

Hochschule Coburg Studiengang Bauingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. U. Hanses	Geotechnik 1 Arbeitsblätter zu: Gestein und Böden	Seite 3.1
--	---	-----------

3 Gesteine und Böden

3.1 Entstehung der Gesteine

Gesteine im Sinne der Geotechnik sind sogenannte Festgesteine (Fels). Je nach Entstehungsgeschichte werden folgende Festgesteine unterschieden:

- **Erstarrungsgesteine** (Eruptivgesteine)
Erstarrungsgesteine entstehen durch Abkühlung flüssiger Gesteinsschmelze (Magma), die im Inneren der Erde vorhanden ist. Es werden Tiefen- und Ganggesteine und Ergussgesteinen unterschieden. Zu denen Tiefen- und Ganggesteinen gehört vor allem der Granit, zu den Ergussgesteinen der Basalt, der Diabas und der Porphyr.
- **Ablagerungsgesteine** (Sedimentgesteine)
Ablagerungsgesteine entstehen aus verfestigten Ablagerungen der Sande, Schluffe und Tone. Der Vorgang der Verfestigung wird als Diagenese bezeichnet. Typische Ablagerungsgesteine sind: Brekzie, Konglomerat, Sandstein, Grauwacke, Schiefertone und Tonschiefer, Kalkgestein und Dolomit, Gips- Anhydrit- und Salzgestein, sowie Steinkohle.
- **Umwandlungsgesteine** (Metamorphe Gesteine)
Durch Bewegung der Erdkruste in größere Tiefen gelangte und unter Druck und hohen Temperaturen umgewandelte Gesteine. Typische Umwandlungsgesteine sind: Gneis, Marmor und Quarzit.

Da Gesteine i. allg. einen guten, d. h. einen unproblematischen Baugrund darstellen, werden sie nachfolgend nicht weiter behandelt. Eine weitergehende Behandlung der Gesteine, wie Erkennen, Benennen und Kartieren wird in den Vorlesungen Baustoffkunde und Geotechnik-Vertiefung angeboten.

3.2 Entstehung der Böden

Böden entstehen durch:

- Verwitterung der Gesteine
- Abtrag (Erosion)
- Transport (Frachtung) und
- Ablagerung (Sedimentation)

Hochschule Coburg Studiengang Bauingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. U. Hanses	Geotechnik 1 Arbeitsblätter zu: Gestein und Böden	Seite 3.2
--	---	-----------

Rein mechanische Zertrümmerung führt zu **Kies**, **Sand** und **Schluff**. Zusätzliche chemische und biologische Prozesse führen zu **Ton**.

Durch Wasser verfrachtete Böden sind je nach Schleppkraft, **Gerölle**, **Kiese**, **Sande**, und **Schluffe**. In den Mündungsgebieten der Flüsse setzen sich **Tone** ab.

Durch Wind verfrachtete Böden sind **Löss** und **Dünensand** (äolische Böden).

Durch Eis (Gletscher) verfrachtete Böden sind **Geschiebemergel** und **Geschiebelehm**.

In den Überschwemmungsgebieten der Flüsse findet man **Auenlehme**. Am Fuß der Hänge liegt **Hangschutt** oder **Gehängelehm**.

Mergel ist Gemenge aus Tonen und Kalk. **Lehm** ist ein Gemisch aus Ton Schluff und Sand. **Faulschlamm** ist ein organischer Boden mit tierischen Beimengungen. **Torf** ist ein organischer Boden, der aus verrotteten Pflanzen besteht.

3.3 physikalischer Aufbau der Böden

Nichtbindige Böden (rollige Böden):

Nichtbindige Böden sind Haufwerke aus mineralischen Partikeln mit Einzelkorngrößen, die mit dem Auge noch erkennbar sind. Die Festigkeitseigenschaften des Haufwerks hängen von der Reibung in den Berührungsflächen der Einzelpartikel ab. Der Wassergehalt des Haufwerks hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Haufwerks.

Bindige Böden:

Die bindigen Böden bestehen im Wesentlichen aus Einzelpartikeln mit Korngrößen, die nicht mehr mit dem bloßen Auge erkennbar sind. Diese Böden haben **plastische** Eigenschaften, d. h. sie sind knetbar. Die plastischen Eigenschaften ändern sich mit dem Wassergehalt von flüssig über breiig, weich, steif, halbfest bis fest. In den Berührungsflächen der Partikel gibt es neben der Reibung auch **Kohäsion**. Diese beruht auf der Anziehungskraft der Wasserhüllen, die die Einzelpartikel umgeben und unter Unterdruck stehen. Die bindigen Böden haben mikroskopisch betrachtet eine Waben- oder Flockenstruktur.

