

Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAWMerkblatt

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

Ausgabe 2017

BAW-Merkblätter 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

Verfasser

Dr. Jan Kayser, Achim Schneider, Eva Dornecker, Dr. Markus Herten, Anne Heeling, Roland Schulze,
Norbert Kunz – Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2017

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	Lagerungsdichte, 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
2.6.6	Sulfatgehalt	8
3	Verfahrensspezifische Kriterien für die Festlegung der Homogenbereiche	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Erdarbeiten DIN 18300	10
3.2.1	Allgemeines zu Erdarbeiten	10
3.2.2	Lösen, Laden, Transportieren für Erdarbeiten	10
3.2.3	Einbau von Boden und Fels	11
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	14
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 Lagerungsdichte nichtbindiger Böden	6
Tabelle 2: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Lösen, Laden, Transportieren von Fels	10
Tabelle 3: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Boden	11
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	12
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	14
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	15
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 in Fels	19
Tabelle 22: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Landschaftsbauarbeiten (Oberboden)	19

Bildverzeichnis

Bild 1: Festlegung der Homogenbereiche in Zusammenarbeit von Geotechnischem Sachverständigen 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 2016 (VOB, 2016) 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 Geotechnischen Sachverständigen Hilfestellungen gegeben, nach welchen Kriterien diese Einteilung erfolgen kann. Ergänzend werden Hinweise zu einzelnen Parametern und zur Darstellung der Homogenbereiche durch den Geotechnischen Sachverständigen 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 Felschichten, 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 Kennwerte 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 Kennwerte und deren Bandbreite können sowohl auf Labor- und Felduntersuchungen als auch auf Erfahrungswerten beruhen. Die VOB-Normen legen für jeden Kennwert eine oder mehrere Normen oder Empfehlungen fest, nach denen die Kennwerte 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 Geotechnischen Sachverständigen erforderlich. Ein entsprechender Ablaufplan ist in Bild 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 Geotechnische Sachverständige 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 Kennwerte an.

