



Schurf-Probenahme-Ringversuch 2021

Durchführung eines Ringversuchs für
Untersuchungsstellen, die durch Bayern
für Feststoffprobenahmen gemäß
§ 18 BBodSchG zugelassen sind



bodden



Schurf-Probenahme-Ringversuch 2021

**Durchführung eines Ringversuchs für
Untersuchungsstellen, die durch Bayern
für Feststoffprobenahmen gemäß
§ 18 BBodSchG zugelassen sind**



Impressum

Bericht Schurf-Probenahme-Ringversuch des Bayerischen Landesamtes für Umwelt 2021

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e. V. (ITVA)

Carmen Jaggi, Klaus Bücherl, Dr. Frank Küchler

Redaktion:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Dr. Felix Geldsetzer, Matthias Heinzl, Roland Hammerl, Dr. Gernot Huber,

Bildnachweis:

Dr. Felix Geldsetzer, Carmen Jaggi, Dr. Frank Küchler

Stand:

Mai 2022

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Ziele	7
2	Gesamtproblematik und bisherige Ringversuche	7
2.1	Gesamtproblematik	7
2.2	Bisherige Ringversuche des LfU	8
3	Voraussetzungen des Ringversuchs	9
3.1	Teilnehmer-Unterlagen	9
3.1.1	Einführung	9
3.1.2	Probenahme an einem Schurf	9
3.1.3	Aufgabenstellung	9
3.1.4	Szenario	9
3.1.5	Durchführung	9
4	Planung, Konzept und Ablauf	11
4.1	Planung	11
4.2	Konzept und angewandte wissenschaftliche und technische Methoden	11
4.3	Ablauf	12
5	Darstellung und Bewertung der Ergebnisse	19
5.1	Allgemeines	19
5.2	Feststellungen – Bewertung und Verallgemeinerung in Fehlerarten	20
5.2.1	Bewertung der Feststellungen	20
5.2.2	Verallgemeinerung der Fehlerarten	26
5.3	Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025	27
5.4	Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der DIN ISO 18400-107	29
5.5	Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5	31
5.6	Bewertung der Bodenansprache	32
5.6.1	Allgemeine Vorgehensweise bei der Bewertung der Bodenansprache	32
5.6.2	Auswertung der Schichtansprache	33
5.6.3	Auswertung der Humusansprache	35

5.6.4	Auswertung der Carbonatansprache	39
5.6.5	Auswertung der Bodenartenansprache	42
5.7	Auswertung der Hauptkorngrößen nach „DIN“	44
5.8	Auswertung der Laborergebnisse des Schurf-Probenahme-Ringversuchs	46
5.8.1	Daten	46
5.8.2	Statistische Auswerteverfahren und Bewertung	47
5.8.3	Darstellung der Ergebnisse	47
5.8.4	Fazit	48
6	Diskussion der Ergebnisse und Regelwerks-Abweichungen	59
7	Empfehlungen für den bodenschutzrechtlichen Vollzug	61
8	Zusammenfassung	62
9	Literatur	65
	Anhang	66

Anhang

Ergebnisse der Teilnehmer im Detail

A	Feststellungen	66
B	Probenahme-Protokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO-IEC 17025	71
C	Probenahme-Protokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN ISO 18400-107	72
D	Erfüllung der Anforderungen an die Bodenansprache nach Kurz-KA5	76
E	Befunde Bodenansprache	78
F	Nachweisblätter vor Ort	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Blick über das Ringversuchsgelände vor Beginn der Arbeiten	13
Abb. 2:	Ein Füllboden	13
Abb. 3:	Anlegen des Schurfes	14
Abb. 4:	Der Schurf im fertigem Zustand	14
Abb. 5:	Lagenweises Verdichten	15
Abb. 6:	Witterungsschutz mit Folie	16
Abb. 7:	Schurfeinstieg	16
Abb. 8:	Qualitätssicherung	17
Abb. 9:	Übersicht Ringversuchsgelände	17
Abb. 10:	Endzustand 30.07.2021	18
Abb. 11:	Anteile der Fehlerarten	26
Abb. 12:	Schichtuntergrenzen	35
Abb. 13:	Humusgehalte gesamt	37
Abb. 14:	Humusgehalte Schicht 1	38
Abb. 15:	Humusgehalte Schicht 2	38
Abb. 16:	Humusgehalte Schicht 3	38
Abb. 17:	Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für alle 3 Schichten	41
Abb. 18:	Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 1	41
Abb. 19:	Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 2	41
Abb. 20:	Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 3	42
Abb. 21:	Al in mg/kg TS in mittlerer Schicht	49
Abb. 22:	Al in mittlerer Schicht	49
Abb. 23:	Pb-Konzentration in mg/kg TS	50
Abb. 24:	Pb-Konzentration in mg/kg TS	50
Abb. 25:	Ca in mg/kg TS in mittlerer Schicht	51
Abb. 26:	Ca in mittlerer Schicht	51
Abb. 27:	K in mg/kg TS in mittlerer Schicht	52
Abb. 28:	K in mittlerer Schicht	52
Abb. 29:	Cu in mg/kg TS in mittlerer Schicht	53
Abb. 30:	Cu in mittlerer Schicht	53
Abb. 31:	Na-Konzentration in mg/kg TS	54
Abb. 32:	Na in mittlerer Schicht	54
Abb. 33:	Ni-Konzentration in mg/kg TS	55
Abb. 34:	Ni-Konzentration in mg/kg TS	55
Abb. 35:	Zn-Konzentration in mg/kg TS	56
Abb. 36:	Zn-Konzentration in mg/kg TS	56

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Fehlerarten	26
Tab. 2:	Erfüllung der Anforderungen DIN EN ISO/IEC 17025 an die Probenahmedokumentation	28
Tab. 3:	Erfüllung der Anforderungen DIN ISO 18400-107 an die Probenahmedokumentation	29
Tab. 4:	Häufigkeit der Erfüllung der Anforderungen der Kurz-KA 5 durch die teilnehmenden Untersuchungsstellen	31
Tab. 5:	Schichtgrenzen	33
Tab. 6:	Humusgehalte	35
Tab. 7:	Einstufungen der Carbonatgehalte durch die Teilnehmerteams	39
Tab. 8:	Bodenarten	43
Tab. 9:	Hauptkorngröße	45
Tab. 10:	Vor- und Wiederholbeprobung	57
Tab. 11:	Datenreihe nach Elimination des Ausreißers	58

1 Aufgabenstellung und Ziele

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) richtete im Jahr 2021 einen Ringversuch für Untersuchungsstellen aus, die durch die Notifizierungsstelle des LfU für den Teilbereich 1.1 (Feststoffe - Probenahme und Vor-Ort-Untersuchungen) nach der Bayerischen Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung (VSU) zugelassen sind. Bei diesen Untersuchungsstellen handelt es sich sowohl um probenehmende Ingenieurbüros wie auch um umweltanalytische Laboratorien, die Probenahmen durchführen.

Laut § 12 Absatz 1 in Verbindung mit Anlage 2 Abschnitt 5 VSU sind zugelassene Untersuchungsstellen verpflichtet, an den von der Notifizierungsstelle vorgeschriebenen Ringversuchen teilzunehmen. Ringversuche (Vergleichsuntersuchungen) sind ein zentrales Instrument der externen Qualitätssicherung.

Die Schurfbeprobung ist ein wichtiges Probenahme-Verfahren in der Altlastenuntersuchung sowie im Rahmen der Fremdüberwachung bei der Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen. Aufgabe der Teilnehmer dieses Ringversuches war die Bodenprobenahme in einem zuvor präparierten begehbaren Schurf.

Ziele dieses Ringversuches:

- die Herangehensweise an eine standardisierte Fragestellung zu erheben,
- Best Practices herauszuarbeiten und zu kommunizieren sowie
- Regelwerksabweichungen zu korrigieren.

Der Ingenieurtechnische Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA) wurde mit der Durchführung dieses Ringversuchs beauftragt.

2 Gesamtproblematik und bisherige Ringversuche

2.1 Gesamtproblematik

Untersuchungsergebnisse sind die Grundlage für behördliche Entscheidungen mit teilweise erheblichen wirtschaftlichen Konsequenzen. Dies gilt besonders bei der Altlastenbearbeitung. Um die Belastbarkeit solcher Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, sieht der Gesetzgeber Zulassungsverfahren vor, innerhalb derer die Kompetenz von Untersuchungsverfahren festgestellt und laufend überwacht werden soll. Laut § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) können die Länder die nach Bodenschutzrecht an Untersuchungsstellen zu stellenden Anforderungen, Art und Umfang der von ihnen wahrzunehmenden Aufgaben und die Vorlage der Ergebnisse ihrer Tätigkeit regeln. Von dieser Regelungsbefugnis hat der Freistaat Bayern mit Artikel 6 des Bayerischen Bodenschutzgesetzes (BayBodSchG) in Verbindung mit der Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung (VSU) Gebrauch gemacht. Die Zuständigkeit für die Zulassung und Überwachung von Untersuchungsstellen nach § 18 BBodSchG wurde dem LfU übertragen.

Für zugelassene Untersuchungsstellen ist die Teilnahme an Ringversuchen verpflichtend vorgeschrieben. Akkreditierte Labore nehmen mehrmals jährlich an Ringversuchen für jeweils unterschiedliche Untersuchungsparameter teil, selbst wenn sie nicht für die jeweils akkreditierten laboranalytischen Untersuchungsparameter zugelassen sind. Die Akkreditierung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) hat sich bei Laboren als Kompetenzbestätigungsverfahren zum Zweck der Zulassung durchgesetzt. Bei probenehmenden Ingenieurbüros führt die Notifizierungsstelle

am LfU die Kompetenzbestätigung im Rahmen ihres Zulassungsverfahrens nach VSU in vielen Fällen selbst durch.

