



THEMENHEFTE VORSORGENDER BODENSCHUTZ

Bodenkundliche Anforderungen an die
Neuanlage oder Erweiterung von Friedhöfen





THEMENHEFTE VORSORGENDER BODENSCHUTZ

Bodenkundliche Anforderungen an die
Neuanlage oder Erweiterung von Friedhöfen

IMPRESSUM

| | |
|-----------------------|---|
| Titel: | Themenhefte Vorsorgender Bodenschutz, Heft 3: Bodenkundliche Anforderungen an die Neuanlage oder Erweiterung von Friedhöfen |
| Herausgeber: | Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) Emy-Roeder-Straße 5 55129 Mainz |
| ISSN: | 2509-4785 |
| Bearbeitung: | Thomas Wiesner (LGB) Dr. Ulrike Zollfrank (LGB) Dr. Stephan Sauer (LGB) Elena Appel |
| Fotos: | s. S. 36 |
| Titelbild: | Ausheben einer Schürfgrube zur Friedhofsbegutachtung, links: Dr. Athanasios Wourtsakis († 2007) |
| Textsatz, Gestaltung: | Thomas Wiesner (LGB) |
| Version: | November 2024 (Aktualisierung der Abschnitte 2 und 7.2) |
| Druck: | NINO Druck GmbH, Neustadt an der Weinstraße |

© 2020

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

INHALT

| | | |
|-----|--|----|
| | Vorwort..... | 5 |
| 1 | Einleitung..... | 6 |
| 2 | Gesetzliche Grundlagen und Genehmigungsverfahren | 8 |
| 3 | Begriffsdefinitionen..... | 10 |
| 4 | Anforderungen an eine Fläche für Erdbestattungen..... | 11 |
| 4.1 | Bodenkundliche Anforderungen | 11 |
| 4.2 | Flächen mit prinzipiellen Vorbehalten | 11 |
| 5 | Anforderungen an das bodenkundliche Gutachten..... | 13 |
| 5.1 | Vorinformationen zu der Untersuchungsfläche | 13 |
| 5.2 | Vorgehensweise auf der Untersuchungsfläche..... | 13 |
| 5.3 | Zu erhebende Bodenparameter..... | 13 |
| 5.4 | Datenbewertung (Pedotransferfunktionen)..... | 14 |
| 5.5 | Abschätzung der Verwesungsdauer | 16 |
| 6 | Möglichkeiten der Melioration..... | 17 |
| 7 | Alternative Bestattungsformen | 18 |
| 7.1 | Muslimische Tuchbestattungen..... | 18 |
| 7.2 | Urnenbeisetzungen..... | 18 |
| 7.3 | Tierfriedhöfe | 19 |
| 8 | Literatur | 20 |
| | Anhang..... | 22 |

VORWORT

Jede Landnutzung stellt bestimmte Ansprüche an den Untergrund. So setzt die Bebauung einer Fläche eine gute Tragfähigkeit des Untergrundes voraus und für die rentable landwirtschaftliche Nutzung ist ein ausreichendes Ertragspotenzial der Böden notwendig. Dieser Grundsatz gilt auch für die Nutzung eines Areals als Friedhof: Der Untergrund dieser Standorte muss für eine vollständige Zersetzung von Leichen geeignet sein. Dies ist sowohl aus ethischen, als auch aus hygienischen und ästhetischen Gründen zu fordern.



Das Landesamt für Geologie und Bergbau ist Fachbehörde für den Grund unter unseren Füßen und besitzt daher Expertise in Bezug auf die Eignung eines Bodens für die Erdbestattung. In der Vergangenheit reichten die Aktivitäten unseres Hauses zu diesem Thema von zahlreichen Friedhofsgutachten, Tagungen und Vorträgen bis hin zur Bereitstellung des Merkblattes „Bodenkundliche Anforderungen an Neuanlagen oder Erweiterungen von Friedhöfen“. Auch wenn heute eigene Gutachten nur noch in Einzelfällen erstellt werden, besitzt das LGB eine wichtige Funktion in der Beratung der zuständigen Behörden, zum Beispiel als Prüfinstanz für extern erstellte Friedhofsgutachten.

Mit diesem Heft liegt nun ein weiteres Produkt zu diesem Themenkreis vor. Es soll helfen die Qualität von Friedhofsgutachten zu sichern und zu verbessern. Wir bauen auf die rege Nutzung der Publikation und die Einhaltung der hier ausgeführten Vorgaben.

PROF. DR. GEORG WIEBER
DIREKTOR DES LANDESAMTES FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU RHEINLAND-PFALZ

1 EINLEITUNG

Ziel des vorliegenden Heftes ist es, den Planungsbehörden und Gutachterbüros Informationen zum Thema „Eignung von Böden für Begräbnisstätten“ zur Verfügung zu stellen. Das Heft wendet sich somit an Personen, die sich direkt oder indirekt mit der Erweiterung oder Neuanlage von Friedhöfen, Friedwäldern oder Tierfriedhöfen beschäftigen. Es soll als Richtschnur für Gutachten, z. B. durch Ingenieur- und Baugrundbüros sowie bodenkundliche Sachverständige, aber auch als Informationsschrift für Zuständige in den Verwaltungen dienen.

Aus bodenkundlicher und hygienischer Sicht ergeben sich für die Nutzung als Bestattungsfläche besondere Anforderungen an den oberflächennahen Untergrund. Er soll einerseits die weitgehend rückstandslose Zersetzung von Leichnamen gewährleisten. Andererseits müssen die Zersetzungsprodukte aus dem Verwesungsprozess im Boden zurückgehalten werden, um einen wirksamen Schutz des Grundwassers sicherzustellen. Während in geeigneten Böden ein Leichnam innerhalb weniger Jahre bis auf seine Knochenreste abgebaut wird, verursachen für die Friedhofsnutzung ungeeignete Böden eine Verzögerung der Verwesung. Im Extremfall wird die Zersetzung fast völlig unterbunden. Ausschlaggebender Faktor hierfür ist in der Regel Sauerstoffmangel. Dieser resultiert aus der Beschaffenheit des Bodens und den vorherrschenden Wasserverhältnissen. Dicht gelagertes toniges, lehmiges Bodenmaterial sowie Stau-, Grund- oder Hangnässe führen zu sauerstoffarmen Bedingungen und verhindern somit die Zersetzung (SCHOENEN & ALBRECHT 2003). Zum Teil kontrovers diskutiert werden weitere Ursachen für die Hemmung der Verwesung wie sehr niedrige Boden-pH-Werte (Einschränkung der mikrobiellen Aktivität), Gewicht und Konstitution des Leichnams, Beschaffenheit der Bekleidung oder der Sargausstattung (ALBRECHT 2008, ZIMMERMANN 2012).

Auch wenn alternative Bestattungsformen, wie beispielsweise die Feuerbestattung, wachsenden Zuspruch erfahren, stellt die Erdbestattung in Deutschland noch immer eine bedeutende Beisetzungsform dar. Erfahrungen aus der gutachterlichen Praxis zeigen, dass 30 bis 40 Prozent der rheinland-pfälzischen Friedhöfe mit Leichenverwesungsstörungen zu kämpfen haben (WOURTSAKIS 2002). Untersuchungen aus anderen Bundesländern kommen zu vergleichbaren Ergebnissen und verdeutlichen, dass es sich um ein bundesweites Phänomen handelt (PAGELS et al. 2004, SCHEPERS 2010).



Das vorliegende Heft zielt im Sinne der Daseinsvorsorge darauf ab, die genannten Probleme im Vorhinein zu verhindern. Allerdings fehlen bei Neuanlagen oder Erweiterungen von Friedhöfen, Friedwäldern und Tierfriedhöfen, gerade für die bodenkundlichen Anforderungen, konkrete Vorgaben. Das Heft soll diese Informationslücke schließen und über die für eine schnelle, vollständige und hygienisch unbedenkliche Verwesung notwendigen Bodeneigenschaften informieren.

2 GESETZLICHE GRUNDLAGEN UND GENEHMIGUNGSVERFAHREN

Im März des Jahres 1983 trat das Landesgesetz über das Friedhofs- und Bestattungswesen Rheinland-Pfalz (BestG) in Kraft, welches die bis dahin gültigen Gesetze und Verordnungen ersetzte. Im Juni desselben Jahres konkretisierte die Landesverordnung zur Durchführung des Bestattungsgesetzes (BestattGDV RP) die Anforderungen an das Bestattungswesen und regelt seitdem dessen Umsetzung.

Als Bestattungsplätze werden in § 1 Abs. 1 Nr. 1-4 BestG Gemeindefriedhöfe, kirchliche Friedhöfe und Grabstätten in Kirchen, Anstaltsfriedhöfe sowie private Bestattungsplätze definiert.

Die Beurteilung des Bodens hinsichtlich seiner Eignung für eine Bestattung ist in beiden Texten (BestG, BestattGDV RP) nur rudimentär enthalten. Bezüglich der Beschaffenheit der oben definierten Bestattungsplätze fordert § 1 Abs. 2 BestG lediglich: „Bestattungsplätze sind so anzulegen und zu gestalten, dass die Totenruhe gewährleistet und das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird“. Dies ist eine Forderung, die keine Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit zulässt, aber bei der Beurteilung von Flächen für eine Bestattung durchaus eine Rolle spielt. Im § 1 S. 1 BestattGDV RP wird benannt: „Die Bodenbeschaffenheit von Bestattungsplätzen muss zur Leichenzersetzung geeignet sein, ohne dass die Gefahr von Geruchsbelästigungen oder des Eindringens von Zersetzungsprodukten in das Grundwasser besteht; dies gilt nicht für Bestattungsplätze, die ausschließlich zur Beisetzung von Urnen bestimmt sind“. Auf den ersten Blick ist dies eine wichtige Vorgabe, bei näherer Betrachtung fehlen jedoch auch hier konkrete Beurteilungskriterien für den Boden.

