

BAWMerkblatt

Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH)

Ausgabe 2022

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0
Fax: 0721 9726-4540

info@baw.de
www.baw.de

Copyright: Creative Commons BY-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>
Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.

Inhaltsverzeichnis	Seite	
1	Vorbemerkung	1
2	Grundlagen der Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche	2
2.1	Definition der Homogenbereiche	2
2.2	Ablauf zur Festlegung der Homogenbereiche	2
2.3	Datenbasis zur Festlegung der Homogenbereiche	4
2.4	Homogenbereiche aus Schichten mit nicht vergleichbaren Eigenschaften	4
2.5	Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe	4
2.6	Hinweise zu einzelnen Parametern	5
2.6.1	Bezogene Lagerungsdichte	5
2.6.2	Massenanteil Steine und Blöcke	6
2.6.3	Kornverteilung, Körnungsband	7
2.6.4	Abrasivität von Boden	7
2.6.5	Konsistenz, Konsistenzzahl	8
3	Verfahrensspezifische Kriterien für die Festlegung der Homogenbereiche	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Erdarbeiten DIN 18300	9
3.2.1	Allgemeines zu Erdarbeiten	9
3.2.2	Lösen, Laden, Transportieren	10
3.2.3	Einbau	10
3.3	Bohrarbeiten DIN 18301	11
3.4	Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten DIN 18304	12
3.4.1	Allgemeines zu Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	12
3.4.2	Rammarbeiten	13
3.4.3	Rüttelarbeiten	13
3.4.4	Pressarbeiten	14
3.5	Nassbaggerarbeiten DIN 18311	15
3.6	Schlitzwandarbeiten DIN 18313	17
3.7	Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319 und Horizontalspülbohrarbeiten DIN 18324	18
3.8	Landschaftsbauarbeiten DIN 18320 (Oberboden)	19
3.9	Düsenstrahlarbeiten DIN 18321	20
4	Darstellung der Homogenbereiche im Geotechnischen Bericht	20
	Literatur	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenhang zwischen Spitzenwiderstand und bezogener Lagerungsdichte nichtbindiger Böden	5
Tabelle 2:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Lösen, Laden, Transportieren von Fels	10
Tabelle 3:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Boden	10
Tabelle 4:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Fels	11

Tabelle 5:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren in nichtbindigem Boden	11
Tabelle 6:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren in bindigem Boden	11
Tabelle 7:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren im Fels	12
Tabelle 8:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rammarbeiten in nichtbindigem Boden	13
Tabelle 9:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rammarbeiten in bindigem Boden	13
Tabelle 10:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rüttelarbeiten in nichtbindigem Boden	14
Tabelle 11:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rüttelarbeiten in bindigem Boden	14
Tabelle 12:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Pressarbeiten in nichtbindigem Boden	14
Tabelle 13:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Pressarbeiten in bindigem Boden	14
Tabelle 14:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten in nichtbindigem Boden	16
Tabelle 15:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten in bindigem Boden	16
Tabelle 16:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten im Fels	17
Tabelle 17:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Schlitzwandarbeiten im Boden	17
Tabelle 18:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Schlitzwandarbeiten im Fels	18
Tabelle 19:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten in nichtbindigem Boden	18
Tabelle 20:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten in bindigem Boden	18
Tabelle 21:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortrieb und Horizontalspülbohrarbeiten im Fels	19
Tabelle 22:	Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Landschaftsbauarbeiten (Oberboden)	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Festlegung der Homogenbereiche in Zusammenarbeit von Sachverständigen für Geotechnik und Bauherrn bzw. Planer	3
--------------	---	---

Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1.1:	Zuordnung der Versuche zu den Bauverfahren (Boden)
Anlage 1.1.2:	Zuordnung der Versuche zu verschiedenen Bodenarten
Anlage 1.2:	Zuordnung der Versuche zu den Bauverfahren (Fels)
Anlage 2.1:	Darstellung der Kennwerte für die Schichten – Beispiel Boden
Anlage 2.2:	Darstellung der Kennwerte für die Schichten – Beispiel Fels
Anlage 3:	Zusammenfassung Schichten zu Homogenbereichen – Beispiel für Darstellung

1 Vorbemerkung

Gemäß den Normen der VOB Teil C (Allgemeine Technische Vertragsbedingungen), Ausgabe September 2019 (VOB 2019) für Erdbau-, Tiefbau- und Spezialtiefbauarbeiten ist der Baugrund in der Baubeschreibung nach folgenden Normen in Homogenbereiche einzuteilen:

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18301 Bohrarbeiten
- DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- DIN 18311 Nassbaggerarbeiten
- DIN 18312 Untertagebauarbeiten
- DIN 18313 Schlitzwandarbeiten mit stützenden Flüssigkeiten
- DIN 18319 Rohrvortriebsarbeiten
- DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten
- DIN 18321 Düsenstrahlarbeiten
- DIN 18324 Horizontalspülbohrarbeiten

Für die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche lassen die VOB-Normen einen weiten Spielraum zu. Mit dem „Merkblatt Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH)“ werden der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) als Bauherrin sowie den von ihr beauftragten Planern und Sachverständigen für Geotechnik Hilfestellungen gegeben, nach welchen Kriterien diese Einteilung erfolgen kann. Ergänzend werden Hinweise zu einzelnen Parametern und zur Darstellung der Homogenbereiche durch den Sachverständigen für Geotechnik gegeben. Im Fokus dieses Merkblatts stehen Bauvorhaben des Verkehrswasserbaus, bei denen im Regelfall Großgeräte zum Einsatz kommen. Untertagebauarbeiten sind für den Verkehrswasserbau nicht relevant und werden daher nachfolgend nicht weiter behandelt.

Die Einteilung in Homogenbereiche ist für den Auftragnehmer die Grundlage für die Planung seiner Gerätetechnologie und darauf aufbauend für seine Kalkulation. Die Bemessung von Bauteilen und die Klärung der Eignung des ausgeschriebenen Bauverfahrens müssen im Vorfeld der Ausschreibung im Rahmen der Planung erfolgen.

Für die meisten Bauverfahren sind im Leistungsverzeichnis die Abrechnungseinheiten getrennt nach Homogenbereichen vorzusehen. Lediglich für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten, für Nassbaggerarbeiten und für Schlitzwandarbeiten ist dies nicht vorgeschrieben, wobei jedoch auch für diese Gewerke die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche erforderlich ist.

2 Grundlagen der Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche

2.1 Definition der Homogenbereiche

Die Definition der Homogenbereiche nach der VOB Teil C erfolgt in der jeweiligen Norm im Kapitel 2 „Stoffe und Bauteile“. Sie lautet in der allgemeinen Form:

Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für [das jeweilige Verfahren] vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Sind umweltrelevante Inhaltsstoffe zu beachten, so sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen.

Für die Homogenbereiche sind folgende Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben. Nachfolgend sind die Normen oder Empfehlungen angegeben, mit denen diese Kennwerte ggf. zu überprüfen sind. Wenn mehrere Verfahren zur Bestimmung möglich sind, ist eine Norm oder Empfehlung festzulegen.

Die anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte (nachfolgend Parameter genannt) hängen vom Bauverfahren ab. Sie sind für alle Verfahren mit dem entsprechenden Prüfverfahren in Anlage 1.1.1 für Boden (Lockergestein) und Anlage 1.2 für Fels (Festgestein) aufgeführt. Da nicht alle Versuche für bindige und nichtbindige Böden durchführbar sind, werden die jeweils bodenmechanisch möglichen Versuche in Anlage 1.1.2 aufgeführt.

Die in den Vertragsunterlagen anzugebenden Parameter und deren Bandbreite können sowohl auf Labor- und Felduntersuchungen als auch auf Erfahrungswerten beruhen. Die VOB-Normen legen für jeden Parameter eine oder mehrere Normen oder Empfehlungen fest, nach denen die Parameter im Bedarfsfall im Rahmen der Bauausführung zu überprüfen sind. Daher sollten diese Normen und Empfehlungen bereits bei der Baugrunderkundung angewendet werden.

2.2 Ablauf zur Festlegung der Homogenbereiche

Für die Festlegung der Homogenbereiche sind sowohl bodenmechanische als auch baubetriebliche bzw. verfahrenstechnische Kriterien zu beachten. Daher ist hier eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn bzw. dem von ihm beauftragten Planer und dem Sachverständigen für Geotechnik erforderlich. Ein entsprechender Ablaufplan ist in Abbildung 1 dargestellt.

Im ersten Schritt muss der Bauherr sein Bauziel definieren und die Bauverfahren, mit denen er dieses Ziel erreichen will, festlegen. Darauf ausgerichtet führt der Sachverständige für Geotechnik die Baugrunduntersuchung durch. Nach der Auswertung der Labor- und Felduntersuchungen beschreibt er die Schichtenfolge und gibt die Bandbreiten der für die Schichten ermittelten oder abgeleiteten Parameter an.