3.4 Wasser im Boden

Die Hohlräume (Poren) im Boden enthalten Luft und Wasser. Drei Fälle sind denkbar:

- Die Poren sind nur mit Luft gefüllt. Der Boden ist vollkommen trocken. Dieser Zustand kommt in der Natur kaum vor.
- Die Poren sind nur mit Wasser gefüllt. Dies trifft zu, wenn der Boden unterhalb des Grundwasserspiegels liegt.
- Die Poren sind sowohl mit Luft und Wasser gefüllt. In diesen Zonen existiert eine s. g. Kapillarkohäsion, die jedoch beim Auftreten der vor genannten Zustände verschwindet.

Folgende in Tab 3.1 enthaltenen Begriffe sind hinsichtlich des Vorkommens von Wasser im Boden für die Geotechnik von Bedeutung:

Haftwasser:	Durch Grenzflächenkräfte an den Bodenpartikeln festgehaltenes Wasser.
Kapillarwasser:	Von der Ebene des Grundwasserspiegel aus durch Kapillarwirkung hochgezogenes Wasser.
Sickerwasser:	Niederschlagswasser, welches infolge der Schwerkraft durch die Poren des Bodens zum Grundwasser sickert.
Schichtenwasser:	Sickerwasser, welches auf einer weniger durchlässigen Schicht aufgestaut wird.
Kluftwasser:	Grund- oder Sickerwasser, welches im Kluftsystem von Festgestein fließt
Grundwasser:	Alle Poren des Bodens ausfüllendes und unter Schwerkrafteinfluss stehendes, freibewegliches Wasser. Unterhalb des Grundwasserspiegels steht der Boden unter Auftrieb.
ungespanntes Grundwasser:	Siehe Abbildung 3.1
gespanntes Grundwasser:	Siehe Abbildung 3.1
artesisch gesp. Grundwasser:	Siehe Abbildung 3.1
Grundwasserleiter:	Schicht in welcher Grundwasser ansteht.
Grundwasserstockwerke:	mehrere Grundwasserleiter übereinander, die durch undurchlässige Schichten getrennt sind und eigene Druckspiegel besitzen.
Grundwasseraufstandsfläche:	undurchlässige Schicht, auf der das Grundwasser aufsteht.

Tab. 3.1: Begriffe zu verschiedenen Erscheinungsformen von Wasser im Boden

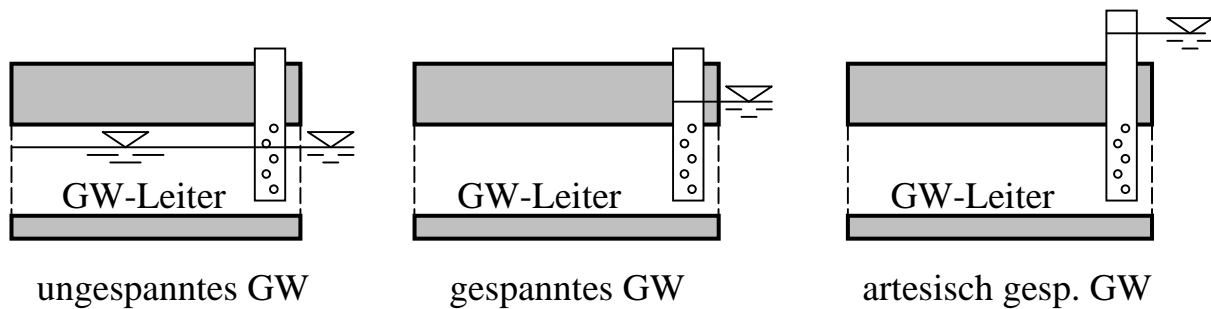


Abbildung 3.1: verschiedene Druckformen des Grundwassers

3.5 Einteilung und Benennung von Böden

3.5.1 geologische Benennung

Beim Aufschluss von Böden durch Schürftgruben oder Bohrungen werden die Böden zunächst mit geologischen Bezeichnungen benannt. Diese Begriffe sind nicht genormt und von Region zu Region unterschiedlich. Nachfolgend einige Beispiele:

- **Rheinkies, Donaukies, Mainkies, Itzkies:** für die Ablagerungen von Flüssen
- **Schwemmland:** Ablagerung von Flüssen
- **Hochterrasse:** sandig, kiesige, teilweise auch bindige Ablagerungen von Flüssen oberhalb des heutigen Flusspiegels
- **Juraton:** für Ton aus dem Erdzeitalter Jura
- **Keuper:** für Tonstein und Ton aus dem Erdzeitalter Keuper (im Coburger Land umgangssprachlich Keiper)
- **Auenlehm:** für Hochwassersedimente
- **Klei:** für Tone im Brackwasserbereich

