

DIN 4220



ICS 13.080.01

Ersatz für
DIN 4220:2008-11**Bodenkundliche Standortbeurteilung –
Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten
(normative und nominale Skalierungen)**

Pedologic site assessment –

Designation, classification and deduction of soil parameters (normative and nominal scaling)

Assessment pédologique du site –

Désignation, classification et déduction des paramètres du sol (graduation normatif et nominal)

Gesamtumfang 73 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Durchführung der Geländeaufnahme	8
4.1 Arbeitsunterlagen	8
4.2 Arbeitsgeräte	8
4.3 Vorgehensweise	8
5 Kennzeichnung und Klassifizierung von Bodenkennwerten	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Mineralböden	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Bodenart	11
5.2.3 Bodenfarbe	16
5.2.4 Humusgehalt	16
5.2.5 Carbonatgehalt	17
5.2.6 Bodengefüge	17
5.2.7 Hohlräume	17
5.2.8 Durchwurzelung	17
5.2.9 Trockenrohdichte und effektive Lagerungsdichte	18
5.2.10 Packungsdichte (nach DIN 19682-10)	20
5.2.11 Bodenfeuchte	21
5.2.12 Grundwasser	21
5.2.13 Wasserbindung	22
5.2.14 Wasserdurchlässigkeit	25
5.2.15 Luftdurchlässigkeit	26
5.2.16 Bodenreaktion	26
5.2.17 Redoxbedingung	27
5.2.18 Kationenaustauschkapazität	27
5.2.19 Basensättigung	28
5.3 Organische Böden (Moore)	28
5.3.1 Allgemeines	28
5.3.2 Torfe	29
5.3.3 Substanzanteil	30
6 Ableitung von Bodenkennwerten	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Wasserbindung (Porengrößenverteilung)	32
6.3 Wasserbewegung	36
6.3.1 Wasserdurchlässigkeit, gesättigt	36
6.3.2 Kapillarer Aufstieg	38
6.4 Effektive Durchwurzelungstiefe	40
6.4.1 Allgemeines	40
6.4.2 Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	42
6.4.3 Pflanzenverfügbares Bodenwasser	42

6.4.4	Grenzflurabstand.....	43
6.5	Kationenaustauschkapazität.....	44
6.5.1	Allgemeines	44
6.5.2	Potentielle Kationenaustauschkapazität von Mineralböden.....	44
6.5.3	Effektive Kationenaustauschkapazität von Mineralböden.....	45
Anhang A (informativ)	Die ungesättigte Wasserdurchlässigkeit	46
Anhang B (informativ)	Mittlere Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität in Abhängigkeit von Bodenart, Trockenrohrdichte und dem Feuchtigkeitsäquivalent	49
Anhang C (informativ)	Diagramme.....	51
Literaturhinweise.....		73

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Unterausschuss NA 119-01-02-03 UA „Standortbeurteilung, Bodenschutz, Altlastensanierung“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Es ist erforderlich, bei den Felduntersuchungen Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Anhänge A, B und C sind informativ.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 4220:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an die Auswertungen der DBG AG „Kennwerte des Bodengefüges“, der Ad-hoc-AG Boden und der DWA AG GB-7.4 „Bodenfunktionsansprache“;
- b) 5.2.9: Berechnung der effektiven Lagerungsdichte nach DWA-A 920-1 und Zuordnung nach Gefügemerkmalen;
- c) 5.4 gestrichen;
- d) Abschnitt 6 vollständig überarbeitet;
- e) 6.4: Tabelle 41 nach DWA-A 920-1 ergänzt;
- f) 6.6 gestrichen;
- g) ehemaliger Anhang A gestrichen;
- h) Anhang A: Daten ergänzt;
- i) Anhang B: Daten ergänzt;
- j) Anhang C: neu aufgenommen;
- k) Literaturhinweise ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN 4220-1: 1963-03, 1987-01

DIN 4220: 1944x-09, 1998-07, 2008-11

Einleitung

Die bodenkundliche Aufnahme und Beurteilung eines Standortes und seine Charakterisierung sind Grundlagen für Entscheidungen, die zu Planungen in der Landwirtschaft, für Bodennutzung und Landespflege getroffen werden müssen. Diese bodenkundliche Standortuntersuchung ist ein Teil der Landschaftsanalyse und kann deshalb nicht losgelöst von Standortfaktoren wie Geologie, Hydrologie, Klima, Vegetation und Form der Bewirtschaftung betrachtet werden.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm gilt für die Standortbeurteilung im Bereich der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, der Bau- und Landesplanung, des Boden- und Umweltschutzes, der Erholungsnutzung und Daseinsvorsorge hinsichtlich Bodenkultur, Landespflege und Raumordnung. Sie legt die einheitliche Aufnahme und Kennzeichnung des Bodens, insbesondere hinsichtlich seiner Nutzungseigenschaften und seines Schutzes fest. Mit ihr können Untersuchungsergebnisse für die Praxis gewonnen werden, die mit den Erhebungen an anderen Orten vergleichbar sind. Zur Beurteilung werden geologisch, geomorphologisch, bodenkundlich, klimatologisch, hydrologisch und pflanzenkundlich bedeutende Standorteigenschaften sowie die Standortgefährdung durch anthropogene Einflüsse erfasst.

Diese Norm ist anzuwenden für Untersuchungen:

- zur Ausweisung des Nutzungspotentials von Böden;
- zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes und für die Verbesserung des Bodengefüges;
- zur Beseitigung von Bodennutzungsschäden;
- für Rekultivierungen und Renaturierungen;
- zur Beurteilung der Erosionsgefährdung von Böden;
- für Maßnahmen der Landespflege und Infrastruktur;
- zur Beweissicherung;
- zur Erfassung von Altlastenverdachtsflächen.

ANMERKUNG Die in der bodenkundlichen Standortansprache verwendete aktuelle Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, wird nur durch die Vorgängerversion dieser Norm DIN 4220:2008-11 abgebildet und ist mit den Inhalten der vorliegenden Norm nur in Teilen identisch.

