

1 Einteilung und Benennung von Böden

1.1 Bodenmechanische und geologische Begriffe

1.1.1 Bezeichnungen

Die nachstehenden Bezeichnungen sind zum Teil DIN EN ISO 14688-1 [116] und DIN EN ISO 14689-1 [118] entnommen.

Magma glutflüssige, gashaltige Gesteinsschmelze unterhalb der festen Erdkruste (Erstarrungskruste); magmatische Strömungen können tektonische Bewegungen der Erstarrungskruste (Faltungen, Überschiebungen, Horizontalverschiebungen, Klüfte, Spalten usw.) auslösen.

Sedimentation (Ablagerung) Absetzung von Gesteinsmaterial in „sekundären Lagerstätten“, das durch Verwitterung zerstört (Frostsprengung, Temperaturschwankungen, chemische Einflüsse wie die von Salzen, Säuren, Laugen usw., biologische Einflüsse wie die von Kleinstlebewesen oder Pflanzenwurzeln) und durch Abtragungskräfte (Schwerkraft, Wasser, Wind, Eis und Schnee) aus seiner „primären Lagerstätte“ (ursprünglichen Lagerstätte) fortbewegt wurde.

Metamorphose Gesteinsumwandlung infolge gebirgsbildender Vorgänge (Änderung hoher Drücke und hoher Temperaturen, aber keine Einschmelzung).

Fels (Festgestein) natürlich entstandene Ansammlung konsolidierter, verkitteter oder in anderer Form verbundener Mineralien, die ein Gestein von größerer Druckfestigkeit oder Steifigkeit bilden als Boden.

Trennflächen Schicht-, Kluft-, Schieferungs-, Störungs-, Scherflächen.

Gebirge Fels einschließlich Trennflächen und Verwitterungsprofilen.

Gestein vom Trennflächengefüge begrenzter Fels. Zu unterscheiden sind als Gesteinsarten

- *magmatische Gesteine*
 - *Plutonite (Tiefengesteine)* innerhalb der Erdkruste erstarrtes und kristallisiertes Magma (z. B. Granit, Diorit, Gabbro),
 - *Vulkanite (Ergussgesteine)* z. B. durch Vulkanausbrüche an die Erdoberfläche gelangtes und dort erstarrtes Magma (z. B. Basalt (Bild 1-1), Diabas, Porphyrit, vulkanisches Glas),
- *Sedimentgesteine* Trümmergesteine, Ausscheidungssedimente, organische oder organogene Ablagerungen wie z. B. Braunkohle, Dolomitstein, Kalkstein, Kreidestein, Mergelstein, Salzgestein, Sandstein, Steinkohle usw.,
- *metamorphe Gesteine* mechanisch und thermisch umgewandelte Gesteine wie Glimmerschiefer, Gneis, Granulit, Marmor usw.

Boden (Lockergestein) Gemisch mineralischer Bestandteile in Form einer natürlich entstandenen Ablagerung, aber fallweise organischen Ursprungs, das sich mit geringem Aufwand separieren lässt und unterschiedliche Anteile von Wasser und Luft (fallweise anderen Gasen) enthält. Der Begriff wird auch für Auffüllungen, umgelagerten Boden oder anthropogenes Material verwendet, die ähnliches Verhalten aufweisen (z. B. zerkleinertes Gestein, Hochofenschlacken und Flugaschen). Zu Ursprung und Bildung von Lockergesteinen vgl. auch [147].



Bild 1-1 Basaltsäulen in Island
(Foto: Silke Burkhardt)

1.1.2 Erdaufbau, Erdzeitalter und Gesteinsbildungen

In der Geotechnik zu behandelnde Problemstellungen betreffen durchweg Maßnahmen im oberflächennahen Bereich der Erdkruste (Bild 1-2). Neben der Einbindung der Baukonstruktionen in den Baugrund (vgl. Abschnitt 1.1.3) ist dabei auch die Tiefe zu berücksichtigen, bis zu der der Boden durch das Bauwerk bzw. die Baumaßnahme noch nennenswert beeinflusst wird. Im Regelfall liegt die entsprechende Gesamttiefe deutlich unter 100 m. Aus Bild 1-2 geht hervor, in welchem Verhältnis solche Tiefen zur Mächtigkeit der verschiedenen Erdzonen stehen.

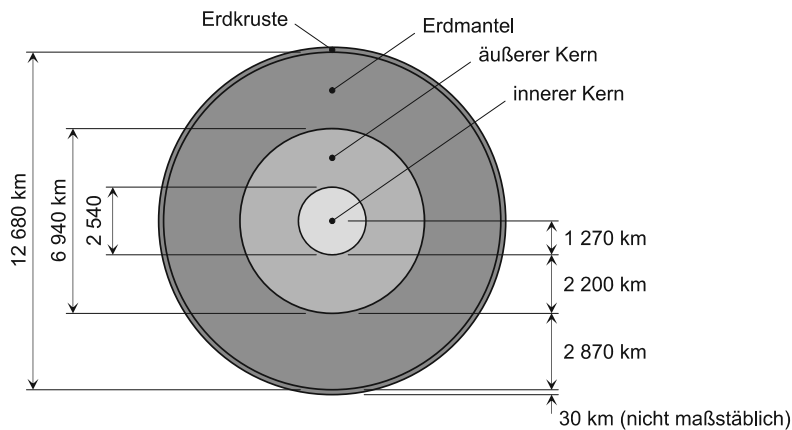


Bild 1-2 Erdaufbau in stark vereinfachter Form; in der Literatur zu findende Abmessungen weisen geringfügige Abweichungen zu den angegebenen Zahlenwerten auf

Im Laufe der Erdgeschichte haben sich die Bedingungen für die Bildung von Gesteinen immer wieder verändert. Tabelle 1-1 gibt entsprechende zeitliche Zuordnungen für den süddeutschen Raum an (die in Mill. Jahren angegebenen Zahlen sind leicht gerundet). Für andere Räume geltende Gegebenheiten lassen sich z. B. bei den jeweiligen Geologischen Landesämtern abfragen.

Tabelle 1-1 Erdzeitalter und hauptsächliche Gesteinsbildungen im süddeutschen Raum (stark generalisiert); nach [144]

System (Formation)	Beginn (Mill. Jahre)	Serie (Abteilung)	Stufe	Hauptsächliche Gesteinsbildungen
Quartär	2,6	Holozän		Lockerböden, Faulschlamm, Moore, Torf
		Pleistozän		Löß, Moränen, Schotter, Bändertone, Torf
Tertiär	65,5	Miozän Oligozän		Mergel, Sande, Tone, Konglomerate, Basalte, Quarzite, Flysch
Kreide	145,5	Oberkreide		Mergelstein, Sandstein
Jura	199,6	Malm (Weißer Jura)		Kalksteine, Mergelsteine
		Dogger (Brauner Jura)		Tonsteine, Eisenoolithe, Kalksteine, Sandsteine
		Lias (Schwarzer Jura)		Wechselfolge aus Ton-, Mergel- und Sandsteinen, Kalksteinen und Schiefertonen
Trias	251	Keuper	Oberer Keuper (Rhät)	Tonstein, Sandstein
			Mittlerer Keuper (Gipskeuper)	Tonstein, Gips, Anhydrit, Sandstein, Steinmergel, Dolomitstein
			Unterer Keuper (Lettenkeuper)	Sanstein, Mergelstein, Dolomitstein
		Muschelkalk	Oberer Muschelkalk	Kalk- und Mergelsteine, Dolomitstein
			Mittlerer Muschelkalk	Dolomitstein, Tonstein, Salzgesteine, Gips
			Unterer Muschelkalk (Wellengebirge)	Kalkstein, Dolomitstein, Mergelstein
		Buntsandstein	Oberer Buntsandstein (Röt)	Tonsteine, Gips
			Mittlerer Buntsandstein (Hauptbuntsandstein)	Sandsteine, Tonsteine
			Unterer Buntsandstein (Bröckelschiefer)	Sandsteine, Tonsteine
Perm	299	Zechstein Rotliegendes		Schiefertone, Arkosesandsteine, Konglomerate, Tonsteine, Mergelsteine, Dolomitsteine, Porphyre (Süddeutschland ohne Salzlager)
Karbon	359			Grauwacken, Arkosesandsteine, Porphyre, Konglomerate, Schiefertone
Devon	416			Schiefer
Altpaläozoikum	542			Granite, Gneise

1.1.3 Nutzung von Boden oder Fels

Baugrund Boden oder Fels (einschließlich aller Inhaltsstoffe wie z. B. Grundwasser, Luft und Kontaminationen), in dem Bauwerke gegründet oder eingebettet werden sollen bzw. gegründet oder eingebettet sind oder der durch Baumaßnahmen beeinflusst wird (Bild 1-3).