3.5.2 Ansprache und Benennung nach DIN 4022

In der Laboransprache werden die Böden nach der DIN 4022 bezeichnet. Hauptunterscheidungsmerkmal bilden dabei die Korndurchmesser d . Es werden vier Hauptbodenarten unterschieden:

Hochschule Coburg Studiengang Bauingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. U. Hanses	Geotechnik 1 Arbeitsblätter zu: Gestein und Böden	Seite 3.5
--	---	-----------

- Ton: $0,000 < d \leq 0,002$ mm
- Schluff: $0,002 < d \leq 0,06$ mm 0,06 mm sind optisch noch gerade erkennbar
- Sand: $0,06 < d \leq 2,0$ mm 2,0 mm → Streichholzköpfe
- Kies: $2,0 < d \leq 63$ mm 63 mm → Hühnereier

Korngrößen über $d = 63$ werden als Steine bezeichnet.

Sofern Böden nur zu einer Gruppe gehören, erhalten sie den Gruppennamen, z. B. Ton, Schluff, Sand oder Kies.

Wenn zusammengesetzte Bodenarten vorliegen sind die Bezeichnungsweisen bei nichtbindigen und bindigen Böden unterschiedlich. Nichtbindige Böden (Sande und Kiese und deren Gemische) werden nach den Kornanteilen benannt. Beispiel: 20 Gew.-% Sand + 80 Gew.-% Kies werden als **Kies, sandig** bezeichnet. Ist der Anteil eines Bodens unter 15 Gew.-%, so wird das Adjektiv **schwach** hinzugefügt. Ist der Anteil über 30 Gew.-%, so wird das Adjektiv **stark** hinzugefügt. Bei Anteilen zwischen 40 und 60 Gew.-% wird der Name beider Bodenarten verwendet, z. B. Sand und Kies.

Bindige Böden und Mischböden mit einem Anteil von mehr als 5 Gew.-% Feinkorn ($d < 0,06$ mm) bekommen den Namen des Bodens der sie prägt. z. B. Ton, kiesig oder Schluff, sandig, usw.

Eine ausführliche Behandlung der Bestimmung und Benennung von Böden nach DIN EN ISO 14688-1 wird im Laborpraktikum durchgeführt.

3.5.3 Klassifikation und Benennung nach DIN 18196

Für bautechnische Zwecke (z. B. Straßenbau) werden die Böden nach DIN 18196 bezeichnet. Grundlage der Bezeichnungen sind für rollige Böden und Mischböden mit einem Anteil an Feinkorn ($d < 0,06$ mm) bis zu 40 Gew. % die Körnungslinien. Für feinkörnige Böden werden die plastischen Eigenschaften zur Bezeichnung herangezogen (siehe Abschn. 5.6). Die Bezeichnungskriterien und die Bezeichnungskürzel sind in der Tabelle 3.2 zusammengestellt. In der DIN 18196 ist eine erweiterte Tabelle enthalten, in der zusätzliche Erkennungsmerkmale und bautechnische Eigenschaften aufgeführt sind (siehe auch Simmer 1994).

