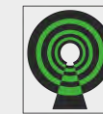




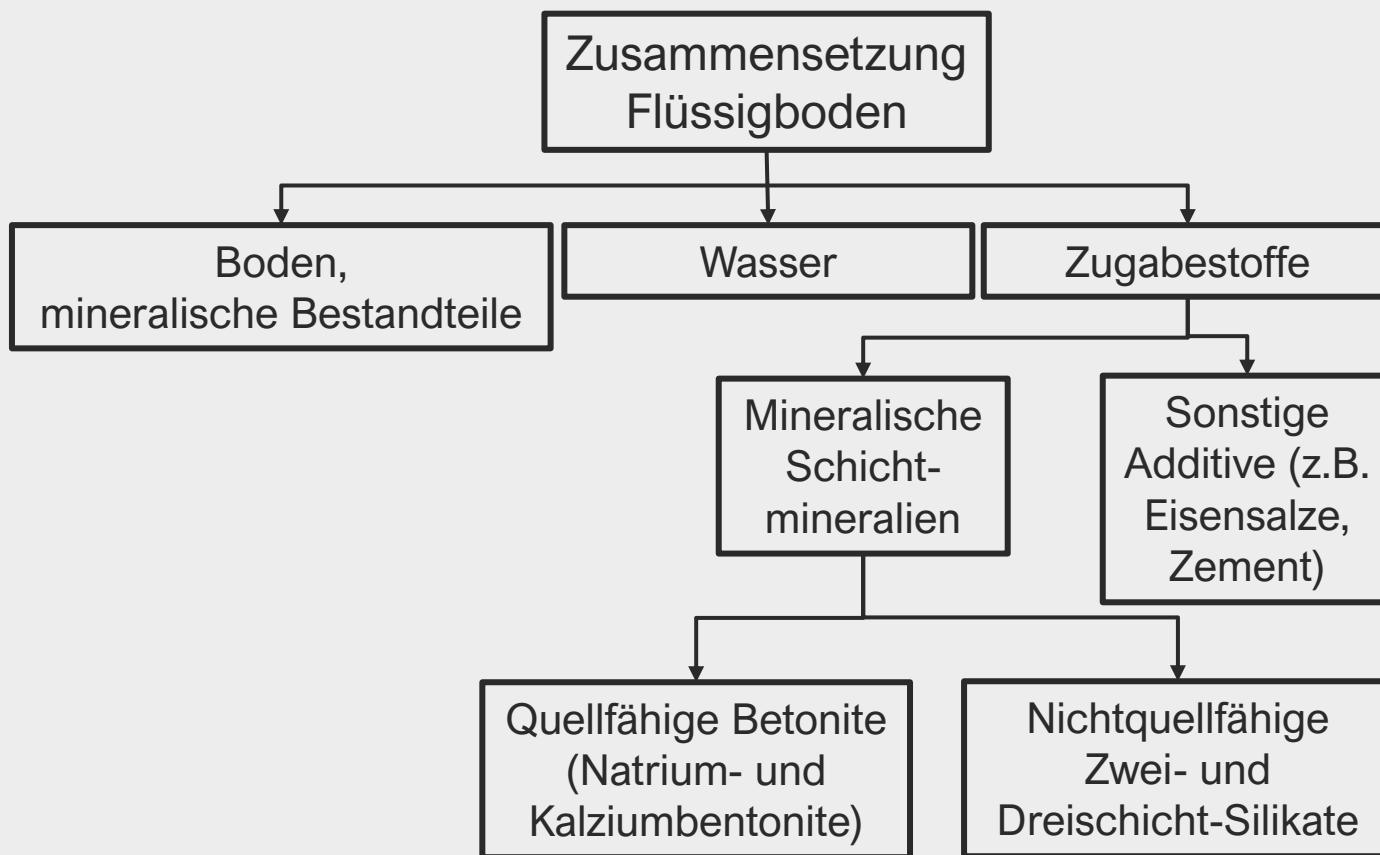
Ermittlung von Bodeneigenschaften beim Einsatz von Flüssigboden

