

Baugrund

Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

DIN
4021

Soil; exploration by excavation and borings; sampling
 Sol; exploration par excavation et forages; échantillonnage

Ersatz für
 DIN 4021 T1/07.71
 DIN 4021 T2/02.76
 DIN 4021 T3/08.76

Diese Norm wurde von einem gemeinsamen Ausschuß des Fachbereichs „Baugrund“ des Normenausschusses Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und der DGEG der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. ausgearbeitet.

Der Aufschluß des Baugrunds und die Entnahme von Proben erfordern gründliche Kenntnisse. Deshalb dürfen nur Firmen mit Erfahrung diese Arbeiten durchführen. Bohrungen und Entnahme von Proben sind durch geschulte Bohrgeräteführer zu beaufsichtigen. Die Qualifikation ist durch Besitz des Qualifikationsnachweises für Baugrundaufschlußbohrungen nach Abschnitt 6.1.3 zu belegen.

Maße in mm

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2	2.34 Quelle	3
2 Begriffe	2	2.35 Wasserwegsamkeit im Fels	9
2.1 Schurf	2	3 Bezeichnung	10
2.2 Untersuchungsschacht	2	3.1 Schurf	10
2.3 Untersuchungsstollen	2	3.2 Bohrung	10
2.4 Bohrung	2	3.3 Kleinbohrung	10
2.5 Kleinbohrung	2	3.4 Probe	10
2.6 Bohrverfahren	2	4 Probenarten	10
2.7 Bohrwerkzeug	2	4.1 Bodenprobe	10
2.8 Spülhilfe	2	4.2 Felsprobe	10
2.9 Spülung	2	4.3 Wasserprobe	12
2.10 Spülungszusatz	2	5 Aufschlußverfahren	12
2.11 Probe	2	5.1 Schürfe, Untersuchungsstollen, Untersuchungsschächte	12
2.12 Bohrprobe	2	5.2 Bohrung	12
2.13 Sonderprobe	2	5.3 Kleinbohrung	12
2.14 Wasserprobe	2	6 Durchführung des Baugrundaufschlusses	12
2.15 Bohrkern	2	6.1 Allgemeines	12
2.16 Bohrklein	2	6.2 Schurf	13
2.17 Schweb	3	6.2.1 Boden	13
2.18 Kernmarsch	3	6.2.2 Fels	13
2.19 Kernverlust	3	6.3 Bohrung	13
2.20 Grundwasser	3	6.3.1 Boden	13
2.21 Grundwasserleiter	3	6.3.2 Fels	13
2.22 Grundwassernichtleiter	3	6.3.3 Grundwasser	13
2.23 Grundwasserhemmer	3	7 Entnahme von Proben	13
2.24 Grundwasserspiegel	3	7.1 Allgemeines	13
2.25 Grundwasserdruckfläche	3	7.2 Proben aus Schürfen	14
2.26 Grundwasseroberfläche	3	7.3 Proben aus Bohrungen	14
2.27 Freie Grundwasseroberfläche	3	7.4 Sonderproben aus Bohrungen	14
2.28 Grundwassersohle	3	7.5 Bohrkern höherer Güteklasse	19
2.29 Grundwasserkörper	3	7.6 Wasserproben	19
2.30 Gespanntes Grundwasser	3	7.6.1 Allgemeines	19
2.31 Artesisch gespanntes Grundwasser	3	7.6.2 Grundsätze für die Entnahme	19
2.32 Sickerwasser	3	7.6.3 Geräte und Chemikalien	19
2.33 Grundwasserstockwerk	3		

Fortsetzung Seite 2 bis 27

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

	Seite
7.6.4 Durchführung	19
7.6.5 Ergänzende Feststellungen an Ort und Stelle	19
7.6.6 Kennzeichnung	20
8 Beobachtung des Grundwassers in Aufschlußbohrungen	20
8.1 Boden	20
8.1.1 Allgemeines	20
8.1.2 Grundwasserstockwerke	20
8.2 Fels	21

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für den Aufschluß von Boden und Fels als Baugrund und Baustoff nach DIN 4020 durch Schürfe, Bohrungen, Kleinbohrungen und für die Entnahme von Proben sowie für die Vorbereitung und gegebenenfalls für die Durchführung von Versuchen und Messungen im Bohrloch. Diese Arbeiten dienen zur:

- a) Feststellung von Folge, Mächtigkeit und räumlicher Lage der einzelnen Schichten;
- b) Feststellung von Art, Zusammensetzung und Zustand der einzelnen Schichten;
- c) Feststellung der Wasserverhältnisse im Baugrund, Entnahme von Wasserproben;
- d) Gewinnung von Proben für die bautechnische Beurteilung und für die Durchführung boden- oder felsmechanischer Untersuchungen.

Diese Norm gilt nicht für Schlitz- und Nutbohrungen.

Anmerkung: Die in dieser Norm behandelten Aufschlußverfahren unterliegen im Gebrauch den Regelungen der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) nach DIN 18 301. Dagegen verlangt die Anwendung von Schlitz- und Nutbohrungen eine ständige Beurteilung und Auswertung während der Durchführung durch den Baugrundsachverständigen im Rahmen der Ingenieurleistungen.