Bezüglich der Ruhezeiten legt die Landesverordnung zur Durchführung des Bestattungsgesetzes Rheinland-Pfalz in § 3 klar fest: „Die Mindestruhezeit beträgt 15 Jahre“. Hier unterscheiden sich die länderspezifischen Regelungen in der Bundesrepublik Deutschland teilweise deutlich. So sind zum Beispiel die Regelungen im Gesetz über das Friedhofs-, Bestattungs- und Leichenwesen des Saarlandes erheblich flexibler, beispielsweise in Bezug auf das Alter der Bestatteten.

Die Anlage und die Erweiterung eines Bestattungsplatzes, sowie die Wiederbelegung eines geschlossenen Bestattungsplatzes, bedürfen einer schriftlichen Genehmigung (BestG 1983). Dabei

liegt die Zuständigkeit bei den Kreis- bzw. im Fall von kreisfreien Städten bei den Stadtverwaltungen, welche diesen Aufgaben als Auftragsangelegenheiten vom Land nachkommen. Für Gemeindefriedhöfe kreisfreier Städte ist die Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) zuständig. Es gibt also eine Genehmigungsvielfalt, wobei in der geübten Praxis meist die zuständigen Stellen für Gesundheit eingebunden werden, nicht jedoch die für den Boden zuständigen Behörden. Auch die Beteiligung des LGB ist fakultativ und wird nicht immer in Anspruch genommen. Dies ist der Grund für das Fehlen von Informationen zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit bezüglich der Verwesung und führte bzw. führt zu den Problemen, die heute mancherorts zu beklagen sind.

3 BEGRIFFSDEFINITIONEN

Die Begrifflichkeiten zur Beschreibung des Bereichs, der von einer Erdbestattung beeinflusst wird, sind in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Zu beachten ist, dass sich die Abbildung auf Gräber mit einfacher Belegung bezieht. Bei doppelter Belegung (Tiefgräber) werden zwei Särge übereinander eingebaut. Die Mächtigkeit der Sargzone verdoppelt sich dadurch und die Grabsohle liegt entsprechend tiefer.

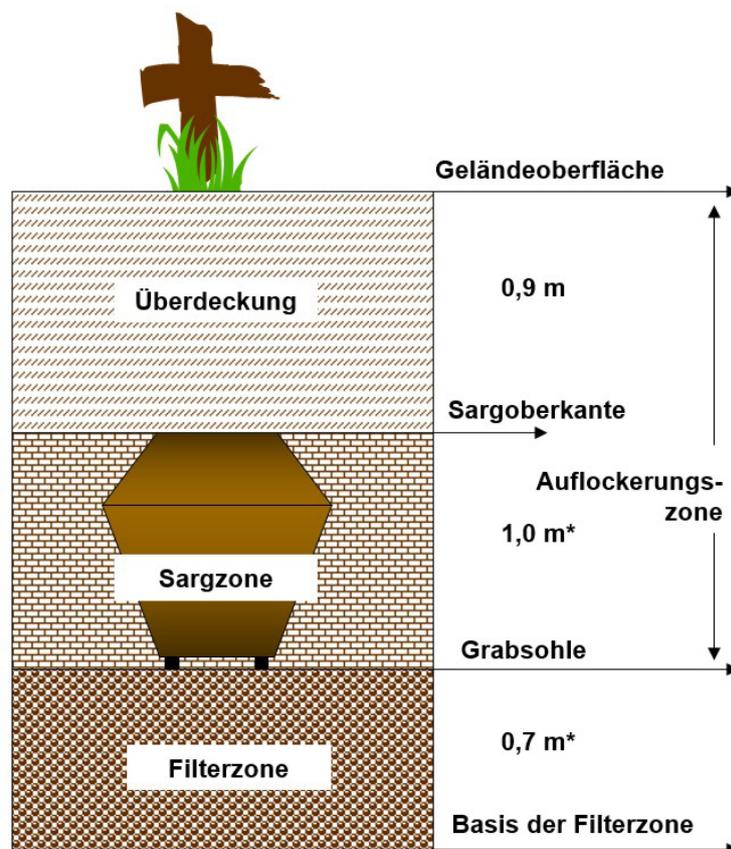


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Erdgrabes

* Richtwerte der Mächtigkeiten je nach Sarggröße und Filtereigenschaften des Bodens

4 ANFORDERUNGEN AN EINE FLÄCHE FÜR ERDBESTATTUNGEN

4.1 Bodenkundliche Anforderungen

Für eine rasche und vollständige Leichenverwesung ist ausreichend Feuchtigkeit (keine Nässe), vor allem aber genügend Sauerstoff in der Auflockerungszone (vgl. Abb. 1) ausschlaggebend. Außerdem ist es notwendig, dass das infiltrierende Niederschlags- und Gießwasser ungehindert in den Untergrund abfließen kann. Bedingung hierfür ist eine hinreichend große Wasserdurchlässigkeit im gesamten Bereich unterhalb der Grabsohle. Die Filter- und die Sargzone dürfen weder ständig noch zeitweise von Wasser (Grund-, Hang- oder Stauwasser) beeinflusst sein und müssen Stoffe, die bei der Leichenverwesung entstehen und mit dem Sickerwasser transportiert werden, zurückhalten (Filterwirkung). Ungünstig sind zudem sehr nährstoffarme Substrate mit extrem saurem Bodenmilieu, da in diesen die biologische Aktivität gehemmt ist. Ziel der bodenkundlichen Untersuchung sollte die Beantwortung folgender Fragen sein:

- Reicht die Durchlüftung des Bodens bis hin zur Grabsohle für eine genügend rasche Verwesung aus?
- Gewährleistet die Wasserdurchlässigkeit unterhalb der Grabsohle den ungehinderten Abfluss von versickerndem Niederschlags- bzw. Gießwasser?
- Befindet sich unterhalb der Grabsohle ein ausreichend mächtiger Bereich, der durch seine Materialeigenschaften als Filterschicht dienen kann?
- Sind Auflockerungs- und Filterzone auch bei Grundwasserhöchststand und unter Einbezug des geschlossenen Kapillarraums frei von Grundwasser?
- Sind Auflockerungs- und Filterzone frei von ständigem oder zeitweisem Stau- und/oder Hangwassereinfluss?
- Verhindert die Überdeckung etwaig auftretende Geruchsbelästigungen?

4.2 Flächen mit prinzipiellen Vorbehalten

Zusätzlich zu den potenziellen bodenkundlichen Hindernissen für die Errichtung einer Bestattungsfläche ergeben sich aus Ansprüchen bezüglich der Umwelt und den Anforderungen zur Totenruhe weitere Flächeneigenschaften, welche die Anlage eines Friedhofes verhindern oder erschweren können.

Bestehende Wasserschutzgebiete sehen in der Regel Einschränkungen in der Nutzung der Flächen für die Erdbestattung vor. So ist die Anlage eines Friedhofes in der Wasserschutzgebietszone I ausgeschlossen. In der Zone II stellt das Errichten, Erweitern und Betreiben eines Friedhofes ein sehr hohes, in der Zone III/IIIA ein hohes Gefährdungspotenzial dar (DVGW 2006). Unter Umständen kann hier jedoch ein spezielles Gutachten, welches die Belastung des Grundwassers am geplanten Standort ausschließt, die Erweiterung eines Friedhofes ermöglichen.

In Überflutungsbereichen in der Nähe von Gewässern besteht die Gefahr, dass Särge und Urnen bei Hochwasserereignissen an die Oberfläche geschwemmt werden. Die Anlage von Friedhöfen bzw. Friedwäldern ist in diesen Bereichen als kritisch zu betrachten.

Auch in Rutschungsgebieten ist eine Friedhofsnutzung oftmals problematisch (vgl. Abb. 2). Eine Bebauung solcher Areale ist nicht grundsätzlich ausgeschlossen, jedoch ist die Rutschgefährdung bei der Planung und Ausführung zu berücksichtigen (LGB 2014). Es muss sichergestellt sein, dass die Standfestigkeit des Geländes unter allen Umständen gegeben ist.



Abb. 2: Provisorische Abstützung einer durch Rutschmassen einsturzgefährdeten Mauer

5 ANFORDERUNGEN AN DAS BODENKUNDLICHE GUTACHTEN

5.1 Vorinformationen zu der Untersuchungsfläche

Bereits vor den Geländeuntersuchungen sollten sich Sachverständige mittels Auswertung bereits vorhandener Daten über die zu untersuchende Fläche informieren.

Das Landesamt für Geologie und Bergbau stellt hierfür zahlreiche geowissenschaftliche Karten online bereit. Von besonderem Nutzen für die Begutachtung von potenziellen Friedhofsflächen sind die großmaßstäbigen Karten der digital aufbereiteten Bodenschätzung (BFD5L) sowie die Daten der Weinbergsbodenkarte (BFD5W). Zudem sind mittelmaßstäbige Bodenflächendaten (BFD50) online verfügbar. Die Bodenflächendaten des LGB sind abrufbar unter:

<https://www.lgb-rlp.de/karten-und-produkte/online-karten/online-bodenkarten.html>

5.2 Vorgehensweise auf der Untersuchungsfläche

Die bzw. der Sachverständige legt Anzahl und Lage der Schürfgruben je nach Situation vor Ort nach fachlich begründeten Kriterien fest. Die Schürfgruben sollten eine Tiefe von mindestens 260 cm (bei geplanten Tiefgräbern 360 cm) aufweisen. Falls notwendig, sind ergänzende Sondierungen vorzunehmen, sodass die Boden- und Wasserverhältnisse im gesamten zu begutachtenden Gelände erfasst und beurteilt werden können (vgl. Anhang 1).