WARNUNG — Anwender dieses Dokuments sollten mit der üblichen Gelände- und Laborarbeitspraxis vertraut sein. Dieses Dokument gibt nicht vor, alle unter Umständen mit der Anwendung dieses Dokuments verbundenen Sicherheitsaspekte anzusprechen. Es liegt in der Verantwortung des Arbeitgebers, angemessene Sicherheits- und Schutzmaßnahmen zu treffen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4047-3, *Landwirtschaftlicher Wasserbau — Begriffe — Teil 3: Bodenkunde, Bodensystematik und Bodenuntersuchung*

DIN 4047-4, *Landwirtschaftlicher Wasserbau — Teil 4: Begriffe, Moore und Moorböden*

DIN 4049-3, *Hydrologie — Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie*

DIN 19671-1, *Erdbohrgeräte für den Landeskulturbau — Rillenbohrer, Rohrbohrer*

DIN 19671-2, *Erdbohrgeräte für den Landeskulturbau — Gestänge, Flügelbohrer, Bohrschappe, Marschenlöffel, Spiralbohrer*

DIN 19672-1, *Bodenentnahmegeräte für den Landeskulturbau — Geräte zur Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung*

DIN 19672-2, *Bodenentnahmegeräte für den Landeskulturbau — Geräte zur Untersuchung und Entnahme von Moorbodenproben*

DIN 19682-1, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 1: Bestimmung der Bodenfarbe*

DIN 19682-2, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 2: Bestimmung der Bodenart*

DIN 19682-5, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 5: Bestimmung des Feuchtezustands des Bodens*

DIN 19682-10, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges*

DIN 19682-12, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 12: Bestimmung des Zersetzungsgrades der Torfe*

DIN 19682-13, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 13: Bestimmung der Carbonate, der Sulfide, des pH-Wertes und der Eisen(II)-Ionen*

DIN 19683-13, *Bodenbeschaffenheit — Physikalische Laboruntersuchungen — Teil 13: Bestimmung des Substanzanteils, Porenanteils und der Porenziffer*

DIN 19683-14, *Bodenbeschaffenheit — Physikalische Laboruntersuchungen — Teil 14: Bestimmung des Substanzanteils von Moorböden*

DIN EN ISO 10693, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Carbonatgehaltes — Volumetrisches Verfahren*

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch*

DIN EN ISO 11260, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Basensättigung unter Verwendung von Bariumchloridlösung*

DIN EN ISO 11272, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Trockenrohichte*

DIN EN ISO 11274, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens — Laborverfahren*

DIN EN ISO 25177, *Bodenbeschaffenheit — Bodenbeschreibung im Felde*

DIN ISO 10381-1, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen*

DIN ISO 10381-4, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten*

DIN ISO 11271, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Redox-Spannung — Feldverfahren*

DIN ISO 11277, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden — Verfahren mittels Siebung und Sedimentation*

DIN ISO 13536, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der potentiellen Kationenaustauschkapazität und der austauschbaren Kationen unter Verwendung einer bei pH = 8,1 gepufferten Bariumchloridlösung*

AG BODEN (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. Auflage. — E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung

Arbeitsblatt DWA-A 920-1 (2016): *Bodenfunktionsansprache — Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4047-3, DIN 4047-4, DIN 4049-3 und DIN EN ISO 11074 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

4 Durchführung der Geländeaufnahme

4.1 Arbeitsunterlagen

Vor Beginn der Geländeaufnahme sollten Unterlagen verschiedenster Institutionen ausgewertet werden. Im Einzelnen können dies sein:

- historische Karten;
- geologische, hydro- oder ingenieurgeologische Karten;
- Bodenkarten (forstliche und landwirtschaftliche Standortkarten);
- Bodenkarten auf der Grundlage der Bodenschätzung;
- thematische Karten (u. a. Biotop-, Klima- und Meliorationskarten);
- Luftbilder und Satellitenaufnahmen;
- Kabel- und Leitungspläne;
- Gutachten, Stellungnahmen, Berichte.

Arbeitsunterlagen sind die Bodenkundliche Kartieranleitung der AG BODEN und mittelmaßstäbige topographische Karten. Für die Aufnahme im Gelände sollte die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1 : 5 000 (DGK 5) verwendet werden. Karten anderen Maßstabes sollten ebenfalls Höhenlinien enthalten.

4.2 Arbeitsgeräte

Die Beurteilung des Bodens im Gelände wird durch Bohrung, Grabung oder durch die Anlage einer Schürfgrube ermöglicht. Zu Einsatzmöglichkeiten verschiedener Probenahmegeräte siehe DIN ISO 10381-2.

Einfache Probenahmegeräte sollten DIN 19671-1, DIN 19671-2, DIN 19672-1 und DIN 19672-2 entsprechen.

4.3 Vorgehensweise

Die Geländeaufnahme ist unter Berücksichtigung der Ziele der Untersuchung nach Bodenkundlicher Kartieranleitung der AG BODEN und DIN ISO 10381-1 zu planen.

Die Entnahme von Bodenproben in gestörter und ungestörter Lagerung für diagnostische Untersuchungen vor Ort und/oder für Laboruntersuchungen erfolgt nach DIN ISO 10381-4.

Die detaillierte Durchführung einer bodenkundlichen Kartierung, d. h. die Ausgrenzung der Kartiereinheiten unter Berücksichtigung von z. B. Bodenformen, örtlichen Besonderheiten oder standortabhängigen Kennzeichen und deren Schwankungsbreiten erfolgt nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN.

ANMERKUNG Sollte abweichend von der Vorgehensweise der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN die bodenkundliche Kartierung auf der Grundlage einer internationalen Vereinbarung erfolgen, siehe DIN EN ISO 25177.

5 Kennzeichnung und Klassifizierung von Bodenkennwerten

5.1 Allgemeines

Stratigraphie und Geogenese der Substrate als Ausgangsgestein der Bodenbildung, ihre Merkmale und genetische Gruppierung nach bodenkundlichen Gesichtspunkten werden in der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN umfassend beschrieben. Sie ist ebenfalls als Grundlage zur Kennzeichnung und Kombination der Bodenhorizonte und der daraus resultierenden typologischen Gliederung der Böden und deren Zuordnung (Bodensystematik) heranzuziehen.

Die Fülle der bei einer Profilbeschreibung zu erhebenden Boden- und Standorteigenschaften macht eine Systematisierung und die Verwendung von datenverarbeitungsgerechten (dv-)Kurzzeichen erforderlich. Dabei wird bei der Bewertung eine graduelle Einteilung und Kennzeichnung der Merkmale in meist fünf, höchstens sieben Stufen mit einem weitgehend einheitlichen Begriffsinventar vorgenommen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 — Einstufung von Boden- und Standorteigenschaften

Merkmal		Stufen
	frei, kein, nicht feststellbar, unbedeutend	0
sehr	arm, fein, flach, gering, klein, locker, niedrig, selten, schlecht, schwach, trocken, undeutlich, wenig	1
	arm, fein, flach, gering, klein, locker, niedrig, selten, schlecht, schwach, trocken, undeutlich, wenig	2
(mittel)	feucht, mäßig	3
	deutlich, fest, grob, groß, gut, hoch, häufig, nass, reich, stark, tief, viel	4
sehr	deutlich, fest, grob, groß, gut, hoch, häufig, nass, reich, stark, tief, viel	5
extrem	deutlich, fest, grob, groß, gut, hoch, häufig, nass, reich, stark, tief, viel	6

Die Verwendung der Stufen in Kurzzeichen ist überwiegend definiert.