2 Begriffe

2.1 Schurf

Der Schurf (Grube oder Graben nach DIN 4124 ausgehoben) ist ein künstlich hergestellter Aufschluß zur Einsichtnahme in den Baugrund, zur Entnahme von Proben und zur Durchführung von Feldversuchen.

2.2 Untersuchungsschacht

Der Untersuchungsschacht ist ein lotrecht oder stark geneigt hergestellter Aufschluß zur Einsichtnahme in den Baugrund, zur Entnahme von Proben und zur Durchführung von Feldversuchen.

2.3 Untersuchungsstollen

Der Untersuchungsstollen ist ein waagrecht oder wenig geneigt hergestellter Aufschluß zur Einsichtnahme in den Baugrund, zur Entnahme von Proben und zur Durchführung von Feldversuchen.

2.4 Bohrung

Die Bohrungen nach den Tabellen 1 und 2 sind Aufschlüsse, um Boden-, Fels- oder Wasserproben aus erreichbarer Tiefe zu entnehmen und um Untersuchungen im Bohrloch durchführen zu können, bzw. sie zur Grundwassermeßstelle auszubauen.

	Seite
9 Anlage von Grundwassermeßstellen im Baugrund	21
9.1 Allgemeines	21
9.2 Boden	22
10 Transport und Aufbewahrung der Proben	24
10.1 Boden- und Felsproben	24
10.2 Wasserproben	25
Anhang A Qualifikationsnachweis der Geräteführer für Baugrundaufschlußbohrungen	26
Zitierte Normen und andere Unterlagen	27

2.5 Kleinbohrung

Die Kleinbohrung (früher Sondierbohrung) nach Tabelle 3 ist ein Aufschluß im Boden, der mit Durchmesser größer 30 mm, kleiner 80 mm durchgeführt werden kann.

2.6 Bohrverfahren

Das Bohrverfahren ist ein Verfahren zum Lösen und Fördern des Bohrguts.

2.7 Bohrwerkzeug

Das Bohrwerkzeug ist ein Gerät zum Lösen von Boden und Fels und gegebenenfalls zum Fördern des Bohrguts.

2.8 Spülhilfe

Die Spülhilfe ist eine Zugabe von Wasser oder Luft zum Kühlen des Bohrwerkzeuges und zum Beseitigen des Abriebes in der Schnittfläche.

2.9 Spülung

Die Spülung ist eine Zugabe von Wasser oder Luft zur Förderung des Bohrguts.

2.10 Spülungszusatz

Der Spülungszusatz ist ein Hilfsmittel zur Stabilisierung des Bohrlochs bzw. zur besseren Förderung des Bohrguts.

2.11 Probe

Die Probe ist ein aus einer bestimmten Tiefe zutage geförderter Teil des Baugrunds.

2.12 Bohrprobe

Die Bohrprobe ist das beim Bohrvorgang mit dem Bohrwerkzeug gewonnene Bohrgut.

2.13 Sonderprobe

Die Sonderprobe ist eine Probe, die mit einem besonderen Gerät entnommen wird, um eine möglichst hohe Güteklasse zu erhalten.

2.14 Wasserprobe

Die Wasserprobe ist eine Probe, die dem Grundwasser entnommen wird.

2.15 Bohrkern

Der Bohrkern ist eine Bohrprobe, die aus Boden oder Fels als Säule gewonnen wird.

2.16 Bohrklein

Das Bohrklein ist ein beim Bohren gelöstes kleinstückiges Gestein, das mit der Spülung aus dem Bohrloch zutage gefördert wird.

2.17 Schweb

Das Schweb ist ein feines, beim Bohren entstehendes Gesteinszerreibsel, in dem die Korngröße der Einzelteilchen mit dem Auge nicht mehr festgestellt werden kann und als Trübe im Spülstrom enthalten ist.

2.18 Kernmarsch

Der Kernmarsch ist die abgebohrte Bohrstreckenlänge zwischen Ein- und Ausbau des Kernrohres.

2.19 Kernverlust

Der Kernverlust ist die Differenz zwischen Kernmarsch und Bohrkernlänge.

2.20 Grundwasser

Das Grundwasser ist das unterirdische Wasser, das die Hohlräume des Baugrunds zusammenhängend ausfüllt. Im Sinne dieser Norm sind auch Stau- und Schichtenwasser (siehe Bilder 1 bis 3) Grundwasser.

2.21 Grundwasserleiter

Grundwasserleiter ist ein Boden- oder Felskörper, der geeignet ist, Grundwasser weiterzuleiten (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79).

2.22 Grundwassernichtleiter

Grundwassernichtleiter ist ein Boden- oder Felskörper, der praktisch wasserundurchlässig ist (siehe auch DIN 4049 Teil 1).

2.23 Grundwasserhemmer

Grundwasserhemmer ist ein Boden- oder Felskörper, der im Vergleich zu den benachbarten Gesteinskörpern gering wasserdurchlässig ist (siehe auch DIN 4049 Teil 1).