Da sich die Bedingungen von Probenahmen im Gelände nicht einfach standardisieren lassen und der Aufwand für alle Beteiligten wesentlich höher ist als bei Labor-Ringversuchen, fanden Probenahme-Ringversuche bisher nur vereinzelt statt. Das geringe Angebot an Probenahme-Ringversuchen und der hierdurch bedingte, unzureichende Beitrag zur Qualitätssicherung für probenehmende Untersuchungsstellen im Vollzug des § 18 BBodSchG ist problematisch. Denn die Probenahme trägt im Vergleich zur Labor-Analytik aufgrund der nicht in allen Details planbaren Verhältnisse im Gelände vermutlich ein Vielfaches zur Gesamtunsicherheit der Untersuchungsergebnisse bei.

2.2 Bisherige Ringversuche des LfU

Das Bayerische Landesamt für Umwelt führte bereits mehrere Ringversuche zur externen Qualitätssicherung für Untersuchungsstellen durch, die nach VSU zugelassenen sind:

1. Im Jahr 2008 fand ein Ringversuch zur Boden-Probenahme mittels Rammkernsondierung statt. Standardisierte künstliche Bodenprofile wurden hergestellt, die mittels Kleinrammbohrung aufgeschlossen und fachgerecht unter den Gesichtspunkten einer Altlastuntersuchung beprobt und angesprochen werden mussten. Die gewonnenen Feststoffproben wurden im Zentrallabor des LfU mittels Röntgenfluoreszenzmessung analysiert. Wesentliche Ergebnisse dieser Untersuchungen waren zum einen die großen systematischen Schwankungen beim Ermitteln der Schichtmächtigkeiten auf Basis von Kleinrammbohrungen. Zum anderen waren die Bodenansprachen nach KA 5 nicht zufriedenstellend.

Abschlussbericht [„Projekt zur externen Qualitätssicherung bei der Probenahme von Böden“](#)

2. Im Rahmen einer Diplomarbeit am LfU wurde im Jahr 2010 ein Ringversuch zur Probenahme an Haufwerken nach PN 98 durchgeführt. Dabei wurden u. a. erhebliche Unsicherheiten bei der Bestimmung des Haufwerks-Volumens festgestellt.

[Kurzzusammenfassung Diplomarbeit „Vergleichende Untersuchung zur Haufwerks-Probenahme“ auf den LfU-Internetseiten](#)

3. Ein Ringversuch des LfU zur Probenahme von Bodenluft mittels einer künstlichen, an ein Prüfgas angeschlossenen Probenahmestelle im Jahr 2014 identifizierte Undichtigkeiten an verschiedenen Stellen der Probenahme-Gerätschaften und der Abdichtung der Sonde gegen das Bohrloch mittels Packer als zentrale Ursachen von Minderbefunden oder falsch negativen Untersuchungsergebnissen.

Abschlussbericht [„Projekt zur externen Qualitätssicherung der Analytik und Probenahme von Bodenluft, Teil 3: Durchführung eines Ringversuchs für Probenehmer mit Zulassung zur Bodenluftprobenahme nach § 18 BBodSchG \(Projekt-Nr. B 3.13\)“](#)

Soweit bekannt ist der im vorliegenden Bericht beschriebene Boden-Probenahme-Ringversuch der erste, der an einem Schurf mit künstlich angelegten Schichten durchgeführt wurde.

3 Voraussetzungen des Ringversuchs

Die Zulassungsstelle des LfU lud alle Untersuchungsstellen zur Teilnahme am Ringversuch ein, die aktuell in Bayern von ihr nach der bayerischen Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung (VSU) für den Teilbereich 1.1 Feststoff-Probenahme zugelassen waren.

Den Teilnehmern des Ringversuchs wurden vorab folgende Informationen zugestellt.

3.1 Teilnehmer-Unterlagen

3.1.1 Einführung

Hier wurden die rechtlichen Grundlagen des Ringversuches erläutert und die Rahmenbedingungen dargelegt.

3.1.2 Probenahme an einem Schurf

Der Ablauf der Schurfbeprobung im Rahmen des Ringversuches wurde beschrieben.

Ziele

Die Ziele dieses Ringversuches wurden – wie oben dargestellt - beschrieben.

3.1.3 Aufgabenstellung

Anhand eines Szenarios (siehe unten) war die Probenahme zu planen und ein Probenahmeplan zu erstellen. Dieser sollte bei der Auditierung vorgelegt werden. Das in einem Schurf vorliegende Material war nach der Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Kurz-KA5), 2009 bzw. DIN EN ISO 14688-1: 2018 und DIN EN ISO 22475-1: 2007 unter Einbeziehung der Parameter der Kurz-KA5 anzusprechen. Die Beprobung sollte gemäß DIN EN ISO 22475-1: 2007 und DIN ISO 10381-2: 2003 sowie dem LfU-Merkblatt 3.8/4: 2017 durchgeführt werden.

Im Sinne einer Worst-Case-Untersuchung sollte die maximale Schwermetall-Konzentration im Feststoff bestimmt werden.

3.1.4 Szenario

Für die Zwecke dieses Ringversuches sollte angenommen werden, vor ca. 20 Jahren sei auf der Fläche eine Schwermetallhaltige wässrige Lösung großflächig versickert.

3.1.5 Durchführung

Die Teilnehmer wurden darüber informiert, dass jede teilnehmende Untersuchungsstelle ein Zeitintervall von zwei Stunden zugewiesen bekommt.

Folgendes sollte mitgebracht werden:

- Persönliche Standard-Schutzausrüstung (tatsächlich sind keine Kontaminationen bekannt)
- Probenahmeplan, Standard-Arbeitsanweisung, Probenahme-Protokolle und sonstige
- relevante Unterlagen
- Probenahme-Geräte
- Geeignete Gefäße zum Abfüllen der Proben

Der Ablauf vor Ort wurde erläutert:

Jedem Teilnehmer(-Team) wurde eine Nummer zugewiesen, unter der im Anhang des vorliegenden Berichtes die zugehörigen Ergebnisse nachzulesen sind.

Die Teilnehmer führten die Probenahme durch und wurden dabei auditiert.

Sie übergaben die Proben und die ausgefüllten Probenahme-Protokolle im Original dem Auditor.

4 Planung, Konzept und Ablauf

4.1 Planung

Bereits im Jahr 2019 fand ein erstes Gespräch mit Mitgliedern des ITVA-Fachausschusses F2 „Probenahme und Analytik“ beim LfU über einen Ringversuch für Untersuchungsstellen nach VSU zur Probenahme mit Bodenansprache aus einem begehbaren Schurf statt.

Basierend auf den oben geschilderten Erfahrungen des LfU mit Probenahme-Ringversuchen wurde ein Konzept für das Vorhaben Schurf-Probenahme-Ringversuch erarbeitet.

Auch ist vorgesehen, dass das LfU über die Ergebnisse dieses Ringversuchs auf einer Fachtagung berichtet.

4.2 Konzept und angewandte wissenschaftliche und technische Methoden

Im Vorfeld erarbeitete das LfU ein Konzept für einen Ringversuch zur Schurfbeprobung, auf dessen Grundlage der Ringversuch geplant und durchgeführt wurde.

Mit einem Schreiben forderte das Bayerische LfU diejenigen Untersuchungsstellen, die damals aktuell durch das LfU für den Teilbereich 1.1 (Feststoff-Probenahme) zugelassen waren, zur Teilnahme am Schurf-Probenahme-Ringversuch auf. Das LfU erstellte Teilnehmer-Unterlagen, die an die betreffenden Untersuchungsstellen gesendet wurden.

Die normativen Grundlagen für den Schurf-Probenahme-Ringversuch sind:

- Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5-kurz), Hrsg.: Wolf Eckelmann; Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Schweizerbart: 2009
- DIN EN ISO 14688-1: 2020-11: Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1: 2018
- DIN EN ISO 22475-1: 2007-01: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1: 2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1: 2006
- DIN ISO 10381-2: 2003: Bodenbeschaffenheit Probenahme Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren (ISO 10381-2: 2002) (zurückgezogene Norm, ersetzt durch DIN ISO 18400-102: 2020: Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken)
- LfU-Merkblatt 3.8/4: 2017: Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer

Zwar wurde die DIN ISO 10381-2: 2003 zurückgezogen und durch die DIN ISO 18400-102: 2020 ersetzt. Da derartige Änderungen jeweils in den Zulassungsbescheiden der betroffenen Untersuchungsstellen umgesetzt werden müssen, war die neue Norm noch nicht Grundlage des hier beschriebenen Ringversuches.

Mittlerweile empfiehlt die gemeinsame Methodensammlung Feststoffuntersuchung (Methosa) des LAGA-Forums Abfalluntersuchung (Forum-AU) und des Fachbeirats Bodenuntersuchungen (FBU), Version 2.0, Stand: 15.06.2021 die Normenreihe DIN ISO 18400 für den behördlichen Vollzug anstelle der Normenreihe DIN ISO 10381.

Die Bewertung der Ergebnisse basiert weiterhin auf der DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien in den Ausgabeständen 2005 bzw. 2018. Diese Norm regelt den Betrieb von Untersuchungsstellen. Die darin beschriebenen Anforderungen sind die Grundlage für die Zulassung von Untersuchungsstellen im Umweltbereich und für die Akkreditierung.