1	2	3	4	5	6	7	
Hauptgruppen	Korngrößen-Massenanteil		Lage zur A-Linie	Gruppen			Kurzzeichen Gruppen-symbol
	Korndurchmesser ≤ 0,06 mm	≤ 2 mm					
Grobkörnige Böden	kleiner 5 %	bis 60 %	-	Kies	enggestufte Kiese	GE	
		über 60 %	-		Sand	weitgestufte Kies-Sand-Gemische	GW
						Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI
	5 bis 40 %	über 60 %	-	Sand	enggestufte Sande	SE	
					weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SW	
					Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI	
Gemischtkörnige Böden	5 bis 40 %	bis 60 %	-	Kies-Schluff-Gemische	5 bis 15 % ≤ 0,06 mm	GU	
					über 15 bis 40 % ≤ 0,06 mm	GU*	
	über 60 %	-	Kies-Ton-Gemische	5 bis 15 % ≤ 0,06 mm	GT		
				über 15 bis 40 % ≤ 0,06 mm	GT*		
			Sand-Schluff-Gemische	5 bis 15 % ≤ 0,06 mm	SU		
				über 15 bis 40 % ≤ 0,06 mm	SU*		
Sand-Ton-Gemische	5 bis 15 % ≤ 0,06 mm	ST					
	über 15 bis 40 % ≤ 0,06 mm	ST*					
Feinkörnige Böden	über 40 %	-	$I_p \leq 4 %$ oder unterhalb der A-Linie	Schluff	leicht plastische Schluffe $w_L < 35 %$	UL	
					mittel plastische Schluffe $35 % \leq w_L \leq 50 %$	UM	
					ausgeprägt zusammendrückb. Schluffe $w_L > 50 %$	UA	
		-	$I_p \geq 7 %$ oder oberhalb der A-Linie	Ton	leicht plastische Tone $w_L < 35 %$	TL	
					mittel plastische Tone $35 % \leq w_L \leq 50 %$	TM	
					ausgeprägt zusammendrückbare Tone $w_L > 50 %$	TA	
organogene und Böden mit organischen Beimengungen	über 40 %	-	u. unterhalb der A-Linie	nicht brenn- oder nicht schwelbar	Schluffe mit organischen Beimengungen und organogene Schluffe	OU	
					Tone mit organischen Beimengungen und organogene Tone	OT	
	bis 40 %				grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OH	
					grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen	OK	
organische Böden	-	-	-	brenn- oder schwelbar	nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HN	
					zersetzte Torfe	HZ	
					Schlamm als Sammelbegriff für Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel	F	
Auffüllung	-	-	-		Auffüllungen aus natürlichem Boden	[]	
					jeweiliges Gruppensymbol in eckigen Klammern		
					Auffüllungen aus Fremdstoffen	A	

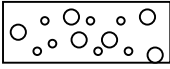
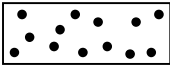
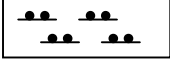
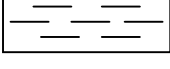
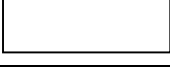
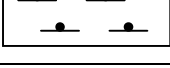
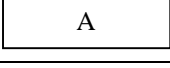
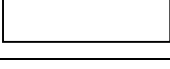
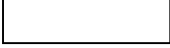
Tab. 3.2: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (aus DIN 18196)

3.5.4 Klassifikation nach DIN 18300

Für die Ausschreibung von Bauleistungen im Erdbau werden die Böden in sieben Klassen (Bodenklasse 1 bis 7) zusammengefasst. Hierbei spielen baubetriebliche Gesichtspunkte, wie Lösen, Laden, Einbauen und Verdichten eine wesentliche Rolle. Grundlage der Einteilung bildet die Bezeichnung der Böden nach DIN 18196. In Tabelle 3.3 sind die Bodenklassen nach DIN 18300 enthalten.

3.5.5 Darstellung von Bodenschichtungen in Bohrprofilen

Für die Darstellung von Böden sind in der DIN 4023 (Baugrund- und Wasserbohrungen. Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse) Symbole und Farben festgelegt. In Tabelle 3.4 sind die wesentlichen Symbole und Farben aufgeführt.

Bodenart	Kürzel		Symbol	Farbe
	Substantiv	Adjektiv		
Kies	G	g		gelb
Sand	S	s		orange
Schluff	U	u		oliv
Ton	T	t		violett
Torf, Humus	H	h		dunkelbraun
Faulschlamm	F	o		lila
Auffüllung	A	-		-
Steine	X	x		gelb
Fels	Z	-		grün

Tab. 3.4: Zeichnerische Darstellung von Böden

Das Schichtenprofil eines Bodens wird in einem **Bohrprofil** dargestellt (siehe Abb. 3.2)

Boden-klasse	Bezeichnung	Beschreibung
1	Oberboden	Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält
2	Fließende Bodenarten	Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben. Hierzu gehören bei entsprechender Beschaffenheit: HN, HZ, und F; UL, UM, UA, TL, TM, TA sowie OU, OT, OH, und OK, und SU*, ST*, GU* und GT*.
3	Leicht lösbare Bodenarten	Nichtbindige bis schwachbindige Sande und Sand-Kiesgemische mit bis zu 15 % Beimengungen an Schluff und Ton ($d < 0,06$ mm) mit höchstens 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 10 Liter Rauminhalt und organische Böden mit geringem Wassergehalt (z. B. feste Torfe). SW, SE, SI, GW, GE, GI und SU, ST, GU und GT, sowie HN.
4	Mittelschwer lösbare Bodenarten	Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 % $d < 0,06$ mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind, und die höchstens 30 % Steine ($d > 63$ mm) bis zu 10 Liter Rauminhalt enthalten. UL, UM, TL und TM, sowie SU*, ST*, GU* und GT*.
5	Schwer lösbare Bodenarten	Bodenarten nach Klasse 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 % Steinen ($d > 63$ mm) bis zu 10 Liter Rauminhalt. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 % Steinen von über 10 Liter bis 100 Liter Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind. UA, TA und OT.
6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schieferig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten (z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen). Nichtbindige Bodenarten mit mehr als 30 % Steinen über 10 bis 100 Liter Rauminhalt.
7	Schwer lösbarer Fels	Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschiefer, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen. Steine von über 100 Liter Rauminhalt.