2.24 Grundwasserspiegel

Grundwasserspiegel ist die ausgeglichene Grenzfläche des Grundwassers gegen die Atmosphäre, z. B. in Brunnen, Grundwassermeßstellen, Höhlen oder Gewässern (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79).

2.25 Grundwasserdruckfläche

Grundwasserdruckfläche ist der geometrische Ort der Endpunkte aller Standrohrspiegelhöhen an einer Grundwasseroberfläche (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79). Siehe Abschnitt 2.26.

2.26 Grundwasseroberfläche

Grundwasseroberfläche ist die obere Grenzfläche eines Grundwasserkörpers (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79). Siehe Abschnitt 2.29.

2.27 Freie Grundwasseroberfläche

Als freie Grundwasseroberfläche wird eine Grundwasserdruckfläche (siehe Abschnitt 2.25) bezeichnet, wenn sie mit der Grundwasseroberfläche (siehe Abschnitt 2.26) identisch ist (freies Grundwasser).

2.28 Grundwassersohle

Grundwassersohle ist die untere Grenzfläche eines Grundwasserleiters (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79). Siehe Abschnitt 2.22.

2.29 Grundwasserkörper

Grundwasserkörper ist Grundwasservorkommen oder Teil eines solchen, das eindeutig abgegrenzt oder abgrenzbar ist (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79).

2.30 Gespanntes Grundwasser

Bei gespanntem Grundwasser liegt die Grundwasserdruckfläche (siehe Abschnitt 2.25) über der Grundwasseroberfläche (siehe Abschnitt 2.26).

2.31 Artesisch gespanntes Grundwasser

Bei artesisch gespanntem Grundwasser liegt die Grundwasserdruckfläche (siehe Abschnitt 2.25) über der Grundwasseroberfläche und über der Erdoberfläche.

2.32 Sickerwasser

Sickerwasser ist unterirdisches Wasser, das sich durch Überwiegen der Schwerkraft abwärts bewegt, soweit es kein Grundwasser ist (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79).

2.33 Grundwasserstockwerk

Grundwasserstockwerk ist ein Grundwasserleiter (siehe Abschnitt 2.21) einschließlich seiner oberen und unteren Begrenzung als Betrachtungseinheit innerhalb der senkrechten Gliederung der Erdrinde (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79). Die Grundwasserstockwerke werden von oben nach unten gezählt. (Siehe Bilder 1 bis 3.)

2.34 Quelle

Quelle ist ein Ort eines eng begrenzten Grundwasseraustritts (aus: DIN 4049 Teil 1/09.79).

Anmerkung: In den Bildern 1 bis 3 und den zugehörigen Erklärungen werden Beispiele für das Vorkommen von Grundwasser

- in einem zusammenhängenden Grundwasserleiter (siehe Bild 1)
 - in mehreren Stockwerken (siehe Bild 2)
 - in Stockwerken bei geneigter Oberfläche der Grundwasserhemmer (siehe Bild 3)
- angegeben. (Weitere Begriffe zum Grundwasser werden in DIN 4049 Teil 1 definiert.)

Tabelle 1. Bohrverfahren in Böden

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Bohrverfahren				Gerät	
	Lösen des Bodens ²⁾	Spülhilfe	Fördern der Probe	Benennung	Bohrwerkzeug	üblicher Bohraußendurchmesser ¹⁾
1 Bohrverfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben						
1	drehend	nein	mit Bohrwerkzeug	Rotations-Trockenkernbohrung	Einfachkernrohr	65 bis 200
					Hohlbohrschnecke	65 bis 300
2		ja	mit Bohrwerkzeug	Rotationskernbohrung	Einfachkernrohr	65 bis 200
					Doppelkernrohr	
3		ja	mit Bohrwerkzeug	Rotationskernbohrung	Doppelkernrohr mit Vorschneidkrone oder Vorsatz	100 bis 200
4		rammend	nein	mit Bohrwerkzeug	Rammkernbohrung	Rammkernrohr mit Schnittkante innen, auch mit Hülse oder Schlauch (auch Hohlbohrschnecke)
5	nein					mit Bohrwerkzeug
6	rammend, drehend	ja	mit Bohrwerkzeug	Rammrotations-Kernbohrung	Einfach- oder Doppelkernrohr	100 bis 200
7	drückend	nein	mit Bohrwerkzeug	Druckkernbohrung	Kernrohr mit Schnittkante innen (auch Hohlbohrschnecke)	50 bis 150
2 Bohrverfahren mit durchgehender Gewinnung nicht gekernter Bodenproben						
8	drehend	nein	mit Bohrwerkzeug	Drehbohrung	Gestänge mit Schappe, Schnecke	100 bis 2000
9	schlagend	nein	mit Bohrwerkzeug	Schlagbohrung	Seil mit Schlagschappe	150 bis 500
10	greifend	nein	mit Bohrwerkzeug	Greiferbohrung	Seil mit Bohrlochgreifer	400 bis 2500
3 Bohrverfahren mit Gewinnung unvollständiger Bodenproben						
11	drehend	ja	mit direkter Spülung	Spülbohrung (Rotarybohrung)	Gestänge mit Rollenmeißel, Düsenmeißel, Stufenmeißel u. a.	100 bis 500
12		ja	mit Umkehrspülung	Rotations-Spülbohrung	wie oben, jedoch mit Hohlmeißel	60 bis 1000
13	schlagend	nein	mit Bohrwerkzeug	Schlagbohrung	Seil mit Ventilbohrer	100 bis 1000
14		nein	mit Bohrwerkzeug/Hilfsspülung	Meißelbohrung (Bohrhindernissebeseitigung)	Seil oder Gestänge mit Meißel	100 bis 1000