Baustoff Boden oder Fels, der bei der Errichtung von Bauwerken oder Bauteilen Verwendung findet (Bild 1-3).

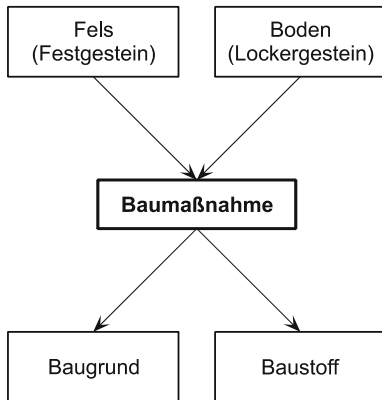


Bild 1-3 Bezeichnungsveränderungen infolge von Baumaßnahmen

Hinweis: Zur Unterscheidung zwischen Boden (Lockergestein) und Fels (Festgestein) vgl. auch Tabelle 5-32.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass in DIN EN 1997-1, 1.5.2.3 [98] „Baugrund“ definiert wird als Boden, Fels und Auffüllung, die vor Beginn der Baumaßnahme vor Ort vorhanden sind.

1.2 Kriterien zur Einteilung

Die Klassifikation und Benennung von Böden erfolgt nach sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten. Dies lässt sich u. a. schon daran erkennen, dass zu diesem Thema entsprechende Ausführungen in so verschiedenen DIN-Normen wie

- DIN 1054 [21], DIN 4023 [40], DIN 18196 [82], DIN 18300 [83], DIN 19682-1 [85], DIN 19682-2 [86], DIN 19682-12 [88], DIN EN 1997-1 [98], DIN EN ISO 14688-1 [116], DIN EN ISO 14688-2 [117], DIN EN ISO 14689-1 [118] und DIN EN ISO 22475-1 [119]

zu finden sind. Als Einteilungskriterien für die Böden dienen dabei z. B.

- ihre Entstehung
 - Verwitterung (Zerstörung der Gesteine durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge; vgl. Abschnitt 1.1.1),
 - Erosion (Abtragung),
 - Frachtung (Transport) durch Wind (äolische Böden), Eis (glaziale Böden) oder Wasser (Geröll- und Schwebfrachtung),
 - Sedimentation (vgl. Abschnitt 1.1.1),
- die Menge und der Zustand ihrer organischen Bestandteile (brennbar, schwelbar),

- die Größe und der Anteil ihrer Körner
 - Siebkorn (Korngröße $> 0,063$ mm),
 - Schlämmkorn (Korngröße $\leq 0,063$ mm),
 - Korngrößenverteilung;
- ihre bodenmechanischen Eigenschaften, wie
 - Dichte,
 - Lagerungsdichte,
 - Korngrößenverteilung,
 - Wasserdurchlässigkeit,
 - Kohäsion,
 - Scherfestigkeit,
 - Zusammendrückbarkeit,
- ihre Bearbeitbarkeit
 - Lösen und Laden,
 - Fördern,
 - Einbauen und Verdichten,
- ihr unterschiedliches Verhalten bei Belastung
 - Fels,
 - gewachsener Boden (Lockergestein),
 - geschütteter (aufgeschütteter oder aufgespülter) Boden,
- ihre Verwendbarkeit für bautechnische Zwecke (Aufteilung in Gruppen mit annähernd gleichem stofflichem Aufbau und ähnlichen bautechnischen Eigenschaften, wie z. B. Scherfestigkeit, Verdichtungsfähigkeit, Frostepfindlichkeit),
- ihre Erkennbarkeit bei Feldversuchen (auf der Baustelle), wie z. B.
 - Bodenfarbe (Farbensprache mit oder ohne Farbtafeln; Näheres siehe DIN 19682-1),
 - Plastizität (Trockenfestigkeitsversuch, Knetversuch; siehe Abschnitte 1.6.3 und 1.6.5),
 - Kalkgehalt (Auftropfen von verdünnter Salzsäure; siehe Abschnitt 5.7.2),
 - Konsistenz (Verformbarkeit des Bodens mit der Hand; siehe Abschnitt 1.6.4).

Mit dem Bild 1-4 wird gezeigt, wie eiszeitliche Frachtungsvorgänge die Landschaft formen können und dabei die Beschaffenheit des Bodens verändern (glaziale Böden). Mit den nachstehenden Definitionen werden in Bild 1-4 verwendete Begriffe erläutert.

Drumlin (Plural: *Drumlins*) zur Grundmoränenlandschaft gehörender länglicher Hügel mit tropfenförmigem Grundriss und einer Längsachse, die in Richtung der Eisbewegungslinie verläuft.

Wallberg wallförmig sedimentiertes Material, das vom Eis bewegt wurde.

Kame (Plural: *Kames*) Erhebung in einer glazialen Aufschüttungslandschaft, die am Eisrand durch Ablagerung des vom Eis bewegten Materials gegen ein Widerlager (z. B. Toteisblock) entstanden ist.

Soll (Plural: *Sölle*) kleines „Wasserloch“, dessen Entstehung auf das Abschmelzen eines verbliebenen Toteisblocks zurückzuführen ist (von Moränenmaterial überdeckt, war dieser für lange Zeit thermisch isoliert) und das vor allem in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg zu finden ist (Bild 1-5).

In Tabelle 1-2 sind die drei letzten großen Eiszeiten (geologisch: „Kaltzeiten“) im norddeutschen Raum hinsichtlich ihrer zeitlichen Abfolge zusammengestellt.

Tabelle 1-2 Die drei letzten großen Eiszeiten im norddeutschen Raum (nach Angaben des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Bundeslandes Brandenburg; Stand 2005)

	Zeiten (in 10^3 Jahren vor der Gegenwart)		
	Beginn	Ende	Dauer
Weichsel-Kaltzeit	115	10,2	104,8
Saale-Kaltzeit	347	128	219
Elster-Kaltzeit	475	370	105



Bild 1-5 Soll in Mecklenburg-Vorpommern (durch Abschmelzen eines Toteisblocks entstanden)

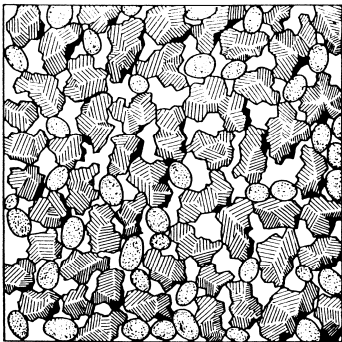
1.3 Einteilung nach Korngrößen und organischen Bestandteilen

1.3.1 Kornstrukturen grob- und feinkörniger Böden

Die mineralischen Partikel von Böden, und insbesondere von natürlich entstandenen (gewachsenen) Böden, sind „Körner“ mit unterschiedlichen Größen, Formen und Materialbeschaffenheiten.