BEISPIEL 1

- h0 bedeutet humusfrei (siehe Tabelle 9).
W3 bedeutet mittlere Durchwurzelungsintensität (siehe Tabelle 11).
kf6 bedeutet extrem hohe Wasserdurchlässigkeit (siehe Tabelle 23).

Der Grad der Ausprägung nicht definiert abgestufter Erscheinungsformen kann durch das Kurzzeichen g und die nachgestellte Ziffer 0 bis Ziffer 6 qualitativ beschrieben werden.

BEISPIEL 2

- mr, g2 bedeutet marmoriert, schwach ausgeprägt.

Bei der Bodenansprache zur Beschreibung seiner Erscheinungsformen und Merkmale (z. B. Poren, Gefüge, Konkretionen, Hydromorphie, Substratinhomogenitäten, Fleckung) sind Größenangaben und möglicherweise deren Flächenanteile notwendig. Die Einstufung wird nach Tabelle 2 und Tabelle 3 vorgenommen. Die Angaben dürfen miteinander verknüpft werden. Für die dv-gerechte Anwendung der Kurzzeichen und deren Kombination sind die entsprechenden Verknüpfungsregeln der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN zu verwenden.

Tabelle 2 — Einstufung von Größen und deren Einteilung in Mikro-, Meso- und Makroskala

Benennung	Stufe	Größenangaben		
		mm		
		Mikroskala Kurzzeichen gri	Mesoskala Kurzzeichen gre	Makroskala Kurzzeichen gra
sehr klein, sehr fein	1	< 0,5	< 2	< 50
klein, fein	2	0,5 bis < 1	2 bis < 5	50 bis < 100
mittel	3	1 bis < 2	5 bis < 20	100 bis < 200
groß, grob	4	2 bis < 5	20 bis < 50	200 bis < 500
sehr groß, sehr grob	5	≥ 5	≥ 50	≥ 500

BEISPIEL 3

Pa, f4, gri3 bedeutet hoher Anteil (5 % bis < 10 %) an mittelgroßen Poren (1 mm bis < 2 mm).

Tabelle 3 — Flächenanteil von Erscheinungsformen in Böden

Benennung	Kurzzeichen	Flächenanteil %
sehr gering	f1	< 1
gering	f2	1 bis < 2
mittel	f3	2 bis < 5
hoch	f4	5 bis < 10
sehr hoch	f5	10 bis < 30
extrem hoch	f6	≥ 30

5.2 Mineralböden

5.2.1 Allgemeines

Jeder Boden ist durch eine bestimmte Abfolge von Bodenhorizonten gekennzeichnet. Bodenhorizonte sind das Ergebnis Boden bildender Prozesse in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein und von verschiedenen Umwelteinflüssen. Sie unterscheiden sich u. a. in Mächtigkeit, Farbe, Körnung, Gefüge, Mineralbestand, Humusgehalt, Feuchtezustand. Am Bodenprofil wird jeder Bodenhorizont nach seinen Eigenschaften und Merkmalen angesprochen. Die Profilbeschreibung ist in ein Formular einzutragen. Die Mächtigkeit der Bodenhorizonte ist in Zentimeter fortlaufend von der Oberkante des Mineralkörpers (Geländeoberfläche [GOF]) zu messen und die jeweilige Bodenhorizontuntergrenze anzugeben. Organische Auflagehorizonte erhalten vor der cm-Angabe ein „+“ vor Ober- und Untergrenze.

5.2.2 Bodenart

Mit der Bodenart wird die Korngrößenzusammensetzung des mineralischen Bodenmaterials gekennzeichnet. Aus ihr können u. a. Rückschlüsse auf physikalische und chemische Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten des Bodens gezogen werden. Die Bestimmung der Bodenart (Bodenartenuntergruppe) des Feinbodens im Gelände erfolgt mit der Fingerprobe und nach sichtbaren Merkmalen nach DIN 19682-2 oder nach DIN EN ISO 25177, im Labor nach DIN ISO 11277.

Bei der Kennzeichnung der Bodenart wird nach Tabelle 4 zwischen den Kornfraktionen des Feinbodens mit einem Durchmesser kleiner 2 mm und des Grobbodens (Bodenskelett) nach Tabelle 5 mit einem Durchmesser größer 2 mm unterschieden.

Tabelle 4 — Kornfraktionen des Feinbodens

Benennung	Kurzzeichen	Größe µm
Ton	T	< 2,0
Feinton	fT	< 0,2
Mittelton	mT	0,2 bis < 0,6
Grobton	gT	0,6 bis < 2,0
Schluff	U	2 bis < 63
Feinschluff	fU	2 bis < 6,3
Mittelschluff	mU	6,3 bis < 20
Grobschluff	gU	20 bis < 63
Sand	S	63 bis < 2 000
Feinstsand	ffS	63 bis < 125
Feinsand	fS	63 bis < 200
Mittelsand	mS	63 bis < 630
Grobsand	gS	630 bis < 2 000