1) Diese Angaben sind Richtwerte.

2) Beim „Rammen“ wird das Bohrwerkzeug mit einer besonderen Schlagvorrichtung eingetrieben. Beim „Schlagen“ wird das Bohrwerkzeug selbst durch wiederholtes Anheben und Fallenlassen zum Eintreiben benutzt.

7	8	9	10	11
Eignung des Bohrverfahrens ³⁾		Proben ⁴⁾		Bemerkungen
ungeeignet für Bodenart ¹⁾	bevorzugt einsetzbar für Bodenart ¹⁾	erreichbare Güteklasse (nach Tabelle 4) bezogen auf Spalte 8	unverändert in ⁵⁾	
Grobkies, Steine, Blöcke	Ton, Schluff, Feinsand schluffig	4, (3 bis 2)	$Z, (w, \rho)$	gut in Mitte, außen ausgetrocknet
	Ton, Schluff, Sand, organische Böden	3, (2 bis 1)	$Z, w, (\rho, E_s, \tau_f, k)$	—
nichtbindige Böden, Schluff	Ton, tonige, auch verkittete gemischt körnige Böden, Blöcke	4, (3 bis 2)	$Z, (w, \rho)$	—
		3, (2 bis 1)	$Z, w, (\rho, E_s, \tau_f, k)$	
Kiese, Steine, Blöcke	Ton, Schluff	2, (1)	$Z, w, \rho, (E_s, \tau_f)$	—
Böden mit Korndurchmesser größer als $D_e/3$	Ton, Schluff und Böden mit Korndurchmesser bis höchstens $D_e/3$	in bindigen Böden 2, (1)	$Z, w, (\rho, E_s, \tau_f, k)$	Rammdiagramm durch Messung der Schlagzahl
		in nichtbindigen Böden 3, (2)	$Z, (w)$	
Böden mit Korndurchmesser größer als $D_e/3$ dichtgelagert	Kies, Böden mit Korndurchmesser bis höchstens $D_e/3$	4	Z	—
gemischtkörnige und reine Sande über 0,2 mm Korndurchmesser, Kiese halbfeste und feste Tone	Ton, Schluff, Feinsand	in bindigen Böden 2, (1)	$Z, w, \rho, (E_s, \tau_f, k)$	
		in nichtbindigen Böden 4, (3)	$Z, (w)$	—
Blöcke, Steine, Kies, dicht gelagerter Sand	Böden mit Korndurchmesser bis höchstens $D_e/5$	in bindigen Böden 2, (1)	$Z, w, (Z, w, \rho, k)$	
		in nichtbindigen Böden 3, (2)	$Z, (Z, w)$	—
Blöcke größer als $D_e/3$	über Wasserspiegel alle Böden, unter Wasserspiegel alle bindigen Böden	4, (3)	$Z, (w)$ unter Wasserspiegel nur aus Bohrgut bei großem Schapendurchmesser	Länge der Schnecke oder Spirale $\leq 0,5$ m
über Wasserspiegel Kies, unter Wasserspiegel Schluff, Sand, Kies	über Wasserspiegel Ton, Schluff, unter Wasserspiegel Ton	4, (3)	$Z, (w)$	—
feste, bindige Böden, Blöcke größer als $D_e/2$	Kies, Blöcke kleiner als $D_e/2$, Steine	über Wasserspiegel 3	$Z, (w)$	—
		unter Wasserspiegel 5, (4)	(Z)	
—	in allen Böden	(5)	bodenmechanisch unbrauchbar	nur zum Durchfahren oberer, nicht interessierender Schichten
—	in allen Böden	5, (4)	(Z) wenn einzelne Kernstücke, dann Z	—
über Wasserspiegel	Kies und Sand im Wasser	5, (4)	(Z)	auch in bindigen Böden unter Wasserzugabe möglich
—	in allen Bodenarten zur Bohrhindernissebeseitigung	5	bodenmechanisch unbrauchbar	—

³⁾ Hierin bedeutet D_e Innendurchmesser des Bohrwerkzeugs.

⁴⁾ Die in Klammern () gesetzten Angaben bedeuten, daß die jeweilige Güteklasse nur bei besonderen Bodenbedingungen erreicht werden kann.