Ziel der Untersuchung muss die räumliche Kenntnis der Boden- und Wasserverhältnisse in der Auflockerungs- und der Filterzone sein. Die Begutachtung zu einem Frühjahrstermin oder nach ergiebigen Niederschlägen erleichtert die Ansprache der Bodenwasserverhältnisse.

5.3 Zu erhebende Bodenparameter

Tabelle 1 nennt die Substrat- bzw. Bodenparameter, die zu jeder Schürfgrube bzw. Sondierung zu erheben sind. Grundlage für die Bodenansprache und -klassifizierung ist die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5) (AG Boden 2005).

Eine weitere Tabelle mit Verweisen zu den wichtigsten Unterlagen für die Substrat- bzw. Bodenbeschreibung befindet sich in Anhang 2.

Tab. 1: Im Gelände zu erhebende Daten zu Boden und Boden bildendem Substrat

| | Obligatorische Parameter | Fakultative Parameter |
|-----------------------------|--|---|
| Standort | Rechts-/Hochwert Relief Nutzung Foto des Schurfes (mit Maßstab) | Höhe über NHN Vegetation |
| Beschreibung des Substrates | Schichtuntergrenzen Grabbarkeit | Petrographie Stratigraphie Schichtbestandteile (Komponenten) |
| Bodenkundliche Beschreibung | Feinbodenart Grobbodenart und -gehalt Hydromorphiemerkmale Grundwasserstand Grund-, Stau- und Hangnässestufe Packungsdichte Humusgehalt Bodenreaktion | Horizontuntergrenzen Horizontsymbol Durchwurzelung Bodenfarbe Bodengefüge Carbonatgehalt Bodenfeuchte |

Von besonderer Bedeutung ist die Erfassung etwaig auftretender hydromorpher Merkmale, die auf eine Beeinflussung durch Stau-, Grund-, Hang- oder Haftwasser schließen lassen (z. B. Reduktions- und Oxidationsmerkmale). Die Hydromorphiemerkmale sowie der aktuelle und der mittlere Grundwasserstand geben wichtige Hinweise für die Bewertung der Sarg- und Filterzone.

Als Ergänzung zur Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse sind dem Gutachten Fotos der ausgehobenen Schürfguben beizufügen. Die Schürfguben sollten hierbei so präpariert sein, dass die wesentlichen Charakteristika des Bodenmaterials sichtbar werden.

5.4 Datenbewertung (Pedotransferfunktionen)

Auf Grundlage der im Gelände erhobenen Parameter erfolgt die Ableitung der Kennwerte für den Wasser- und Lufthaushalt nach den Tabellen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 2005), RINGER et al. (2009) und DEHNER et al. (2015).

Verweise auf wichtige Tabellen und Diagramme für die Kennwertableitung sind in Anhang 2 dieses Themenheftes zu finden. Einige gegenüber den Tabellen der Bodenkundlichen Kartieranleitung aktualisierte Tabellen sind im Anhang abgedruckt (Anhänge 4 bis 6). Der Anhang enthält zudem eine beispielhafte Profilaufnahme und -bewertung inklusive Rechenweg (Anhang 7).

Folgende Bodenkennwerte sind abzuleiten (vgl. Tab. 2):

Tab. 2: Für die Eignungsbewertung abzuleitende Bodenkennwerte

| Parameter | Begriffsdefinition | zu beurteilende Größe |
|----------------------------|--|---|
| Luftkapazität (LK) | Luftgehalt des Bodens bei Feldkapazität | Durchlüftung |
| Feldkapazität (FK) | Wassermenge, die ein Boden max. gegen die Schwerkraft zurückhalten kann | Filter- und Sorptionsfähigkeit |
| Wasserdurchlässigkeit (Kf) | Durchflussmenge je Flächen- und Zeiteinheit im wassergesättigten Boden / Wasserspiegelgefälle | Filtergeschwindigkeit bzw. Staunässebildung |
| Geschlossener Kapillarraum | Raum über der Grundwasseroberfläche, in dem alle kapillaren Poren mit Wasser gefüllt sind | Grundnässeeinfluss |
| Gesamtfilterwirkung | Fähigkeit eines Bodens, gelöste oder suspendierte Stoffe von ihren Transportmitteln zu trennen | Filter- und Sorptionsfähigkeit |

Die Bodeneigenschaften, die eine Leichenverwesung gewährleisten, sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Weist ein Boden diese Eigenschaften auf, eignet er sich uneingeschränkt für die geplante Nutzung zur Erdbestattung.

Tab. 3: Für die Leichenverwesung entscheidende Bodenparameter (nach WOURTSAKIS 2002, 2003)

| | Auflockerungszone | Filterzone |
|------------------------------|--|---|
| Mächtigkeit | 190 cm (Tiefgräber 290 cm) | 70 cm (abhängig von Feldkapazität und Sickerwassermenge) |
| Luftkapazität (Vol.-%) | ≥ 10 | ≥ 8 |
| Wasserdurchlässigkeit (cm/d) | 40 – 100 | > 20 |
| Bodenreaktion (pH-Wert) | 6,0 – 7,5 | 4,0 – 7,5 |
| Gesamtfilterwirkung (Stufen) | gering bis mittel | mittel bis hoch |
| Sonstige Eigenschaften | keine weiten Hohlräume | Aufenthaltsdauer für Sickerwasser ≥ 6 Monate |
| | Auflockerungs- und Filterzone | |
| Hohlräume | Lockermaterial, keine weiten Hohlräume | |
| Stau- und Hangwassereinfluss | stau- und hangwasserfrei | |
| Grundwassereinfluss | Keine Beeinflussung durch Grundwasser, auch bei geschlossenem Kapillarraum | |

Die bodenkundliche Beurteilung zur Nutzung eines Standortes für die Anlage von Erdgräbern hat – auf Basis der Geländeerhebungen sowie der daraus abgeleiteten Kennwerte – folgende Aussagen zu bestätigen:

- locker gelagertes Bodenmaterial bis zur Basis der Filterzone,
- keine rezenten hydromorphen Merkmale und kein Stau- oder Hangwasser im Bereich von Auflockerungs- und Filterzone,
- Grundwasserhöchststand unter Einbezug des geschlossenen Kapillarraums unterhalb der Basis der Filterzone,
- ausreichende Wasserdurchlässigkeit und Durchlüftung (Luftkapazität) in der Auflockerungszone,
- ausreichende Filter- und Sorptionseigenschaften der Filterschicht, d.h. Aufenthaltsdauer des Sickerwassers in der Filterzone aus hygienischen Gründen nicht unter sechs Monaten,
- kein Vorkommen von größeren Steinen (> 15 cm) in der Überdeckung,
- pH-Wert in der Auflockerungszone im schwach sauren bis schwach alkalischen Bereich,
- Ausschluss von Geruchsbelästigungen an der Geländeoberfläche.

5.5 Abschätzung der Verwesungsdauer

Die Mindestruhezeit beträgt gemäß § 3 der Landesverordnung zur Durchführung des Bestattungsgesetzes zurzeit 15 Jahre. Die Bestimmung der tatsächlich notwendigen Ruhezeit richtet sich aber grundsätzlich nach der Verwesungsdauer, also der Zeit, die für die vollständige Mineralisation einer Leiche bis auf die Knochenreste benötigt wird.

Mit einer Verzögerung der Verwesung ist bei Tiefgräbern zu rechnen, da sich mit zunehmender Tiefe in der Regel die Verwesungsbedingungen verschlechtern. Darüber hinaus können auch bestimmte Grababdeckungen, z. B. luftabschließende Grabsteinplatten und sonstige wasser- und luftundurchlässige Materialien, die Verwesungsprozesse beeinträchtigen.

Es ist möglich, die Ruhezeit für verschiedene Grabfelder eines Friedhofes unterschiedlich festzulegen. Sie hängt aber stets entscheidend von den Boden- und Wasserverhältnissen in der Auflockerungs- und Filterzone ab.

6 MÖGLICHKEITEN DER MELIORATION

Ein Bodengutachten zur Eignung einer Fläche für die Erdbestattung kann immer nur die vorhandenen Verhältnisse beurteilen und trifft daher Aussagen bezüglich einer potenziellen Eignung. Führen die oben angegebenen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass sich die geplante Erdbestattungsfläche nicht für eine rasche und vollständige Verwesung eignet (beispielsweise auf Grund von Stauwassereinfluss), können Maßnahmen zur Standortverbesserung in Erwägung gezogen werden. Beispiele hierfür sind u. a. Einzelgrabdränung, Fangdränung, Aufkalkung, Geländeaufschüttung oder Bodenaustausch. Darüber hinaus können Grabkammern aus Betonfertigteilen oder Grabhüllen aus wasserundurchlässigem Geotextilgewebe u. Ä. in begrenztem Rahmen eine Alternative bieten.

Eine vollständige Aufzählung aller Meliorationsmöglichkeiten ist an dieser Stelle auf Grund der sehr unterschiedlichen Problemstellungen nicht möglich. Mittlerweile haben sich am Markt Firmen etabliert, die auf die Melioration oder Sanierung von Friedhofsstandorten spezialisiert sind. Zu beachten ist allerdings, dass die Meliorationsmaßnahmen in der Regel mit enormen Kosten verbunden sind. Für welchen Weg man sich auch entscheidet: Das Ziel der gewählten Maßnahme muss immer der Nachweis sein, dass alle oben beschriebenen Anforderungen erfüllt werden.