M&S Umweltprojekt GmbH

Prof. Dr. Ing. Bernd Märtnner - M. Sc Christoph Märtnner



Bestandteile des Flüssigbodens

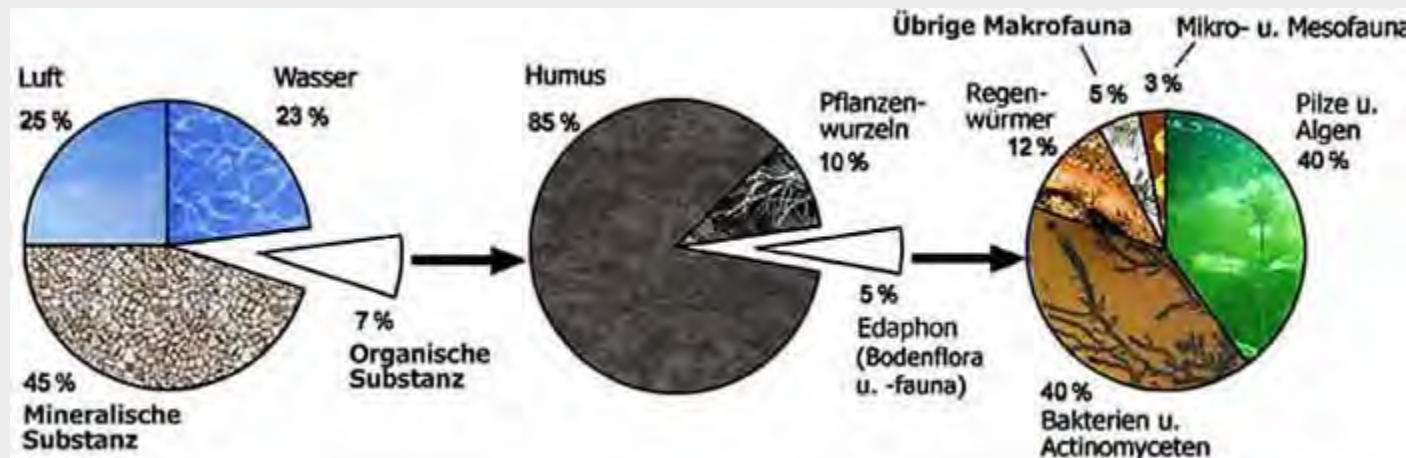




Bestandteile des Flüssigbodens

1. Grundmaterial – natürlicher Boden

- Natürlicher Boden mit hoher Bandbreite (zu beachten: Drei-Phasen-System (feste, flüssige und gasförmige Bestandteile))