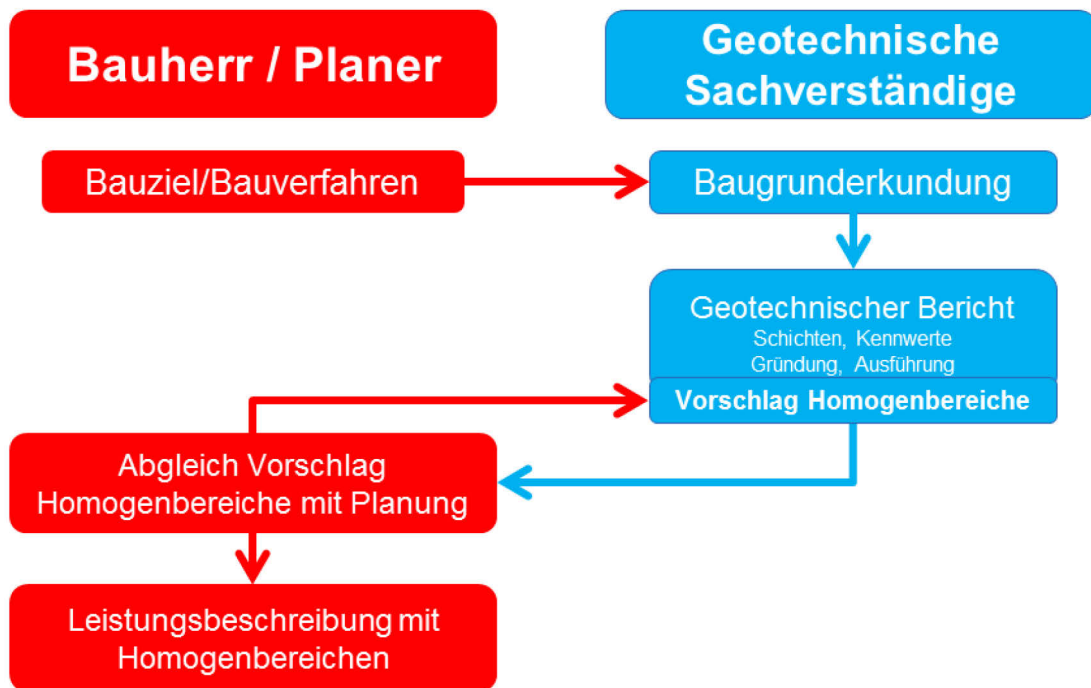


Bild 1: Festlegung der Homogenbereiche in Zusammenarbeit von Geotechnischem Sachverständigen und Bauherrn bzw. Planer

Auf dieser Grundlage macht der Geotechnische Sachverständige 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 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 Kennwerte eines Homogenbereichs ergibt sich aus der Vereinigungsmenge der Bandbreiten der zusammengefassten Schichten. Wie groß die Bandbreite für die Kennwerte 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 Geotechnischen Sachverständigen 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/C-Normen nicht festgelegt. Je umfangreicher der Baugrund untersucht wird, desto geringer ist das Risiko von Abweichungen zwischen den in den Vertragsunterlagen aufgeführten Kennwerten und dem tatsächlich vorgefundenen Baugrund.

Für den Mindestumfang der Baugrundaufschlüsse (Tiefe und Abstand) sowie der Laborversuche (Art und Umfang) sollten 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 Kennwerte für jede Schicht getrennt angegeben werden (z. B. im Formblatt entsprechend Anlage 2). Für Homogenbereiche mit Zwischenlagen aus Steinen und Blöcken ist es jedoch 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 Lagerungsdichte, bezogene Lagerungsdichte

In den VOB/C-Normen wird für die Beschreibung nichtbindiger Böden die Angabe der „Lagerungsdichte“ gefordert. Für die Definition der Lagerungsdichte wird auf die DIN EN ISO 14688-2 verwiesen, worin die „bezogene Lagerungsdichte I_D “ und nicht die „Lagerungsdichte D “ definiert wird. Es ist zu beachten, dass I_D und D unterschiedlich definiert sind und sich daher unterschiedliche Zahlenwerte ergeben.

Die Überprüfung der Lagerungsdichte soll gemäß der VOB/C-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 ist zusätzlich die Kenntnis der in situ vorhandenen Dichte (oder des vorhandenen Porenanteils n oder der vorhandenen Porenzahl e) erforderlich. Diese Kennwerte 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 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.

Der Einsatz von Druck- und Rammsondierungen hilft bei der Ermittlung der Lagerungsdichte nur bedingt weiter, da kein allgemeingültiger Zusammenhang von Sondierwiderstand und Lagerungsdichte existiert. Es darf daher keine gute Korrelation erwartet werden, wenn aus dem Sondierwiderstand auf die Lagerungsdichte geschlossen wird. In der Regel kann die Lagerungsdichte anhand von Sondierungen allenfalls grob abgeschätzt werden. Dies gilt selbst dann, wenn eine auf den anstehenden Boden abgestimmte Korrelation existiert, da die Streubreite teilweise größer ist als die Intervalle der bezogenen Lagerungsdichte aus der DIN EN ISO 14688-2. Zudem 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 Lagerungsdichte auch die Bandbreite der Sondierwiderstände anzugeben und diese, soweit in Kapitel 3 aufgeführt, auch als wesentliches Klassifizierungsmerkmal für die Einteilung der Homogenbereiche zu verwenden.

Für die Beziehung zwischen der Bezeichnung der Lagerungsdichte und dem Spitzenwiderstand q_c von Drucksondierungen wird bei den in Kapitel 3 genannten Einteilungsgrenzen von den Zusammenhängen entsprechend Tabelle 1, entnommen aus DGGT (2012a), ausgegangen. Ergebnisse aus anderen Sondierverfahren sind entsprechend zu interpretieren.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Spitzenwiderstand und Lagerungsdichte nichtbindiger Böden

Bezeichnung	Spitzenwiderstand q_c [MPa]
sehr locker	unter 5
locker	über 5 bis 7,5
mitteldicht	über 7,5 bis 15
dicht	über 15 bis 25
sehr dicht	über 25

2.6.2 Massenanteil Steine und Blöcke

Der „Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke“ ist gemäß den VOB-/C-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, während der Massenanteil in der DIN EN ISO 14688-2 klassifiziert wird.