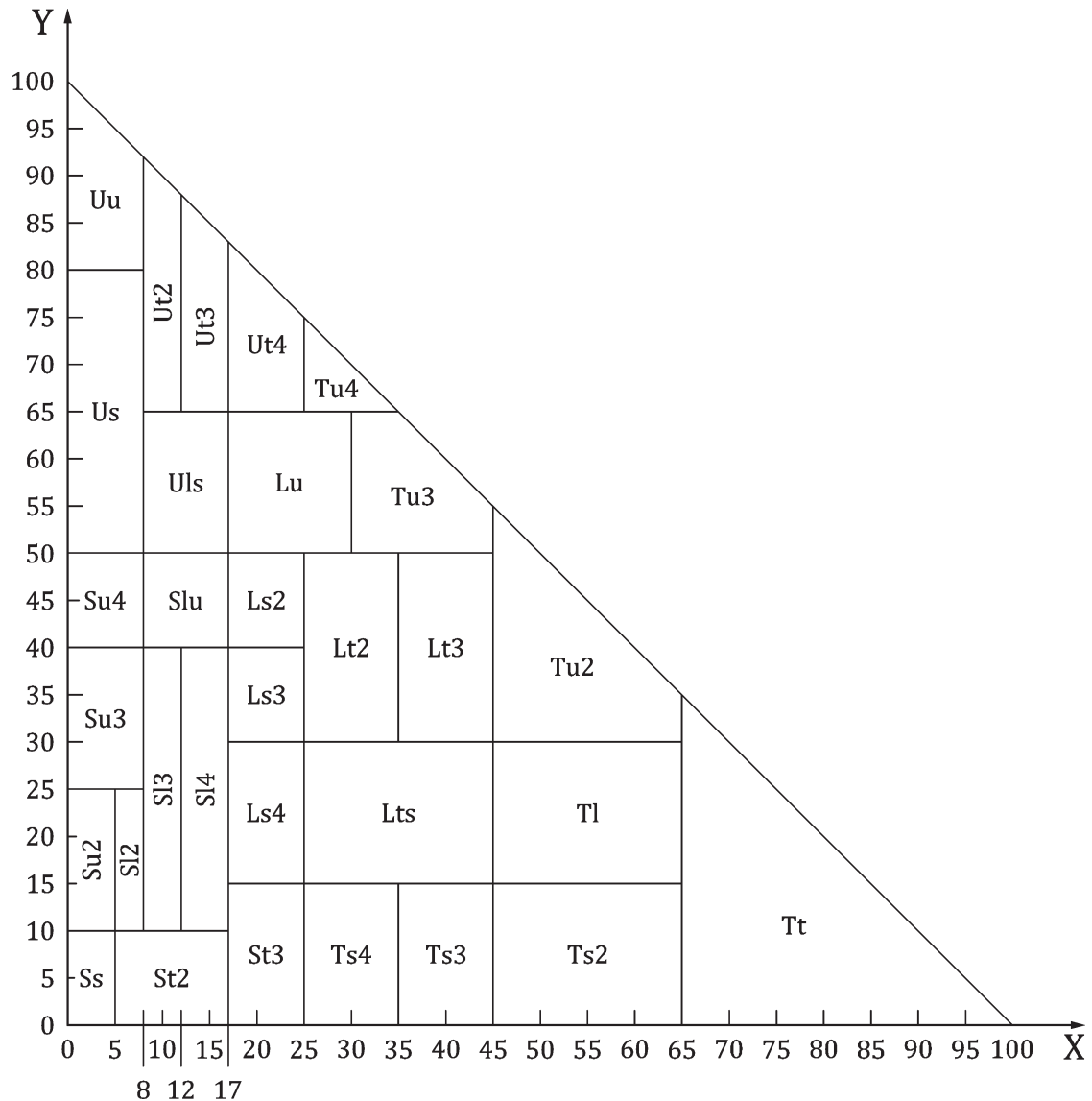
Tabelle 5 — Kornfraktionen des Grobbodens (Bodenskelett)

Form eckig-kantig	Kurzzeichen	Form gerundet	Kurzzeichen	Größe mm
Grus	Gr	Kies	G	2 bis < 63
Feingrus	fGr	Feinkies	fG	2 bis < 6,3
Mittelgrus	mGr	Mittelkies	mG	6,3 bis < 20
Grobgrus	gGr	Grobkies	gG	20 bis < 63
Stein	X	gerundeter Stein	O	≥ 63
Stein	fX	gerundeter Stein	fO	63 bis < 200
Block	mX	gerundeter Block	mO	200 bis < 630
Großblock	gX	gerundeter Großblock	gO	≥ 630

Für die Definition der Bodenarten des Feinbodens sind die jeweiligen Massenanteile der drei Fraktionen Ton, Schluff und Sand maßgebend. Die Lehme als Ton-Schluff-Sand-Gemenge (Dreikornngemenge) stehen in ihren Eigenschaften zwischen den drei erstgenannten Bodenarten (siehe Tabelle 6 und Bild 1).

Tabelle 6 — Gruppierung, Benennung, Kurzzeichen und Kornfraktionen der Bodenarten

Bodenarten-Hauptgruppe	Bodenarten-Gruppe	Kurzzeichen	Bodenarten	Kurzzeichen	Kornfraktionen		
					Massenanteil		
					%		
					Ton	Schluff	Sand
Sande	Reinsande	ss	reiner Sand	Ss	0 bis 5	0 bis 10	85 bis 100
	Lehmsande	ls	schwach schluffiger Sand	Su2	0 bis 5	10 bis 25	70 bis 90
			schwach lehmiger Sand	Sl2	5 bis 8	10 bis 25	67 bis 85
			mittel lehmiger Sand	Sl3	8 bis 12	10 bis 40	48 bis 82
			schwach toniger Sand	St2	5 bis 17	0 bis 10	73 bis 95
	Schluffsande	us	mittel schluffiger Sand	Su3	0 bis 8	25 bis 40	52 bis 75
			stark schluffiger Sand	Su4	0 bis 8	40 bis 50	42 bis 60
Lehme	Sandlehme	sl	schluffig-lehmiger Sand	Slu	8 bis 17	40 bis 50	33 bis 52
			stark lehmiger Sand	Sl4	12 bis 17	10 bis 40	43 bis 78
			mittel toniger Sand	St3	17 bis 25	0 bis 15	60 bis 83
	Normallehme	ll	schwach sandiger Lehm	Ls2	17 bis 25	40 bis 50	25 bis 43
			mittel sandiger Lehm	Ls3	17 bis 25	30 bis 40	35 bis 53
			stark sandiger Lehm	Ls4	17 bis 25	15 bis 30	45 bis 68
			schwach toniger Lehm	Lt2	25 bis 35	30 bis 50	15 bis 45
	Tonlehme	tl	sandig-toniger Lehm	Lts	25 bis 45	15 bis 30	25 bis 60
			stark sandiger Ton	Ts4	25 bis 35	0 bis 15	50 bis 75
			mittel sandiger Ton	Ts3	35 bis 45	0 bis 15	40 bis 65
Schluffe	Sandschluffe	su	reiner Schluff	Uu	0 bis 8	80 bis 100	0 bis 20
			sandiger Schluff	Us	0 bis 8	50 bis 80	12 bis 50
	Lehmschluffe	lu	schwach toniger Schluff	Ut2	8 bis 12	65 bis 92	0 bis 27
			mittel toniger Schluff	Ut3	12 bis 17	65 bis 88	0 bis 23
			sandig-lehmiger Schluff	Uls	8 bis 17	50 bis 65	18 bis 42
	Tonschluffe	tu	stark toniger Schluff	Ut4	17 bis 25	65 bis 83	0 bis 18
			schluffiger Lehm	Lu	17 bis 30	50 bis 65	5 bis 33
Tone	Schlufftone	ut	mittel toniger Lehm	Lt3	35 bis 45	30 bis 50	5 bis 35
			mittel schluffiger Ton	Tu3	30 bis 45	50 bis 65	0 bis 20
			stark schluffiger Ton	Tu4	25 bis 35	65 bis 75	0 bis 10
	Lehmtone	lt	schwach sandiger Ton	Ts2	45 bis 65	0 bis 15	20 bis 55
			lehmiger Ton	Tl	45 bis 65	15 bis 30	5 bis 45
			schwach schluffiger Ton	Tu2	45 bis 65	30 bis 65	0 bis 25
			reiner Ton	Tt	65 bis 100	0 bis 35	0 bis 35