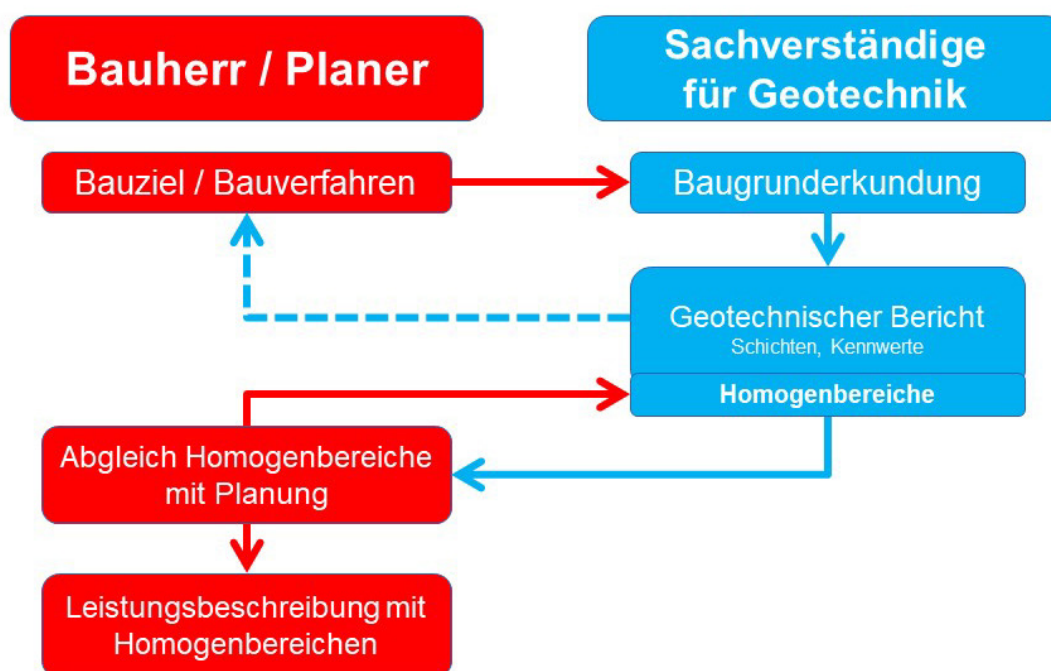


Abbildung 1: Festlegung der Homogenbereiche in Zusammenarbeit von Sachverständigen für Geotechnik und Bauherrn bzw. Planer

Auf dieser Grundlage macht der Sachverständige für Geotechnik für jedes der festgelegten Bauverfahren einen Vorschlag zur Festlegung der Homogenbereiche. Dabei kann ein Homogenbereich einer Schicht entsprechen. Es sollte jedoch versucht werden, möglichst viele Schichten zu einem Homogenbereich zusammenzufassen, um die Ausschreibung und die Abrechnung übersichtlich zu halten. Die in einem Homogenbereich zusammengefassten Schichten müssen hinsichtlich des ausgeschriebenen Bauverfahrens vergleichbare Eigenschaften haben. Die Bandbreite für die Parameter eines Homogenbereichs ergibt sich aus der Vereinigungsmenge der Bandbreiten der zusammengefassten Schichten. Wie groß die Bandbreite für die Parameter innerhalb eines Homogenbereichs sein darf, ist in den Normen nicht festgelegt. Sie muss zum einen groß genug sein, um die natürlichen Schwankungen innerhalb eines Homogenbereichs widerzuspiegeln. Zum anderen sollte sie aber auch nicht zu groß und damit unpräzise sein, so dass sie nicht mehr als Kalkulationsgrundlage geeignet ist.

Sollten im Rahmen der Planungsarbeiten Änderungen bei den Homogenbereichen erforderlich werden, sind diese mit dem Sachverständigen für Geotechnik abzustimmen.

Die Abrechnung der Bauleistungen erfolgt zumeist getrennt nach Homogenbereichen auf der Grundlage von Aufmaßen. Daher ist bei der Festlegung der Homogenbereiche auch zu berücksichtigen, ob ein Aufmaß technisch möglich bzw. wirtschaftlich sinnvoll ist (s. Kapitel 2.4). Neben geeigneten (häufig geodätischen) Messverfahren sind für das Aufmaß u. U. auch geotechnische/geologische Kenntnisse zur Differenzierung der Homogenbereiche vor Ort erforderlich.

2.3 Datenbasis zur Festlegung der Homogenbereiche

Die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche erfolgt im Regelfall auf der Grundlage von Feld- und Laboruntersuchungen. Der Umfang der Untersuchungen ist in den VOB-Normen nicht festgelegt. Je umfangreicher der Baugrund untersucht wird, desto geringer ist das Risiko von Abweichungen zwischen den in den Vertragsunterlagen aufgeführten Parameter und dem tatsächlich vorgefundenen Baugrund.

Für den Mindestumfang der Baugrundaufschlüsse (Tiefe und Abstand) sowie der Laborversuche (Art und Umfang) müssen die Angaben nach dem Handbuch Eurocode 7, Band 2 beachtet werden (s. Anlage 1.1.2).

2.4 Homogenbereiche aus Schichten mit nicht vergleichbaren Eigenschaften

Im Baugrund können Boden- bzw. Felsschichten kleinräumig wechseln. Das kann dazu führen, dass

- die Lage der einzelnen Schichten nicht zuverlässig erkundet werden kann,
- die Schichten aus bautechnischen oder baubetrieblichen Gründen nicht getrennt ver- und bearbeitbar sind oder
- das Aufmaß einzelner Schichten einen unangebracht hohen Aufwand erfordert und ggf. auch den Baubetrieb erheblich stören kann.

Dann kann es sinnvoll oder notwendig sein, Boden- bzw. Felsschichten, obwohl sie hinsichtlich des jeweiligen Bauverfahrens keine vergleichbaren Eigenschaften haben, trotzdem in einem Homogenbereich zusammenzufassen. Die Beschreibung dieses Homogenbereichs anhand der Bandbreite der vorgegebenen Parameter ist dann ggf. so grob, dass der Homogenbereich baubetrieblich schwer einschätzbar ist. In solchen Fällen sind bei der Kalkulation der Arbeiten sehr ungünstige Annahmen zu treffen, da die Geräte- und Verfahrenstechniken mit den Leistungsansätzen auf die schwierigsten Bedingungen abzustimmen sind. Daher sollten für einen derartigen Homogenbereich die Bandbreiten der Parameter für jede Schicht getrennt angegeben werden (z. B. im Formblatt entsprechend Anlage 2). Für Homogenbereiche mit Zwischenlagen aus Steinen und Blöcken ist es jedoch aufgrund der nicht ausreichenden Probenmenge im Regelfall nicht möglich, Kornverteilungen für diese Zwischenlagen anzugeben.

Ergänzend sollte der prozentuale Anteil der einzelnen Schichten innerhalb eines Homogenbereichs abgeschätzt werden. Lokal können die Anteile der einzelnen Schichten stark schwanken.

2.5 Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe

Für Bauverfahren, bei denen Boden oder Fels gewonnen und/oder weiterverarbeitet wird, sind umweltrelevante Inhaltsstoffe bei der Bildung der Homogenbereiche zu berücksichtigen.

Die Weiterverarbeitung bzw. Entsorgung von kontaminiertem Baugrund ist im Regelfall mit hohen Kosten verbunden. Sie hat daher erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Bauprojekten und ist bereits im Zuge der Planungsarbeiten mit Sorgfalt zu betrachten. Da Kontaminationen häufig nicht den Schichtgrenzen folgen, kann es erforderlich sein, eine Schicht in mehrere Homogenbereiche entsprechend den Kontaminationen einzuteilen.

2.6 Hinweise zu einzelnen Parametern

2.6.1 Bezogene Lagerungsdichte

In den VOB-Normen in der Fassung von 2019 wird für die Beschreibung nichtbindiger Böden die Angabe der bezogenen Lagerungsdichte I_D gemäß DIN EN ISO 14688-2 gefordert.

Die Überprüfung der bezogenen Lagerungsdichte I_D soll gemäß der VOB-Normen nach DIN 18126 erfolgen. Die DIN 18126 regelt nur die Ermittlung der lockersten und der dichtesten Lagerung im Labor. Zur Ermittlung der in situ vorhandenen bezogenen Lagerungsdichte I_D ist die Kenntnis der in situ vorhandenen Dichte (oder des vorhandenen Porenanteils n oder der vorhandenen Porenzahl e) erforderlich. Diese Parameter können im Regelfall über dem Grundwasserspiegel oberflächennah in Schürfen bestimmt werden. In allen anderen Fällen wären spezielle Erkundungsverfahren wie z. B. die Entnahme von Gefrierkernen erforderlich. Diese Verfahren sind sehr aufwändig und in der Regel wirtschaftlich nicht vertretbar.