Böden, deren einzelne Körner mit bloßem Auge erkennbar sind (Sande, Kiese, Schotter usw.), werden „grobkörnig“ und vereinfachend „nichtbindig“ oder „rollig“ genannt (Bild 1-6). Neben unterschiedlichen Formen, mit Bezeichnungen wie z. B. „kugelig“, „plattig“ und „stäbchenförmig“ (Bild 1-7), weisen diese Körner auch sehr verschiedene Oberflächenstrukturen auf (Bild 1-7).

Böden, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sich ihre einzelnen Körner nicht mehr mit bloßem Auge erkennen lassen (Tone, Schluffe usw.), werden als „feinkörnig“ und, bei Korngrößen der Böden von unter $\approx 0,02$ mm, vereinfachend als „bindig“ oder „kohäsiv“ bezeichnet.



eckig-kantige Körnung

abgerundete Körnung

Bild 1-6 Einzelkornstruktur eines grobkörnigen Bodens (nach [233])

Im Gegensatz zu den grobkörnigen (nichtbindigen) Böden weisen Tone, Schluffe (Fein- und Mittelschluffe) und bindige Mischböden (z. B. Mergel, Lehm) plastische Eigenschaften auf.



Bild 1-7 Bezeichnungen für Kornform (oben) und Kornrauigkeit (unten) (nach [163], Kapitel 1.3)

Nach DIN EN ISO 14688-1 sind zur Bezeichnung der Kornform die in Tabelle 1-3 zusammengestellten Begriffe zu verwenden, die in der Regel nur für Kies oder gröberes Material benutzt werden.

Tabelle 1-3 Begriffe für die Bezeichnung der Kornform (nach DIN EN ISO 14688-1, Tabelle 4)

Rundung	Kornform Form	Oberflächenstruktur
scharfkantig kantig kantengerundet angerundet gerundet gut gerundet	kubisch flach (plattig) länglich (stängelig)	rau glatt

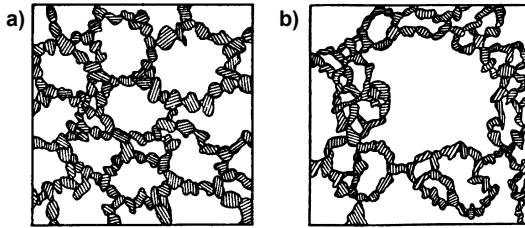
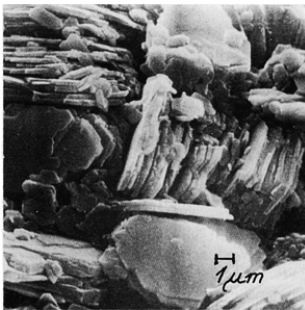


Bild 1-8 Waben- (a) und Flockenstruktur (b) von Tonen, nach Terzaghi (aus [250])

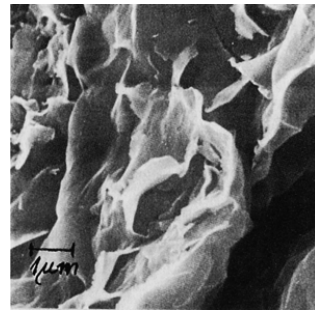
Nach [163], Kapitel 1.3 neigen insbesondere in Wasser aufgeschlämmte Tone beim Absinken dazu, sich mit ihren Einzelementen im Süßwasser in kartenhausartigen (wabenförmigen) und im Salzwasser in bandartigen (flockenförmigen) Strukturen abzulagern (Bild 1-8). Das durch weitere Materialauflagerungen entstehende Sediment weist im Bereich solcher Aggregationsformen sehr viel Hohlraum auf. Insgesamt entstehen bei der Sedimentation mehr oder weniger dichte Gefügestrukturen, wie sie in Bild 1-9 anhand einiger Beispiele gezeigt sind. Hinsichtlich der Vorgänge, die die chemische Zusammensetzung des Wassers beeinflussen sowie der an den Teilchenoberflächen auftretenden elektrischen Ladungskräfte und der auf die Teilchen wirkenden elektrostatischen und molekularen Anziehungskräfte sei z. B. auf [17] und besonders auf [183] verwiesen.



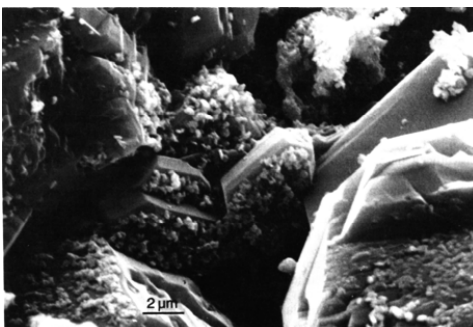
a) Kaolin



b) Halloysit



c) Montmorillonit



d) tafelig Gibbsit bedeckt mit Hämatit

Bild 1-9 Rasterelektronische Aufnahmen von Tonmineralien (Bilder a, b und c aus [161], Kapitel 1.5 und Bild d aus [183])

1.3.2 Einteilung reiner Bodenarten

In Tabelle 1-4 wird die Einteilung und Benennung gemäß DIN EN ISO 14688-1, 4.2 von Böden mit Korngrößen bis zu 630 mm und mehr gezeigt. Die Einteilung definiert „reine“ Bodenarten, die aus nur einem der aufgeführten Korngrößenbereiche bestehen und nach diesem benannt werden (z. B. Kies (Gr), Grobsand (CSa), Feinschluff (FSi), Ton (Cl)).

Tabelle 1-4 Einteilung und Benennung von Böden nach Korngrößen (nach DIN EN ISO 14688-1, Bemerkungen nach [39])

Bereich	Benennung (Kurzzeichen)	Korngröße (in mm)	Bemerkungen
sehr grobkörniger Boden	großer Block (LBo)	> 630	–
	Block (Bo)	> 200 bis 630	> Kopfgröße
	Stein (Co)	> 63 bis 200	< Kopfgröße > Hühnereier
grobkörniger Boden	Kies (Gr)	> 2 bis 63	< Hühnereier > Streichholzköpfe
	Grobkies (CGr)	> 20 bis 63	< Hühnereier > Haselnüsse
	Mittelkies (MGr)	> 6,3 bis 20	< Haselnüsse > Erbsen
	Feinkies (FGr)	> 2 bis 6,3	< Erbsen > Streichholzköpfe
	Sand (Sa)	> 0,063 bis 2	< Streichholzköpfe, aber Einzelkorn noch erkennbar
	Grobsand (CSa)	> 0,63 bis 2	< Streichholzköpfe > Gries
	Mittelsand (MSa)	> 0,2 bis 0,63	etwa Gries
	Feinsand (FSa) *	> 0,063 bis 0,2	< Gries, aber Einzelkorn noch erkennbar
feinkörniger Boden	Schluff (Si)	> 0,002 bis 0,063	Einzelkörner mit bloßem Auge nicht mehr erkennbar
	Grobschluff (CSi) *	> 0,02 bis 0,063	
	Mittelschluff (MSi)	> 0,0063 bis 0,02	
	Feinschluff (FSi)	> 0,002 bis 0,0063	
	Ton (Cl)	< 0,002	

*) Sand mit Korngrößen $\leq 0,1$ mm und Grobschluff werden auch als „Mehlsand“ bezeichnet.