⁵⁾ Erklärung der Zeichen siehe Tabelle 4

Tabelle 2. Bohrverfahren im Fels

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
Zeile	Bohrverfahren			Benennung	Gerät		Bohrverfahren wenig geeignet für ¹⁾	Probengewinn		Bemerkungen
	Lösen des Fels	Spülhilfe	Fördern des Fels		Bohrwerkzeug	üblicher Bohr- (außen)durchmesser ¹⁾		Kerne ¹⁾	Bohrklein	
	1 Bohrverfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben									
1	drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rotations- kernbohrung	Einfachkernrohr, meist mit Hartmetallkrone	100 bis 200	mittelharten bis sehr harten Fels	bei geklüftetem, weichem Fels	Siebrückstand und Schweb	Der Kern kann durch die Spülhilfe verändert werden
2	drehend	nein	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rotations- Trocken- kernbohrung	Einfachkernrohr mit Hartmetallkrone	100 bis 200	mittelharten bis sehr harten Fels	bei weichem, erosivem, wasserempfindlichem Fels in kurzen Kernmärschen	kein	Wegen Überhitzung der Krone kann im allgemeinen nur in Kernmärschen bis 0,5 mm gebohrt werden.
3	drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rotations- kernbohrung	Doppelkernrohr mit Hohlbohrkrone	50 bis 200	erosiven, wasserempfindlichen Fels	bei allen Felsarten	Siebrückstand und Schweb	—
4	drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rotations- kernbohrung	Doppelkernrohr mit Hülse (Dreifachkernrohr)	50 bis 200	—	bei allen Felsarten	Siebrückstand und Schweb	—
5	drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Seilkernbohrung	Seilkernrohr mit Hohlbohrkrone, auch als Doppelkernrohr mit Hülse (Dreifachkernrohr)	50 bis 180	erosiven, wasserempfindlichen Fels	bei allen Felsarten	Siebrückstand und Schweb	—
6	rammend und drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rammrotations- kernbohrung	Rammrotationskernrohr	100 bis 200	mittelharten bis sehr harten Fels	bei mittelhartem bis hartem Fels	Siebrückstand mit Schweb	mit Rammvorrichtungen am Gerät oder als Imlochhammer
2 Bohrverfahren mit Gewinnung unvollständiger Proben										
7	drehend	ja	mit Bohrwerkzeug am Gestänge	Rotations- vollkronenbohrung	Vollbohrkrone, Rollenmeißel	50 bis 200	—	keine	Siebrückstand und Schweb	—
1) Alle Angaben sind Richtwerte.										

Tabelle 3. Kleinbohrverfahren in Böden

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zeile	Kleinbohrverfahren ²⁾			Benennung	Bohrwerkzeug	Gerät		Eignung des Kleinbohrverfahrens ⁴⁾			Bemerkungen
	Lösen des Bodens ³⁾	Spülhilfe	Fördern des Bodens			üblicher Bohrer (außen) durchmesser ¹⁾	ungeeignet für Bodenart ¹⁾	einsetzbar für Bodenart ¹⁾	erreichbare Güteklasse (nach Tabelle 4) bezogen auf Spalte 8	unverändert in ⁶⁾	
1	drehend	nein	mit Bohrwerkzeug	Handdrehbohrung	Schappe, Schnecke, Spirale	60 bis 80	Grobkies größer als $D_e/3$ und festgelagerte Böden	über Wasserspiegel bei Ton bis Mittelskies unter Wasserspiegel bei bindigen Böden	über Wasserspiegel 4, (3) unter Wasserspiegel 4	Z, (w) Z	nur für geringe Tiefen
2	rammend	nein	mit Bohrwerkzeug	Kleinrammbohrung	Rammgestänge mit Entnahmerohr	30 bis 80	Böden mit Korndurchmesser größer als $D_e/2$	Böden mit Korndurchmesser bis höchstens $D_e/5$	in bindigen Böden 3, (2) in nichtbindigen Böden 4, (3)	Z, w, (q) Z, (w)	
3	drückend	nein	mit Bohrwerkzeug	Kleindruckbohrung	Druckgestänge mit Entnahmerohr	30 bis 40	feste und grobkörnige Böden	Ton, Schluff Feinsand	3, (2)	Z, w, (q)	

1) Diese Angaben sind Richtwerte.

2) Nur unter Voraussetzungen von Abschnitt 5.3 anwendbar.

3) Beim „Rammen“ wird das Bohrwerkzeug mit einer besonderen Schlagvorrichtung eingetrieben.

4) Hierin bedeuten D_e Innendurchmesser der Bohrwerkzeuge.

5) Die in Klammern () gesetzten Angaben bedeuten, daß die jeweilige Güteklasse nur bei besonders günstigen Gegebenheiten und Bodenbedingungen erreicht werden kann.