Legende

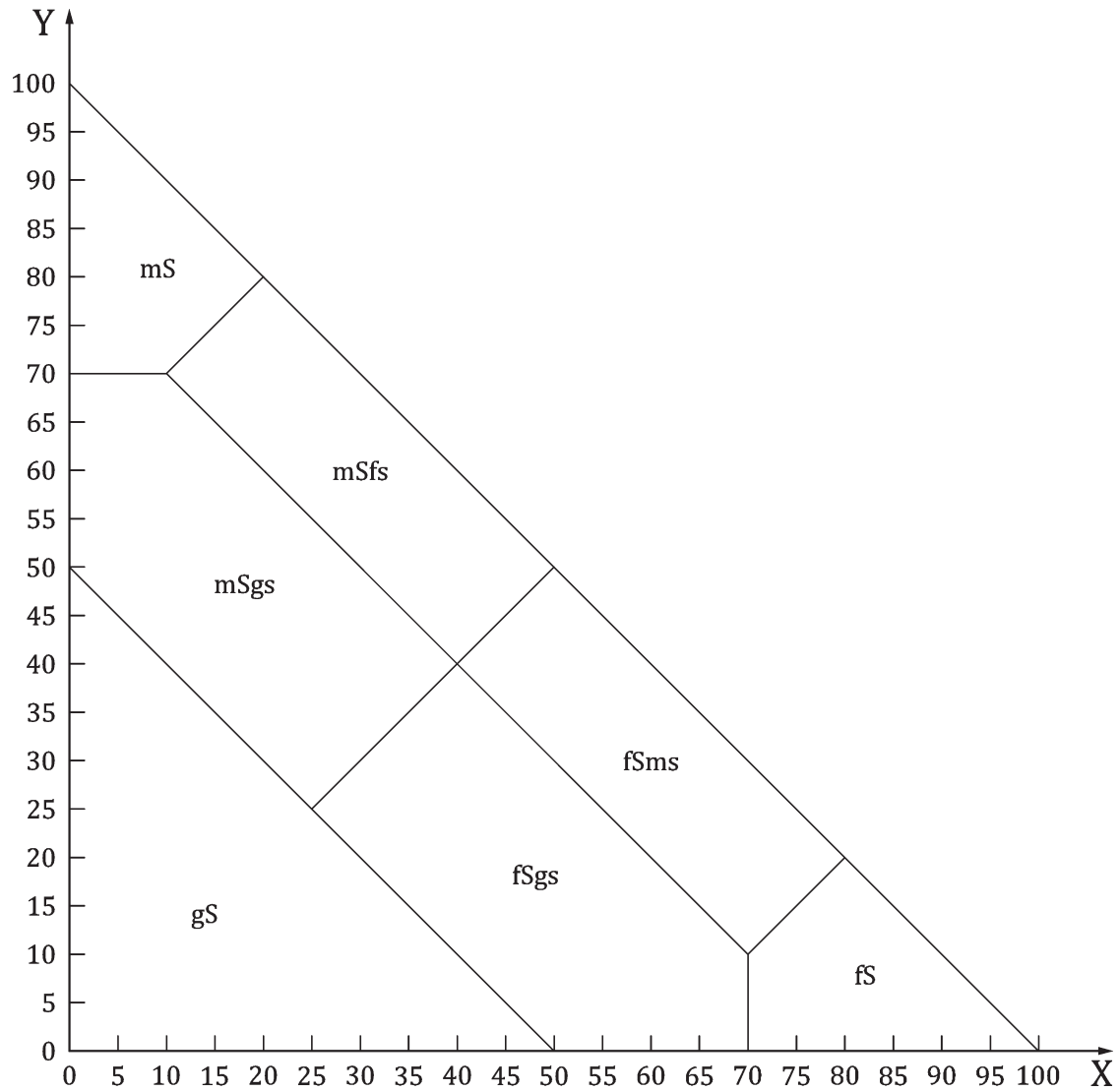
- X Massenanteil Ton (T) in Prozent
Y Massenanteil Schluff (U) in Prozent

Bild 1 — Bodenartendiagramm des Feinbodens

Da die Unterfraktionen des Sandes sehr unterschiedliche Eigenschaften vor allem im Hinblick auf Erodierbarkeit und Wasserhaushalt haben, wird die Bodenartenuntergruppe reiner Sand (Ss) nach ihren Fein-, Mittel- und Grobsandanteilen weiter differenziert (siehe Tabelle 7 und Bild 2).

**Tabelle 7 — Unterteilung der Bodenart reiner Sand mit 0 % bis 5 % Ton und 0 % bis 10 % Schluff
(jeweils als Massenanteil in %)**

Bodenarten-Untergruppen		Kornfraktionen Massenanteil in %			
Benennung	Kurzzeichen	Feinsand	Mittelsand	Grobsand	Zusatzbedingung
Feinsand	fS	$\geq 70 \text{ bis } \leq 100$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 20$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 30$	3) $fS - 70 > mS - 10$
mittelsandiger Feinsand	fSms	$\geq 40 \text{ bis } \leq 80$	$\geq 10 \text{ bis } \leq 50$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 20$	4) $fS \geq mS$
grobsandiger Feinsand	fSgs	$\geq 25 \text{ bis } \leq 70$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 40$	$\geq 20 \text{ bis } \leq 50$	1) $fS \geq mS$
Mittelsand	mS	$\geq 0 \text{ bis } \leq 20$	$\geq 70 \text{ bis } \leq 100$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 30$	5) $fS - 10 < mS - 70$
feinsandiger Mittelsand	mSfs	$\geq 10 \text{ bis } \leq 50$	$\geq 40 \text{ bis } \leq 80$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 20$	6) $fS \leq mS$
grobsandiger Mittelsand	mSgs	$\geq 0 \text{ bis } \leq 40$	$\geq 25 \text{ bis } \leq 70$	$\geq 20 \text{ bis } \leq 50$	2) $fS < mS$
Grobsand	gS	$\geq 0 \text{ bis } \leq 50$	$\geq 0 \text{ bis } \leq 50$	$\geq 50 \text{ bis } \leq 100$	7) ohne
ANMERKUNG Die Zusatzbedingungen sichern die eindeutige Identifikation der Bodenarten-Untergruppen über den Anteil an den Kornfraktionen des Sandes hinaus, wenn eine automatisierte Abfrage die angegebene Reihenfolge einhält.					