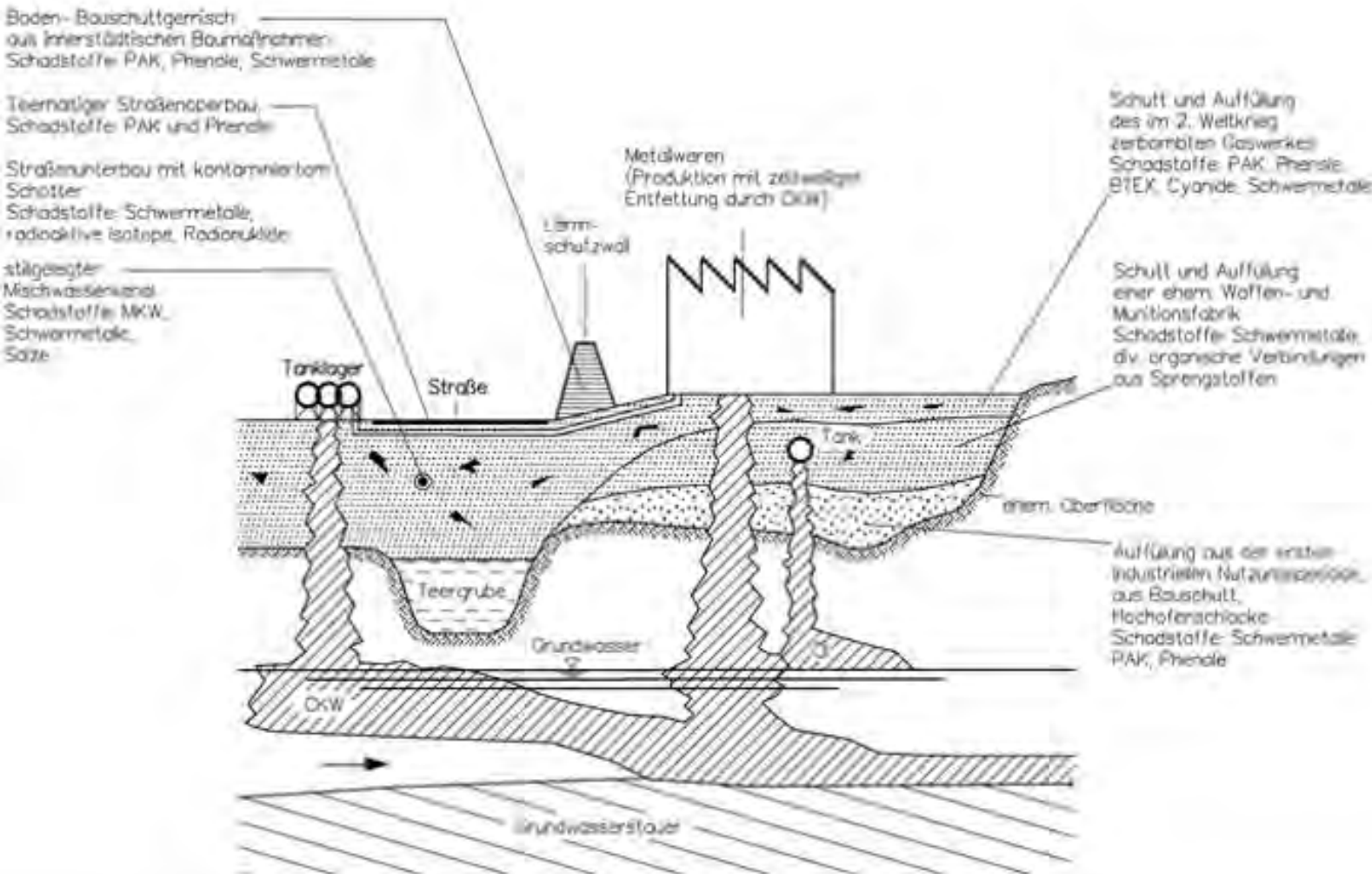


Quelle: Zusammensetzung des Bodens
Schroeder, D. (1992), S. 13/36

- Bodenaushub mit mineralischen Fremdbestandteilen (Ziegel, Beton, Steine,...)
- Qualifizierte Gesteinskörnungen (Kiese, Sande)
- Güteüberwachte Recyclingmaterialien (z.B. Füller, Ziegelmehl,...)



Zu beachten: **Schadstoffquellen bei Tiefbaumaßnahmen**





Technologischer Gütesicherungsprozess

(Auszug)

Gütesicherung nach RAL 507 bei Einsatz des Aushubbodens

- Für die Baugrunderkundung sollten Baugrundgutachter mit Kenntnissen auf der Stufe des Gütesicherungsbeauftragten eingesetzt werden

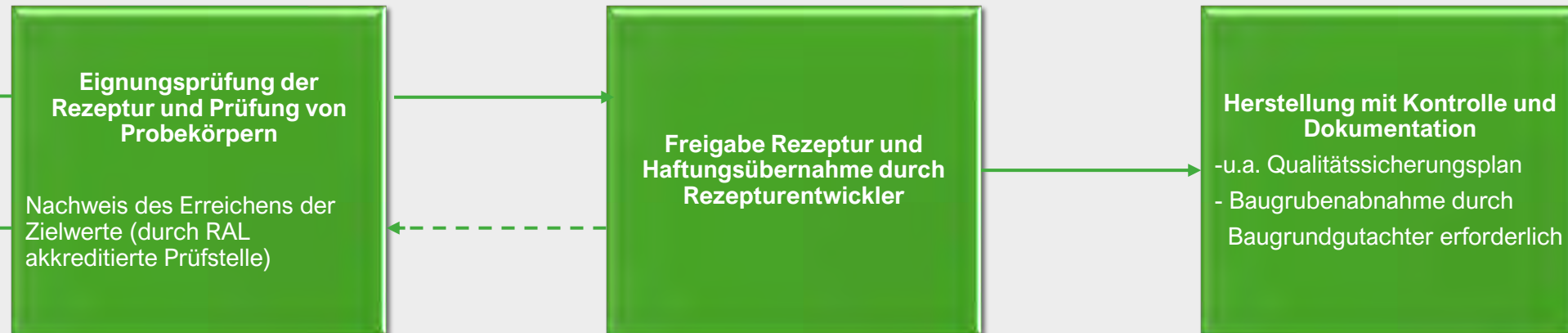




Technologischer Gütesicherungsprozess

(Auszug)

Gütesicherung nach RAL 507 bei Einsatz des Aushubbodens





Baugrund und Baugrundrisiko

- Baugrund kann aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nur stichprobenartig untersucht werden (es bleibt immer ein Baugrundrestrisiko)
- Prinzipiell trägt der Bauherr als Eigentümer des Baugrunds das Baugrundrisiko
- Baugrundgutachter tritt jedoch mit seiner Beauftragung mit in dieses Risiko ein, da nur er in der Lage ist, die Baugrundverhältnisse entsprechend der Aufgabenstellung zu beurteilen.
- Geotechnische Bericht muss den anerkannten Regeln der Technik entsprechen (Vorschläge, Empfehlungen, Normen, Verordnungen, etc.) – Gutachter trägt hierfür die Verantwortung.
- Bauherr hat die Verpflichtung die wesentlichen Verhältnisse (Boden- und Wasserverhältnisse) so zu beschreiben, dass der Bewerber ihre Auswirkung auf die bauliche Anlage und die Bauausführung hinreichend beurteilen kann.
- Baugrubenabnahme (IST-Situation) durch Baugrundgutachter, Abgleich mit Geotechnischem Bericht (prognostizierte Situation) und Protokollierung erforderlich.