In beiden Ausgabeständen dieser Normen ist u. a. geregelt, dass die Untersuchungsstellen über einen Probenahmeplan und Probenahmeverfahren verfügen müssen. Im Bericht muss auf den Probenahmeplan und das Probenahmeverfahren verwiesen werden („...sofern für die Validität und die Anwendung der Ergebnisse bedeutsam...“ gemäß der Norm Ausgabestand 2018). Allerdings ist nicht geregelt, wer den Probenahmeplan erstellen muss. Deshalb kann der Probenahmeplan z. B. vom Veranstalter, Auftraggeber etc. vorgegeben, oder von der probenehmenden Untersuchungsstelle selbst erstellt werden. In jedem Falle muss der Probenahmeplan vor Ort von den Teilnehmern gemäß der aktuell gewonnenen Erkenntnisse geprüft und ggf. präzisiert werden.

Die DIN ISO 18400-101: 2020-11: Bodenbeschaffenheit– Probenahme – Teil 101: Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans enthält im Anhang A (informativ) eine Prüfliste für die Inhalte eines Probenahmeplans.

In der DIN EN ISO/IEC 17025 sind auch die Grundanforderungen an die Aufzeichnungen der Daten zur Probenahme geregelt. Diese Anforderungen wurden auch zur Auswertung der Probenahmedokumentationen der Teilnehmer genutzt. Weiterführende Regelungen zu Aufzeichnungen zur Probenahmedokumentation befinden sich in der DIN ISO 18400-107: 2020-11: Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen (ISO 18400-107: 2017). Diese Norm ersetzt die DIN ISO 10381-1: 2003-08. Die DIN ISO 18400-107 wird laut Methosa zur Anwendung empfohlen. Sie bildet auch eine Grundlage der Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen der Ringversuchsteilnehmer, die in die Zukunft gerichtet ist.

Die bereits genannte „Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5-kurz)“ ist ebenfalls eine Grundlage der Bewertung der Dokumentation der Bodenansprache. Es wurden dafür die obligatorischen Mindestanforderungen an die Bodenbeschreibung gemäß dem Geländeformblatt Mindestdaten für Untersuchungen nach § 3 BBodSchV (Orientierende Untersuchung / Detailuntersuchung) zugrunde gelegt (Kurz-KA 5 OU/DU grau hinterlegte Felder).

4.3 Ablauf

Im Zuge einer Abfrage bei Wasserwirtschaftsämtern wurden dem LfU zwei Standorte vorgeschlagen, die für den Ringversuch geeignet erschienen.

Am 05.05.2021 fand eine Vor-Ort Begehung mit Vorerkundungen durch Sondierungen mittels Pürckhauer-Bohrstock inkl. der Entnahme von drei Bodenproben statt. Wegen der besseren Verfügbarkeit von geeigneten Schichtenmaterial fiel die Entscheidung für den Standort „97493 Berggrheinfeld“ (Landkreis Schweinfurt) (Abb. 1 und Abb. 2).

Das LfU lud für den Zeitraum vom 26. bis 30.07.2021 die Untersuchungsstellen, die zu diesem Zeitpunkt von ihm für den Teilbereich 1.1 (Feststoff-Probenahme) nach VSU zugelassen waren, zum Schurf-Probenahme-Ringversuch ein.

Die teilnehmenden Untersuchungsstellen mussten sich daraufhin beim ITVA anmelden, um die Detailinformationen zum Ringversuch zu erhalten. Jeder Untersuchungsstelle wurde im oben genannten Zeitraum ein Zeitintervall von zwei Stunden für die Durchführung der Probenahme zugewiesen.

In der Zeit vom 16. bis 21.07.2021 wurde vor Ort auf dem Ringversuchsstandort mittels Bagger ein etwa 25 m langer, 1 m breiter und 1,2 m tiefer Schurf mit Einstiegsmöglichkeit an beiden Enden angelegt (Abb. 3). Die Bodenverhältnisse waren bezogen auf die Standsicherheit optimal. Es handelte sich um natürlich entstandenen Tonboden.



Abb. 1: Blick über das Ringversuchsgelände vor Beginn der Arbeiten



Abb. 2:
Ein Füllboden



Abb. 3: Anlegen des Schurfes



Abb. 4: Der Schurf im fertigem Zustand

Nachdem der Schurf fertig gestellt war (Abb. 4), wurden die ausgewählten Böden schichtweise mit Bagger und Rüttelplatte verdichtet eingebaut (Abb. 5). Drei Schichten wurden hergestellt (GOK = Geländeoberkante):

- Schicht 1: GOK – 0,2 m unter GOK
Oberboden von einem angrenzenden „Mutterbodenhaufwerk“
- Schicht 2: 0,2 – 0,8 m unter GOK
Aushub aus dem angelegten Graben
- Schicht 3: 0,8 – 1,2 m unter GOK
Oberboden von einem angrenzenden „Mutterbodenhaufwerk“

Darunter stand der natürlich gewachsene Boden an, der sich deutlich von der eingebauten unteren Schicht unterschied.

Während des Einbaus wurden insgesamt sieben Mischproben schichtweise entnommen. Das angelieferte Bodenmaterial der ersten Schicht reichte nicht ganz aus. Deshalb musste noch weiterer Boden vom selben Herkunftsort beschafft werden, der zur Qualitätskontrolle während des Einbaus ebenfalls beprobt und bodenkundlich angesprochen wurde.



Abb. 5: Lagenweises Verdichten



Abb. 6: Witterungsschutz mit Folie

Am 26.07.2021 begann der Ringversuch mit dem beidseitigen Aufgraben des Schurfbereiches und der Einrichtung der Arbeitsbereiche der Begutachter.



Abb. 7: Schurfeinstieg



Abb. 8:
Qualitätssicherung



Abb. 9: Übersicht Ringversuchsgelände

Es konnten gleichzeitig zwei Teamer an jeweils einer der beiden Stirnseiten der Auffüllungen im Schurfgraben arbeiten. Sie wurden aufgefordert, die zu beprobende Stirnwand selbst anzuschärfen, bevor sie mit der Bodenansprache und der Probenahme begannen. Am Ende der Arbeiten musste der Schurf in einem ordentlichen Zustand zurückgelassen werden. Die Schurfwand sollte gerade sein und loser Boden aus der Schurfgrube entfernt werden. Bei der Begutachtung wurde darauf geachtet, dass die parallel arbeitenden Teamer sich nicht sehen konnten und die Arbeiten nicht gestört wurden. Die Begutachtung lief wie folgt ab:

1. Meldung der Teilnehmerteams beim jeweiligen Begutachter
2. Registrierung, Vergabe der Teilnehmernummer
3. Einweisung
4. Kontrolle des Probenahmeplans
5. Kontrolle der Arbeitsanweisung
6. Kontrolle des Probenahmefahrzeuges
7. Durchführung der Bodenansprache und Probenahme
8. Übergabe der beschrifteten Proben an den Begutachter, der die Proben in einer elektrisch betriebenen Kühlbox verwahrt
9. Wiederherstellung des Schurfes durch das Teilnehmerteam
10. Kurze Auswertung und Nachbesprechung mit den Probenehmern. Benennung von Hinweisen und (positiven und negativen) Feststellungen. Danach Verabschiedung

Am Ende jedes Begutachtungstages wurde der Schurf mit Planen abgedeckt (Abb. 6) und mit Warn- und Absperr-Baken gesichert. Danach erfolgte die Übergabe der gekühlten Proben an den Kurierdienst des beauftragten analytischen Labors.

Im Labor wurden die Bodenproben nach DIN 19747: 2009-07 aufbereitet und die < 2 mm Fraktion für die Elementanalyse verwendet. Die Trockenmasse wurde nach DIN EN 14346: 2007-03 bestimmt. Anschließend an einen Königswasseraufschluss nach DIN ISO 11446: 1997 wurden die Elemente mittels induktiv gekoppeltem Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach DIN EN ISO 17294-2: 2005 analysiert.

Am Ende des Ringversuchs wurde der Schurf mittels eines Radladers verschlossen. Es blieb noch ein beträchtlicher Teil des mit Schichtenmaterial befüllten Schurfes ungenutzt (größer 10 m Länge). Dieser Teil wurde mit Pflöcken markiert, um ihn ggf. weiterhin nutzen zu können.



Abb. 10: Endzustand 30.07.2021

5 Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

5.1 Allgemeines

Die Dokumentation der Begutachtungen der Teilnehmerteams (siehe Anhang Abschnitt F „Nachweisblätter vor Ort“) erfolgte auf Protokoll-Vordrucken ähnlich den [Nachweisblättern „Probenahme von kontaminierten Böden“](#), die frei zugänglich auf der Internetseite der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) zur Verfügung gestellt werden.

Als weitere Nachweise dienten die Probenahmedokumentationen der Teilnehmerteams, die vor Ort fotografiert wurden. Die Teilnehmerteams durften ihre Dokumentationen zusätzlich im Büro so überarbeiten und qualitätssichern (plausibilisieren, Vier-Augen-Prinzip, Freigabe usw.), wie sie diese an die Kunden herausgeben würden. Den Teilnehmern wurde angeboten, auch diese überarbeiteten Unterlagen an die Begutachter zu senden. Von diesem Angebot machten viele Teilnehmerteams Gebrauch, was die Auswertung der Unterlagen erleichterte. Außerdem wurden zur Dokumentation und Auswertung Fotos bei der Bodenansprache und der Probenahme aufgenommen.

Die Aufzeichnungen und Dokumente wurden in einer „Datenbank Schurfprobenahme“ zusammengefasst. Inhalt der Datenbank sind die Aufzeichnungen der Begutachter gemäß den Nachweisblättern „Probenahme von kontaminierten Böden“, die Feststellungen mit Kennzeichnung der Ergebnisrelevanz (k-kritisch, n-nicht kritisch), eine Checkliste "PN-Protokoll 17025", eine Checkliste "PN-Protokoll 18400-107", die Erfüllung der obligatorischen Anforderungen der Bodenansprache Kurz-KA 5 OU/DU und die Befunde der Bodenansprache der Teilnehmerteams.