Legende

- X Massenanteil Feinsand in Prozent
Y Massenanteil Mittelsand in Prozent

Bild 2 — Unterteilung der Bodenart reiner Sand (Sanddiagramm)

Tabelle 8 — Einteilung der Gemengeanteile des Grobbodens

Benennung	Stufe	Volumenanteil %	Massenanteil %
sehr schwach, steinig, kiesig, grusig	1	< 2	< 3
schwach, steinig, kiesig, grusig	2	2 bis < 10	3 bis < 15
mittel, steinig, kiesig, grusig	3	10 bis < 25	15 bis < 40
stark, steinig, kiesig, grusig	4	25 bis < 50	40 bis < 60
sehr stark, steinig, kiesig, grusig	5	50 bis < 75	60 bis < 85
Steine, Kies, Grus	6	≥ 75	≥ 85

Nach Tabelle 8 lassen sich die geschätzten Gemengeanteile des Grobbodens am Gesamtboden als Volumenanteile in % oder Massenanteile in % beschreiben; die entsprechende Stufe wird dem Kurzzeichen des Grobbodens aus Tabelle 5 angefügt.

Bei der Beschreibung der Gemenge von Fein- und Grobboden wird der Feinboden zuerst, danach der Grobboden in der Reihenfolge seiner Anteile genannt.

BEISPIEL

Tu3, gGr4, fX2 bedeutet mittel schluffiger Ton mit 25 % bis < 50 % Volumenanteilen Grobgrus und 2 % bis < 10 % Volumenanteilen eckig-kantiger Steine.

5.2.3 Bodenfarbe

Die Bodenfarbe ist ein diagnostisches Merkmal eines Bodenhorizontes. Sie ermöglicht die Beurteilung von Prozessen der Bodenentwicklung und die Bewertung von Bodeneigenschaften, insbesondere des Luft- und Wasserhaushalts. Die Bodenfarbe ist nach DIN 19682-1 zu bestimmen.

Eine allgemein vergleichbare Farbansprache ist nur bei Benutzung einer Farbtafel (siehe [2]) möglich.

5.2.4 Humusgehalt

Der Humusgehalt eines Bodens ist der Anteil an feinverteilter organischer Substanz, davon sind feinverteilte Kohle und anthropogene Kohlenstoffverbindungen auszuschließen. Humus besteht aus abgestorbenen Pflanzen- und Tierresten, die ständig weiter umgewandelt und abgebaut werden. Er färbt den Boden umso dunkler, je höher sein Anteil ist. Der Humusgehalt wird im Gelände optisch nach der Farbe des feuchten Bodens abgeschätzt und nach Tabelle 9 eingestuft.

ANMERKUNG Die Bodenfarbe kann von Bodenart (Sand dunkler als Ton bei gleichem Humusgehalt), Verteilungsgrad, Humusform und Eigenfarbe des mineralischen Anteils beeinflusst werden.

Wegen der Schwierigkeiten bei der Feldansprache ist eine Prüfung des Humusgehaltes durch Laboruntersuchungen besonders wichtig (siehe DIN ISO 10694). Er kann näherungsweise bei Mineralböden aus den Analyseergebnissen für organischen Kohlenstoff durch Multiplikation mit 1,72 berechnet werden. Bei Torfen und Auflagehumus ist der Faktor 2,0 zu verwenden.

Tabelle 9 — Einstufung des Humusgehaltes (organische Substanz) von Böden

Benennung	Kurzzeichen	Humusgehalt Massenanteil %
humusfrei	h0	0
sehr schwach humos	h1	> 0 bis < 1
schwach humos	h2	1 bis < 2
mittel humos	h3 ^a	2 bis < 4
stark humos	h4 ^a	4 bis < 8
sehr stark humos	h5 ^a	8 bis < 15
extrem humos, anmoorig	h6	15 bis < 30
organisch, Torf	h7	≥ 30
^a bei forstlicher Nutzung gilt für h3 = 2 bis 5, für h4 = 5 bis 10 und für h5 = 10 bis 15 Massenanteile in %		

5.2.5 Carbonatgehalt

Unter Carbonaten werden im Wesentlichen die im Boden vorliegenden Calcium- und Calcium-Magnesium-carbonate (Calcit und Dolomit) verstanden. An einer Bodenprobe können Carbonate im Gelände mit verdünnter Salzsäure nach DIN 19682-13 quantitativ abgeschätzt und im Labor nach DIN EN ISO 10693 bestimmt werden.

5.2.6 Bodengefüge

Das Bodengefüge beschreibt die räumliche Anordnung der Bodenteilchen zueinander. Es hat wesentlichen Einfluss auf den Wasser- und Lufthaushalt, die Verfügbarkeit von Nährstoffen sowie auf mechanische Eigenschaften und Erosionsanfälligkeit von Böden. Gefügeform, Lagerungsart, Verfestigungsgrad und Packungsdichte sind nach DIN 19682-10 zu bestimmen.

Zur Bestimmung der effektiven Lagerungsdichte anhand entsprechender Gefügemerkmale siehe 5.2.9.

5.2.7 Hohlräume

Das sichtbare Hohlraumvolumen eines Bodens setzt sich im Allgemeinen aus Rissen (Klüfte oder Spalten), Poren und Röhren zusammen. Diese Hohlräume beeinflussen vor allem den Wasser- und Lufthaushalt eines Bodens durch die Art der Wasserbewegung und den Gasaustausch mit der Atmosphäre (siehe DIN 19682-10). Röhren sind biogen durch Pflanzen und Kleintiere entstanden.

Bei der Beurteilung der Hohlräume sind der aktuelle Feuchtezustand und die Konsistenz des Bodens nach DIN 19682-5 zu berücksichtigen (Quellungs- und Schrumpfungseffekte).

5.2.8 Durchwurzelung

Die Durchwurzelung eines Bodens umfasst die am Profil aufgenommene tatsächliche Durchwurzelungstiefe und -intensität. Als Durchwurzelbarkeit (physiologische Gründigkeit) wird dagegen die mögliche Durchwurzelungstiefe des Bodens durch die Pflanzenwurzeln unter vorherrschenden Bedingungen verstanden. Sie ist nach Tabelle 10 einzustufen.