6) Erklärung der Zeichen siehe Tabelle 4

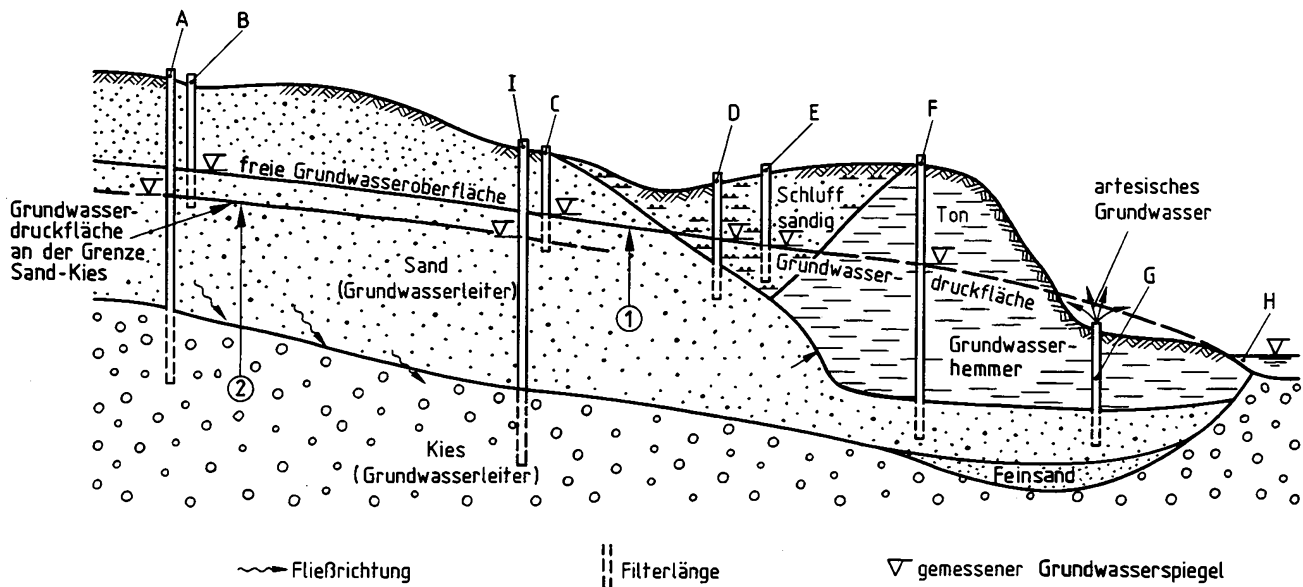


Bild 1. Beispiel für das Vorkommen von Grundwasser in einem zusammenhängenden Grundwasserleiter