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 18123 abhängig von der Masse des zu erwartenden Größtkorns und des zu bestimmenden Prozentanteils zuzüglich eines statistisch begründeten Zuschlags. 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.

In DIN EN ISO 14688-2 wird erläutert, dass es aufgrund der erforderlichen Probenmenge nicht möglich ist, „*repräsentative Proben aus Bohrungen zu gewinnen, um diese Klassifizierung anzuwenden*.“ Die Massenanteile der Steine und Blöcke im Baugrund können deshalb nur durch Schürfe oder Probebaggerungen erkundet werden. Die Ermittlung des Massenanteils Steine und Blöcke mit Hilfe von Schürfen oder Probebaggerungen erfordert einen erheblichen Aufwand bei der Baugrunderkundung, 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:

- Geringe 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).
- Mittlere und hohe Stein- (≥ 10 %) und Blockanteile (≥ 5 %) sind typisch für Ablagerungsmilieus mit hoher Transportenergie, z. B. Flusssedimente, Schmelzwassersedimente, Terrassenschotter, Muredimente. 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/C 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 zumindest einige repräsentative 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 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. Er lässt jedoch für sich allein keinen direkten Rückschluss auf den Verschleiß am Lösewerkzeug zu.

Entsprechend der Prüfnorm 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 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

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 gemischt-körnigen Böden sollte der Schluff- und Tonanteil ausgewaschen werden.

Die Durchführung nach den Schritten 1 bis 3 ist nur bei kiesigen Sanden (S,g) oder gröberen Böden sinnvoll, da ausschließlich Kornfraktionen über 4 mm verwendet werden. Bei weniger grobkörnigen Böden, wie z.B. reinen Sanden, ist diese Vorgehensweise nicht geeignet. Bis zur normativen Klärung der Versuchsrandbedingungen sollte bei diesen Böden die Teilprobe aus Schritt 3 zusammen mit der Teilprobe 1 entsprechend dem Verhältnis der Teilproben 1 zur Summe der Teilproben 2 und 3 aus Schritt 1 verwendet werden. Diese Vorgehensweise ist jedoch nicht normkonform und führt auch zu anderen Ergebnissen, was bei der Angabe des Wertes vermerkt werden muss.

2.6.5 Konsistenz, Konsistenzzahl

In den VOB/C-Normen wird für die Überprüfung der Konsistenz bindiger Böden überwiegend die Konsistenzzahl I_c gefordert. Sie wird im Labor nach DIN 18122-1 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/C jedoch der ungestörte Zustand vor dem Lösen maßgeblich. Die Konsistenz ungestörter bindiger Böden sollte daher manuell nach DIN EN ISO 14688-1 bestimmt und wird 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 18122-1, Tabelle 1, 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.

2.6.6 Sulfatgehalt

Für Horizontalspülbohrarbeiten sind nach DIN 18324, Abschnitt 0 in der Leistungsbeschreibung der pH-Wert, die Wasserhärte, der Chloridgehalt und der Sulfatgehalt der betreffenden unterirdischen Wässer anzugeben. Zusätzlich soll nach DIN 18324, Abschnitt 2 für jeden Homogenbereich die Bandbreite des Sulfatgehalts des Bodens bzw. Fels aufgeführt werden, wobei zur Überprüfung auf DIN EN 1997-2 verwiesen wird. Es gibt jedoch keinen Hinweis, ob hier der wasserlösliche oder der säurelösliche Sulfatanteil gemeint ist. Somit kann frei gewählt werden, ob für die Homogenbereiche der wasserlösliche oder der säurelösliche Sulfatgehalt angegeben wird. Aufgrund üblicher Zusammensetzungen von Bohrspülungen ist es angemessen, den wasserlöslichen Sulfatgehalt zu bestimmen. Nach DIN EN 1997-2 ist anzugeben, nach welcher Methode der Wert ermittelt wurde.