In Ergänzung zu den Einteilungen in Tabelle 1-4 ist zu bemerken, dass zwar alle Bodenteilchen mit Korngrößen $< 0,002$ mm (< 2 μ m) in die Kategorie „Ton“ eingeordnet werden, Tone aber erhebliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Teilchengröße aufweisen können. Nach [183] liegen mittlere „Korngrößen“ von

- Kaoliniten zwischen 0,5 und 4 μ m,
- Illiten, Glaukoniten und Seladoniten $< 0,6$ μ m und
- Montmorilloniten $< 0,2$ μ m.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die nach DIN EN ISO 14688-1 zu verwendenden Kurzzeichen zur Benennung der Böden nicht mit den Kurzformen übereinstimmen, die in DIN 4023 für die zeichnerische Darstellung angegeben werden (bezüglich der entsprechenden Begründung siehe DIN 4023, Anhang B). Gemäß dem Nationalen Anhang von DIN EN ISO 14688-1 ist sowohl die

Verwendung der Kurzzeichen nach DIN EN ISO 14688-1 als auch die der Kurzformen nach DIN 4023 zulässig. Tabelle 1-5 zeigt eine entsprechende Gegenüberstellung dieser Kurzbezeichnungen.

Tabelle 1-5 Gegenüberstellung der zur Benennung von Böden zu verwendenden Kurzformen nach DIN 4023 und Kurzzeichen nach DIN EN ISO 14688-1 (nach DIN 4023, Tabelle B.1)

Benennung des Bodens	Kurzform, DIN 4023	Kurzzeichen, DIN EN ISO 14688-1
große Blöcke	–	LBo
Blöcke	Y	Bo
Steine	X	Co
Kies (Gr)	G	Gr
Grobkies	gG	CGr
Mittelkies	mG	MGr
Feinkies	fG	FGr
Sand	S	Sa
Grobsand	gS	CSa
Mittelsand	mS	MSa
Feinsand	fS	FSa
Schluff	U	Si
Grobschluff	–	CSi
Mittelschluff	–	MSi
Feinschluff	–	FSi
Ton	T	Cl

1.3.3 Einteilung zusammengesetzter Böden

Zusammengesetzte Böden sind Gemische aus reinen Bodenarten. Da die zum jeweiligen Gemisch gehörenden Bodenarten unterschiedlich große Anteile an der Mischung aufweisen können, wird in DIN EN ISO 14688-1, 4.3.1 unterschieden zwischen

- Haupt- und Nebenanteilen.

Eine Bodenart stellt den Hauptanteil des zusammengesetzten Bodens dar, wenn sie nach den Massenanteilen am stärksten vertreten ist bzw. die bestimmenden Eigenschaften des Bodens prägt (vgl. auch Tabelle 1-6).

Bei grobkörnigen (Sand und Kies) und sehr grobkörnigen Böden (Steine und Blöcke) entspricht der Hauptanteil der Kornfraktion, die den Massenanteil am stärksten bestimmt. Dies gilt auch für gemischtkörnige Böden, wenn deren Verhalten durch ihren Feinkorn-Massenanteil nicht bestimmt wird. Bei feinkörnigen Böden ist die Kornfraktion der Hauptanteil, die das Verhalten des Bodens bestimmt. Zur Unterscheidung in „sehr grobkörnig“, „grobkörnig“ und „feinkörnig“ können die Definitionen von Tabelle 1-4 und Tabelle 1-7 verwendet werden.

Nach den Erläuterungen (zu 4.2) des Nationalen Anhangs (NA) von DIN EN ISO 14688-2 definieren sich die Hauptanteile von zusammengesetzten Bodenarten in zweierlei Form. Im ersten Fall ist der Hauptanteil die nach Massenanteilen am stärksten vertretene Bodenart bei

- grobkörnigen Böden mit einem Massenanteil an Feinkorn (Schluff und/oder Ton) von < 5 %,

- gemischtkörnigen Böden mit einem zwischen 5 % bis 40 % liegenden Massenanteil an Feinkorn (Schluff und/oder Ton), welches das Verhalten des gemischtkörnigen Bodens nicht bestimmt.

Im zweiten Fall ist der Hauptanteil die Bodenart, welche die bestimmenden Eigenschaften des Bodens prägt. Dies gilt bei

- feinkörnigen Böden (Böden mit einem Massenanteil an Feinkorn von > 40 %; vgl. Tabelle 1-6),
- gemischtkörnigen Böden, deren Feinkornanteil das Verhalten des Bodens bestimmt.

Gemäß DIN EN ISO 14688-1, 4.3.2 bestimmt das Feinkorn ann nicht das Verhalten eines gemischtkörnigen Bodens, wenn der Boden im Trockenfestigkeitsversuch (vgl. Abschnitt 1.6.3) keine oder nur eine niedrige Trockenfestigkeit aufweist bzw. wenn er beim Knetversuch (vgl. Abschnitt 1.6.5) keine Knetfähigkeit zeigt. Hingegen ist von dem Bestimmen des Verhaltens eines gemischtkörnigen Bodens auszugehen, wenn dieser mindestens eine mittlere Trockenfestigkeit aufweist und/oder knetbar ist).

Eine Bodenart repräsentiert nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14688-2 einen Nebenanteil, wenn sie als

- Feinkornanteil die bestimmenden Eigenschaften des Bodens nicht prägt (siehe vorigen Absatz), ggf. aber beeinflusst,
- Grobkorn nicht den stärksten Massenanteil repräsentiert und ≤ 40 % des Massenanteils erfasst.

Tabelle 1-6 Richtwerte für die Einteilung mineralischer Böden anhand von Korngrößenbereichen (nach DIN EN ISO 14688-2, Tabelle B.1)

Korngrößenbereich	Anteil der Korngrößenbereiche ≤ 63 mm Massen-%	Anteil der Korngrößenbereiche $\leq 0,063$ mm Massen-%	Bodenart	
			Nebenbestandteil	Hauptbestandteil
Kies	20 bis 40 > 40		kiesig	Kies
Sand	20 bis 40 > 40		sandig	Sand
Schluff + Ton	5 bis 15	< 20	schwach schluffig	Schluff Schluff Ton Ton
		≥ 20	schwach tonig	
	15 bis 40	< 20	schluffig	
		≥ 20	tonig	
	> 40	< 10	tonig schluffig	
		10 bis 20		
		20 bis 40		
		> 40		

Tabelle 1-7 Einteilung zusammengesetzter Böden (ohne sehr grobkörnige Anteile)

Gemischtkörnige Böden		
grobkörnige Böden		feinkörnige Böden
Sande und Kiese mit Beimengungen aus Ton und Schluff	Gemische aus Grob- und Feinkorn (Kies + Sand + Schluff + Ton)	Tone und Schluffe mit Beimengungen aus Sand und Kies

Massenanteil des Feinkorns (Schluff und/oder Ton) < 5 %	Massenanteil des das Bodenverhalten nicht bestimmenden Feinkorns ≥ 5 % bis ≤ 40 %	Massenanteil des das Bodenverhalten bestimmenden Feinkorns ≥ 5 % bis ≤ 40 %	Massenanteil des Feinkorns (Schluff und/oder Ton) > 40 %
---	---	---	--

Zur Bezeichnung zusammengesetzter Böden und vor allem zur Hervorhebung ihrer Anteile an reinen Bodenarten sind nach DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14688-2 die nachstehenden Kennzeichnungen zu verwenden (zu beachten sind die Erläuterungen der Nationalen Anhänge dieser Normen). Zusätzlich werden hier auch die entsprechenden Angaben von DIN 4023 aufgeführt, da deren Verwendung gemäß dem Nationalen Anhang von DIN EN ISO 14688-1 ebenfalls zulässig ist.