ANMERKUNG Eine Vielzahl von Einflussgrößen (z. B. anthropogene Überformung, Substrat- und Dichtesprünge, chemische Eigenschaften) können die Durchwurzelung be- oder verhindern.

Tabelle 10 — Einstufung der Durchwurzelbarkeit (physiologische Gründigkeit)

Benennung	Kurzzeichen	Durchwurzelbarkeit dm
sehr flach durchwurzelbar	Wp1	< 1,5
flach durchwurzelbar	Wp2	1,5 bis < 3
mittel durchwurzelbar	Wp3	3 bis < 7
tief durchwurzelbar	Wp4	7 bis < 12
sehr tief durchwurzelbar	Wp5	12 bis < 20
extrem tief durchwurzelbar	Wp6	≥ 20

Die Durchwurzelungsintensität nach Tabelle 11 ist die mittlere Anzahl der Feinwurzeln je dm². Als Feinwurzeln, die entscheidend für die Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Pflanze sind, gelten die Wurzeln mit einem Durchmesser kleiner 2 mm.

Tabelle 11 — Einstufung der Durchwurzelungsintensität

Benennung	Kurzzeichen	Durchwurzelungsintensität Anzahl an Feinwurzeln je dm ²
keine Wurzeln	W0	0
sehr schwach durchwurzelt	W1	1 bis 2
schwach durchwurzelt	W2	3 bis 5
mittel durchwurzelt	W3	6 bis 10
stark durchwurzelt	W4	11 bis 20
sehr stark durchwurzelt	W5	21 bis 50
extrem stark durchwurzelt bis Wurzelfilz	W6	> 50

5.2.9 Trockenrohdichte und effektive Lagerungsdichte

Die Dichte als Quotient aus Masse durch Volumen ($\rho = m/V$) wird für den Boden als Trockenrohdichte (ρ_t) bezeichnet und in g/cm³ angegeben. Sie gibt an, wie viel Festsubstanz ein bei 105 °C getrockneter Boden je Volumeneinheit enthält. Sie liegt der Berechnung mechanischer Parameter sowie vielen physikalischen und physiko-chemischen Kennwerten zugrunde und ist nach DIN EN ISO 11272 zu bestimmen.

Die effektive Lagerungsdichte ist ein Kennwert, der den Einfluss von Textur, Gefüge und Trockenraumgewicht auf den Verfestigungsgrad des Bodens zusammenfassend beschreibt.

Die beste Übereinstimmung zwischen der im Gelände geschätzten effektiven Lagerungsdichte (LD) und der im Labor bestimmten Trockenrohdichte (TRD) wird bei Böden mit Humusgehalten von unter 1 % in Abhängigkeit vom Ton- und Schluffgehalt erzielt; es gilt: $[LD \text{ [g/cm}^3] = TRD \text{ [g/cm}^3] + 0,005 \% \text{ Ton} + 0,001 \% \text{ Schluff}]$.

Die Zuordnung von Gefügemerkmalen zur effektiven Lagerungsdichte ergibt sich aus Tabelle 12. Zur bodenartspezifischen Umrechnung LD in TRD siehe Tabelle 13.

Tabelle 12 — Einstufung der effektiven Lagerungsdichte

Kennzeichnung der effektiven Lagerungsdichte g/cm ³			Gefügemerkmale für die Schätzung der effektiven Lagerungsdichte
Kurzzeichen	Bezeichnung	Kennwert LD	
LD1	sehr gering	< 1,3	Feines Krümelgefüge, sehr lockeres Einzelkorn- oder sehr lockeres Kohärentgefüge, sehr feines bis feines Aggregatgefüge mit offener bis sperriger Lagerungsart und sehr losem Zusammenhalt, sehr hoher Anteil an biogenen Poren, gleichmäßige Wurzelverteilung
LD2	gering	1,3 bis < 1,55	Krümelgefüge, lockeres Einzelkorn- oder lockeres Kohärentgefüge, feines Aggregatgefüge mit offener und sperriger Lagerungsart und losem Zusammenhalt, hoher Anteil an biogenen Poren, gleichmäßige Wurzelverteilung

Kennzeichnung der effektiven Lagerungsdichte g/cm ³			Gefügemerkmale für die Schätzung der effektiven Lagerungsdichte
Kurzzeichen	Bezeichnung	Kennwert LD	
LD3	mittel	1,55 bis < 1,75	Subpolyedergefüge, Einzelkorn- oder Kohärentgefüge mit mittlerem Zusammenhalt, Aggregatgefüge mit halboffener bis offener Lagerungsart und mittlerem Zusammenhalt bzw. mittlerer Verfestigungsgrad, mittlerer Anteil an biogenen Poren, fast gleichmäßige Wurzelverteilung
LD4	hoch	1,75 bis < 1,95	dichtes Einzelkorn- oder dichtes Kohärentgefüge, dichtes Aggregatgefüge mit geschlossener Lagerungsart und festem Zusammenhalt bzw. mit hohem Verfestigungsgrad, Plattengefüge, sehr geringer bis geringer Anteil an biogenen Poren, ungleichmäßige Wurzelverteilung
LD5	sehr hoch	> 1,95	sehr dichtes Einzelkorn- oder Kohärentgefüge, sehr dichtes Aggregatgefüge mit geschlossener Lagerungsart und sehr festem Zusammenhalt bzw. sehr hohem Verfestigungsgrad, sehr dichtes Plattengefüge, sehr geringer Anteil an biogenen Poren, sehr ungleichmäßige Wurzelverteilung

Tabelle 13 — Mittlere Trockenrohdichten (TRD) in g/cm³ der effektiven Lagerungsdichteklassen LD1 bis LD5 in Abhängigkeit von der Bodenart für Böden mit Humusgehalten von < 1 %

Bodenart	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
Ss	1,18	1,40	1,63	1,83	1,98
Sl2	1,15	1,37	1,60	1,80	1,95
Sl3	1,13	1,35	1,58	1,78	1,93
Sl4	1,10	1,32	1,55	1,75	1,90
Slu	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
St2	1,14	1,36	1,59	1,79	1,94
St3	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
Su2	1,17	1,39	1,62	1,82	1,97
Su3	1,15	1,37	1,60	1,80	1,95
Su4	1,14	1,36	1,59	1,79	1,94
Ls2	1,05	1,27	1,50	1,70	1,85
Ls3	1,06	1,28	1,51	1,71	1,86