Anforderungen an die Baugrunduntersuchung für Flüssigboden

- DIN EN 1997-1: 2014-03 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN EN 1997-2:2010-10 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- Für Projekte in Deutschland einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang und DIN 4020, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2



Anforderungen an die Baugrunduntersuchung für Flüssigboden

- + §12 BBodSchV,
Orientierende Untersuchung bei
Altlastenverdacht
- + §14 ErsatzbaustoffV (EBV),
bei nicht aufbereiten Bodenaushub und
nicht aufbereiten Baggergut





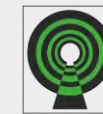
Baugrunderkundung für Flüssigboden

Direkt Aufschlüsse

1. Schürfe

Boden wird in situ aufgeschlossen, Schichtung und Lagerungsverhältnisse direkt sichtbar, sowohl ungestörte als auch orientierte Probenahme möglich, größere Probenmaterialmengen können entnommen werden, aber nur relativ geringe Aufschlusstiefe, die ohne Verbau zulässig ist.





Baugrunderkundung für Flüssigboden



Direkt Aufschlüsse

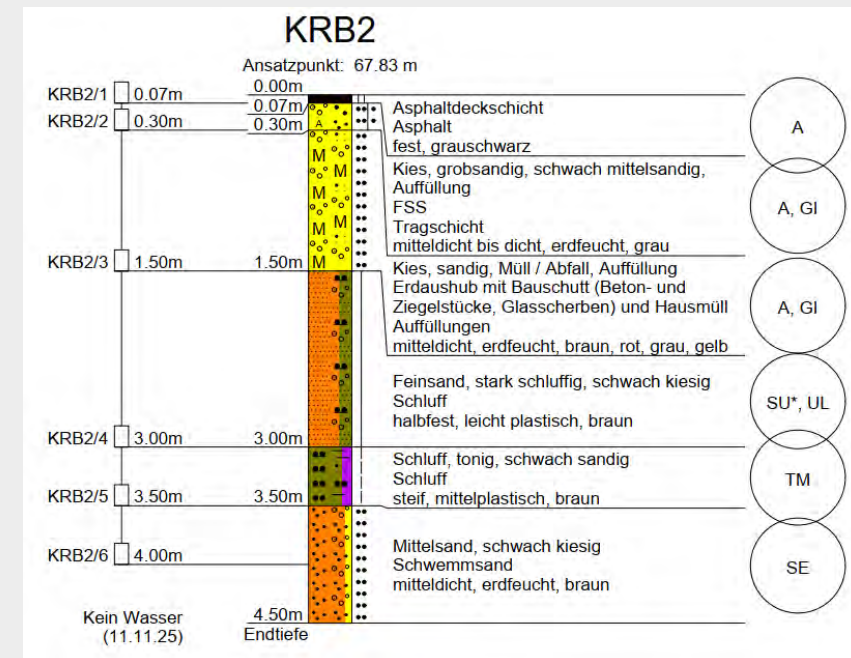
2. Kleinrammbohrungen

Aufschlussdurchmesser 30 bis 80 mm, für oberflächennahe Bauvorhaben ist die Bohrtiefe in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen meist ausreichend (ca. 6m), in der Sonde wird der Verband ohne Störung durch Rotation sichtbar.

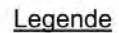
Nachteil: nur kleine Probenmengen können entnommen werden



Baugrunderkundung für Flüssigboden



Regeln für Probenahme, Probentransport, Probenlagerung und Protokollierung beachten!



- Straßenaufbau, Asphalt und Tragschicht
- Schicht 2a: sandig- kiesige Auffüllungen
- Schicht 3: Lehm
- Schicht 4: Schwemmsand

 M&S Umweltprojekt GmbH Pfortenstraße 7, 08527 Plauen Telefon: 03741/572190 plauen@mus-umweltprojekt.de	Bauherr :	NEW AG	Maßstab :	1:50/1:750	Datum:	Plan-Nr.: Schnitt Nordwest
	Bauort :	Mönchengladbach, Kabelstraße	Bearbeiter :	H. Dostmann	15.12.2025	
	Bauvorhaben:	MW-Sanierung	Gezeichnet:	H. Dostmann	15.12.2025	
	Bauteil :	Baugrunduntersuchung	Geprüft :	D. Katic	16.12.2025	



Baugrunderkundung für Flüssigboden

- Geotechnische Untersuchungen müssen ausreichende Erkenntnisse über Baugrund- und Grundwasserverhältnisse auf der Baustelle und in deren relevanten Umgebung bereitstellen, damit wesentliche Baugrundeigenschaften beschrieben und eine zuverlässige Festlegung charakteristischer Werte für Baugrundkenngößen vorgenommen werden kann.
- Untersuchung angepasst an Geotechnische Kategorie (EN 1997-2, Abschnitt 2), für Flüssigbodeneinsatz mit mittlerem Schwierigkeitsgrad erforderlich nach **DIN EN 1997: Gliederung in Vor- und Hauptuntersuchung.**