In Anhang 8 werden typische Problemböden mittels Bild und Erläuterung vorgestellt. Die Visualisierung dieser Böden soll das Erkennen von für die Friedhofsnutzung ungeeigneten Böden erleichtern und die dahinterstehenden Prozesse verständlich machen.

7 ALTERNATIVE BESTATTUNGSFORMEN

7.1 Muslimische Tuchbestattungen

Heute finden sich in der Bundesrepublik Deutschland eine Vielfalt an kulturellen und religiösen Lebensformen. Dies führt unter anderem dazu, dass immer mehr Gemeinden mit dem Wunsch ihrer muslimischen Bevölkerung konfrontiert sind, eine Bestattung gemäß den islamischen Regeln zu ermöglichen. Die Bestattungsriten des Islam unterscheiden sich von den Sargbestattungen der Christen. Die Verbindung der Leiche mit dem Boden ist bei der Grablegung besonders wichtig, die Verwendung eines Sarges daher ausgeschlossen. Es stellt sich damit die Frage, ob sich die für die Erdbestattung geeigneten Böden auch für die islamische Tuchbestattung eignen oder ob zusätzliche Informationen bzw. Gutachten vonnöten sind.

In einem Laborversuch konnte das Landesamt für Geologie und Bergbau in Zusammenarbeit mit der Stadt Mainz nachweisen, dass die Wasserspeicherkapazität des bei der muslimischen Bestattung verwendeten Tuchgewebes ausreicht, um die entstehenden Verwesungsprodukte in ausreichendem Maße zurückzuhalten. Damit können die Tuch- und die Sargbestattung bezüglich ihrer Speicherung von Wasser, welches mit Verwesungsprodukten belastet sein kann, gleichgesetzt werden. Prinzipiell ist also ein für die Erdbestattung geeigneter Boden auch für eine muslimische Tuchbestattung nutzbar (ZOLLFRANK 2014).

7.2 Urnenbeisetzungen

Nach § 1 S. 1 Hs. 2 BestattGDV RP gelten die Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit nicht für Bestattungsplätze, die ausschließlich zur Beisetzung von Urnen bestimmt sind. Gemäß § 1 Abs. 2 BestG, sind jedoch Bestattungsplätze so anzulegen und zu gestalten, dass die Totenruhe gewährleistet und das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Dies bedingt, dass Grabstätten für Urnen nicht durch Fremdeinwirkungen beeinträchtigt werden dürfen. Dabei sind vor allem das Aufgraben z.B. durch Tiere oder das Aufschwemmen der Urnen durch Wasser (z. B. Hochwasser, starke Grund- und Staunässe) zu verhindern. Zudem muss eine ausreichende Grabbarkeit des Untergrundes gegeben sein. Eine Fläche ist grundsätzlich für eine Urnenbestattung geeignet, wenn der Boden bis in eine Tiefe von 80 cm grabbar (Überdeckung der Urne von mindestens 50 cm) ist.

Bei Verwendung von kompostierbaren Urnen (z. B. bei Urnenbestattungen in Wäldern) ist folgendes zu beachten: Um mögliche Schwermetallausträge – insbesondere von hochgiftigen und sehr mobilen Chrom(VI)-Verbindungen – aus den Kremationsaschen zu verhindern, empfiehlt es sich nur Flächen zu nutzen, die im Tiefenbereich der Urnen Boden-pH-Werte zwischen 4 und 6,5 aufweisen. Zudem sollte zwischen der Urne und dem mittleren höchsten Grundwasserstand ein Abstand von mindestens einem Meter vorhanden sein. Für sehr staunasse Böden mit langfristig bis sehr langfristig wassergesättigtem Stauwasserkörper in 60-80 cm unter Geländeoberfläche mit dem Vernässungsgrad Vn4 bis Vn6 (AG Boden 2005) ist von einer Bestattung biologisch abbaubarer Urnen abzusehen, da ein lateraler Stofftransport bzw. Anschluss an Oberflächengewässer und Grundwasserkörper nicht ausgeschlossen werden kann und eine Kontamination bedingen könnte. Auf eine Nutzung solcher Standorte sollte daher verzichtet werden (UBA 2019).

7.3 Tierfriedhöfe

Tierfriedhöfe fallen nicht unter das Bestattungsgesetz. Der Umgang mit Tierkörpern und Tierkörperteilen ist im Gesetz über die Beseitigung von Tierkörpern, Tierkörperteilen und tierischen Erzeugnissen (Tierkörperbeseitigungsgesetz – TierKBG) aus dem Jahr 2001 geregelt. Diese sind in speziellen Tierkörperbeseitigungsanlagen zu entsorgen. § 5 Abs. 2 des Gesetzes schließt dabei jedoch einzelne Körper von Hunden, Katzen, Ferkeln, Kaninchen, unter vier Wochen alten Schaf- und Ziegenlämmern sowie einzelne Körper von Geflügel oder in Tierhandlungen gehaltenen Kleintieren und Vögeln von dieser Verpflichtung aus.

Diese können auch auf geeigneten und von der zuständigen Behörde hierfür besonders zugelassenen Plätzen oder auf eigenem Gelände, jedoch nicht in Wasserschutzgebieten und nicht in unmittelbarer Nähe öffentlicher Wege und Plätze, begraben werden. Das Gesetz sieht dabei vor, dass die Tierkörper mit einer ausreichenden, mindestens 50 Zentimeter starken Erdschicht, gemessen vom Rande der Grube an, zu bedecken sind. Dabei muss dafür Sorge getragen werden, dass eine Verunreinigung des Grundwassers ausgeschlossen ist.

Größere Tierkörper, wie zum Beispiel solche von Pferden, müssen auch weiterhin in Tierkörperbeseitigungsanlagen behandelt werden. Es ist jedoch erlaubt, deren Asche an speziell dafür vorgesehenen Stellen beizusetzen, wobei bisher kein geregelter Genehmigungsverfahren für eine solche Anlage existiert. Auch in diesem Fall sollten die Anforderungen an die Bestattung von Urnen eingehalten werden.