Tab. 3.3 Bodenklassen nach DIN 18300

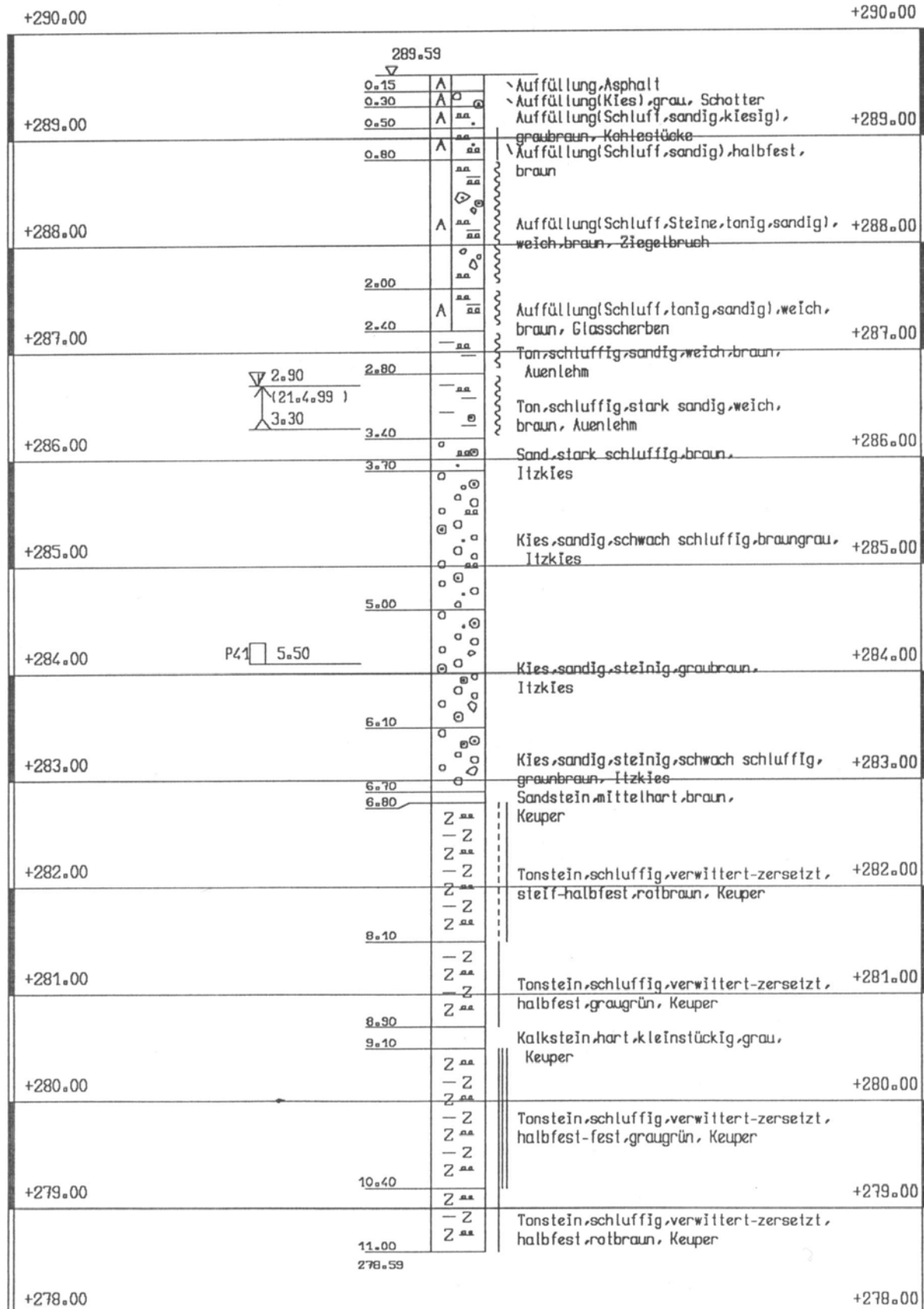


Abb. 3.2 Bohrprofil nach DIN 4023