Insbesondere ist bei gering verdichtungsfähigem Boden die Formel zur Berechnung der bezogenen Lagerungsdichte I_D mathematisch sensitiv. Da bei diesen Böden die Differenz zwischen maximaler und minimaler Porenzahl (bzw. Porenanteil) gering ist, können versuchstechnisch bedingte Ungenauigkeiten das Ergebnis maßgeblich beeinträchtigen.

Sondierungen hingegen liefern ohne Probenentnahme Informationen über den Baugrund. Der Einsatz von Druck- und Rammsondierungen hilft jedoch bei der Ermittlung der bezogenen Lagerungsdichte I_D nur bedingt weiter, da keine normativen und allgemeingültigen Zusammenhänge von Sondierwiderstand und bezogener Lagerungsdichte I_D existieren.

Um jedoch die Forderung der VOB-Normen nach Angabe der bezogenen Lagerungsdichte zu erfüllen, kann der in Tabelle 1 dargestellte Zusammenhang zwischen Spitzenwiderstand und den Begriffen der bezogenen Lagerungsdichte verwendet werden (entnommen aus Normenhandbuch EC 7-2, Anhang D, Tabelle D.1). Ergebnisse aus anderen Sondierverfahren sind entsprechend zu interpretieren.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Spitzenwiderstand und bezogener Lagerungsdichte nichtbindiger Böden

Bezeichnung	Spitzenwiderstand q_c [MPa]
sehr locker	unter 2,5
locker	über 2,5 bis 5,0
mitteldicht	über 5,0 bis 10,0
dicht	über 10,0 bis 20,0
sehr dicht	über 20

Hierbei ist zu beachten, dass die bezogene Lagerungsdichte anhand von Sondierungen allenfalls grob abgeschätzt werden kann. Dies gilt auch, wenn eine auf den anstehenden Boden abgestimmte Korrelation existiert, da die Streubreite teilweise größer ist als die Intervalle der bezogenen Lagerungsdichte aus DIN EN ISO 14688-2:2020, Tabelle 5. Es darf daher keine gute Korrelation erwartet werden, wenn aus dem Sondierwiderstand auf die bezogene Lagerungsdichte I_D geschlossen wird. Zusätzlich lassen Sondierungen systembedingt für den oberflächennahen Bereich (bis ca. 1 m unter GOK) keine Interpretation zu. Aus den genannten Gründen kann die Einteilung in sehr locker / locker / mitteldicht / dicht / sehr dicht in der Regel

allenfalls sehr grob erfolgen, und es ist deshalb die Angabe von Bandbreiten wie z. B. „locker bis mitteldicht“ gerechtfertigt.

Es wird empfohlen, ergänzend zur normativ geforderten bezogenen Lagerungsdichte I_D auch die Bandbreite der Sondierwiderstände anzugeben und diese, soweit in Kapitel 3 aufgeführt, auch als wesentliches Klassifizierungsmerkmal für die Einteilung der Homogenbereiche zu verwenden.

2.6.2 Massenanteil Steine und Blöcke

Der „Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke“ ist gemäß den VOB-Normen nach DIN EN ISO 14688-1 zu überprüfen. In der DIN EN ISO 14688-1 ist jedoch nur die Definition der Begriffe „Steine“ und „Blöcke“ anhand ihrer Korngröße enthalten.

Die Überprüfung des Massenanteils soll nach den VOB-Normen „*durch Aussortieren und Vermessen bzw. Sieben, anschließend Wiegen und dann auf die zugehörige Aushubmasse beziehen*“ erfolgen. Die dazu erforderliche Mindest-Probenmenge ist in Anlehnung an die Anforderungen der DIN EN ISO 17892-4 abhängig von dem zu erwartenden Größtkorn. Damit wären zur Bestimmung des Massenanteils von Steinen und Blöcken mehrere Tonnen an Bodenmaterial erforderlich. Bei gemischtkörnigen bindigen Böden (z. B. Geschiebemergel) ergibt sich ein zusätzlicher Aufwand durch die Trennung und Erfassung einzelner Kornfraktionen des Probenmaterials.

Die Massenanteile der Steine und Blöcke im Baugrund können deshalb nur durch Schürfe oder Probegabungen erkundet werden, was einen erheblichen Aufwand bei der Baugrunderkundung erfordert, der gegen den Nutzen für das jeweilige Bauvorhaben abzuwägen ist. Alternativ werden nachfolgend Hinweise gegeben, anhand derer der Massenanteil an Steinen und Blöcken zumindest grob abgeschätzt werden kann.

Abgebrochene bzw. versetzte Baugrundaufschlüsse oder ein Abweichen des Gestänges aus der Lotrechten können Hinweise auf Steine und Blöcke sein. In Drucksondierungen zeigen sich Hindernisse häufig an einem scharfen Peak im Verlauf des Spitzenwiderstands. Treten solche Phänomene wiederholt im gleichen Tiefenbereich auf, so ist dort eine Bodenschicht mit einem mittleren bis hohen Stein- bzw. Blockanteil zu erwarten.

Der Stein- und Blockanteil kann auch aus der Genese der Böden wie folgt abgeschätzt werden:

- Steinanteile $< 10 \%$ und Blockanteile $< 5 \%$ treten in Böden auf, die in einem energiearmen Ablagerungsmilieu entstanden sind, z. B. See- und Auesedimente, organische Böden (Torf, Mudde), Wattsedimente, Klei, äolische Sedimente (Löss), glaziale Beckensedimente (hier können jedoch einzelne Steine und Blöcke, sog. „Dropstones“, vorkommen).
- Steinanteile $\geq 10 \%$ und Blockanteile $\geq 5 \%$ sind typisch für Ablagerungsmilieus mit hoher Transportenergie, z. B. Flusssedimente, Schmelzwassersedimente, Terrassenschotter, Murensedimente. Auch Verwitterungsprozesse können zu einem mittleren bis hohen Stein- und Blockanteil führen, z. B. Verwitterungshorizonte oberhalb des unverwitterten Fels. Beim Transport in Eis entsteht ein ungeschichteter, gemischtkörniger Boden (Geschiebemergel), der einen mittleren bis hohen Stein- und Blockanteil enthalten kann.

2.6.3 Kornverteilung, Körnungsband

Für Boden ist in der VOB für jeden Homogenbereich die Darstellung der Korngrößenverteilungen mit Körnungsbändern gefordert. Die Körnungsbänder ergeben sich im Körnungslinien-Diagramm aus den äußeren Umhüllenden mehrerer Körnungslinien. Sie können daher in Abhängigkeit von der natürlichen Schwankungsbreite der Schicht relativ breit und somit unpräzise sein. Daher sollten in den Körnungsbändern die Körnungslinien als zusätzliche Information enthalten sein.

Wenn entsprechende Informationen oder Erfahrungen zum Baugrund vorliegen, können die Körnungsbänder auch über die labortechnisch ermittelten Körnungslinien hinausgehen, um die Bandbreite der zu erwartenden Korngrößenverteilungen zutreffend abzubilden.

2.6.4 Abrasivität von Boden

Für die Überprüfung der Abrasivität von Boden wird in den VOB-Normen der LCPC-Test nach der französischen Norm NF P 18-579 gefordert. Er wurde jedoch zur Untersuchung der Abrasivität von Fels und Gesteinskörnungen entwickelt. Der LCPC-Test kann nach Thuro und Käsling (2010) aufgrund des Geräteprinzips auch für die Prüfung der Abrasivität von Boden als geeignet angesehen werden. Der aus dem LCPC-Test ermittelte Abrasivitätskoeffizient lässt jedoch für sich allein keinen direkten Rückschluss auf den Verschleiß am Lösewerkzeug zu.

Entsprechend NF P 18-579 dürfen im LCPC-Versuch nur Körner zwischen 4 mm und 6,3 mm Durchmesser untersucht werden. Da Boden auch andere Korngrößen enthält, muss die Bodenprobe für den Versuch aufbereitet werden. Hierfür wird folgende Probenaufbereitung nach Thuro und Käsling (2010) empfohlen.