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 ist durchaus möglich, sinnvoll oder auch erforderlich, 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, OK können sowohl bindig als auch 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, Böden der Bodengruppe OK 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 für Erdarbeiten

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. Bei der Befahrung bindiger Böden ist zusätzlich der Übergang zwischen weich und steif zu berücksichtigen. Breiige bindige Böden, Böden mit großen Blöcken und steife bis halbfeste ausgeprägt plastische Böden (Adhäsionspotenzial) sollten jeweils als eigener Homogenbereich ausgewiesen werden.

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

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

Leitparameter	Einteilungsgrenze
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 von Boden und Fels

Tabelle 3: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für den Einbau von Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Bodengruppe DIN 18196	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

Tabelle 5: Leitparameter und Einteilungsgrenzen für Bohren in nichtbindigem Boden

Leitparameter	Einteilungsgrenzen
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	Einteilungsgrenzen
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 ausreichender Differenzierung anhand der einaxialen Druckfestigkeit aber 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 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

DIN 18301 gilt auch für die Durchführung von Erkundungsbohrungen zur Untersuchung von Baugrund und Grundwasser im Sinne der DIN EN ISO 22475-1. 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 (2012b), EAPfähle: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 diese nicht in genereller Form bei der Einteilung der Homogenbereiche berücksichtigt werden. Hierzu sind Betrachtungen im Einzelfall (z. B. mit 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 Einbringhilfe oder Hindernisbeseitigung an.

Bei der Beurteilung der Rammbarkeit einer Schicht ist auch die zu durchteufende Schichtdicke bzw. die erforderliche Eindringtiefe zu berücksichtigen. Eine zumindest geringe Eindringung ist ggf. auch bei im Prinzip nicht rammbaren 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, Böden der Bodengruppe OK 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 in 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	Rammbarkeit
Sondierwiderstand DPH-Schlagzahl N_{10}	unter 7	leicht
	über 7 bis 15 ¹⁾	mittelschwer
	über 15 bis 25	schwer
	über 25 bis 80 ²⁾	sehr schwer
	über 80 ²⁾	nicht rammbar

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

²⁾ Schichten mit verkitteten Einlagerungen, Geröll und Moränenschichten sind mindestens schwer oder nicht rammbar. 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 Nassbaggereguts 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 Klasse HN 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 ¹⁾ V_{gl}	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 in 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 (Hindernissebeseitigung). 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, Böden der Bodengruppe OK 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 in Fels

Leitparameter	Einteilungsgrenze
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	unter 5 MPa ¹⁾ 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

1) bis 5 MPa ist der Einsatz von Zughaken möglich

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 Bodengruppen nach DIN 18196 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
Bodengruppe nach DIN 18196	nichtbindige Böden bindige Böden organische Böden
Massenanteil Steine und Blöcke	unter 5 % über 5 bis 20 % über 20 %

3.9 Düsenstrahlarbeiten DIN 18321

Die Auswahl der Düsenparameter für das Düsenstrahlverfahren beruht im Wesentlichen auf Erfahrungswerten aus der Ausführung. Allgemein anerkannte Zusammenhänge zwischen den Bodeneigenschaften, der Düsereichweite und den Düsenparametern gibt es nicht. Für die nach DIN 18321 anzugebenden Kennwerte 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 Düsenparameter gesteuerten Energie führt.