Baugrunderkundung für Flüssigboden

Wird Flüssigboden vorwiegend für die folgenden Aufgaben eingesetzt, ist die Baumaßnahme der geotechnischen Kategorie **GK 3** zuzuordnen:

- Stabilisierung von Schlämmen
- Schwingungsisolierung,
- Wärmeisolierung oder Wärmeableitung,
- Aufnahme von Kräften längs der Leitungen wie z.B. bei Fernwärmeleitungen.
- Einbau von Flüssigboden im und unter Wasser
- Geotechnische Stützbauwerke und Tiefgründungen
- Flachgründungen auf gering tragfähigen Baugrund
- Leitungsbau in gering tragfähigem Baugrund
- Immobilisieren von Schadstoffen

Da diese Aufzählung keinen abschließenden Anspruch auf Vollständigkeit besitzt kann bei Bedarf der Güteausschuss der RAL-Gütegemeinschaft angerufen werden.



Baugrunderkundung für Flüssigboden

Untersuchung des Baugrundes nach **DIN EN 1997-2 / DIN 4020**

Voruntersuchung:

- Bereitstellung erforderlicher Kenntnisse für die grundlegende Beurteilung der Baugrundsituation;
- Historische Entwicklung des Standortes recherchieren;
- Generelle Eignung der Flüssigbodenanwendung prüfen (technologisch und wirtschaftlich);
- Abschätzung möglicher Änderungen im Zuge der Arbeiten (z.B. aufgrund erhöhter Grundwasserstände, hoher Temperaturen, Starkniederschläge, Schichtwasserzutritte u.ä.);
- Maßnahmen für Hauptuntersuchung und baubegleitende Untersuchungen ableiten;
- Repräsentative Entnahmestellen (Ort und Entnahmetiefe + benötigte Entnahmemengen je vorgesehenem Homogenbereich für Material zur Rezepturerstellung / zur Herstellung von Probekörpern) ausweisen.



Baugrunderkundung für Flüssigboden

Untersuchung des Baugrundes nach **DIN EN 1997-2 / DIN 4020**

Hauptuntersuchung:

- Bereitstellung erforderlicher Kenntnisse für sachgerechte Planung der Baumaßnahme und für die Anwendung der Flüssigbodentechnologie;
- Mögliche Schwierigkeiten erkennen, die während Bauausführung zu erwarten sind;
- Zuverlässig die Lage und Eigenschaften aller relevanten Bereiche des Baugrundes ermitteln;
- „Die Baugrund-Kenngrößen, die dafür verantwortlich sind, dass das Tragwerk die an sein Verhalten gestellten Kriterien erfüllt, müssen festgelegt werden, ehe die endgültige Planung beginnt“;
- Endgültige Einteilung der Homogenbereiche und Ausweisung von Schadstoff belasteten Bereichen;



Baugrunderkundung für Flüssigboden

Untersuchung des Baugrundes nach **DIN EN 1997-2 / DIN 4020**

Hauptuntersuchung:

- Vorhandene Grundwasserspiegel und Pegel offener Gewässer sowie extreme Wasserspiegel ausweisen;
- Lage / Fassungsvermögen von Dränagen oder Entnahmebrunnen;
- Chemische Analyse und Einstufung auftretender Schicht- und Grundwässer vornehmen;
- Normgerechte Beschreibung des Baugrundes;
- Zuarbeit für Qualitätssicherungsplan inkl. Vorschlag für Zeitpunkte und Umfang der Baugrubenabnahmen.



Probenahme Ausgangsboden

- Probenahme-Regeln sind zu beachten
- Repräsentative Probenahme entlang der Trasse oder des Haufwerkes
- Beachtung der Baugrundgutachtenvoruntersuchung
- Ausreichende Probenmenge





Mindestumfang der zu ermittelnden Eigenschaften von Böden

- Bodenklassifizierung nach DIN 18196
- Bestimmung der Korngrößenverteilung
- Bestimmung des Wassergehaltes
- Bestimmung Glühverlust
- Bestimmung Kalkgehalt
- Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- Dichte der einzelnen Komponenten