- Bezeichnung von Hauptanteilen mit
 - Substantiven (z. B. Kies, Sand, Grobsand, Feinsand, Schluff, Feinschluff, Ton) bzw.
 - Großbuchstaben am Anfang des Kurzzeichens der Korngruppe und zur Erfassung der Stufen „grob“, „mittel“ und „fein“ (z. B. Gr, Sa, CSa, FSa, Si, FSi, Cl oder gemäß DIN 4023: G, S, gS, fS, U, FSi, T),
- Bezeichnung von Nebenanteilen mit
 - Adjektiven (z. B. kiesig, sandig, grobsandig, feinsandig, schluffig, tonig), die in der Reihenfolge ihres Massenanteils den Substantiven der Hauptanteile beigelegt werden (z. B. Kies, sandig oder Feinkies, grobsandig oder Schluff, mittelsandig) bzw.
 - Kleinbuchstaben (z. B. gr, sa, csa, fsa, si, cl oder gemäß DIN 4023: g, s, gs, fs, u, t), die in der Reihenfolge ihres Massenanteils den Kurzzeichen der Hauptanteile beigelegt werden (z. B. saGr für Kies, sandig oder csaFGr für Feinkies, grobsandig oder msaSi für Schluff, mittelsandig; gemäß DIN 4023 ist die Schreibweise G, s für Kies, sandig oder fG, gs für Feinkies, grobsandig oder U, ms für Schluff, mittelsandig) bzw.
 - den Adjektiven vorgesetztem „schwach“, wenn z. B. grobkörnige Nebenanteile mit < 15 % Massenanteil in dem Gemisch vertreten sind oder feinkörnige Nebenanteile in grobkörnigem Boden gemäß Tabelle 1-7 das Verhalten des Bodens in besonders geringem Maße beeinflussen (z. B.: schwach kiesig, schwach sandig, schwach grobsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig, schwach tonig),
 - den Kleinbuchstaben folgendem Apostroph bei schwachen Nebenanteilen (z. B. g', s', gs', fs', u', t'),
 - den Adjektiven vorgesetztem „stark“, wenn z. B. grobkörnige Nebenanteile mit > 30 % Massenanteil in dem Gemisch vertreten sind oder feinkörnige Nebenanteile in grobkörnigem Boden gemäß Tabelle 1-7 das Verhalten des Bodens in besonders starkem Maße beeinflussen (z. B.: stark kiesig, stark feinkiesig, stark sandig, stark schluffig, stark tonig),
 - einem Strich über dem Kleinbuchstaben bei starken Nebenanteilen (z. B. $\bar{g}$, $\bar{s}$, $\bar{gs}$, $\bar{fs}$, $\bar{u}$, $\bar{t}$) bzw. einem dem Kleinbuchstaben nachgestellten *-Symbol (z. B. g*, s*, gs*, fs*, u*, t*).

Mit den genannten Kennzeichen ergeben sich Bodenbezeichnungen wie z. B. (Hinweis: in DIN EN ISO 14688-1 wird nicht zwischen starkem und schwachem Nebenanteil unterschieden)

Grobsand, mittelsandig, feinkiesig	bzw.	msafgrCSa (nach DIN 4023: gS, ms, fg)
Grobsand, mittelsandig, schwach kiesig	bzw.	gS, ms, g'
Grobsand, stark kiesig, mittelsandig	bzw.	gS, $\bar{g}$, msbzw. gS, g*, ms
Sand, stark kiesig, schwach schluffig	bzw.	S, $\bar{g}$, u' bzw. S, g*, u'

Enthält ein grobkörniger Boden zwei reine Bodenarten (z. B. Mittelsand und Kies) mit etwa gleichen Massenanteilen zwischen > 40 % und < 60 %, ist er nach DIN 4023 mit

Mittelsand und Kies	bzw.	mS/G
---------------------	------	------

und nach DIN EN ISO 14688-1 mit

Mittelsand/Kies bzw. MSa/Gr
zu bezeichnen.

Etwas andere Bezeichnungen als die bisherigen ergeben sich, wenn das in Bild 1-10 gezeigte Dreiecknetz auf zusammengesetzte Böden ohne Kiesanteile angewendet wird. Dies ist u. a. auf die Verwendung des Begriffs „Lehm“ zurückzuführen.

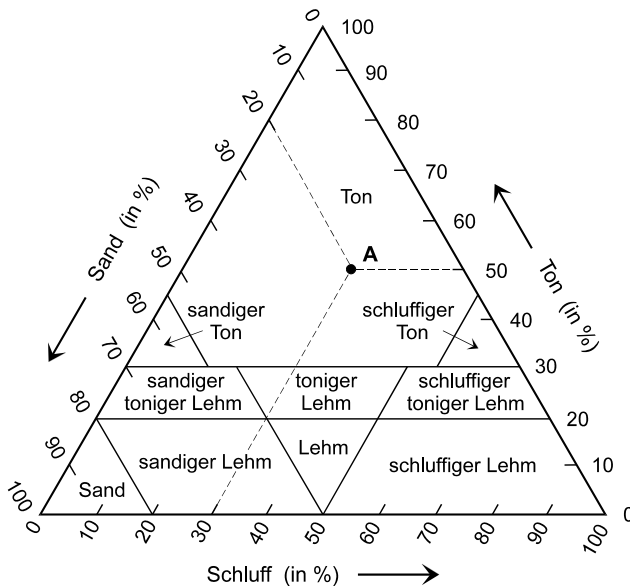


Bild 1-10 Dreiecknetz der Public Roads Administration zur Bodenklassifizierung (nach Terzaghi [250])

Anwendungsbeispiel

Mit Hilfe des Dreiecknetzes aus Bild 1-10 ist ein Boden zu klassifizieren, dessen Kornmasse zu 20 % aus Sand, zu 30 % aus Schluff und zu 50 % aus Ton besteht.

Lösung

Die Benutzung des Dreiecknetzes zeigt, dass es sich bei dem zu klassifizierenden Boden um Ton handelt (Punkt A in Bild 1-10).

Neben den bisher angegebenen Begriffen zur Benennung von Böden sind in der Literatur und in der Praxis noch eine große Anzahl weiterer Bezeichnungen zu finden. Zu diesen gehören z. B.

Geschiebemergel (Mg) in Eiszeiten durch Ablagerung entstandener kalkhaltiger bindiger Böden, aus Geröll, Kies, Sand, Schluff und Ton bestehende Mischung mit regelloser Struktur.

Geschiebelehm (Lg) entspricht Geschiebemergel, bei dem der Kalk durch Sicker- und Grundwasser ausgewaschen wurde.

Lehm (L) bindiger Boden als Mischung aus Kies, Sand, Schluff und Ton (z. B. *Verwitterungslehm*, *Auelehm* und *Hanglehm*).

Löss (Lö) vom Wind angewehtes, gleichkörniges, zumeist hellbraunes Sediment mit hohem Anteil der Teilchengrößen von 0,01 bis 0,05 mm und mit ≈ 10 bis 20 % Kalkanteil.

Letten (Lö) Ton mit ≈ 10 bis 40 % Kalkanteil, etwas lockerer als Ton, praktisch undurchlässig.

Bänderton (Bt) in regelmäßiger Folge abgelagertes Sediment im Schmelzwasserbecken des Gletschervorlandes. Bänderton weist, in mm- bis cm-Dicke, Jahresablagerungen auf, die aus hellen Feinsand-/Schlufflagen (Ablagerung im Sommer) und dunklen Ton-/Schlufflagen (Ablagerung im Winter) bestehen.

1.3.4 Einteilung von Böden mit organischen Bestandteilen

Böden können vollkommen aus organischen Substanzen bestehen oder organische Stoffe als Beimengungen besitzen. Organische Substanzen sind Überreste pflanzlichen und/oder tierischen Lebens, die im Boden verblieben sind und im Laufe der Zeit physikalischen und chemischen Umwandlungsprozessen unterworfen wurden. Humus, Torf und Faulschlamm sind Beispiele für das Ergebnis dieser Prozesse.