Diese „Datenbank Schurfprobenahme“ wurde ausgewertet. Die Ergebnisse finden sich an folgenden Stellen:

Anhang Abschnitt A: Feststellungen

Auswertung der allgemeinen Fehlerarten und Feststellungen (siehe Abschnitt 5.2)

Anhang Abschnitt B: Probenahmeprotokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025

Anhang Abschnitt C: Probenahmeprotokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN ISO 18400-107

Anhang Abschnitt D: Erfüllung der Anforderungen an die Bodenansprache nach Kurz-KA 5 OU/DU

Anhang Abschnitt E: Befunde Bodenansprache

Anhang Abschnitt F: Nachweisblätter vor Ort

Auswertung der Schichtansprache (siehe Abschnitt 5.6.2)

Auswertung der Humusansprache (siehe Abschnitt 5.6.3)

Auswertung der Carbonatansprache (siehe Abschnitt 5.6.4)

Auswertung der Bodenartenansprache (siehe Abschnitt 5.6.5)

Auswertung der Chemischen Untersuchungen durch das LfU (siehe Abschnitt 5.8)

5.2 Feststellungen – Bewertung und Verallgemeinerung in Fehlerarten

5.2.1 Bewertung der Feststellungen

Im Anhang Abschnitt A befindet sich eine Aufstellung der Feststellungen mit Kennzeichnung der Ergebnisrelevanz (k-kritisch, n-nicht kritisch). Daraus sind die gesamte Anzahl der einzelnen Feststellungen und die Feststellungen Team-bezogen ersichtlich. Der Begriff „Feststellungen“ wurde anstelle von „Abweichungen“ gewählt, da es bei der Aufgabenstellung zum Ringversuch bei einigen Vorgehensweisen, insbesondere bei der Bodenansprache, keine eindeutigen Festlegungen in den Teilnehmerunterlagen gab. So war es den Teambelegungen überlassen, ob sie z. B. die Bodenarten ansprechen oder nicht, die Munsell-Farbtafeln verwenden, Humus ansprechen usw.

Zu den Feststellungen sind dort auch die Normbezüge zur aktuellen DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 aufgeführt, um die allgemeinen Fehlerarten oder die Problemstellung klarer darzustellen. Die Feststellungen wurden zudem in „kritisch“ und „nicht kritisch“ eingestuft. Kritische Feststellungen führen zu fehlerhaften oder unvollständigen Ergebnissen. Sie sind in der Regel Verstöße gegen die Normen oder gegen gesetzliche Vorgaben bzw. Regeln. Nicht kritische Feststellungen können, wenn sie nicht korrigiert werden, auch ergebnisrelevant werden.

Im Folgenden werden die Feststellungen ihrer Häufigkeit nach erläutert:

Bodenart gemäß Kurz-KA 5 / KA 5 nicht angesprochen (k)

Die häufigste Feststellung war, dass die Bodenart nicht gemäß Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 – (Kurz-KA 5) angesprochen wurde. Diese Art der Bodenansprache ist gemäß Anhang 1 Fachmodul Boden und Altlasten vom 16.08.2012 ein obligatorischer Untersuchungsparameter im hier relevanten Teilbereich 1.1 „Probenahme und Vor-Ort-Untersuchungen von Feststoffen“. In den Teilnehmerunterlagen zum Ringversuch, die mit der vom ITVA konkretisierten Einladung an die Teilnehmer verschickt wurden, ist in der Aufgabenstellung festgelegt worden: „Das in einem Schurf vorliegende Material ist nach Kurz-KA 5 bzw. DIN EN ISO 14688-1: 2018, DIN EN ISO 22475-1: 2007 unter Einbeziehung der Parameter der Kurz-KA 5 anzusprechen. Die Beprobung ist gemäß DIN EN ISO 22475-1: 2007 und DIN ISO 10381-2: 2003 sowie dem LfU-Merkblatt 3.8/4: 2017 durchzuführen.“ Das genannte Merkblatt 3.8/4 ist obligatorisch im Freistaat Bayern anzuwenden. Dieses Merkblatt schreibt Folgendes vor:

„Das vorliegende Merkblatt 3.8/4 ist anzuwenden bei der Entnahme von Boden- und Bodenluftproben im Rahmen der Erkundung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen zur Beurteilung der Wirkungspfade

- Boden–Gewässer
- Boden–Mensch

Im LfU-MERKBLATT 3.8/4, 2017 ist eindeutig geregelt: „Das Schichtenverzeichnis ist gemäß [BBODSCHV, 1999] nach der (Kurz-)KA 5 zu erstellen.“

25 Teambelegungen entschieden sich gegen die Ansprache der Bodenart und verstießen damit gegen die Aufgabenstellung des Ringversuchs und gegen die Vorgaben des LfU-Merkblattes 3.8/4.

Gleichzeitig handelt es sich auch um einen Verstoß gegen den Punkt 7.3 „Probenahme“ der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018, speziell gegen die zur Probenahme durchzuführenden relevanten Aufzeichnungen, die vom Auftraggeber/Ringversuchsveranstalter vorgegebene Art und Weise der Probenbeschreibung (7.3.3 c).

Humusansprache ohne Munsell-Farbtafel (k)

In 20 Fällen wurde der Humusgehalt nur geschätzt oder überhaupt nicht angesprochen. Der Humusgehalt lässt sich im Feinboden über die Helligkeit/Graustufe (Value) nach den Munsell Farbtafeln gemäß KA 5/Kurz-KA 5 Tabellen 14/7 herleiten. Er ist ein obligatorischer Parameter bei der Bodenansprache und gehört zur vollständigen Probenbeschreibung gemäß Punkt 7.3 „Probenahme“ der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Probenbehälter wurden nicht vollgefüllt (k)

Ein häufig festgestellter Fehler, der zur Veränderung der Proben führen kann, ist, dass Probengefäße nicht voll und verdichtet gefüllt wurden. Die Proben können sich z. B. durch die lockere Lagerung im Gefäß entmischen. Ein Dampfraum über der Probe im Probengefäß kann zu Ausgasungen und Tauwasser führen. Das Milieu in Böden ist in den meisten Fällen eher anoxisch. Durch den Luftraum über einer lockeren Probe tritt Sauerstoff in diese ein und kann sie verändern. Das kann zu mikrobiologischen Aktivitäten und zu Änderungen der chemischen Zusammensetzung führen. Unvollständige Befüllung wurde bei 19 Probenahmeteams festgestellt. Hierbei handelt es sich um einen Verstoß gegen Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 (Probenhandhabung).

Farbansprache ohne Munsell-Farbtafeln (k)

16 Teilnahmeteams haben die Farbansprache ohne die Munsell-Farbtafeln durchgeführt. Das ist ein Verstoß gegen Punkt 7.3 „Probenahme“ der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 (obligatorische Anforderung gemäß Kurz-KA 5, Verstoß gegen die BBodSchV).

Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren (n)

Es ist nicht eindeutig geregelt, dass die von der Schurfwand entnommene Probe vor dem Abfüllen in das Probengefäß zu zerkleinern und zu mischen ist. Auch wenn die Probengefäße im Labor vor der Analytik später anforderungsgerecht ausgeleert, gemischt und aliquotiert werden, kann das direkte Verfüllen in die Probengläser ohne Mischen ein zusätzlicher Beitrag zur Gesamtmessunsicherheit sein. Eine unterlassene Homogenisierung kann gemäß Punkt 7.4.1 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 ein Fehler bei der Handhabung der Probe sein. Sie wurde bei 13 Teilnehmern festgestellt.

Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt (k)

Das relativ bindige Probenmaterial war nach der Entnahme von der Schurfwand zum Teil großstückig. Große Klumpen mischen sich schlechter als kleine. Es ist erwiesen, dass die Messunsicherheit mit dem Größtkorn zunimmt. Dieser Effekt tritt auch bei der Großstückigkeit durch Klumpen auf. Dieses Problem bei der Handhabung der Proben (Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018) trat bei 13 Probenahmeteams auf.

Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber (k)

Unsaubere Probenahmegeräte (Spaten, Spachteln, Handschaufeln, Mischplatten, Eimer usw.), die schon so mitgebracht werden oder die zwischen den einzelnen Proben nicht gründlich gereinigt werden (z. B. schlierenfrei mit Wasser und Papierhandtüchern) können zu Querkontaminationen führen. Unsaubere Probenahmegeräte wurde bei zwölf Probenahmeteams festgestellt. Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025:2018 schreibt u. a. Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen vor. Durch verschmutzte Probenahmegeräte kann es zu Verschleppungen von Kontaminationen kommen. Bei den chemischen Analysen der Proben handelt es sich teilweise um Spurenanalytik, die durch Kontaminationen zu falschen Ergebnissen führen kann.

Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten (k)

Durch das Anfeuchten des Bodens (z. B. auf einer Spatelspitze) bis zur Porenwassersättigung bzw. bis sich die Farbe nicht mehr ändert, schafft man vergleichbare Bedingungen bei der Ansprache der

Bodenfarbe. Wichtig ist dieses Anfeuchten beispielsweise bei der Bestimmung des Humusgehaltes und der Bodenfeuchtigkeit. Die Unterlassung dessen, die bei zwölf Probenahmeteams festgestellt wurde, führt zu Fehlern bei der Probenbeschreibung gemäß Punkt 7.3 Probenahme der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet (k)

Oben wurden bereits die Folgen nicht vollständig gefüllter Probengefäße und nicht verdichteter Proben erläutert. Wenn Probengefäße zwar vollständig gefüllt, das Probenmaterial aber im Gefäß nicht verdichtet wird, kommt es zu probenverändernden „Selbstverdichtungen“ und der Bildung eines Gasraumes im Probengefäß. Das geschieht durch die mechanische Bewegung beim Proben transport. Elf Probenahmeteams haben diesen Fehler begangen und damit gegen die Handhabungsvorgaben vom Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 verstoßen.