➔ **geotechnische Klassifizierung der eingesetzten Böden**



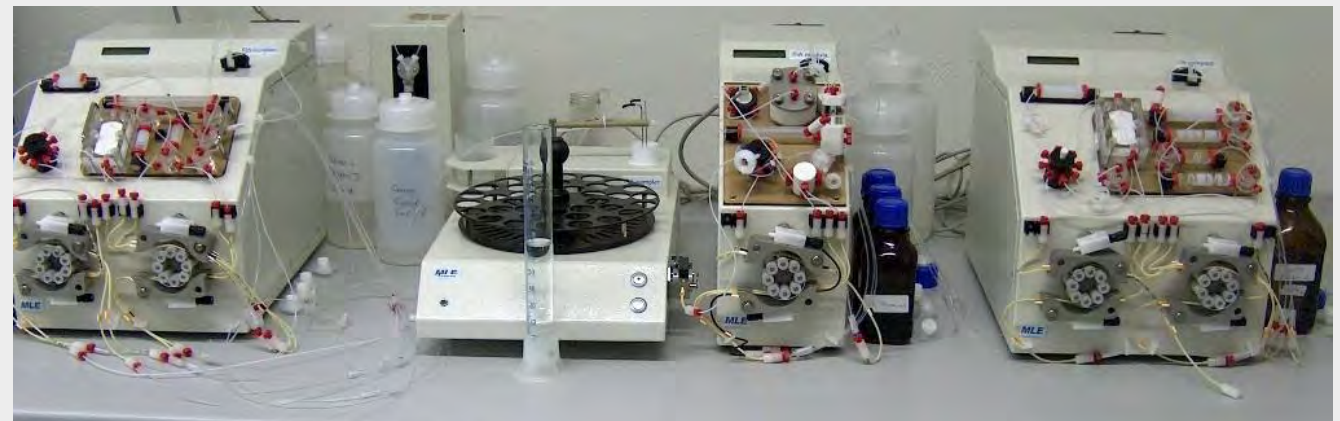
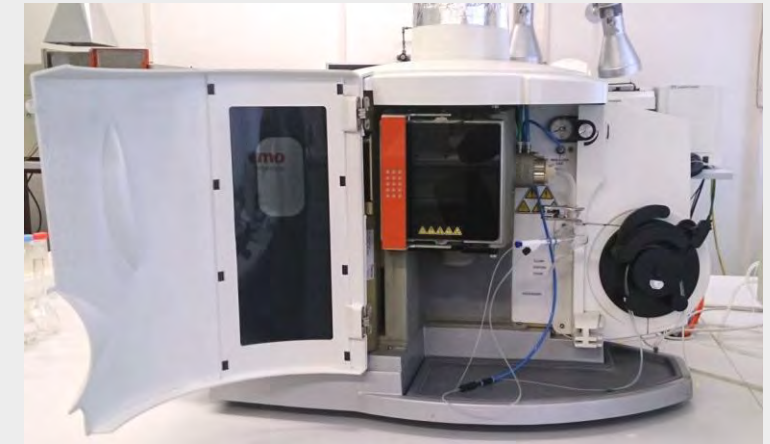


Mindestumfang der zu ermittelnden Eigenschaften von Böden

- Analyse des Schadstoffgehaltes nach ErsatzbaustoffV
- Analyse des Gehaltes aquakomplexbildender Metalle (z.B. AL, Cu, Fe)



chemische Klassifizierung der eingesetzten Böden





DIN 18300 – Homogenbereiche

Anforderungen an die Baugrunduntersuchung

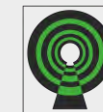
DIN 18300 - Änderungen:

Wichtigstes Merkmal für Flüssigbodenanwendungen: Ersatz der früher üblichen Boden- und Felsklassen durch Homogenbereiche!

Die nicht mehr gültigen Bauklassen (BK1-BK6) haben sich ausschließlich auf die Lösbarkeit bezogen.

Die Homogenbereiche der aktuellen DIN 18 300 betreffen:

- Lösbarkeit
- Laden
- Transportieren
- Verfüllen



DIN 18300 – Homogenbereiche

Homogenbereiche

DIN 18300 - Änderungen:

Grundanliegen ist die standortbezogene Entwicklung eines Baugrundmodells mit Homogenbereichen, die bautechnisch sinnvolle und praktisch umsetzbare Zusammenfassungen darstellen.

Ein Homogenbereich muss bei Planung, Bauausführung und Abrechnung für alle Beteiligten nachvollziehbar und abgrenzbar sein.

Definition nach ATV DIN 18300:

„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 einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

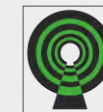


DIN 18300 – Homogenbereiche

Homogenbereiche

DIN 18300 - Änderungen:

- Homogenbereiche sind in Abhängigkeit von der geplanten Baumaßnahme festzulegen.
- Sinnvolle projektbezogene Kombination von Erkenntnissen aus Bestand, Baugrunduntersuchungen, Erfahrungswerten, Feld- und Laborversuchen.
- Homogenbereiche werden nach der Verwendung des Bodens festgelegt
 - **Flüssigbodenherstellung.**