DIN 18196 unterscheidet anhand des Massenanteils an organischen Bestandteilen zwischen (siehe Tabelle 5-9)

- organischen Böden (im getrockneten Zustand an der Luft brenn- oder schwelbar) und
- organogenen Böden (im getrockneten Zustand an der Luft weder brenn- noch schwelbar).

Zu weiteren Unterscheidungen siehe DIN 18196 und Abschnitt 5.6.4.

Wie bei den zusammengesetzten Bodenarten findet sich in der Praxis auch für Böden mit organischen Bestandteilen eine Vielzahl weiterer Bodenartnamen. In diese Gruppe gehören Begriffe wie

Mutterboden oder auch *Oberboden* (Mu) aus Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen bestehende oberste Bodenschicht, die auch Humus und Lebewesen enthält.

Mudde oder auch *Faulschlamm* (F) in Verlandungsgebieten von Gewässern vorkommender organischer Boden mit mineralischen Beimengungen.

Schlick (Kl) am küstennahen Meeresboden abgelagerter Tonschlamm (gemischt mit organischen Stoffen, Schluff und Feinsand).

Klei (Kl) ältere, verfestigte Schlickablagerung und typischer Boden für die Marsch (Schwemmland an Küsten und Flüssen).

Tabelle 1-8 Benennung und Beschreibung organischer Böden (nach DIN EN ISO 14688-1, Tabelle 2)

Benennung	Beschreibung
faseriger Torf	faserige Struktur, leicht erkennbare Pflanzenstruktur; besitzt gewisse Festigkeit
schwach faseriger Torf	erkennbare Pflanzenstruktur; keine Festigkeit des erkennbaren Pflanzmaterials
amorpher Torf	keine erkennbare Pflanzenstruktur; breiige Konsistenz

Mudde (Gyttja)	pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt
Humus	pflanzliche Reste, lebende Organismen und deren Ausscheidungen; bilden mit anorganischen Bestandteilen den Oberboden (Mutterboden)

1.4 Einstufung in Boden- und Felsklassen

Ihrem Zustand beim Lösen gemäß (gilt für die Klassen 2 bis 7, Klasse 1 wird als eigene Klasse geführt), werden in DIN 18300 Boden und Fels in die nachstehenden Klassen eingeteilt. Zusätzlich angegebene Gruppenbezeichnungen (z. B. OH) sind DIN 18196 entnommen.

Klasse 1: *Oberboden*

Oberste Bodenschicht, die nicht nur Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemische, sondern auch Humus und Bodenlebewesen enthält (OH).

Klasse 2: *Fließende Bodenarten*

Bodenarten von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit (Konsistenzzahl $I_C < 0,5$, nach DIN 18122-1 [64]), die das Wasser schwer abgeben (Hinweis: nach DIN EN ISO 14688-2 wäre dieser Boden von flüssiger bis sehr weicher Beschaffenheit).

Nach den ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259] gehören hierzu

- organische Böden der Gruppen HN, HZ und F
- sowie beim Lösen ausfließende und eine Konsistenzzahl von $I_C < 0,5$ aufweisende
- feinkörnige Böden der Gruppen UL, UM, UA, TL, TM, TA sowie organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen der Gruppen OU, OT, OH und OK, sofern diese Böden beim Lösen ausfließen.
- gemischtkörnige Böden der Gruppen SU*, ST*, GU* und GT* mit breiiger oder flüssiger Konsistenz, sofern diese Böden beim Lösen ausfließen.

Klasse 3: *Leicht lösbare Bodenarten*

Nicht- bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit $\leq 15\%$ Masseanteil an Schluff und Ton (Korngrößen $< 0,063$ mm) und mit einem Masseanteil von $\leq 30\%$ an Steinen der Korngröße > 63 mm und ≤ 200 mm.

Organische Bodenarten, die nicht von flüssiger bis breiiger Konsistenz sind, und Torfe.

Gemäß den ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259] gehören in diese Klasse

- grobkörnige Böden der Gruppen SW, SI, SE, GW, GI, und GE,
- gemischtkörnige Böden der Gruppen SU, ST, GU und GT,
- beim Ausheben standfest bleibende Torfe der Gruppe HN mit geringem Wassergehalt.

Klasse 4: *Mittelschwer lösbare Bodenarten*

Gemische aus Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Masseanteil von $> 15\%$ an Korn mit Korngrößen $< 0,063$ mm.

Weiche bis halbfeste bindige Bodenarten mit leichter bis mittlerer Plastizität und einem Masseanteil von $\leq 30\%$ an Steinen.

Die ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259] zählen hierzu

- feinkörnige Böden der Gruppen UL, UM, UA, TL, und TM,
- gemischtkörnige Böden der Gruppen SU*, ST*, GU* und GT*,
- organogene Böden sowie Böden mit organischen Beimengungen der Gruppen OU, OH und OK.

Klasse 5: *Schwer lösbare Bodenarten*

Bodenarten gemäß der Klassen 3 und 4, die jedoch einen Masseanteil von $> 30\%$ Steinen enthalten sowie Bodenarten mit einem Masseanteil von $\leq 30\%$ an Blöcken mit Korngrößen $> 200\text{ mm}$ und $\leq 630\text{ mm}$.

Ausgeprägt plastische Tone mit weicher bis halbfester Konsistenz (nach den ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259] gehören in diese Klasse weiche bis halbfeste feinkörnige Böden der Gruppen TA und OT).

Klasse 6: *Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten*

Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt aufweisen, gleichzeitig aber stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte Bodenarten, deren Zustand z. B. auf Austrocknung, Gefrieren oder chemische Bindungen zurückzuführen ist.

Bodenarten mit einem Masseanteil von $> 30\%$ an Blöcken.

In diese Klasse gehören nach den ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259]

- Fels, der nicht in die Klasse 7 gehört,
- Bodenarten der Klassen 4 und 5 mit fester Konsistenz.

Klasse 7: *Schwer lösbarer Fels*

Felsarten mit einem mineralisch gebundenem Zusammenhalt und hoher Festigkeit, die nur wenig klüftig oder verwittert sind, sowie unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, verfestigte Schlacken und dergleichen. Weiterhin gehören hierzu Haufwerke aus großen Blöcken mit Korngrößen $> 630\text{ mm}$.

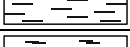
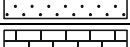
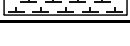
Hierzu gehören nach den ZTV E-StB 09, 3.1.2 [259]

- angewitterter und unverwitterter Fels mit Gesteinskörpern, die durch Trennflächen begrenzt sind und Rauminhalte $> 0,1\text{ m}^3$ besitzen,
- Halden mit verfestigter Schlacke.

1.5 Kennzeichnungen nach DIN 4023

Die nachstehenden Tabellen sind DIN 4023 entnommen. Als zwei von insgesamt vier Tabellen zeigen sie Vereinbarungen für die einheitliche Kennzeichnung wichtiger Boden- und Felsarten (auch zusammengesetzte, Tabelle 1-10), wie sie in zeichnerischen Darstellungen (z. B. von Bohrergebnissen) und im Schrifttum verwendet werden können.