- Schritt 1: Siebung und Aufteilung der Bodenprobe in die Teilprobe 1 (< 4 mm), Teilprobe 2 (4 mm – 6,3 mm) und Teilprobe 3 (> 6,3 mm)
- Schritt 2: Brechen der Teilprobe 3 auf Korngrößen < 6,3 mm. Danach Absieben und Weiterverwenden der Fraktion zwischen 4 mm und 6,3 mm (Teilprobe 4)
- Schritt 3: Herstellen der Versuchsprobe durch Mischen der Teilprobe 2 und der Teilprobe 4 entsprechend dem Massenverhältnis der Teilproben 2 zu 3 aus Schritt 1

Die Durchführung nach den Schritten 1 bis 3 ist nur bei kiesigen Sanden (S, g) oder gröberen Böden sinnvoll, deren Fraktionsanteil > 4 mm groß genug ist, um die nach Norm erforderliche Probenmenge zu gewinnen. Bei weniger grobkörnigen Böden, wie z. B. schwach kiesigen Sanden, die kaum oder nicht genügend Material > 4 mm enthalten, ist diese Vorgehensweise nicht geeignet, da im LCPC-Versuch nach NF P 18-579 ausschließlich Kornfraktionen über 4 mm verwendet werden sollen. Bis zur normativen Klärung der Versuchsrandbedingungen sollte die Probenvorbereitung bei diesen Böden wie nachfolgend beschrieben durchgeführt werden:

Schritt 1 und 2 wie oben beschrieben.

- Schritt 3: Herstellen der Versuchsprobe durch Mischen der Teilprobe 1, Teilprobe 2 und Teilprobe 4 entsprechend der Massenverhältnisse Teilproben 1 bis 3 der ursprünglichen Probe.

Bei Böden ohne Korngrößen über 4 mm wird die Ausgangsprobe untersucht.

Die beiden letzten Vorgehensweisen sind jedoch nicht normkonform. Sie führen zu anderen Ergebnissen, was bei der Angabe des Wertes vermerkt werden muss.

Bei Böden mit Schluff- oder Tonanteil ist das in Schritt 1 beschriebene Abtrennen des Probenanteils < 4 mm nur durch Auswaschen der Feinanteile möglich, da diese Böden beim Trocknen verklumpen. Zum Zerkleinern dieser Konglomerate wäre eine zusätzliche mechanische Aufbereitung erforderlich. Nach Thuro und Käsling (2010) ergeben sich bei natürlich vorkommendem Schluff und Ton nur sehr geringe LCPC-Abrasivitäts-Koeffizienten und damit eine sehr geringe Abrasivität. In Gemischen wirkt ein hoher Ton-Schluff-Anteil „dämpfend“, d. h. abrasivitätsmindernd. Daher wird empfohlen, bei bindigen Böden konsequent auf die Durchführung des LCPC-Versuches zu verzichten. Bei nichtbindigen gemischtkörnigen Böden sollte der Schluff- und Tonanteil ($< 0,063$ mm) ausgewaschen werden. Bei bindigen Böden kann die Abrasivität auf der Grundlage von Käsling und Thuro (2010), Tabelle 2 abgeschätzt werden.

2.6.5 Konsistenz, Konsistenzzahl

In den VOB-Normen wird für die Überprüfung der Konsistenz bindiger Böden überwiegend die Konsistenzzahl I_c gefordert. Sie wird im Labor nach DIN EN ISO 17892-12 aus den Wassergehalten an der Fließ- und Ausrollgrenze w_L und w_P ermittelt, wobei der Boden gestört wird. Für die Beschreibung des Bodens ist nach VOB jedoch der ungestörte Zustand vor dem Lösen maßgeblich. Die Konsistenz ungestörter bindiger Böden sollte daher manuell nach DIN EN ISO 14688-1 bestimmt und mit den Begriffen breiig, weich, steif, halbfest und fest belegt werden. Sofern in den VOB-Normen gefordert, ist die Konsistenzzahl I_c zusätzlich anzugeben.

Der Zusammenhang zwischen der verbalen Beschreibung der Konsistenz (bzw. der Zustandsform des plastischen Bodens) und der Konsistenzzahl I_c wird in der DIN EN ISO 14688-2, Tabelle 8, beschrieben. Werden sensitive, leicht plastische oder organische Böden entsprechend dieser Tabelle nach der Konsistenzzahl beurteilt, ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der Störung des Bodens beim Versuch die Konsistenz möglicherweise als zu gering eingeschätzt wird. Auf ggf. auftretende Widersprüche zwischen der verbalen Beschreibung der Konsistenz aus der manuellen Ansprache nach DIN EN ISO 14688-1 und der Konsistenzzahl I_c ist hinzuweisen.

3 Verfahrensspezifische Kriterien für die Festlegung der Homogenbereiche

3.1 Allgemeines

Die VOB-Normen fordern für die Beschreibung der Homogenbereiche die Angabe einer Vielzahl von Parametern. Einige dieser Parameter haben besondere Bedeutung für das jeweilige Bauverfahren, weil sie die Auswahl der Maschinenteknik und ggf. auch die Wirtschaftlichkeit entscheidend beeinflussen. Diese Parameter werden wegen ihrer herausragenden Bedeutung nachfolgend als Leitparameter bezeichnet. Es empfiehlt sich, bei der Baugrunderkundung ein besonderes Augenmerk auf die Ermittlung der Leitparameter zu legen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden Werte für diese Leitparameter für die im Verkehrswasserbau üblichen Bauverfahren angegeben, bei denen sich möglicherweise Grenzen für den Einsatz verschiedener Maschinentekniken ergeben. Diese Werte können als Einteilungsgrenze bei der Bildung der Homogenbereiche berücksichtigt werden. Grundlage der Einteilungsgrenzen sind Angaben aus der Literatur und Erfahrungswerte.

Die Einstufung eines Parameters als Leitparameter und dessen Einteilungsgrenzen haben orientierenden Charakter. Die Einteilungsgrenzen sind nicht als strenge Klassifizierungsgrenzen der Homogenbereiche zu sehen. Vielmehr geben sie eine Hilfestellung zur Beantwortung der Frage, inwieweit die Eigenschaften verschiedener Schichten hinsichtlich des jeweiligen Verfahrens vergleichbar sein können.

Es kann durchaus sinnvoll oder erforderlich sein, Homogenbereiche über die Einteilungsgrenzen hinaus zu bilden. Sei es um die Anzahl der Homogenbereiche gering und übersichtlich zu halten oder weil die bodenmechanischen Eigenschaften oder die projektspezifischen Randbedingungen (z. B. schwierige Trennung unterschiedlicher Schichten im Baubetrieb) keine genauere Differenzierung zulassen. Ein solcher Homogenbereich ist dann aus bodenmechanischer Sicht heterogen.

Die Relevanz der Leitparameter ist projektspezifisch im Einzelfall kritisch zu prüfen. Grundsätzlich kann es notwendig sein, neben den Leitparametern auch andere Parameter zur differenzierteren Einteilung der Homogenbereiche heranzuziehen.

Im Regelfall kommen im Rahmen eines Bauvorhabens mehrere Gewerke mit unterschiedlichen Bauverfahren zum Einsatz, so dass es erforderlich sein kann, den Baugrund verfahrensabhängig in unterschiedliche Homogenbereiche einzuteilen.

Für die meisten Bauverfahren ist es entscheidend, ob der Boden bindige oder nichtbindige Eigenschaften hat. Die Unterscheidung in bindige und nichtbindige Böden kann auf der Grundlage der Bodengruppen nach DIN 18196 in Verbindung mit der Einteilung entsprechend den prägenden Eigenschaften nach der DIN EN ISO 14688-1 erfolgen.

Bindige Böden sind Böden der Bodengruppen UL, UM, UA, TL, TM, TA, OU, OT nach DIN 18196. Nichtbindige Böden sind Böden der Bodengruppen GW, GI, GE, SW, SI, SE nach DIN 18196. Gemischtkörnige Böden der Bodengruppen GU, GT, SU, ST, ST*, SU*, GT*, GU*, OH können entweder bindig oder nichtbindig sein.

3.2 Erdarbeiten DIN 18300

3.2.1 Allgemeines zu Erdarbeiten

Erdarbeiten umfassen die gesamte Prozesskette vom Lösen, Laden, Transportieren bis zum Einbauen von Boden und Fels. Für die verschiedenen Teilprozesse sind ggf. unterschiedliche Eigenschaften des Baugrunds maßgebend.

Für das Lösen können die Schichten im Regelfall großzügig zusammengefasst werden. Wenn der gewonnene Boden oder Fels jedoch qualifiziert in Erdbauwerke eingebaut werden soll, ist aus bauverfahrenstechnischen Gründen oft eine differenzierte Betrachtung der zu bearbeitenden Baugrundsichten notwendig.

Für Erdarbeiten im Fels ist im Regelfall die Kombination aus Druckfestigkeit und Trennflächenabstand maßgeblich für die Einteilung der Homogenbereiche.