Mit denselben Handschuhen wurden verschiedene Proben berührt (u. a. beim Stopfen) (k)

Durch Berühren verschiedener Proben ohne dazwischen durchgeführte Wechsel der Handschuhe sind Querkontaminationen möglich. Dies ist ein Verstoß gegen Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018. Bei zehn Teilnehmerteams wurde dieses Problem festgestellt.

Probengeräte nur trocken abgewischt (n)

Acht Probenahmeteams haben ihre Probenahmegeräte nur trocken gereinigt. Bei den vorliegenden bindigen Böden, aber auch allgemein, darf man nicht davon ausgehen, dass die Trockenreinigung erfolgreich sein kann. Hier sind gemäß Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Querkontaminationen nicht auszuschließen.

Munsell-Farbansprache in der prallen Sonne (k)

Die Farbansprache mit der Munsell-Farbtabelle ist u. a. erheblich von der Beleuchtung abhängig. Sie sollte nicht in der prallen Sonne, sondern im Schatten oder Halbschatten erfolgen. Acht Teilnehmerteams hatten das nicht beachtet und kamen so zu erheblichen Abweichungen im Farbeindruck (Probenbeschreibung gemäß Punkt 7.3 Probenahme der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018).

Keine Kühlbox mitgebracht (n)

Bodenproben sollten gekühlt und abgedunkelt in möglichst kurzer Zeit zum Labor transportiert werden. Eine Kühlbox gehört zur Grundausstattung bei der Probenahme. Die Proben sollten sich möglichst wenig verändern (Handhabungsfehler gemäß 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018). Das betrifft auch die Temperatur, die im oberflächennahen Boden je nach Jahreszeit bei etwa 10 °C liegen kann. Sieben Teilnehmer hatten keine Kühlbox dabei. Da der Ringversuchsveranstalter vor Ort nach Abschluss der Probenahme die Proben sofort übernahm und gekühlt hat, wurde diese Feststellung nicht als kritisch bewertet.

Keine Humusbestimmung (k)

Der Humusgehalt, der von sechs Teilnehmerteams nicht bestimmt wurde, ist ein obligatorischer Parameter bei der Bodenansprache gemäß KA 5/Kurz-KA 5. Das ist eine Unterlassung bei der Probenbeschreibung und betrifft auch den Punkt 7.3 Probenahme der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Schurf nicht angeschärft (k)

Die Schurfwand wurde zwar von den Vorgängern abgestochen, doch jedes Teilnehmerteam musste sie selbst neu anscharfen, um die Schichtgrenzen genauer zu erkennen, angetrockneten Boden zu entfernen und ggf. Querkontaminationen aus anderen Schichten auszuschließen [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Querkontaminationen]. Diese Unterlassung wurde bei fünf Teilnehmerteams festgestellt.

Bodenartenansprache in Arbeitshandschuhen (n)

Die Fingerprobe im Gelände in Arbeitshandschuhen birgt das Risiko einer fehlerhaften Bodenansprache in sich. Im Hinblick auf den Arbeitsschutz wurde den teilnehmenden Untersuchungsstellen vorab mitgeteilt, dass entgegen dem Ringversuchs-Szenario keine Kontaminationen des Probenahmeortes bekannt sind. Gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3 können fehlerhafte Bodenansprachen infolge unzureichender Feinfühligkeit nicht ausgeschlossen werden.

Keine Fotodokumentation (n)

Fotos sind ein einfaches, sehr effektives Mittel der Probenahmedokumentation. Es wurde festgestellt, dass fünf Teilnehmer keine Fotos vom Schurf und der Umgebung aufgenommen haben. Noch weniger Teilnehmer haben ihre Fotos als Teil der Dokumentation den Begutachtern gesendet (DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3).

Verschmutzte Fahrzeugladefläche (k)

Bei vier Fahrzeugen der Probenahmeteams waren die Ladeflächen durch Öl oder anderweitig verschmutzt. Das kann zu Querkontaminationen führen [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Querkontaminationen].

Schurfbeprobung von oben nach unten (k)

Um Querkontaminationen zu vermeiden, existiert die Vorschrift, Schürfe von unten nach oben zu beproben (u. a. Festlegungen in KA 5 und in LfU-Merkblatt 3.8/4). Vier Teilnehmerteams beprobten jedoch von oben nach unten. Das verstößt gegen Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Querkontaminationen.

Probenahmegeräte nicht zwischengereinigt (k)

Bei vier Probenahmeteams wurde festgestellt, dass sie ihre Probenahmegeräte während der Probenentnahme bei Schichtwechsel nicht zwischenreinigten. Querkontaminationen sind dadurch möglich [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018].

Bodenansprache ohne Kurz-KA 5 / KA 5 (k)

Vier Probennehmer hielten sich nicht an die Vorgaben zum Ringversuch und zogen die Kurz-KA 5 / KA 5 nicht heran. Gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3 entspricht diese Durchführung und Dokumentation der Probenahme nicht den Anforderungen.

Carbonatgehalt ohne Hörprobe als "0" bestimmt (n)

Bevor beim Carbonatattest eine Bodenprobe als carbonatfrei einstuft wird, ist feststellen, ob unmittelbar nach der Aufgabe der 10%igen Salzsäure Knistergeräusche hörbar sind. Das unterließen vier Teilnehmerteams. Damit stuften sie den Boden unzutreffend ein (Fehler der Probenahmedokumentation und bei der Bestimmung von Vor-Ort-Parametern gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3).

Keine Carbonatbestimmung (k)

Vier Teilnehmerteams haben den Carbonatgehalt nicht bestimmt. Das verstößt u. a. gegen die obligatorischen Anforderungen der Kurz-KA 5 und gegen das LfU-Merkblatt 3.8/4 und damit gegen DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3.

Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen (n)

Maurertubben aus schwarzem Kunststoff bergen aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung ein hohes Querkontaminations-Risiko (z. B. PAK). Mechanisch beschädigte Maurertubben weisen kleine Riefen auf. Darin anhaftende Kontaminationen lassen sich nicht restlos entfernen, was aber für die Spurenanalytik im Umweltbereich erforderlich ist. Derartige Querkontaminations-Risiken wurden von drei Teilnehmerteams in Kauf genommen [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018].

Keine Arbeitsanweisung vor Ort (k)

Zwei Probenehmerteams hatten ihre Arbeitsanweisung vergessen. Damit fehlte ihnen vor Ort eine erforderliche Unterlage (Punkt 7.2 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018).

Treibstoffbehälter im Laderaum (k)

Querkontaminations-Risiken bestehen, wenn Treibstoffbehälter oder treibstoffführende Gerätschaften gemeinsam mit Probenahmegeräten, die unmittelbar mit den Proben oder Probengefäßen in Kontakt kommen, in demselben Laderaum transportiert werden [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018]. Das wurde bei zwei Teilnehmerteams festgestellt.

Farbansprache mittels anderer Farbkarten ohne Munsell-Tafeln (k)

Es gibt neben den Munsell-Farbtafeln zahlreiche anderen Farbtafeln, Farbkarten usw. Diese sind nicht im gesetzlich geregelten Bereich zulässig (obligatorische Anforderungen der Kurz-KA 5 sowie Verstoß gegen Vorschriften des LfU-Merkblattes 3.8/4 und damit gegen die DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3). Zwei Teilnehmer verwendeten solche nicht zulässigen Farbkarten.

Grobbodenfraktionen und Anteilsklassen nicht angesprochen (k)

Zwei Teilnehmerteams sprachen die Grobbodenfraktion nicht an (obligatorische Anforderung der Kurz-KA 5 und damit Verstoß gegen das LfU-Merkblatt 3.8/4 und gegen DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3).

Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich (n)

Probenahmeprotokolle müssen die Information enthalten, wer für diese Aufzeichnungen verantwortlich ist (DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.5). Das wurde von zwei Probenahmeteams nicht beachtet.

Kein Probenahmeplan vor Ort (k)

Ein Probenahmeteam hatte keinen Probenahmeplan erstellt bzw. mitgeführt, obwohl dies Teil der Aufgabenstellung des Ringversuches war. Das verstößt auch gegen DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3, wonach bei der Probenahme neben der Standard-Arbeitsanweisung auch der Probenahmeplan vor Ort vorliegen muss.

Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt (n)

Ausschließlich eine Drahtbürste zum Reinigen der Probenahmegeräte zu verwenden, kann zu Querkontaminationen führen [Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018]. Drahtbürsten können beim Reinigen verschmutzt oder auch chemisch angegriffen werden. Selbst lassen sie sich nur unzureichend reinigen. Deshalb sollten Sie ausschließlich zum Entfernen festsitzender Anhaftungen vor der eigentlichen Reinigung verwendet werden. Ein Teilnehmer benutzte zum Reinigen seiner Probenahmegeräte ausschließlich eine Drahtbürste.

Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen (n)

Bei zu großem Probenvolumen muss die Probe so verjüngt werden, dass es zu keinen heterogenitätsbedingten Analysenfehlern kommen kann (aliquotieren). Bei einem Ringversuchsteilnehmer wurde kein repräsentativitätswahrendes Verjüngen der Mischprobe zur Laborprobe festgestellt. Das ist ein Handhabungsfehler gemäß Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Probenbestandteile wurden aussortiert (k)

Ein Teilnehmerteam sortierte Bestandteile der Mischprobe, u. a. Wurzeln, aus. Das führt zu Veränderungen, die ergebnisbeeinflussend sein können. Eingestuft wurde dies als fehlerhafte Handhabung der Proben gemäß Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Homogenisieren mit bloßen Händen ohne diese zwischendurch zu waschen (k)

Ein Teilnehmer mischte die Proben mit bloßen Händen, ohne die verschmutzten Hände von Mischprobe zu Mischprobe zu reinigen. Dies wird hier nur als Querkontaminationsrisiko und nicht als Problem des Arbeitsschutzes bewertet, weil der Arbeitsschutz nicht Gegenstand des Ringversuches war. Es handelt sich um einen Verstoß gegen Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Kühlbox ist verschmutzt (k)

Bei einem Team wurde eine innen verschmutzte Kühlbox festgestellt. Dadurch können Querkontaminationen auftreten (siehe Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018).

Munsell-Farben falsch geschrieben (k)

Ein Teilnehmer hatte keine Erfahrung mit der Farbbestimmung mittels Munsell-Farbtabelle und dokumentierte die Farbe deshalb falsch. Das ist ein Problem der technischen Zeichnungen gemäß Punkt 7.4 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Salzsäure zu gering konzentriert (3%) (k)

Bei einem Teilnehmer fiel durch die Beschriftung der Salzsäureflasche auf, dass die Konzentration zu gering war, um den Carbonatgehalt richtig bestimmen zu können. In der KA 5 ist unter 5.6.13.6 Carbonatgehalt von Mineralböden vorgeschrieben, dass für dessen Bestimmung eine 10%ige Salzsäure (HCl) angewendet werden muss. Im weiteren Sinne betrifft dies die Rückführung des Reagenziengehaltes Punkt 6.5 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Carbonatbestimmung ohne " Kurz-KA 5- / KA 5" (k)

Bei einem Team ist aufgefallen, dass die Carbonatbestimmung ohne Kurz-KA 5 / KA 5 erfolgte. Es kann zu Bestimmungsfehlern kommen (DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3 - Probenahmefehler).

Bodenart gemäß Kurz-KA 5 / KA 5 nur zum Teil angesprochen (k)

Die Bodenarten waren für alle aufgeschlossenen Schichten in der Schurfwand anzusprechen. In einem Fall wurde das nicht beachtet. Dies ist ein Fehler bei der Probenahmedokumentation gemäß Punkt 7.3 der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018.

Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf (k)

Leere Probenahmegefäße sind nur für den Abfüllvorgang zu öffnen und danach umgehend wieder dicht zu verschließen. In einem konkreten Fall kam es durch das Offenstehen der Probenahmegefäße zum Hineinrieseln und -stauben von Bodenmaterial vor dem Abfüllvorgang und somit zu Querkontaminationen [siehe Punkt 6.3.4 b) der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018].

Gestufte Probenahme ohne Schichtgrenzen zu beachten (k)

Ein Teilnehmer führte eine gestufte Probenahme durch, ohne dabei die Schichtgrenzen zu beachten. Diese sind aber in jedem Fall auszumessen und zu dokumentieren. Es handelt sich um einen Probenahmefehler gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.3 und einen Verstoß gegen das LfU-Merkblatt 3.8/4 (horizont-/schichtenweise Probenahme).

Probenummern fehlen in Dokumentation (k)

Bei einem Team fehlten in der Dokumentation Probenummern. Es handelt sich um einen Dokumentationsfehler (DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.5).

Feinboden nur in Prozent angegeben (k)

Ein Teilnehmerteam hat den Feinbodenanteil nur n Prozent angegeben. Das ist eine unzureichende Probenbeschreibung (DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 Punkt 7.). Außerdem verstößt das gegen die Anforderungen des LfU-Merkblattes 3.8/4 und der Kurz-KA 5 / KA 5, wonach die Bodenart oder mindestens die Bodenartengruppe anzugeben ist.

5.2.2 Verallgemeinerung der Fehlerarten

In der Tab. 1 sind die Feststellungen in Fehlerarten zusammengefasst und den Normpunkten der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 zugeordnet. In der Graphik in Abb. 11 sind die absoluten Zahlen der Feststellungen bezüglich der Fehlerarten dargestellt.

Tab. 1: Fehlerarten

ISO 17025 Pkt.	allgemeine Fehlerart	Feststellungen Anzahl	Feststellungen in %
7.3	Probenahmefehler	118	48,0
6.3	Querkontaminationsmöglichkeiten	63	25,6
7.4	falsche Probenhandhabung	58	23,6
7.5	fehlerhafte Aufzeichnungen	4	1,6
7.2	Arbeitsanweisungen fehlen	2	0,8
6.5	HCL zu gering konzentriert	1	0,4

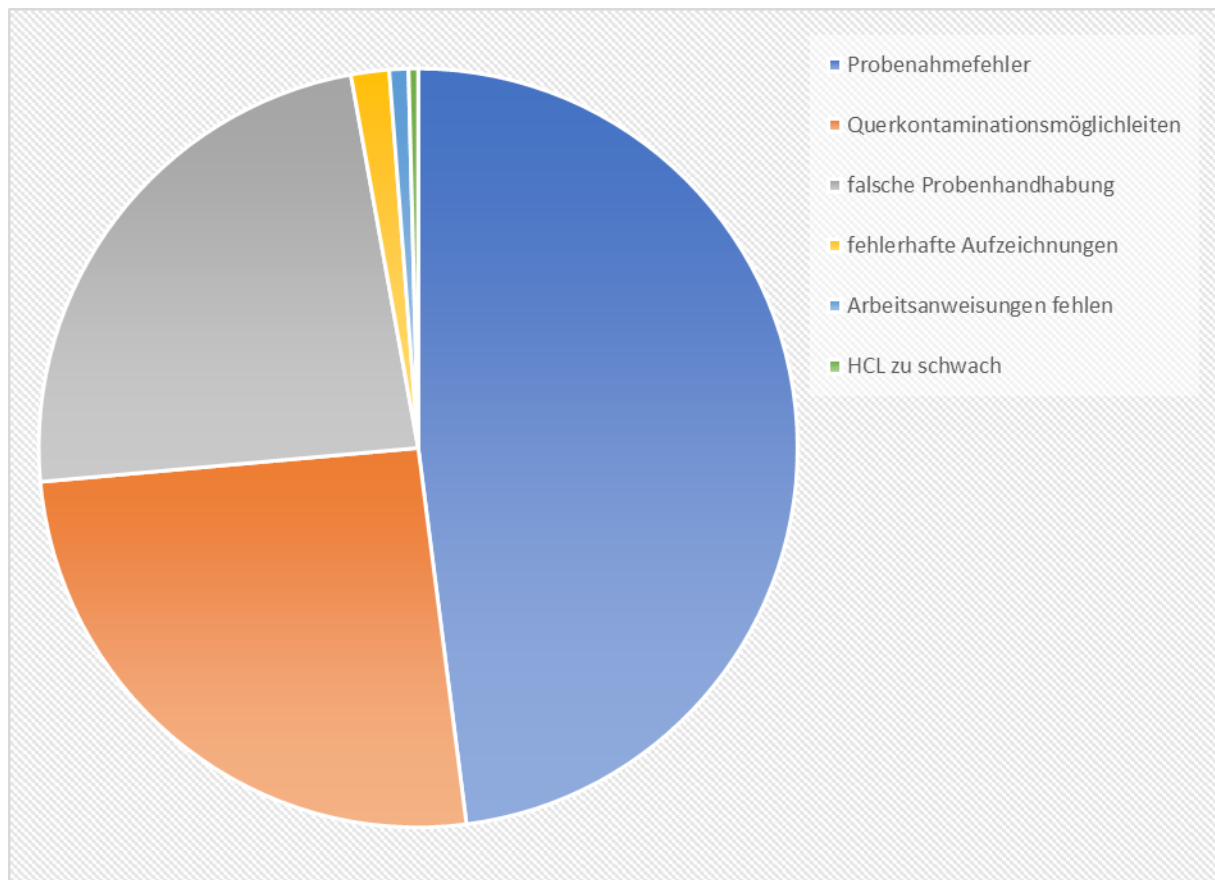


Abb. 11: Anteile der Fehlerarten

Die häufigsten Feststellungen bei diesem Ringversuch betrafen Probenahmefehler (118). Probenahmefehler sind nicht in jedem Fall ergebnisrelevant, die Wahrscheinlichkeit ist allerdings sehr hoch. Durch Normenkenntnis (lesen und verstehen), Verifizierung (Umsetzung der Norm bezogen auf die eigenen Gegebenheiten und praktikable Arbeitsanweisungen), Einarbeitung (praktische Schulung), Training (Praxis und Übung), Fortbildung (zur Absicherung der Kompetenzanforderungen jedes einzelnen Probenehmers) und Überwachung (Auditierung, Qualitätskontrolle) kann man Probenahmefehler minimieren. Probenahmefehler können auch durch fehlerhafte, unpräzise Aufgabenstellungen oder unzureichende Planung verursacht werden.

Querkontaminationen (63) führen in der Regel zu fehlerhaften Untersuchungsergebnissen. Die wichtigsten Gegenmaßnahmen sind Ordnung und Sauberkeit bei der Arbeit. Dazu gehören zweckentsprechende Reinigungsgeräte und -mittel sowie deren wirkungsvoller Einsatz bei der Probenahme. Wichtig ist, dass bei Horizont- bzw. Schichtwechsel bzw. von Probe zu Probe die Probenahmegeräte absolut sauber sind. Berühren von Proben mit und ohne Handschuhe sollte grundsätzlich unterbleiben. Ungeeignetes Material und Oberflächenbehandlungen von Probenahmegeräten (Handschaufeln, Mischwannen, Eimer usw.) können ebenfalls zu Querkontaminationen führen.