Tabelle 1-9 Beispiele für Kurzzeichen, Zeichen und Farbkennzeichnungen für Boden- bzw. Felsarten nach DIN EN ISO 14688-1 bzw. DIN EN ISO 14689-1 (nach DIN 4023)

Benennung		Kurzformen		Zeichen	Farbkennzeichnung ^a	
Hauptanteil	Nebenanteil	Hauptanteil	Nebenanteil		Farbname	Farbmaßzahlen nach DIN 6164-1
Blöcke	mit Blöcken	Y	y		gelb	2 : 6 : 1
Steine	steinig	X	x		gelb	2 : 6 : 1
Kies	kiesig	G	g		gelb	2 : 6 : 1
Grobkies	grobkiesig	gG	gg			
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg			
Feinkies	feinkiesig	fG	fg			
Sand	sandig	S	s		orange	6 : 6 : 2
Grobsand	grobsandig	gS	gs			
Mittelsand	mittelsandig	mS	ms			
Feinsand	feinsandig	fS	fs			
Schluff	schluffig	U	u		oliv	1 : 4 : 5
Ton	tonig	T	t		violett	14 : 5 : 4
Torf, Humus	torfig, humos	H	h		dunkelbraun	5 : 2 : 6
Braunkohle	–	Bk	–		dunkelbraun	5 : 2 : 6
Sandstein	–	Sst	–		orange	6 : 6 : 2
Kalkstein	–	Kst	–		dunkelblau	17 : 5 : 4
Mergelstein	–	Mst	–		violettblau	15 : 6 : 4

^a Handelsbezeichnungen nach DIN 4023, Anhang A.

Tabelle 1-10 Beispiele von Kurzformen, Zeichen und Farbkennzeichnungen für zusammengesetzte Bodenarten und Sedimentgesteine sowie für nicht-petrographische Bezeichnungen von Boden (nach DIN 4023)

Benennung	Kurzformen	Zeichen	Farbkennzeichnung ^a	
			Farbnahme	Farbmaßzahlen nach DIN 6164-1
Grobkies, steinig	gG, x		gelb	2 : 6 : 1
Feinkies und Sand	fG/S		orange	6 : 6 : 2
Grobsand, mitteltkiesig	gS, mg		orange	6 : 6 : 2
Mittelsand, schluffig, humos	mS, u, h		orange	6 : 6 : 2
Schluff, stark feinsandig	U, fs*		oliv	1 : 4 : 5
Auffüllung	A		—	—
Mutterboden	Mu		gelblichbraun	4 : 5 : 3
Verwitterungslehm, Hanglehm	L		grau	N : 0 : 5,5
Lößlehm	Löl		oliv	1 : 4 : 5
Geschiebelehm	Lg		grau	15 : 6 : 4
Geschiebemergel	Mg		violettblau	N : 0 : 5,5
Klei, Schlick	Kl		lila	11 : 4 : 4
Klei, feinsandig	Kl, fs		lila	11 : 4 : 4
Torf, feinsandig, schwach schluffig	H, fs, u'		dunkelbraun	5 : 2 : 6
Mudde (Faulschlamm)	F		lila	11 : 4 : 4
Seekreide mit organischen Beimengungen	Wk, o		hellblau	17 : 5 : 2
Sandstein, schluffig	Sst, u		orange	6 : 6 : 2
Kalkstein, schwach sandig	Kst, s*		dunkelblau	17 : 5 : 4
Salzgstein, tonig	Sast, t		gelbgrün	23 : 6 : 3

^a Handelsbezeichnungen nach DIN 4023, Anhang A.

Ein Anwendungsbeispiel für die Vereinbarungen aus Tabelle 1-9 und Tabelle 1-10 ist in Bild 1-11 gezeigt.

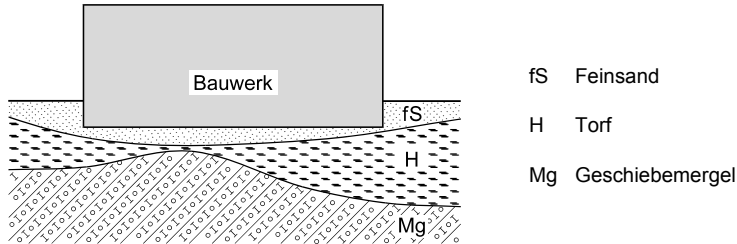


Bild 1-11 Baugrund unter einem geplanten Bauwerk

1.6 Erkennung von Bodenarten mit Hilfe einfacher Verfahren

In DIN EN ISO 14688-1, 5 werden mehrere Verfahren angegeben, die auch im Feld durchführbar sind und mit denen in einfacher Form sowie mit geringem Zeit- und Kostenaufwand Erkenntnisse zur Bestimmung der jeweils untersuchten Bodenart gewonnen werden können. Die angegebenen Verfahren dienen zur Bestimmung des Bodens bezüglich

- seiner Korngröße,
- seiner Kornform,
- seiner mineralischen Zusammensetzung,
- seines Feinanteils (Auswaschversuch),
- seiner Farbe,
- seiner Trockenfestigkeit (Trockenfestigkeitsversuch),
- seiner Art als bindiger Boden (Schüttelversuch),
- seiner Plastizität (Knetversuch),
- seines Sand-, Schluff- und Tongehalts (Reibe- und Schneideversuch),
- seines Kalkgehalts,
- seiner Konsistenz.

Darüber hinaus werden Verfahren zur

- Benennung und Beschreibung von organischen Böden (Riechversuch; anorganische oder organische Natur eines Bodens),
- Bestimmung des Zersetzungsgrads von Torf (Ausquetschversuch),
- Benennung und Beschreibung vulkanischer Böden

angegeben.

Zusätzlich erwähnt sei noch die Bestimmung der Bodenart mit der „Fingerprobe nach dem Feldverfahren“ gemäß der vom Normenausschuss Wasserwesen erarbeiteten DIN 19682-2.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass in DIN EN ISO 14689-1 und dem zugehörigen Nationalen Anhang Verfahren zum Beschreiben von Gesteinsarten zu finden sind. Sie dienen z. B. zur

- Erfassung der Veränderlichkeit von Gestein infolge von geänderten Wasserverhältnissen oder atmosphärischen Verhältnissen,
- Unterscheidung von Gesteinsgruppen anhand der Korngröße (durchschnittliche Größe der vorherrschenden Mineral- oder Gesteinsbruchstücke),

- Bestimmung des Kalkgehalts (Betroffen der Felsprobe mit verdünnter Salzsäure),
- Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit in MPa (durch Anritzen mit Fingernagel oder Messer bzw. durch Anschlagen mit Geologenhammer),
- Bestimmung der Körnigkeit (Unterscheidung von „vollkörnig“, „teilkörnig“ und „nichtkörnig“),
- Bestimmung der Mineralkornhärte (zur Ermittlung der Härtegrade 1 bis > 6 werden möglichst große Einzelkörner mit Fingernagel oder Messer angeritzt bzw. mit Stahl angeschlagen).

Bituminöse und tonige Gesteine, Faulschlammkalke und manche vulkanischen Gesteine können mit Hilfe des Riechversuchs durch den für sie typischen Geruch erkannt werden.

1.6.1 Reibeversuch

Zur Abschätzung der Sand-, Schluff- und Tonanteile eines Bodens wird eine kleine Probemenge zwischen den Fingern zerrieben (evtl. unter Wasser). Um dabei die interessierenden Bodenanteile erkennen zu können, ist von den nachstehenden Kriterien auszugehen.

<i>Toniger Boden</i>	fühlt sich seifig an, bleibt an den Fingern kleben und lässt sich auch im trockenen Zustand nicht ohne Abwaschen entfernen.
<i>Schluffiger Boden</i>	fühlt sich weich und mehlig an. An den Fingern haftende Bodenteile sind in trockenem Zustand durch Fortblasen oder in die Hände Klatschen problemlos entfernbar.
<i>Sandkornanteil</i>	ist erfassbar über das Rauigkeitsgefühl bzw. das Knirschen und Kratzen (im Zweifelsfall: Versuchsdurchführung zwischen den Zähnen) sowie über die mit bloßem Auge erkennbaren Einzelkörner.

1.6.2 Schneideversuch

Der Schneideversuch dient zur schnellen und einfachen Erkennung eines Bodens als Schluff oder Ton. Dazu wird eine erdfeuchte Probe des Bodens mit einem Messer durchgeschnitten und anhand des Aussehens der frischen Schnittfläche seine Einordnung vorgenommen. Eine

- glänzende Schnittfläche ist charakteristisch für Ton,
- stumpfe Schnittfläche entsteht bei Schluff bzw. tonig, sandigem Schluff mit geringer Plastizität.