Torfe (HZ, HN nach DIN 18196), ggf. Böden der Bodengruppen OU, OT und OH sowie Böden, die in der DIN 18196 nicht erfasst sind (z. B. sehr grobkörnige Böden nach DIN EN ISO 14688-1), sind gesondert zu betrachten.

3.2.2 Lösen, Laden, Transportieren

Alle nichtbindigen und bindigen weichen bis halbfesten Böden können, sofern sie keine großen Blöcke (> 63 cm) enthalten, i. d. R. in einem Homogenbereich zusammengefasst werden. Breiige bindige Böden, Böden mit großen Blöcken und weiche bis halbfeste ausgeprägt plastische Böden (Adhäsionspotenzial) sollten jeweils als eigener Homogenbereich ausgewiesen werden. Bei der Befahrung bindiger Böden ist zusätzlich der Übergang zwischen weich und steif zu berücksichtigen.

Für Fels werden die Leitparameter und Einteilungsgrenzen nach Tabelle 2 vorgeschlagen.

Tabelle 2: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Lösen, Laden, Transportieren von Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenzen
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa über 5 bis 25 MPa über 25 bis 50 MPa über 50 bis 150 MPa über 150 MPa
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 60 cm über 60 cm

3.2.3 Einbau

Tabelle 3: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Boden nach DIN EN ISO 14688-1	bindige Böden nichtbindige Böden
Konsistenz	breiig weich bis steif steif bis halbfest fest
Plastizität	leicht plastisch mittel und ausgeprägt plastisch
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

Tabelle 4: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa über 5 bis 25 MPa über 25 MPa
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 60 cm über 60 cm

Für den Einbau von Boden und Fels sind ggf. Veränderungen durch den Bearbeitungsprozess zu beachten. Das gilt besonders für leicht plastische Böden und veränderlich festes Gestein.

3.3 Bohrarbeiten DIN 18301

Bohrarbeiten gemäß DIN 18301 umfassen Bohrungen aller Art im Baugrund, z. B. zur Baugrunderkundung und Grundwasserabsenkung sowie zur Herstellung von Bohrpfählen und Ankern.

Tabelle 5: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Spitzenwiderstand q_c	unter 25 MPa über 25 MPa
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

Tabelle 6: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Konsistenz	breiig weich bis halbfest fest
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

Für die Bohrarbeiten im Fels ist im Regelfall die Kombination aus Druckfestigkeit und Trennflächenabstand maßgeblich für die Einteilung der Homogenbereiche (s. Tabelle 7).

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist die Abrasivität des Felses von großer Bedeutung, besonders bei hohen einaxialen Druckfestigkeiten. Im Regelfall ist innerhalb einer geologischen Formation bei aus-

reichender Differenzierung anhand der einaxialen Druckfestigkeit keine weitere Unterteilung hinsichtlich der Abrasivität erforderlich.

Tabelle 7: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren im Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa über 5 MPa bis 25 MPa über 25 MPa bis 50 MPa über 50 MPa bis 80 MPa über 80 MPa bis 100 MPa über 100 MPa bis 120 MPa über 120 MPa ¹⁾
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 60 cm über 60 cm

¹⁾ zusätzliche Maßnahmen beim Bohren sind einzuplanen

Für Erkundungsbohrungen sind die Homogenbereiche nach den verfügbaren Informationen über den Baugrund (z. B. aus geologischen Karten oder Altunterlagen) festzulegen. Es ist mindestens anzugeben, ob bindige, nichtbindige oder organische Böden oder Fels zu erwarten sind. Zumindest sollte die zu erwartende Schichtfolge beschrieben und ggf. die Höhenlage der Felsoberkante und die Festigkeit des anstehenden Festgesteins grob abgeschätzt werden.

3.4 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten DIN 18304

3.4.1 Allgemeines zu Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Die Rammbarkeit hängt sowohl vom Baugrund als auch vom Rammgut ab. Die nachfolgenden Abschätzungen beziehen sich auf Spundwände sowie Rohr- und I-Profile entsprechend DGGT (2012), EA Pfähle: 2012, 5.4.4.2 (1). Elemente mit größeren Querschnitten sind gesondert zu betrachten.

Die angegebenen Einteilungsgrenzen können bei der Verwendung von Einbringhilfen überschritten werden. Aufgrund der unterschiedlichen Verfahren und Wirkungsweisen können Einbringhilfen nicht bei der Einteilung der Homogenbereiche berücksichtigt werden. Hierzu sind Betrachtungen im Einzelfall (z. B. Proberammungen) erforderlich.

Die nachfolgenden Angaben gelten für hindernisfreie, stein- und blockfreie, nicht verkittete Böden. Hindernisse, Steine und Blöcke sowie Verkittungen stellen die Anwendbarkeit der Ramm-, Rüttel- und Pressverfahren grundsätzlich in Frage und sind daher im Einzelfall zu bewerten. Im Regelfall sind zumindest sehr schwere Rammbedingungen zu erwarten. Ggf. bietet sich eine gesonderte Position im Leistungsverzeichnis für Einbringhilfen oder Hindernisbeseitigung an.

Bei der Beurteilung der Rammbarkeit einer Schicht ist auch die zu durchteufende Schichtdicke bzw. die erforderliche Eindringtiefe zu berücksichtigen. Eine geringe Eindringung ist ggf. auch bei im Prinzip nicht rambaren Böden erreichbar.

Aufgrund der großen Leistungsfähigkeit moderner Rammgeräte ist unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Projektes zu entscheiden, ob bei den Homogenbereichen eine Unterteilung in leichte und mittelschwere Rammung erforderlich ist oder ob entsprechende Schichten zusammengefasst werden können.

Torfe (HZ, HN nach DIN 18196), ggf. Böden der Bodengruppen OU, OT und OH sowie Böden, die in der DIN 18196 nicht erfasst sind (z. B. sehr grobkörnige Böden nach DIN EN ISO 14688-1), sind gesondert zu betrachten. Bei organischen Böden mit faserigen Anteilen (HN) ist zu beachten, dass faserige Anteile das Einbringen von Bauteilen deutlich erschweren.

Das Einbringen im Fels ist nur im Einzelfall und bei geringer Eindringtiefe möglich. Daher können hierzu keine generellen Leitparameter und Einteilungsgrenzen angegeben werden.

3.4.2 Rammarbeiten

Tabelle 8: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rammarbeiten in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Rammpbarkeit
Spitzenwiderstand q_c in MPa oder DPH-Schlagzahl N_{10}	unter 7 über 7 bis 15 ¹⁾ über 15 bis 25 über 25 bis 80 ²⁾ über 80 ²⁾	leicht mittelschwer schwer sehr schwer nicht rammpbar

¹⁾ Eng gestufte Feinsande mit $N_{10} > 7$ und Böden mit Steinen sind mindestens schwer rammpbar.

²⁾ Schichten mit verkitteten Einlagerungen, Geröll und Moränenschichten sind mindestens schwer oder nicht rammpbar. Hier ist eine Beurteilung im Einzelfall erforderlich.

Tabelle 9: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rammarbeiten in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Rammpbarkeit
Konsistenz	breiig bis weich steif halbfest fest	leicht mittelschwer schwer nicht rammpbar

3.4.3 Rüttelarbeiten

Der Widerstand bei Rüttelarbeiten ist

- in trockenen Böden höher als in wassergesättigten Böden und
- in grobkörnigen Böden mit scharfkantigen Körnern höher als mit gerundeten Körnern.

Eine gesonderte Einteilung der Homogenbereiche nach diesen Kriterien ist hier jedoch im Regelfall nicht notwendig.

