraum gedrückt und ein Spülungsüberdruck erzeugt. Hierzu ist eine sorgfältige Abdichtung des Bohrlochs gegen das Ge-

Transport des Bohrguts

Damit die Bohrlochsohle möglichst sauber gespült wird, soll die Spülung stark turbulent aus der Meißelöffnung austreten. Hierzu ist eine Spülungsgeschwindigkeit von mindestens 10 m/s in den Meißelkanälen erforderlich.

Das Transportvermögen der Bohrspülung ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Die Geschwindigkeit der Spülung im Ringraum beträgt bei direktem Spülungskreislauf (Druckspülbohren) mindestens 0,6 m/s. Sie ist beim indirekten Spülungskreislauf im Gestänge wesentlich höher.
- Die Dichte der Spülung beeinflusst den Auftrieb des Bohrkleins. Je kleiner die Dichtedifferenz zwischen Spülung und Bohrklein, desto besser ist die Austragsfähigkeit der Spülung, die wiederum die Voraussetzung für eine teufengerechte Ansprache der Bohrproben ist.
- Die Viskosität der Spülung beeinflusst den Transport des Bohrkleins am deutlichsten. Sie ist abhängig von der Konzentration und Qualität der dispergierten Feststoffe. Beim direkten Spülungskreislauf (Druckspülbohren) kann die Strömungsgeschwindigkeit im Ringraum nicht unbegrenzt erhöht werden. Neben hohen Druckverlusten können dabei Strömungsverhältnisse im Ringraum entstehen, die Nachfall durch Erosion verursachen.

Stabilisierung der Bohrlochwände

Eine auf die geologischen Gegebenheiten abgestimmte Bohrspülung ist in der Regel in der Lage, unverrohrte Bohrlöcher standfest und kalibergerecht zu erhalten. Beim Bohren in tonigen oder mergeligen Schichten scheiden sich Feinstanteile an der Bohrlochwand ab und bilden damit einen dünnen und dichten Filterkuchen, der die unverrohrte Bohrlochwand stabilisiert.

Erhaltung des hydraulischen Anschlusses an den Aquifer

Bei Bohrungen im Grundwasser muß das Eindringen von Spülung und Bohrgut in das Kluft- und Spaltensystem weitgehend verhindert werden, denn die Fein- und Feststoffe können Zuflußwege irreversibel

verstopfen. Die Infiltration kann durch eine entsprechende Zusammensetzung der Spülung wie auch durch Bohrverfahren mit stetiger Bohrgutförderung begrenzt werden. Zur Wirkungsweise und Anwendung der Spülungszusätze wird auf das DVGW-Merkblatt W 116 verwiesen. Der Einsatz von Spülungszusätzen in Wasserschutzgebieten bedarf einer besonderen Prüfung (vgl. Kap. 11.3).

10.4 Brunnenbohrung

Im Festgestein sind oft kleinkalibrige Aufschlußbohrungen erforderlich, um Grundlagen für die Planung und den Bau von Entnahmebrunnen zu schaffen. Mit diesen Bohrungen werden erkundet:

- die Lagerungsverhältnisse und Schichtfolge sowie die Standfestigkeit des Gebirges
- die grundwasserführenden Bereiche und deren Druckverhältnisse
- der hydraulische Anschluß der Bohrung an den Aquifer
- die Grundwasserbeschaffenheit.

Um den Aquifer in einer Aufschlußbohrung hydraulisch testen zu können, ist für den Einsatz von U-Pumpen mindestens ein lichter Durchmesser von DN 150 mm (6") empfehlenswert.

Ist der hydraulische Anschluß der Bohrung an den Aquifer ungenügend, gibt es die Möglichkeit, durch abschnittsweises, rhythmisches Pumpen (sogenanntes Kolben) eine Verbesserung zu erzielen. Weitere Verfahren sind in Kap. 7.7 aufgeführt.

Im Festgestein sind nur bei engständig durchtrennten Gesteinen Strömungsverhältnisse wie im Porengrundwasserleiter zu erwarten. Vielfach erfolgt der Zufluß auf ausgeprägten Kluftzonen und Spalten, die gerinneartig erweitert sein können. Eine Filterkies-schüttung kann daher im Festgestein zu einer Erhöhung des Brunnenverlustes (vgl. Kap. 6.4) führen. Bei sandigen Kluftgrundwasserleitern ist die Gefahr des Absandens und des damit verbundenen Verstopfens des Filters gegeben. Beim Brunnenausbau im Festgestein ist deshalb – im Gegensatz zu Porengrundwasserleitern – durchaus zu erwägen, auf den Filterkies zu verzichten oder nur einen grobkörnigen Stützkies zu schütten. In begründeten Fällen kann sogar das Einstellen eines Filterrohres entfallen.

Der Ringraum oberhalb des Aquifers wird im Festgestein zweckmäßigerweise durch Druckzementation abgedichtet. Es ist darauf zu achten, daß in einer Bohrung verschiedene Grundwasserstockwerke nicht hydraulisch verbunden werden.