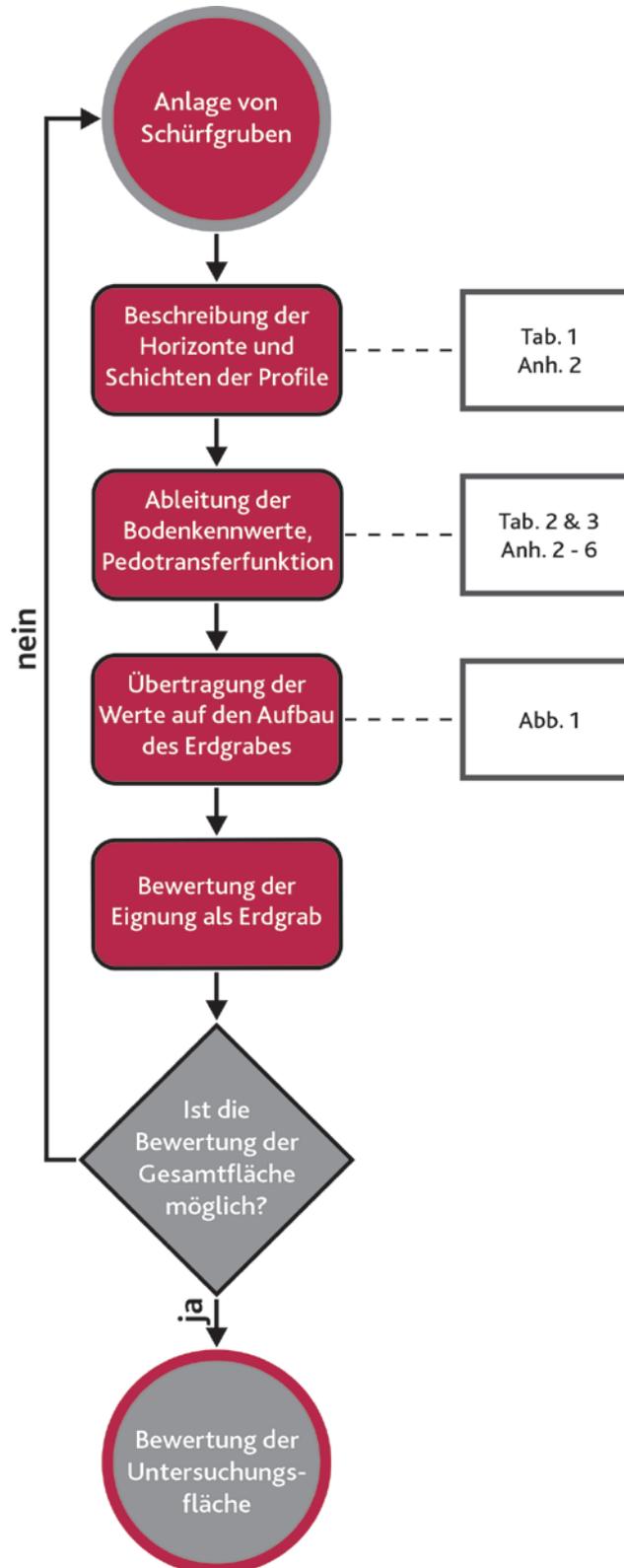
8 LITERATUR

- AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5). Hannover.
- ALBRECHT, M. C. (2008): Bodenkundlich-hygienische Untersuchung von Friedhofsflächen. Verwesungsstörungen auf dem Friedhof. Dokumentation und Ursachenermittlung. Dissertation an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Horizonte – Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde, Band 22, 216 Seiten. Tönning.
- Bestattungsgesetz (BestG) vom 4.3.1983 in der Fassung vom 19.12.2019: Gesetz- und Verordnungsblatt Rheinland-Pfalz, S. 341. Mainz.
- Bestattungsgesetzdurchführungsverordnung (BestattGDV RP) vom 20. Juli 1983 in der Fassung vom 08.05.2002: Gesetz- und Verordnungsblatt Rheinland-Pfalz, S. 177. Mainz.
- DEHNER, U.; RENGER, M.; BRÄUNIG, A.; LAMPARTER, A.; BAURIEGEL, A.; BURBAUM, B.; HARTMANN, K.-J.; HENNINGS, V.; IDLER, F.; KRONE, F.; MARTIN, W.; MEYER, K. & WALDMANN, F. (2015): Neue Kennwerte für die Wasserbindung in Böden – Ergebnisse der Abstimmung zwischen dem Personenkreis Wasserhaushaltstabellen der Ad-hoc-AG Boden und dem DWA. In: Jahrestagung der DBG 2015: Unsere Böden - unser Leben, 05.-10.09.2015, München. (<http://eprints.dbges.de/1160/>)
- DIN 18300, Erdarbeiten. Berlin.
- DIN 19682-10:2014-07, Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges. Berlin.
- DVGW – Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg.) (2006): Technische Regel Arbeitsblatt W 101, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. Bonn.
- Gesetz über die Beseitigung von Tierkörpern, Tierkörperteilen und tierischen Erzeugnissen (Tierkörperbeseitigungsgesetz – TierKBG) vom 11. April 2001: Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 16, S. 523. Bonn.
- Gesetz über das Friedhofs-, Bestattungs- und Leichenwesen Saarland (BestattG) vom 5.11.2003 in der Fassung vom 15. März 2017: Amtsblatt I, S. 476. Saarbrücken.
- LGB – Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2014): Sicher Bauen in Rheinhessen. Maßnahmen bei Hangrutschgefährdung und anderen Georisiken. Eine Information für Gemeinden, Planer/Architekten und Bauherren. Mainz.
- PAGELS, B.; FLEIGE, H. & HORN, R. (2004): Endbericht zur Studie: „Bodenbeschaffenheit und Zersetzungsproblematik auf Friedhöfen.“ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 61 Seiten. Herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Baugewerbes. Berlin.

- RENGER, M.; BOHNE, K.; FACKLAM, M.; HARRACH, H.; RIEK, W.; SCHÄFER, W.; WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. In: Bodenökologie und Bodengenes, Heft 40. Berlin.
- SAUER, S. (2004): Die Eignung der Böden für die Erdbestattung im Bereich der geplanten Friedhofserweiterung in der Gemarkung Berghausen. Gutachten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Mainz. [unveröffentlicht]
- SCHEPERS, B. (2010): Eignung von Standorten zu Bestattungszwecken in den Regionen Düsseldorf und Bergisches Land. Master-Thesis, Fakultät für Geowissenschaften, Geographisches Institut, Ruhr-Universität Bochum, 80 S. Bochum. [unveröffentlicht]
- SCHOENEN, D. & ALBRECHT, M. (2003): Die Verwesung aus hygienischer und bodenkundlicher Sicht. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Band 113, 134 Seiten. Berlin.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Evaluierung von Ausmaß und Ursachen einer Schadstofffreisetzung aus Urnen in Bestattungswäldern. Texte 142/2019. Dessau-Roßlau. (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schadstofffreisetzung-urnen-bestattungswaelder>)
- WOURTSAKIS, A. (2002): Bodenkundliche und hydrogeologische Anforderungen für die Erdbestattung. In: WOURTSAKIS, A. (Hrsg.): Konfliktfeld Friedhof. Verwesungsproblematik, Umweltrisiko, Sanierung. Zweite Friedhofstagung des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz am 10. April 2002 in Mainz, S. 19-34. Mainz.
- WOURTSAKIS, A. (2003): Bodenkundliche und hydrogeologische Anforderungen für die Erdbestattung. In: Friedhofskultur 01/2003, S. 31-34. Braunschweig.
- ZIMMERMANN, I. (2012): Entwicklung einer umweltgerechten Erdbestattungspraxis im Hinblick auf die Folgewirkungen auf Böden, Grundwasser und Atmosphäre. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel, Band 97, 179 Seiten. Kiel.
- ZOLLFRANK, U. (2014): Tuchbestattung auf deutschen Friedhöfen – geht das? Bodenvoraussetzungen für Bestattungen im Leichtentuch. In: Friedhofskultur, Juli 2014, S. 32-34. Braunschweig.

ANHANG

Anhang 1: Arbeitsablauf bei der Begutachtung von Standorten für die Erdbestattung



Anhang 2: Quellenverweise für die Bodenprofilaufnahme und -bewertung

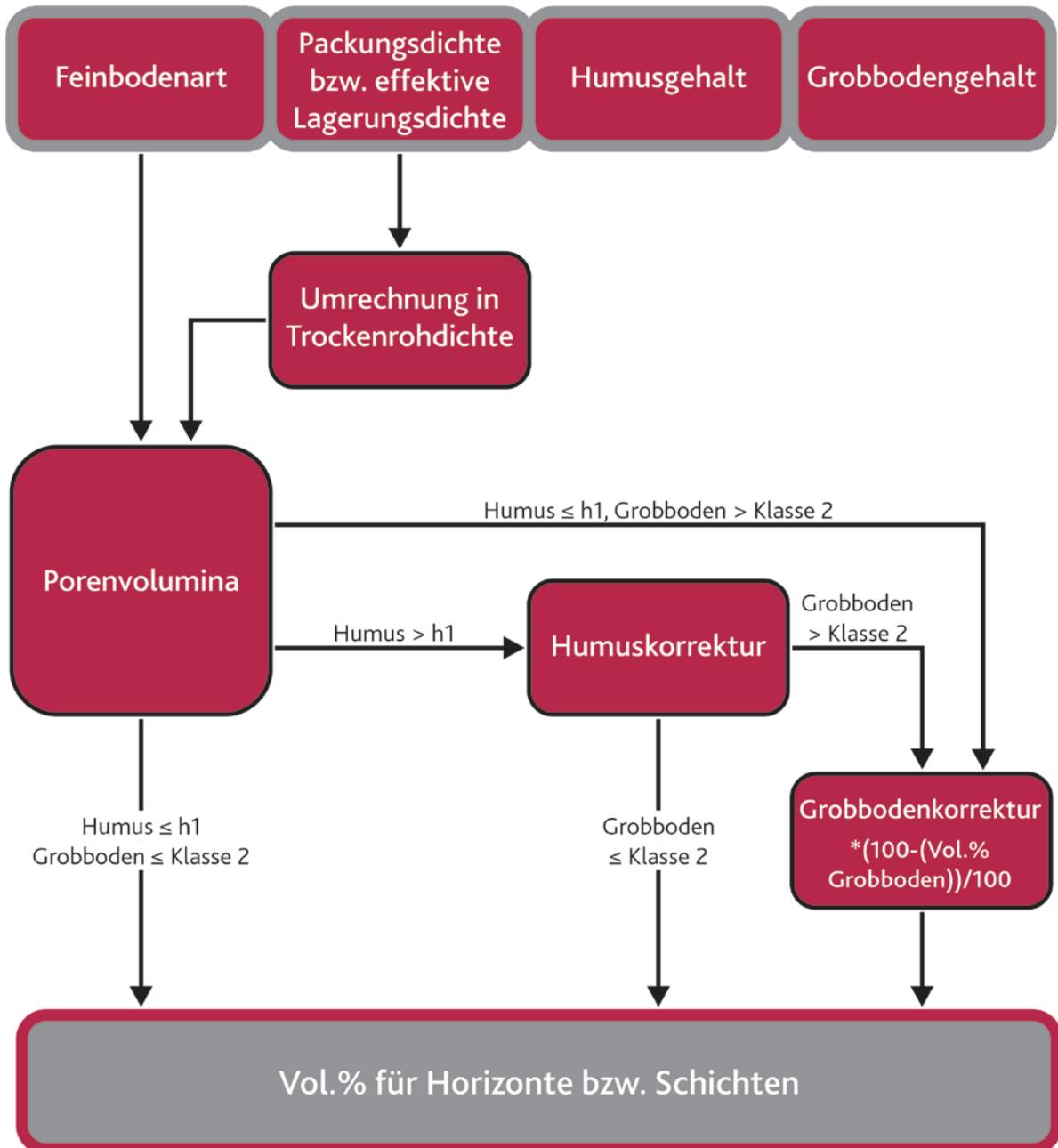
| | | Bodenkundliche Kartieranleitung (2005) ¹ | Dieses Themenheft ² | DIN 19682-10 ³ | DIN 18300 |
|------------------------------------|---|---|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Kopfdaten | Relief | S. 58-69 | | | |
| | Nutzung | S. 71-73 | | | |
| Schurf- bzw. Profilaufnahme | Grabbarkeit | | | | x |
| | Feinbodenart | S. 141-148 (Abb.17) | | | |
| | Grobbodenart | S. 148-157 (Tab. 32) | | | |
| | Grobbodengehalt | S. 148-157 (Tab. 33) | | | |
| | Hydromorphe Merkmale | S. 112-113 S. 53-54 | | | |
| | Vernässungsgrad | S. 314-315 | | | |
| | Humusgehalt | S. 110-112 | | | |
| | effektive Lagerungsdichte, Trockenrohdichte | | Anhang 4 | | |
| | Packungsdichte | | | x | |
| | Bodengefüge | S. 116-124 | | x | |
| Bewertung bzw. Pedotransfer | Luft- und Feldkapazität (LK, FK) | | Anhänge 5 bis 6 | | |
| | Wasserdurchlässigkeit (Kf) | S. 349-352 (Tab. 76) | | | |
| | Geschlossener Kapillarraum bzw. kapillarer Aufstieg | S. 352-355 (Tab. 78) | | | |
| | Gesamtfilterwirkung | S. 362-363 S. 368-372 (Tab. 93) | | | |

¹ Maßgeblich für die Bodenprofilaufnahme und -bewertung ist die Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5) (AG Boden 2005).