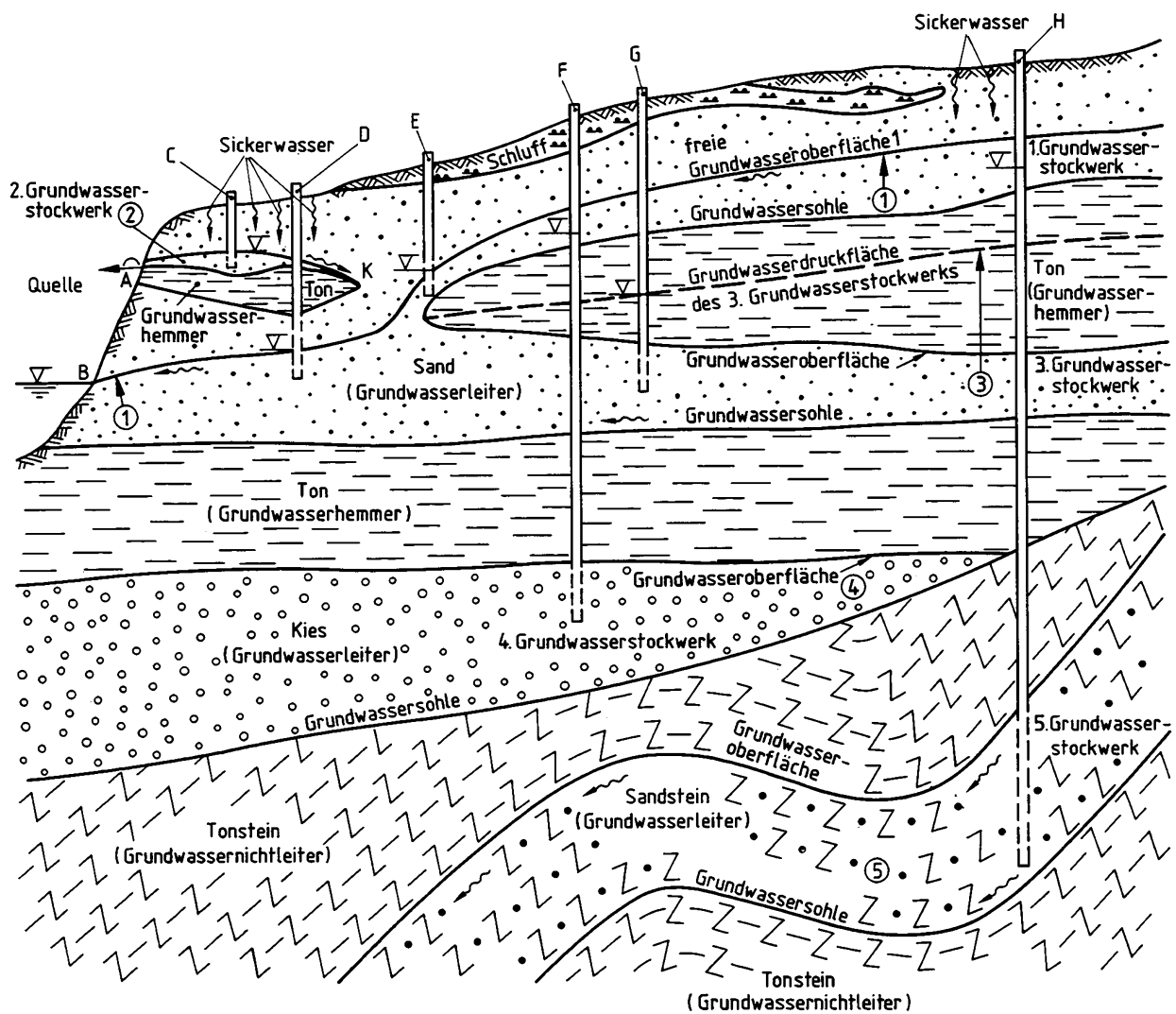


Bild 2. Beispiel für das Vorkommen von Grundwasser in mehreren Stockwerken

Erklärung zu Bild 1: Die Grundwassermeßstellen A–G und I zeigen die freie Grundwasseroberfläche bzw. die Grundwasserdruckfläche jener Schicht an, in der die Filterstrecke des jeweiligen Meßrohrs liegt. In den Rohren B und C taucht die Filterstrecke in das Grundwasser ein, und der Grundwasserspiegel zeigt hier die freie Grundwasseroberfläche an. Bei den Rohren D, F und G ist das Grundwasser gespannt; der Grundwasserspiegel entspricht hier der Grundwasserdruckfläche, die bei Rohr G über das Gelände hinaufreicht (artesisches Grundwasser). Bei den Rohren A und I liegt der Grundwasserspiegel tiefer als die freie Grundwasseroberfläche, da die Filterstrecke in der Kiesschicht liegt, die unmittelbar zu einem Vorfluter H entwässert (Dränwirkung); infolge des Druckunterschieds bewegt sich das Wasser im Sand hier auch abwärts gegen die Kiesschicht. Auch im sandigen Schluff bei Rohr E vermag sich noch eine Grundwasseroberfläche auszubilden, doch dauert es hier viel länger als bei den Rohren B und C, bis sich zwischen dem Wasser im Rohr E und dem Grundwasser der Druckausgleich eingestellt hat.

Erklärung zu Bild 2: Im Lockergestein trennen die Grundwasserhemmer (Tonschichten) das Grundwasser in vier Grundwasserstockwerke (Sand- und Kiesschichten). Im Bereich der Grundwassermeßstellen C und D und zwischen den Rohren G und H dringt Niederschlags- und Oberflächenwasser als Sickerwasser in den Baugrund ein.

Zwischen den Meßstellen G und H sammelt sich zeitweise Grundwasser. Bei größerer Ausdehnung wie über der Tonschicht zwischen den Punkten A und K kann sich ein Grundwasserstockwerk (2) bilden, das bei Punkt A als Quelle zutage tritt. Es speist auch das Grundwasserstockwerk 1.

In der Grundwassermeßstelle E ist die Lage der freien Grundwasseroberfläche des ersten Grundwasserstockwerks zu beobachten. Das Grundwasser der Grundwasserstockwerke 1 und 3 fließen dem Vorfluter unterhalb des Punktes B zu. Es ist bei Meßstelle G gespannt, bei Meßstelle D freies Grundwasser.

Das 4. Grundwasserstockwerk erhält Zufluß aus einem anderen Gebiet und ist überall gespannt. Seine Grundwasserdruckfläche wird durch den Grundwasserspiegel im Meßrohr F angezeigt. Von den Grundwasserstockwerken 1, 2 und 3 wird durch den Ton (Grundwasserhemmer) das Grundwasserstockwerk 4 nur wenig beeinflusst.

Im Fels wird der Sandstein (Grundwasserleiter 5) von Tonstein (Grundwassernichtleiter) unter- und überlagert. Die Sandsteinschicht bildet ein selbstständiges Grundwasserstockwerk 5, das vom Grundwasser des Lockergesteins nicht beeinflusst wird. Es erhält zusickerndes Niederschlagswasser von einem außerhalb des Bildes befindlichen Gebiet und ist überall gespannt. Die Grundwassermeßstelle H zeigt die Druckfläche dieses Grundwasserstockwerks 5 an.

Erklärung zu Bild 3: Ein Grundwasserleiter (Feinsand beziehungsweise kiesiger Sand) wird durch einen Grundwasserhemmer streckenweise in zwei Grundwasserstockwerke geteilt. Die Grundwassersohle des gesamten Grundwasserleiters liegt an der Grenze zwischen dem kiesigen Sand und dem Ton. Die untere Begrenzung der oberen Tonschicht bildet die Grundwasseroberfläche des gespannten Grundwassers im 2. Grundwasserstockwerk.