Tabelle 10: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rüttelarbeiten in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Rüttelbarkeit
Spitzenwiderstand q_c	unter 11 MPa ¹⁾ über 11 bis 20 MPa über 20 bis 25 MPa über 25 MPa	gut geeignet geeignet sehr schwierig nicht geeignet

¹⁾ eng gestufte Feinsande mit $q_c > 7,5$ MPa sind mindestens sehr schwierig rüttelbar, ggf. sollte ein eigener Homogenbereich ausgewiesen werden

Tabelle 11: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rüttelarbeiten in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Rüttelbarkeit
Spitzenwiderstand q_c	unter 0,20 MPa über 0,20 bis 0,50 MPa ¹⁾ über 0,50 bis 0,75 MPa über 0,75 MPa	gut geeignet geeignet sehr schwierig nicht geeignet

¹⁾ bei größeren Schichtdicken ab $q_c > 0,30$ MPa ggf. nicht geeignet

3.4.4 Pressarbeiten

Tabelle 12: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Pressarbeiten in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Einpressbarkeit
Spitzenwiderstand q_c	unter 15 MPa über 15 bis 20 MPa über 20 MPa	geeignet weniger geeignet nicht geeignet

Tabelle 13: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Pressarbeiten in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze	Einpressbarkeit
Spitzenwiderstand q_c	unter 1,0 MPa über 1,0 MPa	geeignet nicht geeignet

3.5 Nassbaggerarbeiten DIN 18311

Nach DIN 18311 ist das Baggermaterial anhand seiner In-situ-Eigenschaften zu beschreiben. Im Verlauf des Nassbaggerprozesses wird der Boden jedoch durch den Kontakt mit dem Wasser (in Abhängigkeit vom eingesetzten Verfahren in unterschiedlicher Intensität) z. T. nachhaltig verändert:

- Beim Lösen, Laden und Fördern kann es besonders bei nichtbindigen oder leicht plastischen Böden zum Ausschwemmen von Feinkorn oder zur gravitativen Trennung der Kornfraktionen kommen.
- In der Regel werden bindige oder organische Böden aufgeweicht und nichtbindige Böden aufgelockert.
- Durch die einzelnen Arbeitsprozesse können bindige und nichtbindige Böden vermischt werden, was zu einer Veränderung der bodenmechanischen Eigenschaften (Konsistenz / Lagerungsdichte / Entwässerbarkeit) führt. Dadurch kann die Grundlage der ursprünglichen Einteilung der Böden in Homogenbereiche verloren gehen.
- Nichtbindige Böden, die bei Nassbaggerarbeiten gewonnen werden, können einen erheblichen Anteil an Muschel- und Schneckenschalen enthalten. Schalen können das Verhalten des Bodens beeinflussen. Zuvor intakte Muschel- und Schneckenschalen können zerbrechen, so dass am Ende der Prozesskette eine feinere Korngrößenverteilung als im ungestörten (natürlichen) Zustand vorliegt. Nach Kapitel 0.2.1 der DIN 18311 ist der Schalenanteil deshalb anzugeben. Informationen dazu enthält PIANC (2016).

Aufgrund dieser Änderungen des Bodens durch die Bearbeitung können die Homogenbereiche im Rahmen eines Bauvorhabens nur bedingt anhand des geförderten Bodens überprüft werden. Hierfür wären ggf. Untersuchungen an ungestörten Bodenproben erforderlich.

Wird nass gebaggerter Boden wiederverwendet oder bei entsprechenden umweltrelevanten Inhaltsstoffen speziell entsorgt, besteht eine Schnittstelle zwischen Nassbaggerarbeiten nach DIN 18311 und Erdarbeiten nach DIN 18300. Die Übergabe des Nassbaggerguts an die Erdarbeiten erfolgt auf einem Zwischenlager, entweder an Land oder auf einer Schute. Der Zustand des Bodens oder Fels an der Übergabestelle hängt von dem gewählten Verfahren und Gerät für die Nassbaggerarbeiten bzw. für den Transport ab. Diese Schnittstelle ist unproblematisch, wenn Nassbaggerarbeiten und Erdarbeiten in Verantwortung eines AN oder seines Nachunternehmers liegen. Dann kann der AN seine Verfahrenstechnik entsprechend den Anforderungen für die Erdarbeiten (z. B. Entwässerung) wählen. Werden beide Gewerke getrennt vergeben, so ist für die Einordnung des Bodens oder Fels für die Erdarbeiten nicht sein Zustand in situ vor dem Nassbaggern, sondern sein Zustand im Zwischenlager maßgeblich. Die Hinweise aus Kapitel 3.2.1 für den Erdbau zur Differenzierung der Homogenbereiche in Abhängigkeit von der Weiterverwendung der Boden- und Felsschichten gelten sinngemäß auch für Nassbaggerarbeiten.

Ergänzend zu den nach DIN 18311 geforderten Parametern sollte die Korndichte nach DIN 18124 als Grundlage der Massenbilanzierung bei der Abrechnung angegeben werden.

Die organischen Böden können, soweit sie nicht der Bodengruppe HN nach DIN 18196 entsprechen, wie mineralische Böden bewertet werden.

Tabelle 14: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Korngrößenverteilung Anteil Feinkorn (< 0,063 mm)	unter 15 % über 15 %
Korngrößenverteilung Anteil Kieskorn (> 2 mm)	unter 10 % über 10 bis 40 % über 40 %
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

Tabelle 15: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Bodengruppe nach DIN 18196	leicht bis mittel plastisch ausgeprägt plastisch HN ¹⁾
Konsistenz	bis einschließlich breiig weich bis steif halbfest ²⁾ fest ²⁾
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

¹⁾ faserige Anteile organischer Böden können das Lösen deutlich erschweren

²⁾ halbfeste und feste Böden sind (soweit anwendbar) zusätzlich anhand der Felsparameter zu beschreiben

Für mobile Böden, die im Rahmen von Unterhaltungsbaggerungen relevant sind, erfolgt nach DIN 18311 eine vereinfachte Beschreibung mittels Korngrößenverteilung und ggf. Konsistenz. Grundsätzlich gelten hier die gleichen Grenzkriterien wie für die übrigen Böden, jedoch handelt es sich bei diesen jungen Sedimenten i. d. R. nur um die beiden Homogenbereiche

- Sand (und Kies)
- Schlick breiiger (bis weicher) Konsistenz.

Für die Nassbaggerarbeiten im Fels sind im Regelfall die Kombination aus Druckfestigkeit und Trennflächenabstand maßgeblich für die Einteilung der Homogenbereiche (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Nassbaggerarbeiten im Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 2 MN/m ² über 2 bis 5 MN/m ² über 5 bis 50 MN/m ² über 50 MN/m ²
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 100 cm über 100 cm

3.6 Schlitzwandaarbeiten DIN 18313

Bindige und nichtbindige Böden können hinsichtlich der Herstellung von Schlitzwänden im Normalfall in einem Homogenbereich zusammengefasst werden. Enggestufte, fließgefährdete Böden, Stein- und Gerölllagen, Schichten mit Steinen und Blöcken, Böden mit breiiger bzw. fester Konsistenz und Torfe (HZ/HN nach DIN 18196) können zu zusätzlichen Maßnahmen bei der Schlitzwandherstellung führen und sollten deshalb gesondert ausgewiesen werden.

Tabelle 17: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Schlitzwandaarbeiten im Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 % bis 20 % über 20 %
Konsistenz	breiig weich bis halbfest fest
Organischer Anteil $V_{gl}^{1)}$	unter 5 % über 5 %

¹⁾ maßgebend für die Stabilität der Suspension

Für Schlitzwandaarbeiten im Fels ist im Regelfall die Kombination aus Druckfestigkeit und Trennflächenabstand maßgeblich für die Einteilung der Homogenbereiche.

Das Greifern von Fels ist nur bei geringen Festigkeiten wirtschaftlich. Häufig ist jedoch eine Einbindung der Schlitzwand im festeren Fels gefordert. Bei festem Fels (einaxiale Druckfestigkeit über 25 MPa) kann die Verfahrensgrenze für das Greifern erreicht werden.

Zusätzlich zu den Leitparametern sind offene Klüfte und Hohlräume hinsichtlich von Suspensionsverlusten zu bewerten, da diese die Herstellbarkeit der Schlitzwand in Frage stellen können.

Tabelle 18: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Schlitzwandarbeiten im Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa über 5 bis 25 MPa ¹⁾ über 25 bis 100 MPa über 100 MPa
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 60 cm über 60 cm

¹⁾ bis ca. 25 MPa sind Greifer einsetzbar

3.7 Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319 und Horizontalspülbohrarbeiten DIN 18324

Große Blöcke, Blöcke und Steine können die Vortriebsleistung maßgeblich einschränken (Hindernisbeseitigung). Des Weiteren können offene Klüfte und Hohlräume zu gravierenden Spülverlusten führen. Einen Überblick über die Anwendbarkeit der einzelnen Bohrverfahren in Abhängigkeit von den anstehenden Böden gibt Anhang B des Arbeitsblattes DWA-A 125 (2008).

Torfe (HZ, HN nach DIN 18196), ggf. Böden der Bodengruppen OU, OT und OH sowie Böden, die in der DIN 18196 nicht erfasst sind (z. B. sehr grobkörnige Böden nach DIN EN ISO 14688-1), und Kiese ohne bindige Anteile sollten als jeweils eigener Homogenbereich ausgewiesen werden.

Tabelle 19: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Feinkornanteil	unter 10 % über 10 bis 30 % über 30 %
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %
Spitzenwiderstand q_c	unter 7,5 MPa über 7,5 bis 15 MPa über 15 MPa

Tabelle 20: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten in bindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %
Konsistenz	breiig bis weich steif bis halbfest fest

Für die Rohrvortriebs- und Horizontalspülbohrarbeiten im Fels ist im Regelfall die Kombination aus Druckfestigkeit und Trennflächenabstand maßgeblich für die Einteilung der Homogenbereiche (s. Tabelle 21).