² Das vorliegende Themenheft enthält im Anhang eine Tabelle zur Ableitung der mittleren Trockenrohdichten für die Klassen der effektiven Lagerungsdichte bzw. Packungsdichte in Abhängigkeit von der Bodenart (RENGER et al. 2009), sowie zwei gegenüber der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) aktualisierte Wasserhaushaltstabellen für die Abschätzung des Bodenwasserhaushaltes (DEHNER et al. 2015).

³ Diese DIN-Norm gilt für die Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges im Feld. Sie enthält u.a. eine Tabelle zur Ableitung der Packungsdichte anhand von Gefügemerkmalen und Wurzelverteilung. Die Packungsdichte kann generell nicht in die Trockenrohdichte umgerechnet werden. Allerdings entsprechen sich in der Regel die Klasseneinteilungen der Packungsdichte und der effektiven Lagerungsdichte. Diese Parameter sind unter anderem von grundlegender Bedeutung für die Beurteilung des Wasser- und Lufthaushaltes eines Bodens.

Anhang 3: Schätzung von Kennwerten des Wasser- und Lufthaushaltes für mineralische Böden



Anhang 4: Mittlere Trockenrohdichten (TRD) in g/cm³ für die Klassen der effektiven Lagerungsdichte (LD) bzw. Packungsdichte (PD) in Abhängigkeit von der Bodenart für Böden mit Humusgehalten von < 1 % (RENGER et al. 2009)

| Bodenart | LD1/PD1 | LD2/PD2 | LD3/PD3 | LD4/PD4 | LD5/PD5 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ss | 1,18 | 1,40 | 1,63 | 1,83 | 1,98 |
| Sl2 | 1,15 | 1,37 | 1,60 | 1,80 | 1,95 |
| Sl3 | 1,13 | 1,35 | 1,58 | 1,78 | 1,93 |
| Sl4 | 1,10 | 1,32 | 1,55 | 1,75 | 1,90 |
| Slu | 1,09 | 1,31 | 1,54 | 1,74 | 1,89 |
| St2 | 1,14 | 1,36 | 1,59 | 1,79 | 1,94 |
| St3 | 1,09 | 1,31 | 1,54 | 1,74 | 1,89 |
| Su2 | 1,17 | 1,39 | 1,62 | 1,82 | 1,97 |
| Su3 | 1,15 | 1,37 | 1,60 | 1,80 | 1,95 |
| Su4 | 1,14 | 1,36 | 1,59 | 1,79 | 1,94 |
| Ls2 | 1,05 | 1,27 | 1,50 | 1,70 | 1,85 |
| Ls3 | 1,06 | 1,28 | 1,51 | 1,71 | 1,86 |
| Ls4 | 1,07 | 1,29 | 1,52 | 1,72 | 1,87 |
| Lt2 | 1,01 | 1,23 | 1,46 | 1,66 | 1,81 |
| Lt3 | 0,96 | 1,18 | 1,41 | 1,61 | 1,76 |
| Lts | 1,00 | 1,22 | 1,45 | 1,65 | 1,80 |
| Lu | 1,03 | 1,25 | 1,48 | 1,68 | 1,83 |
| Uu | 1,09 | 1,31 | 1,54 | 1,74 | 1,89 |
| Uls | 1,08 | 1,30 | 1,53 | 1,73 | 1,88 |
| Us | 1,12 | 1,34 | 1,57 | 1,77 | 1,92 |
| Ut2 | 1,07 | 1,29 | 1,52 | 1,72 | 1,87 |
| Ut3 | 1,05 | 1,27 | 1,50 | 1,70 | 1,85 |
| Ut4 | 1,02 | 1,24 | 1,47 | 1,67 | 1,82 |
| Tt | 0,81 | 1,03 | 1,26 | 1,46 | 1,61 |
| Tl | 0,90 | 1,12 | 1,35 | 1,55 | 1,70 |
| Tu2 | 0,90 | 1,12 | 1,35 | 1,55 | 1,70 |
| Tu3 | 0,96 | 1,18 | 1,41 | 1,61 | 1,76 |
| Tu4 | 0,99 | 1,21 | 1,44 | 1,64 | 1,79 |
| Ts2 | 0,92 | 1,14 | 1,37 | 1,57 | 1,72 |
| Ts3 | 0,99 | 1,21 | 1,44 | 1,64 | 1,79 |
| Ts4 | 1,04 | 1,26 | 1,49 | 1,69 | 1,84 |

Anhang 5: Schätzrahmen zur Bestimmung von Parametern der Wasserbindung in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden, Bezugswert Feldkapazität pF 1,8 (Angaben in Vol.-%) (DEHNER et al. 2015)

| Bodenart | Feldkapazität | | | | | Luftkapazität | | | | |
|----------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | Trockenrohdichte (g/cm ³) | | | | | | | | | |
| | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 |
| Ss | | 12 | 13 | 14 | | | 39 | 31 | 23 | |
| fS | | 17 | 18 | 19 | | | 34 | 26 | 18 | |
| mS | | 12 | 13 | 14 | | | 39 | 31 | 23 | |
| gS | | 9 | 10 | 11 | | | 42 | 34 | 26 | |
| Sl2 | | 22 | 21 | 20 | 19 | | 29 | 23 | 17 | 11 |
| Sl3 | | 27 | 25 | 24 | 22 | | 24 | 19 | 13 | 8 |
| Sl4 | | 29 | 27 | 25 | 23 | | 22 | 17 | 12 | 6 |
| Slu | | 34 | 32 | 30 | 28 | | 17 | 12 | 7 | 2 |
| St2 | | 18 | 18 | 18 | 18 | | 33 | 26 | 19 | 12 |
| St3 | | 24 | 22 | 22 | 21 | | 27 | 22 | 15 | 9 |
| Su2 | | 21 | 20 | 19 | 18 | | 30 | 24 | 18 | 12 |
| Su3 | | 28 | 26 | 24 | 22 | | 23 | 18 | 13 | 8 |
| Su4 | | 32 | 30 | 28 | 26 | | 19 | 14 | 9 | 4 |
| Ls2 | 39 | 37 | 35 | 32 | 29 | 20 | 14 | 9 | 5 | 1 |
| Ls3 | 36 | 34 | 32 | 29 | 27 | 23 | 17 | 12 | 8 | 3 |
| Ls4 | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 27 | 21 | 16 | 11 | 6 |
| Lt2 | 41 | 38 | 35 | 32 | | 18 | 13 | 9 | 5 | |
| Lt3 | 45 | 42 | 38 | 34 | | 14 | 9 | 6 | 3 | |
| Lts | 39 | 36 | 33 | 30 | | 20 | 15 | 11 | 7 | |
| Lu | 42 | 39 | 36 | 33 | | 17 | 12 | 8 | 4 | |
| Uu | 39 | 37 | 36 | 34 | | 20 | 14 | 8 | 3 | |
| Uls | 38 | 36 | 34 | 32 | | 21 | 15 | 10 | 5 | |
| Us | 37 | 35 | 33 | 31 | | 22 | 16 | 11 | 6 | |
| Ut2 | 39 | 37 | 36 | 34 | | 20 | 14 | 8 | 3 | |
| Ut3 | 40 | 38 | 37 | 35 | | 19 | 13 | 7 | 2 | |
| Ut4 | 41 | 39 | 37 | 35 | | 18 | 12 | 7 | 2 | |
| Tt | 53 | 48 | 42 | | | 6 | 4 | 2 | | |
| Tl | 48 | 44 | 40 | 35 | | 11 | 7 | 4 | 2 | |
| Tu2 | 50 | 46 | 41 | 36 | | 9 | 6 | 3 | 1 | |
| Tu3 | 47 | 43 | 39 | 35 | | 12 | 8 | 5 | 2 | |
| Tu4 | 45 | 41 | 38 | 35 | | 14 | 10 | 6 | 2 | |
| Ts2 | | 38 | 35 | 31 | | | 13 | 9 | 6 | |
| Ts3 | | 34 | 31 | 28 | | | 17 | 13 | 9 | |
| Ts4 | | 30 | 28 | 26 | | | 21 | 16 | 11 | |