Die freie Grundwasseroberfläche wird durch die Grundwasserspiegel in den flachen Rohren A, C, D und E wiedergegeben und die Grundwasserdruckfläche des 2. Grundwasserstockwerks durch die Grundwasserspiegel in den tieferreichenden Rohren B und F angezeigt. Da in dem tiefer gelegenen kiesigen Sand die Strömungsverluste geringer sind als in dem Feinsand, kommt es im Bereich der hydraulischen Verbindung beider Grundwasserstockwerke bei Rohr B zu aufsteigendem Grundwasser; auf die aufsteigende Bewegung des Grundwassers weist auch die unterschiedliche Höhe der Grundwasserspiegel in den Rohren B und C hin. In die untere Tonschicht ist eine Sandlinse eingelagert, in der Grundwasser eingeschlossen ist. Wegen des sehr geringen Wassernachschubs aus dem fast undurchlässigen Ton würde die Druckhöhe des eingeschlossenen Grundwassers beim Anbohren der Sandlinse meist bleibend gestört werden.

2.35 Wasserwegsamkeit im Fels

Die Wasserwegsamkeit ist die Durchlässigkeit

- a) in den Poren des Gesteins
- b) auf den Trennflächen des Gebirges
- c) in größeren Hohlräumen, z. B. bei Verkarstungen

Anmerkung: Fels ist gewöhnlich ausgeprägt inhomogen und anisotrop. Er besteht aus Klüftkörpern, die von Trennflächen unterschiedlicher Entstehung, Richtung, Häufigkeit, Öffnungsweite und Rauigkeit begrenzt werden. Störungen oder Verwerfungen, an denen die Schichten versetzt sind, können hydraulisch besonders wirksame Trennflächen darstellen. Entsprechend der Erstreckung, Öffnungsweite und Ausbildung der Trennflächen ist die Durchlässigkeit im Fels meist richtungsabhängig.

Da Klüfte, Spalten oder sonstige Trennflächen und Hohlräume nicht immer miteinander in Verbindung stehen, kann die Druckhöhe in benachbarten Trennflächen oder Hohlräumen unterschiedlich sein.

Durch Belastung, Felsausbruch oder Änderung des Wasserdrucks und damit des Spannungszustands wird die Durchlässigkeit des Gebirges oft entscheidend verändert. Ebenso können Verwitterung und Ausspülung die Durchlässigkeit beeinflussen.

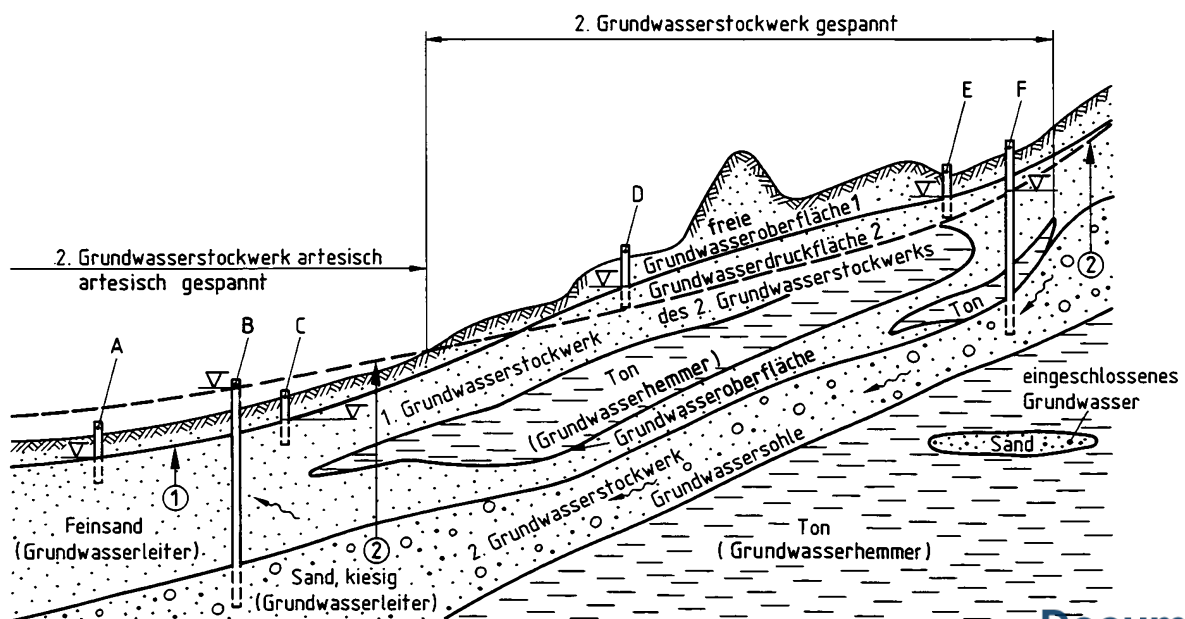


Bild 3. Beispiel für das Vorkommen von Grundwasser in Stockwerken bei geneigter Oberfläche der Grundwasserhemmer