Bodenart	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5
Ls4	1,07	1,29	1,52	1,72	1,87
Lt2	1,01	1,23	1,46	1,66	1,81
Lt3	0,96	1,18	1,41	1,61	1,76
Lts	1,00	1,22	1,45	1,65	1,80
Lu	1,03	1,25	1,48	1,68	1,83
Uu	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
Uls	1,08	1,30	1,53	1,73	1,88
Us	1,12	1,34	1,57	1,77	1,92
Ut2	1,07	1,29	1,52	1,72	1,87
Ut3	1,05	1,27	1,50	1,70	1,85
Ut4	1,02	1,24	1,47	1,67	1,82
Tt	0,81	1,03	1,26	1,46	1,61
Tl	0,90	1,12	1,35	1,55	1,70
Tu2	0,90	1,12	1,35	1,55	1,70
Tu3	0,96	1,18	1,41	1,61	1,76
Tu4	0,99	1,21	1,44	1,64	1,79
Ts2	0,92	1,14	1,37	1,57	1,72
Ts3	0,99	1,21	1,44	1,64	1,79
Ts4	1,04	1,26	1,49	1,69	1,84

5.2.10 Packungsdichte (nach DIN 19682-10)

Die Packungsdichte bewertet zusammenfassend die Gefügeeigenschaften von Mineralböden in Abhängigkeit vom Grad der Kompaktheit bzw. von der Lockerheit des Bodens und spiegelt damit die Luft- und Wasserdurchlässigkeit und die Durchwurzelbarkeit wider (DIN 19682-10).

Die Packungsdichte wird abgeleitet nach Tabelle 14. Bei der Gewichtung der einzelnen Gefügemerkmale sind die Lagerungsart der Aggregate und der Anteil biogener Grobporen ausschlaggebend, wenn sie eindeutig bestimmt werden konnten und mit der Wurzelverteilung in Einklang stehen. Wenn die Wurzelverteilung eindeutig ist, dann hat sie die höchste Priorität für die Einstufung der Packungsdichte.

Tabelle 14 — Ableitung der Packungsdichte anhand von Gefügemerkmalen und der Wurzelverteilung (nach DIN 19682-10, modifiziert)

Gewichtung der Gefügemerkmale							
mittel		hoch		sehr hoch	Packungsdichte		effektive Lagerungs-dichte
Aggregat-größe	Lagerungs-art der Aggregate	Lagerungs-art der Aggregate	Flächen-anteil Makroporen	Wurzel-verteilung	Benennung	Kurz-zeichen	Kurz-zeichen
Gre 1 bis 2	Vf 1	sperrig	sehr hoch	gleich-mäßig	sehr gering	Pd1	LD1
Gre 1 bis 3	Vf 2	offen	hoch	gleich-mäßig	gering	Pd2	LD2
Gre 2 bis 4	Vf 3	halb offen	mittel	ungleich-mäßig	mittel	Pd3	LD3
Gre 3 bis 5	Vf 4	fast geschlossen	gering	starke Häufung in Rissen	hoch	Pd4	LD4
Gre 4 bis 5	Vf 5	geschlossen	sehr gering	sehr starke Häufung in Rissen	sehr hoch	Pd5	LD5

Nach Tabelle 14 führen die effektive Lagerungsdichte und die Packungsdichte zu identischen Klasseneinteilungen.

5.2.11 Bodenfeuchte

Die Ansprache des Feuchtezustandes eines Bodens im Gelände und die daraus ableitbare Abschätzung der Saugspannung des Bodenwassers ist nach DIN 19682-5 vorzunehmen.

5.2.12 Grundwasser

Grundwasser ist unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt, und dessen Bewegung ausschließlich oder nahezu ausschließlich von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird (siehe DIN 4049-3). Es beeinflusst Bodenentwicklung und Bodeneigenschaften sowie die Möglichkeiten der Grundwassernutzung. Der Grundwasserspiegel ist im Jahresverlauf Schwankungen unterworfen. Nach Tabelle 15 lassen sich mittlere Grundwasserflurabstände durch die Grundwasserstufe charakterisieren. Der Grundwasserflurabstand wird im Gelände in dm unter Geländeoberfläche gemessen.

Zur Messung in einem Bohrloch sollte vorher Druckausgleich des Grundwasserspiegels eingetreten sein.

Tabelle 15 — Grundwasserstufen in Abhängigkeit von den mittleren Grundwasserflurabständen

Benennung	Kurzzeichen	mittlerer Hochstand dm	mittlerer Stand dm	mittlerer Tiefstand dm
sehr flach	GWS1	über GOF	< 2	< 4
flach	GWS2	< 2	2 bis < 4	4 bis < 8
mittel	GWS3	2 bis < 4	4 bis < 8	8 bis < 13
tief	GWS4	4 bis < 8	8 bis < 13	13 bis < 16
sehr tief	GWS5	8 bis < 13	13 bis < 20	16 bis < 20
extrem tief	GWS6	13 bis < 20	≥ 20	≥ 20

Im Rahmen einer Bodenkartierung genügt näherungsweise die Feststellung des scheinbaren Grundwasserflurabstandes als Strecke zwischen Geländeoberfläche und Obergrenze des geschlossenen Kapillarraumes. Die Mächtigkeit des geschlossenen Kapillarraumes, also der Abstand zwischen Grundwasserspiegel und der Obergrenze des kapillar gesättigten Bodens, hängt ab von der Porengrößenverteilung und damit von der Bodenart. Die Obergrenze zeigt sich durch Wasseraustritt nach leichtem Klopfen am Bohrstock, wobei der Wasseraustritt bei bindigen Böden häufig schwer oder nicht erkennbar ist.

Eine Einstufung des geschlossenen Kapillarraumes ist nach Tabelle 16 vorzunehmen.

Tabelle 16 — Einstufung des geschlossenen Kapillarraumes

Benennung	Kurzzeichen	Mächtigkeit dm
sehr niedrig	Kg1	< 1
niedrig	Kg2	1 bis < 2
mittel	Kg3	2 bis < 3
hoch	Kg4	3 bis < 4
sehr hoch	Kg5	4 bis < 5
extrem hoch	Kg6	≥ 5

5.2.13 Wasserbindung

5.2.13.1 Allgemeines

Die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern, zu transportieren oder wieder abzugeben, hängt von der Porengrößenverteilung und dem Porenvolumen ab. Die Wasserbindung wird als Wasserspannung, auch als Saugspannung bezeichnet, in der Druckeinheit Pa gemessen und häufig als deren dekadischer Logarithmus (pF-Wert) angegeben.

Zwischen Wasserspannung und Wassergehalt des Bodens besteht ein Zusammenhang, der graphisch in Form einer meist halblogarithmischen Wasserspannungs-Wassergehalts-Kurve (pF-WG-Kurve) dargestellt werden kann. Tabelle 17 enthält die Definitionen wichtiger Kennwerte zum Wasser- und Luftgehalt des Bodens.