Unsachgemäße Handhabung (58) kann zu Veränderungen der Proben führen, die Einfluss auf die Analysenergebnisse haben. Insbesondere bei der Befüllung der Probengefäße traten Probleme auf. Die Proben müssen die Schichten repräsentativ abbilden. Das ist z. B. nicht der Fall, wenn Klumpen abgefüllt oder Bestandteile wie Wurzeln aussortiert werden. Beim Befüllen und beim Transport dürfen sich die Proben weder mechanisch noch stofflich verändern. Dampf Räume in Probengefäßen, Sauerstoffzufuhr, Ausgasungen, Kondensationen, mechanische Veränderungen, Abrieb und Entmischungen können zu ergebnisrelevanten Veränderungen von Proben führen.

Fehlerhafte Aufzeichnungen (4) führen zu Missverständnissen, Unplausibilitäten, Rückverfolgbarkeitsproblemen und später unter Umständen zu falschen Bewertungen der Ergebnisse. Das kann durch normkonforme Probenahmeprotokolle, Schichtenverzeichnisse, Etiketten zur Probenbeschriftung usw. vermieden werden. Die Aufzeichnungen müssen sauber und leserlich sein. Aufzeichnungen können ggf. helfen, Kompetenzprobleme bei Untersuchungsstellen zu erkennen.

Selbst wenn eine Arbeitsanweisung existiert, bedeutet das nicht in jedem Fall, dass die Anforderungen der zugrunde liegenden Norm erfolgreich umgesetzt wurden. Wenn die Normen den Charakter von Arbeitsanweisungen haben, können diese als solche genutzt werden. In den zwei Fällen, in denen eine Arbeitsanweisung fehlte, wurden jedoch auch keine Normen mitgeführt. Allgemein ist eine Arbeitsanweisung kein Ersatz für die erforderliche Kompetenz des Probenehmers oder den Aufwand, der investiert werden muss, um die Kompetenzbestätigung zu erlangen und sie aufrecht zu erhalten.

In einem Falle war die mitgeführte Salzsäure zwar auf dem Gebinde richtig gekennzeichnet, jedoch nicht ausreichend konzentriert zur richtigen Carbonatbestimmung. Damit kommt es – außer bei fehlendem Carbonat-Gehalt – zu Minderbefunden. Die Ergebnisse der Auswertung der protokollierten Carbonatgehalte legen nahe, dass bei weiteren Teilnehmern die Säurekonzentration zu gering war.

5.3 Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025

Im Anhang Abschnitt B "Probenahme-Protokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO-IEC 17025" befinden sich die detaillierten, teilnehmerbezogenen Ergebnisse der Auswertung der Aufzeichnungen zur Bodenansprache und Probenahme.

Die folgende Tab. 2 gibt eine Übersicht, wie viele Teamer welche Normforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 bezüglich der Probenahmedokumentation erfüllt haben. Diese Anforderungen existierten bereits im vorhergehenden Ausgabestand dieser Norm aus dem Jahr 2005.

Tab. 2: Erfüllung der Anforderungen DIN EN ISO/IEC 17025 an die Probenahmedokumentation

Normforderung	Anzahl Probenehmer
Verweis auf PN-Verfahren	38
Datum der PN	38
Name Probenehmer	38
Probennummer	37
Bezeichnung des Probenmaterials	37
Schichtenverzeichnis	36
Umgebungsbedingungen	29
Uhrzeit der PN	21
Probenmenge	21
Transportbedingungen	19
Probengeräte	18
Lageplan	14
Fotos	12
Abweichungen vom PN-Verfahren	0
Abweichungen vom PN-Plan	0

Das Probenahmeverfahren und das Datum der Probenahme wurden von den Teilnehmern bei der Probenahmedokumentation in jedem Fall aufgezeichnet. Die Probennummer und die Bezeichnung des Probenmaterials aufzuzeichnen, wurde in einem Fall vergessen. In zwei Fällen wurden keine Schichtenverzeichnisse ausgefüllt.

Die Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Wind, Windrichtung, Bewölkung, Niederschlag an den Vortagen und bei der Probenahme) sind sehr wichtig für die Interpretation der Ergebnisse. Acht Teamer zeichnen diese nicht auf.

Die Uhrzeit der Probenahme (von 21 Teamern protokolliert) ist u. a. wichtig, um den Zeitraum bis zum Beginn der Analysen im Labor ermitteln zu können. Im Laborprüfbericht ist im besten Fall der Übernahmezeitpunkt der Probe und der Zeitpunkt des Beginns der Laboruntersuchungen aufgeführt.

Die Angabe der Probenmenge (von 21 Teamern protokolliert) ist ebenfalls normativ gefordert. Ergebnisrelevant und daher wichtig sind auch Angaben zu den verwendeten Probengefäßen, Stabilisierungen (z. B. Kühlung, Abdunkelung) und Konservierung.

Die Dokumentation der Transportbedingungen (von 19 Teamern protokolliert) ist wichtig, um nachzuvollziehen, ob es Einflüsse auf die Proben während des Transportes gab oder gegeben haben kann, die die Untersuchungsergebnisse beeinflussen.

Die Probenahmegeräte (von 18 Teamern protokolliert) sind ebenfalls zu nennen. Die Probenahmegeräte können einen wichtigen Einfluss auf die Repräsentativität der Proben haben. Beispielsweise beeinflusst der Durchmesser eines Probenstechers die maximale Korngröße, die bei der Probenahme erfasst wird.

Ein Lageplan, den nur 14 Teilnehmerteams angefertigt haben, ist sehr wichtig, u. a. um die Probenahmestelle wiederzufinden.

Es sollten nicht nur Fotos vom Schurf, sondern auch von seiner Umgebung angefertigt werden. Zwölf Teilnehmerteams nahmen Fotos mit ihren Mobiltelefonen auf. Bei modernen Mobiltelefonen ist die Qualität der Fotos vergleichbar mit Fotos aus höherwertigen Fotoapparaten.

Für mögliche Abweichungen vom Probenahmeverfahren und vom Probenahmeplan gab es in keinem Protokoll der Probenahmeteams spezielle Vorgaben und Felder. Die DIN EN ISO/IEC 17025: 2018 definiert Anforderungen zu Abweichungen der Planungen und Vorgehensweisen, die mit dem Auftraggeber abzustimmen und auch von diesem zu bestätigen sind (z. B. 7.1.2 – Unzweckmäßigkeit von Verfahren und 7.1.5 Vertragsabweichungen). Gemäß Punkt 7.1.8 sind u. a. Änderungen aufzuzeichnen.

5.4 Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der DIN ISO 18400-107

Im Anhang Abschnitt C "Probenahmeprotokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN ISO 18400-107" befindet sich eine Übersicht der teilnehmerteambezogenen Erfüllungsgrade der Normforderungen zu Aufzeichnungen. Diese über die DIN EN ISO/IEC 17025 hinausgehenden Forderungen sind formal unverbindlich, weil die neue DIN ISO 18400-107: 2020 in den Listen der anzuwendenden Verfahren (Anlage zum jeweiligen Zulassungsbescheid der betreffenden Untersuchungsstelle) noch nicht aufgeführt ist. In der Methodensammlung Feststoffuntersuchung (Methosa) vom 15.06.2021 wird die DIN ISO 18400-107 für Aufzeichnungen und Berichtswesen bei der Bodenprobenahme empfohlen. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Norm keine konkreten Verfahrensvorgaben enthält, aber die Mindestanforderungen an die Dokumentation bei der Bodenprobenahme beschreibt.

Tab. 3: Erfüllung der Anforderungen DIN ISO 18400-107 an die Probenahmedokumentation

Normforderung	Anzahl Teilnehmerteams
Name Probenehmer	38
Tiefe / Tiefenbereich	38
PN-Datum	38
PN-Verfahren / -Gewinnung	38
Probennummer/-n, Anzahl	37
Farbe vom Probenmaterial	37
Beobachtungen während PN	35
Bestandteile / Komponenten	35
Einzel- und Mischproben	35
Anzahl und Verteilung der EP für MP	35
Lage Fläche / Grundstück	32
Feldmessungen / Tests	32
Beschreibung relevante Einzelheiten des Grundstückes	29
ergebnisrelevante Besonderheiten	29
Verpackung, Gefäß	29

Normforderung	Anzahl Teilnehmerteams
Korngröße	28
Witterung bei PN Temperatur	27
Entnahmezeitpunkt	27
genauer Probenahmeort	26
Oberflächenbeschaffenheit	25
Konsistenz	25
Geruch	25
Probenmenge (Volumen o. Masse)	25
ggf. Nutzung der untersuchten Fläche	24
Feuchte	24
Probenahme-Uhrzeit	22
Witterung bei der Probenahme Bewölkung / Sonne	22
Lagerungsbedingungen	21
Transportbedingungen	21
Probenahmegeräte	19
Witterung bei der Probenahme, Niederschlag	16
Fläche Probenahmebereich (z.B. Karte, Skizze)	13
Relief	13
Lageplan (auch mit Besonderheiten)	12
gestörte oder ungestörte Probe	11
Hydrologie, Grundwasserstand	6
Kontaminationsverdacht	6
Zeitpunkt der Übergabe an das analytische Labor	6
lokale Geologie	5
Witterung vor der Probenahme, Niederschlag	4
Analysenumfang	3
Witterung vor der Probenahme, Temperatur	2
Homogenität des zu beprobenden Materials	2
Witterung vor der Probenahme, Bewölkung / Sonne	1
Annahmebestätigung durch das Labor	0
Änderung des Probenahmeplans, Genehmigung durch Kunden	0
Qualitätskontrollmaßnahmen	0

Zahlreiche Normvorgaben der DIN ISO 18400-107 wurden nicht oder wenig beachtet. Diese sind bei der Bodenansprache, Bodenprobenahme und Bewertung sehr wichtig. Nur ein Teil dieser Normforderungen wird hier diskutiert.