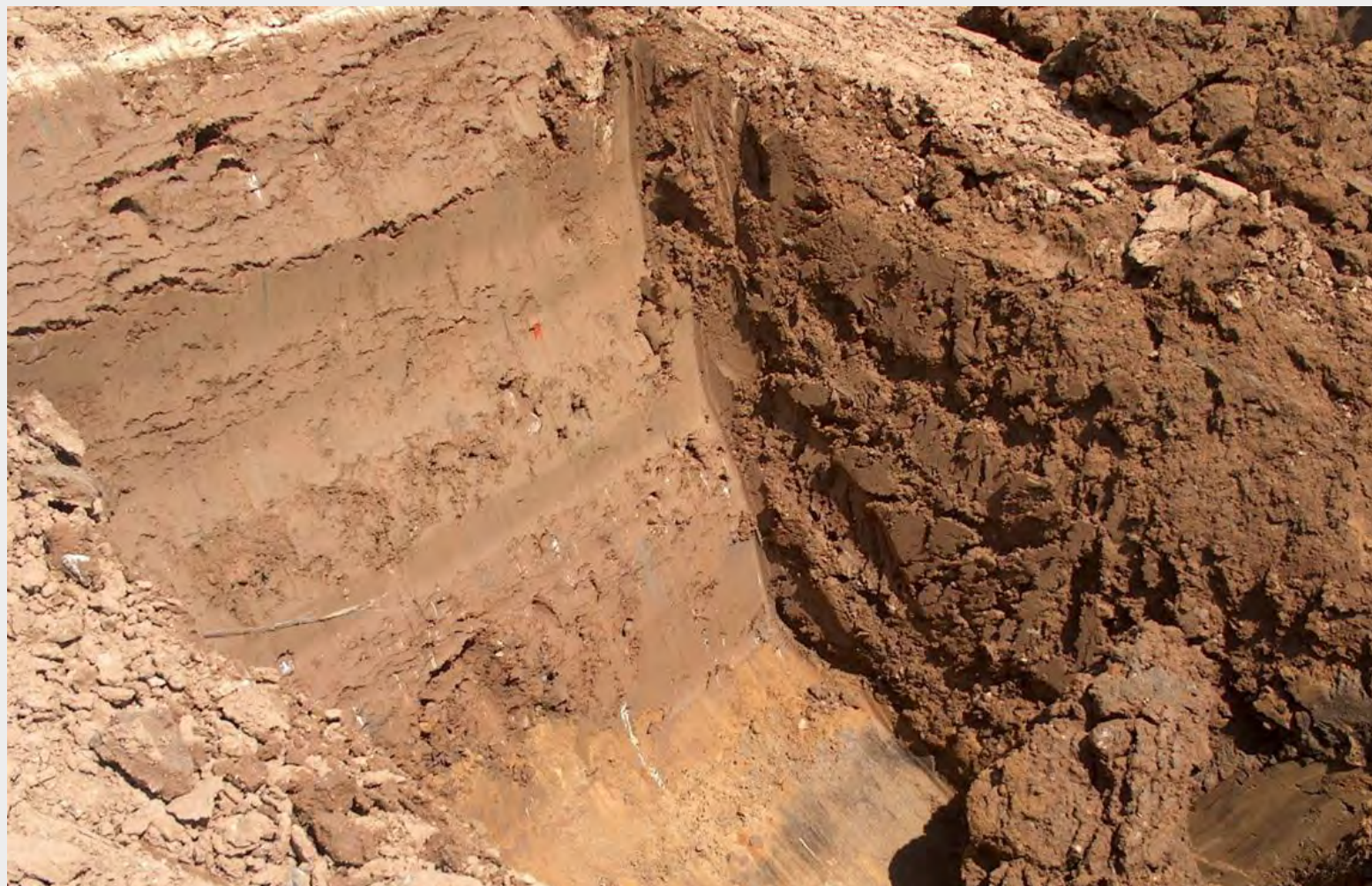
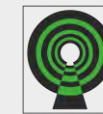


DIN 18300 – Homogenbereiche

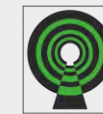
Homogenbereiche

DIN 18300 - Änderungen:

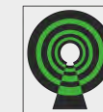
- Die Homogenbereiche werden vom Baugrundgutachter in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem Planer festgelegt.
- Sind umweltrelevante oder aquakomplexbildende Inhaltsstoffe in kritischen Konzentrationen vorhanden, so sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen.
- Homogenbereiche müssen bei der Bauausführung mit einfachen Mitteln vor Ort eindeutig identifizierbar und abgrenzbar sein.



DIN 18300 – Homogenbereiche Beispiele



DIN 18300 – Homogenbereiche Beispiele



Ersatzbaustoffverordnung / Flüssigboden nach RAL GZ 507

- Flüssigboden ist in §2, Ziff. 19- 33 der EBV nicht explizit als Ersatzbaustoff aufgeführt.
- **Flüssigboden erfüllt jedoch die in § 2, Ziff. 1 der EBV definierten Vorgaben eines Ersatzbaustoffes**, da er aus mindestens einem der in der Verordnung aufgeführten Materialien (Bodenmaterial, Baggergut, Ziegelmateriale etc.) besteht sowie für den Einbau in technische Bauwerke bestimmt und geeignet ist.
- In den Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken sowie in spezifischen Bahnbauweisen (EBV, Anlage 2+ Anlage 3) ist der Einbau von Flüssigboden nicht aufgeführt.