Zur noch rascheren Feststellung darf die Probenoberfläche nach DIN EN ISO 14688-1, 5.9 auch mit dem Fingernagel eingeritzt oder geglättet werden.

1.6.3 Trockenfestigkeitsversuch

Mit diesem Versuch lässt sich die Zusammensetzung des Bodens nach Art und Menge des Feinkornanteils am Widerstand erkennen, den eine getrocknete Bodenprobe gegen ihre Zerstörung zwischen den Fingern entwickelt. Dabei lassen sich relativ problemlos die in der folgenden Tabelle 1-11 aufgeführten Fälle unterscheiden.

Tabelle 1-11 Ergebnisse von Trockenfestigkeitsversuchen (Bodenbeispiele nach [39])

Verhalten der Bodenprobe beim Versuch	untersuchte Böden (Beispiele)
zerfällt ohne oder bei geringster Berührung (keine Trockenfestigkeit)	G, S, Gs
zerfällt bei leichtem bismäßigem Fingerdruck (geringe Trockenfestigkeit)	U, Ufs, fSū, Gū

zerbricht erst bei erheblichem Fingerdruck, und es verbleiben noch zusammenhängende Bruchstücke (mittlere Trockenfestigkeit)	G _i , S _i , U _i
ist durch Fingerdruck nicht zerstörbar (hohe Trockenfestigkeit)	T, Tu, Ts, G _{ts}

1.6.4 Konsistenzbestimmung bindiger Böden

Als „bindige Böden“ werden nach DIN EN ISO 14688-1, 4.4 Böden bezeichnet, die plastische Eigenschaften aufweisen. Da solche Böden in sehr unterschiedlichen Zustandsformen vorzufinden sind, ist eine entsprechende Unterscheidung erforderlich. Der hierfür geeignete Versuch sieht die Bearbeitung einer Probe bindigen Bodens mit der Hand vor. Das jeweilige Versuchsergebnis ermöglicht die Unterscheidung der Zustandsformen

<i>breiig</i>	beim Pressen des Bodens in der Faust quillt dieser durch die Finger,
<i>weich</i>	Boden lässt sich kneten,
<i>steif</i>	Boden ist schwer knetbar, aber in der Hand in 3 mm dicke Walzen ausrollbar ohne dabei zu reißen oder zu bröckeln,
<i>halbfest</i>	Boden bröckelt und reißt beim Ausrollen in 3 mm dicke Walzen, lässt sich aber erneut zum Klumpen formen,
<i>fest (hart)</i>	ausgetrockneter Boden, der meist hell aussieht und sich nicht mehr kneten, sondern nur noch zerbrechen lässt.

1.6.5 Plastizität bindiger Böden (Knetversuch)

Die Plastizität bindiger Böden ist ein Maß für die Bearbeitbarkeit des Bodens. Sie lässt sich mit dem Knetversuch bestimmen.

Hierzu wird eine feuchte Bodenprobe auf einer glatten Oberfläche zu Walzen von ≈ 3 mm Durchmesser ausgerollt. Aus diesen werden Klumpen geformt, die erneut ausgerollt werden. Diese Vorgehensweise ist so lange zu wiederholen, bis sich die Probe, wegen des Wasserverlustes, nicht mehr ausrollen, sondern höchstens kneten lässt. Mit diesem Zustand ist die Ausrollgrenze erreicht (siehe auch Abschnitt 5.8.4).

Nach DIN EN ISO 14688-1, 5.8 sind bei diesem Versuch unterscheidbar:

<i>geringe Plastizität</i>	die Bodenprobe kann nicht zu Walzen von ≈ 3 mm Durchmesser ausgerollt werden,
<i>ausgeprägte Plastizität</i>	die Bodenprobe lässt sich zu dünnen Walzen ausrollen.

1.6.6 Ausquetschversuch

Zur Feststellung des Zersetzungsgrades von Torf wird ein nasses Torfstück in der Faust kräftig gequetscht. In DIN EN ISO 14688-1 wird der Zersetzungsgrad des Torfs gemäß Tabelle 1-12 unterschieden.

Tabelle 1-12 Bestimmung des Zersetzungsgrads von nassem Torf durch Ausquetschen (nach DIN EN ISO 14688-1, Tabelle 5)

Begriff	Zersetzungsgrad	Quetsch-Rückstände	Abgepresstes
faserig	kein	deutlich erkennbar	nur Wasser keine Feststoffe
leicht faserig	mäßig	erkennbar	trübes Wasser

			< 50 % Feststoffe
nicht faserig	völlig	nicht erkennbar	wässriger Brei > 50 % Feststoffe

Bei zu trockenem Torf ist der Ausquetschversuch nicht mehr durchführbar; der Torf muss dann nach dem Aussehen beurteilt werden. Bei nicht bis mäßig zersetztem Torf zeigt die Probe erhebliche Anteile von gut erhaltenen und erkennbaren Pflanzenresten. Proben mit stark bis völlig zersetztem Torf bestehen überwiegend aus nicht mehr erkennbaren Pflanzenresten.

Hinsichtlich der Unterscheidung von Torfen nach Zersetzungsgraden bzw. Zersetzungsstufen sei auch auf die vom Normenausschuss Wasserwesen erarbeitete DIN 19682-12 hingewiesen.

1.6.7 Schüttelversuch

Für schluffige Böden ist ihre Empfindlichkeit gegen Schütteln charakteristisch.

Bei einem diesbezüglichen Versuch wird eine feuchte, nussgroße Probe (zu trockene Proben sind vorher mit Wasser durchzukneten) auf der flachen Hand hin- und hergeschüttelt. Tritt dabei an der Probenoberfläche Wasser aus, nimmt diese ein glänzendes Aussehen an. Durch Fingerdruck lässt sich das Wasser wieder zum Verschwinden bringen. Bei zunehmendem Fingerdruck zerkrümelt die Probe zwar, die einzelnen Krümel fließen bei erneutem Schütteln aber wieder zusammen, so dass der Versuch wiederholt werden kann.

Anhand der Reaktionsgeschwindigkeit, mit der das Wasser beim Schütteln bzw. beim Drücken erscheint bzw. verschwindet, kann unterschieden werden in

<i>schnelle Reaktion</i>	rasches Abfließen der beschriebenen Vorgänge (Beispiele: fS, fSu, Ufs, Gu),
<i>langsame Reaktion</i>	Wasserhaut bildet bzw. verändert sich nur langsam (Beispiele: Ut, U, St),
<i>keine Reaktion</i>	kein Ansprechen des Schüttelversuchs (Beispiele: Tu, T).

Anwendungsbeispiel

Mit einer Bodenprobe wird gemäß DIN EN ISO 14688-1 sowohl der Reibeversuch als auch der Schneide- und der Schüttelversuch durchgeführt.

Beim Reibeversuch fühlt sich das Probematerial seifig, aber auch etwas rau an, bleibt an den Fingern kleben und muss auch im trockenen Zustand von den Händen abgewaschen werden.

Beim Schneideversuch zeigt das Bodenmaterial eine glänzende Schnittfläche und beim Schüttelversuch keine Reaktion.

Welcher Bodenart kann dieses Probenmaterial z. B. zugeordnet werden?

Lösung

Der Reibeversuch weist auf tonigen Boden mit eher geringen Sandanteilen und die glänzende Schnittfläche beim Schneideversuch auf einen hohen Tonanteil hin. Durch den Schüttelversuch wird diese Einschätzung bestätigt.

Bei dem untersuchten Bodenmaterial kann es sich z. B. um sandigen Ton (Ts) handeln.