Anhang 6: Zu- und Abschläge für Feld- und Luftkapazität in Abhängigkeit von der Humusstufe und der Bodenart (Angaben in Vol.-%) (DEHNER et al. 2015)

| Bodenart | Feldkapazität | | | | Luftkapazität | | | |
|----------|---------------|----|----|----|---------------|----|----|----|
| | h2 | h3 | h4 | h5 | h2 | h3 | h4 | h5 |
| Ss | 3 | 5 | 10 | 20 | -1 | -1 | -3 | -5 |
| Sl2 | 2 | 5 | 9 | 17 | 0 | -1 | -2 | -3 |
| Sl3 | 2 | 4 | 9 | 16 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| Sl4 | 2 | 4 | 8 | 15 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Slu | 2 | 4 | 7 | 14 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| St2 | 2 | 5 | 10 | 17 | 0 | -1 | -2 | -3 |
| St3 | 2 | 5 | 9 | 16 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| Su2 | 2 | 5 | 10 | 18 | 0 | -1 | -2 | -3 |
| Su3 | 2 | 5 | 9 | 16 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| Su4 | 2 | 5 | 8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ls2 | 2 | 4 | 7 | 13 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Ls3 | 2 | 4 | 7 | 14 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Ls4 | 2 | 4 | 8 | 14 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lt2 | 2 | 3 | 6 | 11 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Lt3 | 1 | 3 | 6 | 11 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Lts | 2 | 4 | 7 | 13 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Lu | 1 | 3 | 6 | 11 | 2 | 2 | 3 | 5 |
| Uu | 1 | 3 | 5 | 10 | 0 | 1 | 2 | 4 |
| Uls | 2 | 4 | 6 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Us | 2 | 4 | 6 | 12 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Ut2 | 2 | 4 | 7 | 11 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Ut3 | 2 | 4 | 7 | 11 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Ut4 | 2 | 4 | 7 | 10 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Tt | 1 | 2 | 4 | 8 | 3 | 4 | 5 | 7 |
| Tl | 1 | 2 | 4 | 8 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| Tu2 | 1 | 2 | 4 | 8 | 2 | 4 | 5 | 7 |
| Tu3 | 1 | 2 | 5 | 8 | 2 | 2 | 4 | 7 |
| Tu4 | 1 | 2 | 5 | 9 | 2 | 3 | 4 | 7 |
| Ts2 | 2 | 3 | 7 | 13 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ts3 | 2 | 4 | 8 | 14 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ts4 | 2 | 4 | 8 | 14 | 1 | 2 | 2 | 3 |

Anhang 7: Beispiel für eine Profilaufnahme und -bewertung inklusive Rechenweg (nach SAUER 2004)

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
|  | <p>Oberboden (0–55 cm) Ah- + rAp-Horizont stark lehmiger Sand, schwach kiesig, mittel humos, kohärent, mittlere Packungsdichte, 10YR4/2, pH 6,9</p> | <p>Schicht I Sandlöss Holozän</p> | <p>Auflockerungszone (oberhalb der Grabsohle von 190 cm)</p> <p>Wasserdurchlässigkeit (Kf-Wert) 44 cm/Tag ✓ Luftkapazität 17 Vol.-% ✓ Bodenreaktion pH-Wert 6,8 bis 6,9 ✓ GesamtfILTERwirkung gering bis mittel ✓ größere Steine (> 15 cm) keine ✓</p> | <p>Auflockerungs- und Filterzone</p> <p>Mächtigkeit des Lockermaterials > 260 cm ✓ Stau- und hangwasserfreier Raum > 260 cm ✓ Beeinflussung durch Grundwasser keine ✓</p> |
| <p>Unterboden (55–110 cm) M-Horizont mittel sandiger Lehm, schwach kiesig, sehr schwach humos, subpolyedrisch, mittlere Packungsdichte, pH 6,8</p> | <p>Schicht II Lösssand Pleistozän</p> | <p>Filterzone (ab 190 cm)</p> <p>Wasserdurchlässigkeit (Kf-Wert) 34 cm/Tag ✓ Luftkapazität 11 Vol.-% ✓ Bodenreaktion pH-Wert 6,9 bis 7,6 ✓ GesamtfILTERwirkung mittel bis hoch ✓</p> | | |
| <p>Untergrund (110–220 cm) lCv-Horizont stark schluffiger Sand, geringe Packungsdichte, 2.5YR5/4, pH 6,9</p> | <p>Schicht III Hochflutton Pleistozän</p> | <p>Untergrund (220–260 cm) mittel schluffiger Ton, mittel kiesig, mittlere Packungsdichte, pH 7,6</p> | | |

| Tiefe [cm] | Bodenart Abb. 17 ¹ | Pd- bzw. Ld-Klassen -> TRD [g/cm ³] Anh. 4 ² | Skelettanteil-Klassen -> Skelettanteil [Vol. %] Tab. 33 ¹ | Humusgehalt- Klassen Tab. 15 ¹ | LK Berechnung Anh. 5 & 6 ² | LK [%] | FK Berechnung Anh 5 & 6 ² | FK [%] |
|------------|----------------------------------|---|--|---|--|--------|--|--------|
| 0-55 | Sl4 | 3 -> 1,55 | | 3 | 17+1 | 18 | 27+4 | 31 |
| 55-110 | Ls3 | 3 -> 1,51 | | | 12 | 12 | 32 | 32 |
| 110-220 | Su4 | 2 -> 1,36 | | | 19 | 19 | 32 | 32 |
| 220-260 | Tu3 | 3 -> 1,41 | 3 -> 17,5 | | 5*(100-17,5)/100 | 4,1 | 39*(100-17,5)/100 | 32,2 |

Ableitung LK und FK

| Tiefe [cm] | Bodenart Abb. 17 ¹ | KAK _{pot} [cmol/kg] Tab. 93 ¹ | KAK _{pot} [cmol/kg] -> KAK _{pot} -Klasse Tab. 85 ¹ | LK [%] -> LK-Klassen Tab. 74 ¹ | Gesamtfilterwirkung- Klassen Tab. 86 ¹ | Ld-Klasse Tab. 76 ¹ | Kf [cm/d] |
|------------|----------------------------------|--|---|---|---|-----------------------------------|-----------|
| 0-55 | Sl4 | 9 | 9 -> 3 | 18 -> 4 | 2 - 3 | 3 | 38 |
| 55-110 | Ls3 | 12 | 12 -> 4 | 12 -> 3 | 3 - 4 | 3 | 27 |
| 110-220 | Su4 | 4 | 4 -> 2 | 19 -> 4 | 2 | 2 | 60 |
| 220-260 | Tu3 | 21 | 21 -> 5 | 4,1 -> 2 | 4 - 5 | 3 | 14 |

Ableitung Kf und Gesamtfilterwirkung

| Tiefe [cm] | Zonen des Grabes | LK-Berechnung | LK [%] ³ | FK-Berechnung | FK [%] ³ | Kf-Berechnung | Kf [cm/d] ³ | Gesamtfilter-Klassen ³ |
|------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0-190 | Auflockerungszone | 0,29*18 +0,29*12 +0,42*19 | 16,7 | 0,29*31 +0,29*32 +0,42*32 | 31,7 | 0,29*38 +0,29*27 +0,42*60 | 44,1 | 2 - 3 gering bis mittel |
| 190-260 | Filterzone | 0,43*19 +0,57*4,1 | 10,5 | 0,43*32 +0,57*32,2 | 32,1 | 0,43*60 +0,57*14 | 33,8 | 3 - 4 mittel bis hoch |

Umlegung auf die Zonen des Grabes

Abkürzungen: Pd (Packungsdichte), Ld (Lagerungsdichte), TRD (Trockenrohichte), LK (Luftkapazität), FK (Feldkapazität), Kf (Wasserdurchlässigkeit), KAK_{pot} (potentielle Kationenaustauschkapazität)

¹ Die Verweise auf Tabellen und Abbildungen beziehen sich auf die Bodenkundliche Kartieranleitung (AG Boden 2005).
² Die Verweise auf Anhänge beziehen sich auf dieses Heft.
³ Gewichtetes Mittel nach Schichtmächtigkeit.

Anhang 8: Für die Erdbestattung ungeeignete Böden (Beispiele)

Fehlende Grabbarkeit und/oder zu geringe Filterfähigkeit des Bodens

Im Fall von flachgründigen Böden und Substraten mit einem hohen Anteil an Schutt und/oder Blöcken ist eine ausreichende Grabbarkeit nicht gegeben. Zudem ist die Filterfähigkeit auf Grund der groben Substratbeschaffenheit meist nicht ausreichend, da das Sickerwasser zu schnell in den Untergrund abgeführt wird.



Ranker aus Hunsrückschiefer (Devon)

Oberboden (Pflughorizont)

(Ap-Horizont: mittel sandiger Lehm, stark grusig)

Untergrund

(mCn-Horizont: unverwitterter Tonschiefer)



Braunerde aus Sandstein (Buntsandstein)

Oberboden

(Ah-Horizont: schwach lehmiger Sand, sehr stark grusig)

Unterboden

(Bv-Horizont: schwach lehmiger Sand, sehr stark steinig)

Untergrund

(mCv-Horizont: angewitterter Sandstein)

Zu geringe Luftkapazität und zu geringe Wasserdurchlässigkeit

Tonreiche Böden (Pelosole) weisen auf Grund von mangelnden Grobporen eine zu geringe Luftkapazität auf. Die Feinkörnigkeit des Substrates hemmt zudem den Abfluss von Sickerwasser. Wegen bei Trockenheit auftretenden tiefreichenden Schrumpfrissen können Geruchsbelästigungen an der Geländeoberfläche nicht ausgeschlossen werden.