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist die Abrasivität des Felses von großer Bedeutung, besonders bei hohen einaxialen Druckfestigkeiten. Im Regelfall ist innerhalb einer geologischen Formation bei ausreichender Differenzierung anhand der einaxialen Druckfestigkeit aber keine weitere Unterteilung hinsichtlich der Abrasivität erforderlich.

Tabelle 21: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Rohrvortrieb und Horizontalspülbohrarbeiten im Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa über 5 bis 50 MPa über 50 bis 100 MPa über 100 MPa
Trennflächenabstand	unter 6 cm über 6 bis 20 cm über 20 bis 60 cm über 60 cm

3.8 Landschaftsbauarbeiten DIN 18320 (Oberboden)

Oberboden ist die oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält. Oberboden ist unabhängig von seinem Zustand beim Lösen ein eigener Homogenbereich. Üblicherweise wird für Oberboden nur ein Homogenbereich gebildet. Nur im Einzelfall kann es sinnvoll sein, in mehrere Homogenbereiche zu unterscheiden.

Die Einteilung sollte anhand der DIN 18196 bzw. nach DIN EN ISO 14688-1 und des Massenanteils an Steinen und Blöcken als Leitparameter erfolgen. Zusätzlich sind die Bodengruppen nach DIN 18915 aufzuführen.

Tabelle 22: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Landschaftsbauarbeiten (Oberboden)

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Boden nach DIN 18196 bzw. DIN EN ISO 14688-1	nichtbindige Böden bindige Böden organische Böden (HZ, HN, OU, OT, OH)
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

3.9 Düsenstrahlarbeiten DIN 18321

Die Auswahl der Düsparameter für das Düsenstrahlverfahren beruht im Wesentlichen auf Erfahrungswerten aus der Ausführung. Allgemein anerkannte Zusammenhänge zwischen den Bodeneigenschaften, der Düsreichweite und den Düsparametern gibt es nicht. Für die nach DIN 18321 anzugebenden Parameter gibt es daher keine festen Grenzen, die die Verfahrenswahl bestimmen. Es sind eher fließende Übergänge, die in der Summe aller Parameter zu einer empirisch ermittelten Erosionsleistung in Abhängigkeit von der durch die Düsparameter gesteuerten Energie führt.

Wichtige Informationen sind die Konsistenz bzw. die undrained Scherfestigkeit bindiger Böden, der Sondierwiderstand nichtbindiger Böden, Düs Hindernisse (Gefahr von Düs Schatten), kleinräumige Wechsellaagerungen zwischen bindigen und nichtbindigen Böden sowie relevante organische Anteile ($V_{gl} > 10\%$).

Torfe (HZ, HN nach DIN 18196), ggf. Böden der Bodengruppen OU, OT und OH, reine Kiese sowie Böden, die in der DIN 18196 nicht erfasst sind (z. B. sehr grobkörnige Böden nach DIN EN ISO 14688-1), sind gesondert zu betrachten.

Da Düsenstrahlarbeiten im Fels die Ausnahme sind, werden hierzu keine weiteren Angaben gemacht.

4 Darstellung der Homogenbereiche im Geotechnischen Bericht

Die Homogenbereiche sollten im Geotechnischen Bericht beschrieben werden. Falls zum Zeitpunkt der Abgabe des Geotechnischen Berichts die für die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche erforderlichen Informationen zum Bauvorhaben noch nicht vorliegen, ist dies zu einem späteren Zeitpunkt zu erarbeiten.

Die Darstellung der Homogenbereiche soll in einheitlicher Form entsprechend der Anlagen 2 und 3 erfolgen und folgende Teile beinhalten:

- Zusammenstellung aller Parameter mit Bandbreiten und Körnungsbändern für jede Schicht (s. Anlage 2)
- Angabe des Regelwerks, nach dem die Parameter zu überprüfen sind, sofern die VOB mehrere Möglichkeiten zulässt
- Verfahrenabhängige Zusammenfassung der Schichten zu Homogenbereichen in einer Tabelle (s. Anlage 3)

Die Bandbreiten der Parameter ergeben sich aus den Vereinigungsmengen der im Homogenbereich zusammengefassten Schichten. Die Kornverteilungen (Körnungsbänder) sollten jedoch – auch wenn mehrere Schichten zu einem Homogenbereich zusammengefasst werden – schichtbezogen dargestellt werden, da in vielen Fällen nur damit eine Bewertung der einzelnen Schichten möglich ist.

Aus der Bezeichnung der Homogenbereiche sollte das jeweils referenzierte Bauverfahren ersichtlich sein (vgl. Anlage 3).

Die Darstellung der Baugrundsichten in bauwerksrelevanten Längs- und Querschnitten wird nur in den Normen DIN 18313, DIN 18319 und DIN 18324 unter Punkt 0 „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ gefordert. Die Verteilung der Bodenschichten ist aber für die Planung aller Bauverfahren wichtig. Die Schichtdarstellung in Längs- und Querschnitten sollte daher in die Vertragsunterlagen aufgenommen werden.

Literatur

DGGT (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle, 2. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (Hg.), Verlag Ernst und Sohn, Berlin.

DGGT (2016): Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V, in: Bautechnik 93, Heft 6, Verlag Ernst & Sohn.

DWA-A 125 (2008): Arbeitsblatt DWA-A 125 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V., Bonn.

Handbuch Eurocode 7, Band 2: Geotechnische Bemessung, Erkundung und Untersuchung (DIN EN 1997-2:2010-10, DIN EN 1997-2/NA:2010-12, DIN 4020:2010-12), 2. Aufl., Beuth Verlag, Berlin.

PIANC (2016): Classification of Soils and Rocks for the Maritime Dredging Process, PIANC Report No. 144, Brüssel.

Thuro, K.; Käsling, H. (2010): Bestimmung der Gesteinsabrasivität – Versuchstechniken und Anwendung, Tagungsband 31. Baugrundtagung der DGGT 3.–6. November 2010, München.

VOB 2019, Gesamtausgabe Teil A, B und C, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil A (DIN 1960:2019-09), Teil B (DIN 1961:2016-09), Teil C (ATV), Hg. DIN/DVA, Beuth Verlag, Berlin.

Anlage 1.1.1: Zuordnung der Versuche zu den Bauverfahren (Boden)

	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Ramm-, Rüttel-, Pressarb. DIN 18304	Nassbaggerarbeiten DIN 18311	Schlitzwandarbeiten DIN 18313	Rohrvortriebsarb. DIN 18319	Düsenstrahlarbeiten DIN 18321	Horizontalspülbohra. DIN 18324	Landschaftsbauarb. DIN 18320
ortsübliche Bezeichnung									
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN EN ISO 17892-4				1)					
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	2)								
mineralogische Zusammensetzung Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689									
Bodengruppe nach DIN 18196	2)								
Bodengruppe nach DIN 18915									
Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2									
Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 oder DIN EN ISO 17892-10									
undrionierte Scherfestigkeit nach DIN EN ISO 22476-9 oder DIN EN ISO 17892-7 oder DIN EN ISO 17892-8									
Sensitivität nach DIN 4094-4									
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1									
Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12	3)								
Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12	3)								
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1				1)					
Durchlässigkeit nach DIN EN ISO 17892-11									
Bezogene Lagerungsdichte I_D Def. n. DIN EN ISO 14688-2, Best. n. MEH Kap. 2.6.1	2)								
Sondierwiderstände mit Angabe des Sondierverfahrens									
Kalkgehalt nach DIN 18129									
Organischer Anteil nach DIN 18128									
Benennung und Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1									
Abrasivität nach NF P18-579 und MEH Kap. 2.6.4									
Sulfatgehalt (säurelöslich) n. DIN 4030-2 (2008); 6.3.3 und Handbuch EC 7, Bd. 2									
Korndichte nach DIN EN ISO 17892-3									
Schalenanteil									

1) Für mobile Böden ausreichende Angabe

2) für Erdarbeiten der Geotechnischen Kategorie 1 (GK 1) nach DIN 4020 ausreichende Angaben

3) für Erdarbeiten der GK 1 Bestimmung der Plastizität und Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1 (Handversuch) ausreichend

Nach VOB Normen Kap 2.3 erforderliche Angabe  zusätzliche Angabe  Leitparameter 

Anlage 1.1.2: Zuordnung der Versuche zu verschiedenen Bodenarten

In der Tabelle ist aufgeführt, welche der in Tabelle 1.1.1 aufgeführten Bodenparameter für bindige Böden und welche für nichtbindige Böden bodenmechanisch sinnvoll (gelb gefülltes Feld) sind. Für die Unterscheidung zwischen bindigen und nichtbindigen Böden s. Kapitel 3.1. Der Umfang der Versuche ist projektspezifisch festzulegen, wobei der Mindestumfang nach DIN EN 1997-2 berücksichtigt werden sollte.

Organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen (im Sinne der DIN 18196) sind nach DIN EN ISO 14688-1 entsprechend ihrer plastischen Eigenschaften mit den Parametern der nichtbindigen oder bindigen Böden zu beschreiben.

	Bindige Böden	Nichtbindige Böden
ortsübliche Bezeichnung		
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN EN ISO 17892-4		
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1		
mineralogische Zusammensetzung Steine u. Blöcke nach DIN EN ISO 14689		
Bodengruppe nach DIN 18196		
Bodengruppe nach DIN 18915		
Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2		
Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 oder DIN EN ISO 17892-10		
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN EN ISO 22476-9 oder EN 17892-7 oder 17892-8		
Sensitivität nach DIN 4094-4		
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1		
Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12		
Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12		
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1		
Durchlässigkeit nach DIN EN ISO 17892-11		
Bez.Lagerungsdichte I_D , Def. nach DIN EN ISO 14688-2, Best. s. MEH, Kap. 2.6.1		
Sondierwiderstände mit Angabe des Sondierverfahrens		
Kalkgehalt nach DIN 18129		
Organischer Anteil nach DIN 18128		
Abrasivität nach NF P18-579 und MEH Kap. 2.6.4		
Sulfatgehalt (säurelöslich) nach DIN 4030-2 (2008), 6.3.3.		
Korndichte nach DIN EN ISO 17892-3		
Schalenanteil		

Anlage 1.2: Zuordnung der Versuche zu den Bauverfahren (Fels)

	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Ramm-, Rüttel-, Pressarb. DIN 18304	Nassbaggerarbeiten DIN 18311	Schlitzwandarbeiten DIN 18313	Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319	Düsenstrahlarbeiten DIN 18321	Horizontalspülbohrarbeiten DIN 18324
ortsübliche Bezeichnung								
Benennung nach DIN EN ISO 14689	1)							
Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2								
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689	1)							
Kalkgehalt nach DIN 18129								
einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DIN 18141-1								
Spaltzugfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 10 des AK 3.3								
Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689	1)							
Trennflächenrichtung, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689	1)							
Öffnungsweite und Kluftfüllung von Trennflächen nach DIN EN ISO 14689								
Gebirgsdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 14689 und DIN EN ISO 22282-4 2)								
Abrasivität nach DGGT-Empfehlung Nr.23								
Sulfatgehalt (säurelöslich) nach DIN 4030-2 (2008), 6.3.3 und Handbuch EC 7, Bd. 2								

1) für Erdarbeiten der Geotechnischen Kategorie 1 nach DIN 4020 ausreichende Angaben

2) Referenz der VOB Normen auf DIN EN ISO 14689 ist falsch, Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit erfolgt nach DIN EN ISO 22282-4

Nach VOB-Normen Kap 2.3 erforderliche Angabe

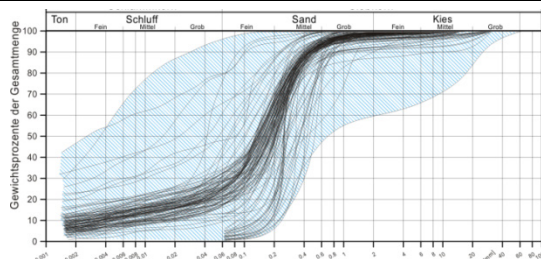


Leitparameter



Anlage 2.1: Darstellung der Parameter für die Schichten – Beispiel Boden

Baugrundschrift XY

Name der Schicht / ortsübliche Bezeichnung	schluffige Fein- bis Mittelsande
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-4 ¹⁾	
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	0 – 5 %
mineralogische Zusammensetzung Steine und Blöcke zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	-
Bodengruppe zu überprüfen nach DIN 18196	SE, SU, ST, SÜ, ST̄ (TL, TM, TA, GI)
Feuchtdichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	1,9 – 2,1 g/cm ³
Kohäsion zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-9 oder DIN EN ISO 17892-10	5 – 20 kPa
undrained Scherfestigkeit, zu überprüfen nach DIN EN ISO 22476-9/DIN EN ISO 17892-7 /DIN EN ISO 17892-8	20 – 150 kPa
Sensitivität zu überprüfen nach DIN 4094-4	-
Wassergehalt zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-1	10 – 35 %
Plastizitätszahl zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-12	0 – 0,5
Konsistenzzahl zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-12	0,6 – 1,1
Konsistenz zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	überwiegend steif bis halbfest, z. T. weich
Durchlässigkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-11	$1 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
Bezogene Lagerungsdichte I_D Def. n. DIN EN ISO 14688-2, Best. s. MEH Kap. 2.6.1	sehr locker bis mitteldicht
Sondierwiderstände CPT/ q_c oder DPH/ N_{10} Messwerte ²⁾	2,5 – 10 MPa 0 – 50 MPa
Kalkgehalt zu überprüfen nach DIN 18129	0 – 50 %
Organischer Anteil zu überprüfen nach DIN 18128	0 – 1 %
Benennung und Beschreibung organischer Böden zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	-
Abrasivität A_{BR} zu überprüfen nach MEH, Kap 2.6.4	250 – 750 [-]
Sulfatgehalt (säurelöslich) zu überprüfen nach DIN 4030-2, 6.3.3	500 – 1000 mg/kg
Korndichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-3	2,6 – 2,7 g/cm ³

¹⁾ Mit Angabe, ob Steine und Blöcke sind in Kornverteilung enthalten sind

²⁾ In der Tabelle wird als erster Wert die für die jeweilige Schicht charakteristische Spannweite des Sondierwiderstandes angegeben. Die Messwerte von Sondierungen können jedoch darüber hinaus in lokalen Spitzen sehr stark abweichen. In der zweiten Zeile wird daher zusätzlich die vollständige Spannweite der Messwerte angegeben.

Anlage 2.2: Darstellung der Parameter für die Schichten – Beispiel Fels

Name der Schicht / ortsübliche Bezeichnung	mergeliger Tonstein
Benennung zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: massig Korngröße: 0 – 2 mm mineral. Zusammensetzung: Quarz, Feldspäte, Tonminerale, kein Hinweis auf quellfähige Minerale Poren- und Hohlraumanteil: keine ausgeprägten Hohlräume
Feuchtdichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	2,2 – 2,4 g/cm ³
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	Verwitterung + Veränderungen: frisch bis zerfallen Veränderlichkeit: veränderlich bis stark veränderlich
Kalkgehalt zu überprüfen nach DIN 18129	0 – 10 % (bereichsweise bis zu 20 %)
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins zu überprüfen nach DIN 18141-1	5 – 25 MPa
Spaltzugfestigkeit zu überprüfen nach DGGT-Empfehlung Nr. 10, AK 3.3	1 – 5 MPa
Trennflächenrichtung, -abstand, Gesteinskörperform zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	Trennflächenrichtung: horizontal Trennflächenabstand: dünn bis fein laminiert Gesteinskörperform: tafelförmiger Gesteinskörper
Öffnungsweite und Kluffüllung von Trennflächen zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	Öffnungsweite: sehr eng bis weit Kluffüllung: leichte tonige Beläge
Gebirgsdurchlässigkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689 und n. DIN EN ISO 22282-4 ¹⁾	$5 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Abrasivität zu überprüfen nach DGGT-Empfehlung Nr. 23	0,5 – 2,0 [-]
Sulfatgehalt (säurelöslich) zu überprüfen nach DIN 4030-2 (2008), 6.3.3 und Handbuch EC 7, Bd. 2	500 – 1000 mg/kg

¹⁾ Referenz der VOB-Normen auf DIN EN ISO 14689 ist falsch, Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit erfolgt nach DIN EN ISO 22282-4

Anlage 3: Zusammenfassung Schichten zu Homogenbereichen – Beispiel für Darstellung

Schicht	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Rammarbeiten DIN 18304	Rüttelarbeiten DIN 18304	Pressarbeiten DIN 18304	Nassaggerarbeiten DIN 18311	Schlitzwandarbeiten DIN 18313	Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319	Düsenstrahlarbeiten DIN 18321	Horizontalspülbohrarbeiten DIN 18324
Auffüllungen	Erd-1	Bohr-1	Ra-1	Rü-1	Pr-1	Nass-1				
Feinsandige Schluffe						Nass-2				
Sande		Bohr-2		Nass-3						
Geschiebemergel	Erd-2	Bohr-3	Ra-2	Rü-2	Pr-2	Nass-4				
Mergel, verwittert										
Mergel mit Mergelsteinbänken		Bohr-4								
Mergelstein	Erd-3	Bohr-5	Ra-3	Rü-3		Nass-5				
Schlick	Erd-4	-	-	-	-	Nass-6				