Wichtige Informationen sind die Konsistenz bzw. die undränierete Scherfestigkeit bindiger Böden, der Sondierwiderstand nichtbindiger Böden, Düs Hindernisse (Gefahr von Düs Schatten), kleinräumige Wechsellagerungen 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, Böden der Bodengruppe OK, 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 Darstellung der Homogenbereiche sollte im Geotechnischen Bericht als Anlage enthalten sein. 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 soll in einheitlicher Form erfolgen und folgende Teile beinhalten:

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

Die Bandbreiten der Kennwerte ergeben sich aus den Vereinigungsmengen der im Homogenbereich zusammengefassten Schichten. Die Kornverteilungen (Körnungsbänder) sollten auf jeden Fall schichtbezogen dargestellt werden, da in vielen Fällen nur damit eine Bewertung der einzelnen Böden möglich ist.

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

Die räumliche 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“ explizit gefordert (für DIN 18324 mit Eintragung der Homogenbereiche). Die Verteilung der Bodenschichten im Raum ist aber für die Planung aller Bauverfahren wichtig. Die Schichtdar-

stellung in Längs- und Querschnitten sollte daher im Rahmen des Geotechnischen Berichts erstellt und in die Vertragsunterlagen aufgenommen werden.

Literatur

- DGGT (2012a): Anhang zu „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)“, 5. Ausgabe, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hg.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. doi: 10.1002/9783433602478.app1
- DGGT (2012b): Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle, 2. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (Hg), Verlag Ernst und Sohn, Berlin
- 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 2016, Gesamtausgabe Teil A, B und C, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil A (DIN 1960:2016-09), 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 18123									
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1 und-2	2)			1)					
mineralogische Zusammensetzung Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1									
Bodengruppe nach DIN 18196	2)								
Bodengruppe nach DIN 18915									
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2									
Kohäsion nach DIN 18137-1 bis -3									
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, 18136 oder 18137-2									
Sensitivität nach DIN 4094-4									
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1									
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	2)								
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	2)								
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1				1)					
Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130									
Lagerungsdichte D Def. n. DIN EN ISO 14688-2, Best. s. 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									
Sulfatgehalt nach Handbuch EC 7, Band 2, wasserlöslich									
Korndichte nach DIN 18124									
Schalenanteil									

1) Für mobile Böden ausreichende Angabe

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

Nach VOB/C 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 (s. Tabelle) berücksichtigt werden sollte.

Organische Böden sind nach DIN EN ISO 14688-1 zu benennen und entsprechend ihrer plastischen Eigenschaften mit den Parametern der nichtbindigen oder bindigen Böden zu beschreiben.

	Bindige Böden	Nichtbindige Böden	Mindestumfang je Schicht nach DIN EN 1997-2
ortsübliche Bezeichnung			
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123			4
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688			
mineralogische Zusammensetzung Steine u. Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1			
Bodengruppe nach DIN 18196			
Bodengruppe nach DIN 18915			
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2			
Kohäsion nach DIN 18137-1 bis -3			
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, 18136 oder 18137-2			
Sensitivität nach DIN 4094-4			
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1			
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1			3
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1			3
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1			3
Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130			
Lagerungsdichte 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			5
Abrasivität nach NF P18-579			
Sulfatgehalt nach Handbuch EC 7, Band 2, wasserlöslich			
Korndichte nach DIN 18124			2
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	1)							
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2								
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	1)							
Kalkgehalt nach DIN 18129								
einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DIN 18141-1, (DGGT Empfehlung Nr. 1 des AK 3.3)								
Spaltzugfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 10 des AK 3.3								
Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689-1	1)							
Trennflächenrichtung, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	1)							
Öffnungsweite und Kluffüllung von Trennflächen nach DIN EN ISO 14689-1								
Gebirgsdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 14689-1 und DIN EN ISO 22282-4								
Abrasivität nach NF P94-430-1								
Sulfatgehalt nach Handbuch EC 7, Band 2, wasserlös- lich								