Pelosol aus Tonmergel (Lias)

Oberboden

(Ah-Horizont: schwach schluffiger Ton, schwach grusig)

Unterboden

(P-Horizont: schwach schluffiger Ton, schwach grusig, im oberen Teil entkalkt, unten carbonatreich)

Verwitterungszone

(eP-Horizont: Ton, schwach grusig, extrem carbonatreich)

Untergrund

(emCv-Horizont: Ton, sehr stark steinig, extrem carbonatreich)



Rigisol-Pelosol aus Tonmergel (Tertiär)

Oberboden

(R-Horizont: mittel schluffiger Ton, schwach grusig, carbonatreich)

Unterboden

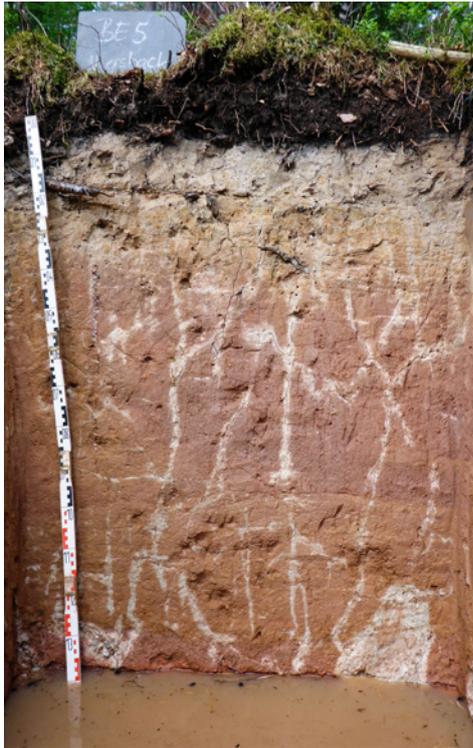
(eP-Horizont: schwach schluffiger Ton, schwach grusig, sehr carbonatreich)

Untergrund

(eIC-Horizont: schwach schluffiger Ton, schwach grusig, extrem carbonatreich)

Böden mit Hang- und/oder Stauwassereinfluss

Stauwasserbeeinflusste Böden zeichnen sich durch einen dichten Unterboden aus, der das Hang- oder Sickerwasser nicht oder nur verzögert in den Untergrund abführt. Daher herrscht in diesen Böden in niederschlagsreichen Phasen Sauerstoffmangel. Das reduzierende Milieu führt im wasserleitenden Horizont zu Nassbleichung, im wasserstauenden Horizont zu Rost- und Graufleckung. Im Boden sind ausgefällte Eisen- und Mangankonkretionen zu finden.



Pseudogley aus Sandstein (Buntsandstein)

Wasserleitender Ober-/Unterboden

(Ahe- und Sew-Horizont: mittel lehmiger Sand)

Wasserstauender Unterboden

(Sd-Horizont: mittel toniger Sand, sehr schwach kiesig)

Untergrund

(ICv-Horizont: schwach toniger Sand)



Pseudogley aus Ton-/Sandstein (Unterdevon)

Oberboden (Pflughorizont)

(Ap-Horizont: schwach toniger Lehm, schwach grusig)

Wasserleitender Unterboden

(Sw-Horizont: schwach toniger Lehm, schwach grusig)

Wasserstauender Unterboden

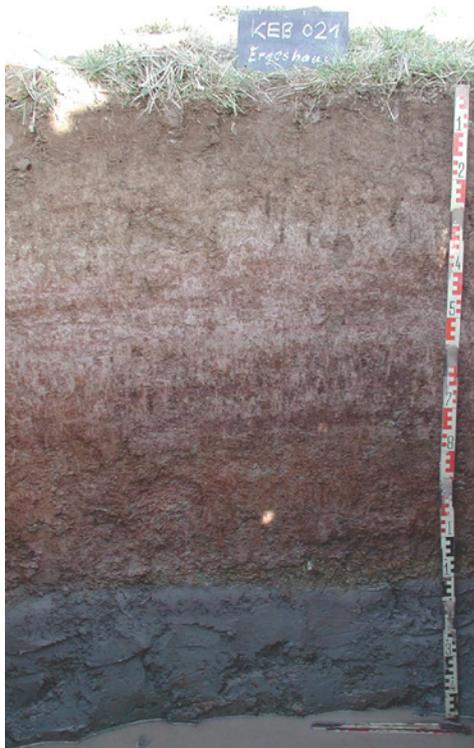
(Cj-Sd-Horizont: schluffiger Lehm, mittel grusig)

Untergrund

(Cvj-Horizont: schluffiger Lehm, sehr stark grusig)

Böden mit Grundwassereinfluss

Grundwasserböden weisen einen Oxidationshorizont auf, in welchem rote Farben dominieren (Rostflecken durch Oxidation von Eisen und Mangan). Dieser entspricht dem Grundwasserschwankungsbereich. Darunter folgt ein durch Sauerstoffmangel gebildeter Reduktionshorizont mit meist blau-grauer Färbung. Die Oberkante des Reduktionshorizontes entspricht der langfristigen Grundwasseroberfläche, inklusive Kapillarraum.



Gley aus Fluvialschluff (Holozän)

Oberboden

(Ah-aM-Horizont: schluffiger Lehm, sehr schwach grusig)

Unterboden (Grundwasserschwankungsbereich)

(aGo-Horizont: schluffiger Lehm bis stark toniger Schluff, sehr schwach grusig)

Untergrund (Grundwasserbereich)

(aGr-Horizont: stark schluffiger Ton)



Gley aus Fluvialsand (Plio-/Pleistozän)

Oberboden

(rAp-Ah-Horizont: schwach lehmiger Sand, schwach kiesig)

Unterboden (Grundwasserschwankungsbereich)

(aGo-Horizont: schwach schluffiger Sand, sehr schwach kiesig)

Untergrund (Grundwasserbereich)

(aGor-Horizont: schwach schluffiger Sand)

Organische Böden

Moore bzw. Torfe entstehen in wassergesättigtem Milieu durch Anhäufung unvollständig zersetzten Pflanzenmaterials. Moorböden kommen auch bei abgesenktem Grundwasser, Drainage oder Kultivierung für eine Friedhofsnutzung nicht in Frage. Die allgemeine Beschaffenheit des organischen Substrates führt zu einem Ausschluss dieser Böden.



Moorboden aus Niedermoortorf (Holozän)

Aufschüttung bzw. Sanddeckkultur

(R-Ah-Horizont: Torf mit eingemischtem Sand, sehr stark humos)

Niedermoortorf

(nHvw- und nHr-Horizont: organisch)

Vererdeter Torf bzw. Mudde

(Hv-fAa-Horizont: extrem humos, anmoorig)



Moorboden aus Übergangsmoortorf (Holozän)

Übergangsmoortorf

(uHw- und uHr-Horizont: organisch)

Vererdeter Torf bzw. Mudde

(Hv-fAa-Horizont: extrem humos, anmoorig)

Untergrund

(Gr-Horizont: stark lehmiger Sand, sehr stark grusig)

Böden mit sehr niedrigen pH-Werten

In nährstoffarmen und sehr stark sauren Böden bzw. Substraten ist die biologische Aktivität deutlich gehemmt. Zudem wirkt sich ein sehr niedriger Boden-pH-Wert in der Regel negativ auf den Schadstoffrückhalt (z. B. bei Schwermetallen) aus. Daher sind Böden dieser Art für eine Friedhofsnutzung im Allgemeinen wenig geeignet.



Podsol aus Sandstein (Buntsandstein)

Oberboden

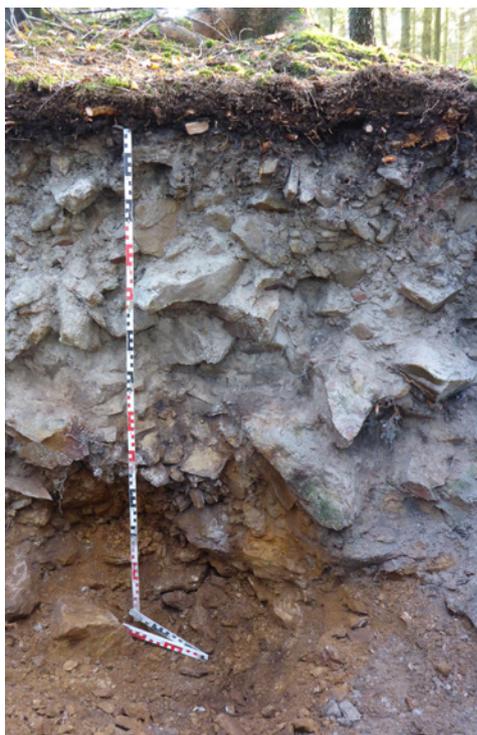
(Ahe- und Ae-Horizont: Feinsand, schwach kiesig)

Unterboden

(Bmsh- und Bs-Horizont: mittel lehmiger Sand bis schwach toniger Sand, mittel bis stark kiesig)

Untergrund

(iCv-Horizont: verwitterter Sandstein)



Podsol aus Quarzit (Unterdevon)

Oberboden

(Ahe- und Ae-Horizont: mittel schluffiger Sand, extrem steinig, mit Blockschutt)

Unterboden

(Bsh-Horizont: mittel lehmiger Sand, extrem steinig, mit Blockschutt)

Untergrund

(iCsv-Horizont: mittel schluffiger Sand, extrem steinig, mit Blockschutt, verwitterter Quarzit)

Bildquellen:

Ulrich Dehner, LGB (S. 32 o., S. 34 o.), Ernst-Dieter Spies, LGB (S. 35 o.), Marion Mays, LGB (S. 34 u.), Michael Rogall, LGB (S. 12 u.), Stephan Sauer, LGB (Titelbild, S. 28 u., S. 30 o., S. 30 u., S. 31 u., S. 32 u., S. 33 o., S. 33 u.), Ulrich Steinrücken, Soilution GbR (S. 31 o., S. 35 u.)

(o = oben, u = unten, r = rechts, l = links)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU

Emy-Roeder-Straße 5
55129 Mainz

office@lgb.rlp.de
www.lgb-rlp.de

ISSN 2509-4785