Ersatzbaustoffverordnung / Flüssigboden nach RAL GZ 507

Wenn für die Herstellung von Flüssigboden ausschließlich mineralische Ausgangsmaterialien verwendet werden, die eine Einstufung in eine Materialklasse nach EBV zulassen und die **Herstellung sowie der Einbau von Flüssigboden in technischen Bauwerken qualitätsgesichert entsprechend RAL GZ 507 erfolgt**, werden die erforderlichen **Voraussetzungen für die Verwendung als Ersatzbaustoff erfüllt**. Denn:

- der Einbau erfolgt zu bautechnischem Zweck,
- der Einbau erfolgt in bautechnisch erforderlichem Umfang,
- der qualitätsgesicherte Flüssigboden besitzt eine bautechnische Eignung,
- Nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen sind nicht zu besorgen.



Ersatzbaustoffverordnung / Flüssigboden nach RAL GZ 507

Da den mineralischen Ausgangsmaterialien nur nicht wassergefährdende Komponenten (Wasser, Tonmineralien) sowie geringumfänglich Zement (<3%) jedoch keine Dispergatoren oder Emulgatoren zugegeben werden und das Gemisch nicht aufschwimmt, ist das nach RAL GZ 507 qualitätsgesicherte Flüssigbodengemisch als nicht wassergefährdendes Gemisch (nwG) einzustufen.

Flüssigbodengemische werden zur Verbesserung der bautechnischen Eigenschaften der Ausgangsmaterialien hergestellt.

Die grundsätzliche Forderung entsprechend §19 ErsatzbaustoffV werden damit eingehalten.

Ausschlusskriterien für die Verwertung von mineralischen Ausgangsmaterialien



Wenn die nachfolgend aufgeführten Bestandteile in den Ausgangsmaterialien enthalten sind, ist eine Verwertung als Flüssigboden grundsätzlich nicht möglich!

- Asbestgehalt > 0,010 Masse %,
- gefährliche Abfälle im Sinne der Abfallverzeichnis- Verordnung wenn die gefährlichen Bestandteile nicht dauerhaft umweltverträglich eingebunden werden können (z.B. bis zum Jahr 2000 hergestellte KMF wie Glaswolle, Steinwolle u.ä.),
- Abfälle mit persistenten organischen Schadstoffen im Geltungsbereich der POP- Abfall- Überwachungs- Verordnung (z.B. PDT, PCB)
- Materialien mit erheblichen Nacherhärtungseigenschaften sowie Materialien mit großem puzzolanischen Reaktionsvermögen (z.B. Ziegelbruchbauschutt),
- Radioaktive Stoffe im Sinne des Atomgesetzes oder des Strahlenschutzgesetzes,

Ausschlusskriterien für die Verwertung von mineralischen Ausgangsmaterialien



Wenn die nachfolgend aufgeführten Bestandteile in den Ausgangsmaterialien enthalten sind, ist eine Verwertung als Flüssigboden grundsätzlich nicht möglich!

- quelfähige Materialien, wenn sie die Einhaltung der Volumenkonstanz des Flüssigboden gefährden (z.B. Anhydrit),
- Materialien, die zu erheblicher Geruchsbelästigung führen können (z.B. nicht ausgefaulte Klärschlämme),
- Blöcke und Steine, wenn sie im Flüssigbodengemisch nicht „schwimmend“ eingelagert werden können,
- Stoffe die zu hydraulischen Bindungen und zu Zementsteinbildung führen.
- nicht identifizierbare Materialien



Eigenschaften von Böden

Zusammenfassung

- Die **Charakterisierung des Bodens / der mineralischen Ausgangsmaterialien** ist unerlässlich für die Erstellung einer qualitätsstabilen, für den Anwendungsfall passenden Flüssigbodenrezeptur.
- Die **Ermittlung und Überwachung der bodenmechanischen sowie der bodenchemischen Kennwerte und Toleranzen** der homogenisierten mineralischen Ausgangsmaterialien ist eine wesentliche Voraussetzung für die nachhaltige Erfüllung der angestrebten Eigenschaften des Flüssigbodens.
- Bei Flüssigbodenherstellung und Flüssigbodenanwendung ist die **Interaktion der Beteiligten** bereits in der Baugrunderkundungsphase äußerst vorteilhaft.
- Aufgrund des unvermeidbaren Baugrundrestrisikos müssen **reale Probekörper mit den tatsächlich eingesetzten Materialien** vor Beginn der Flüssigbodenproduktion hergestellt und getestet werden.
- Zur Qualitätssicherung sind kontinuierlich Baugrubenabnahmen durch den **Baugrundgutachter** durchzuführen sowie zu dokumentieren.

Vielen Dank für Ihre
Zeit & Aufmerksamkeit