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

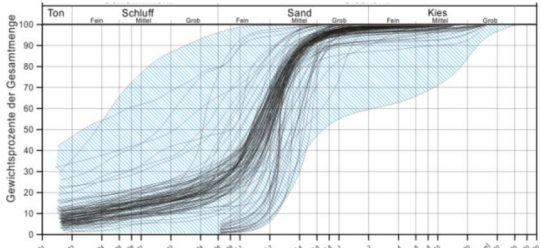
Nach VOB/C Kap 2.3 erforderliche Angabe



Leitparameter



Anlage 2.1: Darstellung der Kennwerte für die Schichten - Beispiel Boden

Name der Schicht / ortsübliche Bezeichnung	schluffige Fein- bis Mittelsande
Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern zu überprüfen nach DIN 18123 ¹⁾	
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	0 – 5 %
mineralogische Zusammensetzung Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	-
Bodengruppe nach DIN 18196	SE, SU, ST, SÜ, ST̄ (TL, TM, TA, GI)
Dichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	1,9 – 2,1 g/cm ³
Kohäsion zu überprüfen nach DIN 18137-1 bis -3	5 – 20 kPa
undräßierte Scherfestigkeit zu überprüfen nach DIN 4094-4	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 18122-1	0 – 0,5
Konsistenzzahl zu überprüfen nach DIN 18122-1	0,6 – 1,1
Konsistenz zu überprüfen nach DIN EN ISO 14688-1	überwiegend steif bis halbfest, z. T. weich
Durchlässigkeit zu überprüfen nach der Normenreihe DIN 18130	$1 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-4}$ m/s
Lagerungsdichte D Def. nach DIN EN ISO 14688-2, Best. s. MEH, Kap.2.6.1	sehr locker bis mitteldicht
Sondierwiderstände mit Angabe des Sondierverfahrens	CPT, $q_c = 2,5 - 10$ 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 zu überprüfen nach NF P18-579	250 – 750 g/t
Sulfatgehalt (wasserlöslich) zu überprüfen nach DIN EN 1997-2	500 bis 1000 mg/kg
Korndichte zu überprüfen nach DIN 18124	2,6 bis 2,7 g/cm ³

¹⁾ ggf. Anmerkung wenn Steine und Blöcke nicht enthalten sind

Anlage 2.2: Darstellung der Kennwerte für die Schichten - Beispiel Fels

Name der Schicht / ortsübliche Bezeichnung	mergeliger Tonstein
Benennung nach DIN EN ISO 14689-1	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: massig Korngröße: 0 - 2mm mineral. Zusammensetzung: Quarz, Feldspäte, Tonminerale, kein Hinweis auf quellfähige Minerale Poren- und Hohlraumanteil: keine ausgeprägten Hohlräume
Dichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	-
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689-1	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 14689-1	Trennflächenrichtung: horizontal Trennflächenabstand: dünn bis fein laminiert Gesteinskörperform: tafelförmiger Gesteinskörper
Öffnungsweite und Kluffüllung von Trennflächen zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689-1	Öffnungsweite: sehr eng bis weit Kluffüllung: leichte tonige Beläge
Gebirgsdurchlässigkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689-1	$5 \cdot 3 \cdot 10^{-8}$ bis 10^{-7} m/s
Abrasivität zu überprüfen CAI nach NF P94-430-1	0,5 bis 2,0 [-]
Sulfatgehalt (wasserlöslich) zu überprüfen nach DIN EN 1997-2	500 bis 1000 mg/kg

Anlage 3: Zusammenfassung Schichten zu Homogenbereichen – Beispiel für Darstellung

Schicht	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten- DIN 18304	Nassbaggerarbeiten DIN 18311	Schlitzwandarbeiten DIN 18313	Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319	Düsenstrahlarbeiten DIN 18321	Horizontalspülbohrarbeiten DIN 18324
Auffüllungen	Erd-1	Bohr-1	RRP-1	Nass-1				
Feinsandige Schluffe				Nass-2				
Sande		Bohr-2		Nass-3				
Geschiebemergel	Erd-2	Bohr-3	RRP-2	Nass-4				
Mergel, verwittert								
Mergel mit Mergelsteinbänken		Bohr-4	RRP-3					
Mergelstein	Erd-3	Bohr-5		Nass-5				
Schlick	Erd-4	-	-	Nass-6				