So kann die kaum beachtete und demnach selten dokumentierte Witterung (vier Teilnehmer) vor der Probenahme (Bewölkung / Sonne, Niederschlag, Temperatur) z. B. einen großen Einfluss auf den

Wassergehalt der Proben, das Sickerwasser, die Saugspannung und die Schadstoffmigrationen bei kurz zurückliegenden Schadensfällen haben.

Ebenfalls sehr wichtig ist die Homogenität des zu beprobenden Materials (Grundgesamtheit). Diese wurde nur von zwei Teamteams dokumentiert. Die in der Norm geforderte Homogenität lässt sich auch als Heterogenität in Prozent ausdrücken. Dazu kann man den geschätzten Flächenanteil einer bestimmten Komponente bezogen auf die Fläche der jeweils untersuchten Schicht in der Schurfwand angeben. Die KA 5 enthält schematische Darstellungen verschiedener Verteilungen mit zugehörigen Prozentanteilen, die solche Schätzungen unterstützen.

Der Zeitpunkt der Übergabe der Proben an das analytische Labor wurde nur von sechs Teilnehmern angegeben. Im Fall dieses Ringversuches entspräche das der Übergabe an den Ringversuchsveranstalter bzw. den Begutachter. Bis zu diesem Zeitpunkt ist der Probenehmer für die verstrichene Zeit bis zum Beginn der Laboranalytik verantwortlich. Kein Team hat eine Annahmestätigung vom Ringversuchsveranstalter bzw. den Begutachter gefordert.

Kein Protokoll enthielt Angaben darüber, ob der Probenahmeplan eingehalten oder geändert wurde. Interne Qualitätskontrollmaßnahmen bei der Bodenansprache und der Probenahme wurden nicht durchgeführt, zumindest jedoch nicht dokumentiert.

Skizzen und Lagepläne sollten in keiner Probenahmedokumentation fehlen. Nur zwölf Teilnehmer fertigten eine Skizze oder einen Lageplan an. Die Norm weist darauf hin, dass auch Besonderheiten skizziert werden sollten.

5.5 Bewertung der Inhalte der Probenahmedokumentationen bezogen auf die Anforderungen der Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5

Die Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 2009 (Kurz-KA 5) wurde von den geologischen Landesämtern (bzw. Umweltämtern) der deutschen Bundesländer erstellt, um den Probenehmern die Arbeit zu erleichtern und die Anforderungen auf die für den vor- und nachsorgenden Bodenschutz wichtigen Aspekte zu beschränken. Die noch gültige Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999 fordert die Anwendung der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 2005. In der mit der Mantelverordnung eingeführten neuen BBodSchV, die am 01.08.2023 in Kraft treten wird, ist die Kurz-KA 5 gefordert. Das Geländeformblatt3_KA5: „Mindestdaten für Untersuchungen nach § 3 BBodSchV (Orientierende Untersuchung / Detailuntersuchung)“ ist für diesen Ringversuch einschlägig.

In der Tab. 4 ist die Erfüllung der Anforderungen der Kurz-KA 5- durch die teilnehmenden Untersuchungsstellen dargestellt.

Tab. 4: Häufigkeit der Erfüllung der Anforderungen der Kurz-KA 5 durch die teilnehmenden Untersuchungsstellen

Obligatorische Parameter Kurz-KA 5	Anzahl
Art Nutzung der zu untersuchenden Fläche	23
Anteilsklasse der Nutzungsart	12
Projektbezeichnung	34
Profil-Nr.	34

Obligatorische Parameter Kurz-KA 5	Anzahl
Datum der Aufnahme	37
Bearbeiter	38
Rechtswert	21
Hochwert	21
Aufschlussart	37
Anthropogene Veränderungen / Bautechnische Maßnahmen	32
Schichtunter- / -obergrenze	38
Bodenfarbe	37
Geruch	28
Humusgehalt	30
Feinbodenart / Torfart	22
Grobbodenfraktionen und Anteilklassen	35
Summe Grobbodenanteil	28
Carbonatgehalt	33
Beimengungen (substanzielle Substratinhomogenitäten)	34
Wasserstand unter GOF	9
Probennummer	38
Entnahmetiefe der Probe (Ober-/Untergrenze)	38

Im Anhang 3 des LfU-Merkblattes 3.8/4 findet sich ein Muster-Probenahmeprotokoll für Bodenproben mit Schichtenverzeichnis in Anlehnung an die Kurz-KA 5 (Teil 3). Viele der teilnehmenden Untersuchungsstellen hatten zumindest das erste Blatt dieses Musters in ihren eigenen Schichtenverzeichnis / Probenahmeprotokoll-Vordruck übernommen. In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass viele Teilnehmerteams nur dieses Blatt ausfüllten. Ein klassisches Schichtenverzeichnis ersetzt jedoch das Probenahmeprotokoll nicht. Dabei ist es unerheblich, ob das Schichtenverzeichnis des LfU-Merkblattes 3.8/4 oder der Kurz-KA 5 genutzt wird.

Die Erfüllung der obligatorischen Anforderungen an die Bodenansprache gemäß Kurz-KA 5 wurde im Anhang Abschnitt D Teilnehmerteam-bezogen dargestellt. Für die Auswertung wurden nur die obligatorischen Felder herangezogen. Der Erfüllungsgrad lag bei 78,8 %. Ursächlich hierfür kann die Aufgabenstellung zum Ringversuch sein. Nur 13 Teilnehmer bestimmten die Feinbodenart.

Auf wichtige, im Ringversuch auswertbare Parameter wird im Folgenden näher eingegangen.

5.6 Bewertung der Bodenansprache

5.6.1 Allgemeine Vorgehensweise bei der Bewertung der Bodenansprache

Die für den Ringversuch auswertbaren Untersuchungsparameter sind im Anhang Abschnitt E „Befunde Bodenansprache“ Teilnehmerteam-bezogen dargestellt. Es handelt sich um die „Tiefenlage der Schichten unter Geländeoberkante (uGOK)“, die „Bodenfarbe“, die „Humusgehalte“, die „Feinbodenarten“, die „Hauptkorngößen“ und die „Carbonatgehalte“.

5.6.2 Auswertung der Schichtansprache

Beim Einbau der Bodenschichten wurden mittels Gliedermaßstab, von beiden Grabenrändern aus, die Tiefenlagen der Schichten nivelliert. Daraus ergaben sich zentimetergenaue Schichtgrenzen (siehe M5,3,1 und M6,4,2). Dabei wurde lagenweise verdichtet. Durch die Verdichtung der Schichten ergaben sich Abweichungen bei den Grenzen der unterlagerten, bereits eingebauten und verdichteten Schichten um bis zu 6 cm (siehe SH1 bis SH5). Die plastischen Böden sind an sich nicht verdichtungsfähig. Außerdem können die Schluffe, Lehme und Tone je nach Feuchtezustand schrumpfen und quellen. Eine Abweichung von durchschnittlich 2 cm bis 3 cm bei den Vergleichsproben ist akzeptabel und kann als Beurteilungswert für die Präzision der Schichtgrenzensprache herangezogen werden.

In der folgenden Tab. 5 sind die von den Teilnehmerteams dokumentierten Schichtgrenzen dargestellt.

Tab. 5: Schichtgrenzen

Teilnehmer Nr.	Schicht 1 (bis 0,2) [m uGOK]	Schicht 2 (bis 0,8) [m uGOK]	Schicht 3 (bis 1,2) [m uGOK]
.001	-0,2	-0,8	-1
.002	-0,24	-0,77	-1,2
.003	-0,25	-0,79	-1,25
.004	-0,25	-0,75	-1
.005	-0,2	-0,8	-1,2
.006	-0,2	-0,75	-1,2
.007	-0,25	-0,75	-1,15
.008	-0,2	-0,86	-1,2
.009	-0,2	-0,7	-1,2
.010	-0,24	-0,75	-1,2
.011	-0,2	-0,7	-1,15
.012	-0,25	-0,78	-1,19
.013	-0,24	-0,77	-1,2
.014	-0,25	-0,7	-1,2
.015	-0,26	-0,8	-1,2
.016	-0,2	-0,7	-1,2
.017	-0,2	-0,75	-1,2
.018	-0,2	-0,75	-1,2
.019	-0,2	-0,76	-1,18
.020	-0,2	-0,7	-1,2
.021	-0,24	-0,75	-1,2
.022	-0,2	-0,7	-1,2
.023	-0,23	-0,76	-1,18
.024	-0,2	-0,7	-1,15
.025	-0,23	-0,75	-1,2
.026	-0,25	-0,75	-1,2

Teilnehmer Nr.	Schicht 1 (bis 0,2) [m uGOK]	Schicht 2 (bis 0,8) [m uGOK]	Schicht 3 (bis 1,2) [m uGOK]
.027	-0,23	-0,75	-1,18
.028	-0,24	-0,73	-1,25
.029	-0,21	-0,74	-1,18
.030	-0,2	-0,7	-1,1
.031	-0,2	-0,75	-1,2
.032	-0,15	-0,6	-1,1
.033	-0,23	-0,76	-1,09
.034	-0,2	-0,8	-1,2
.035	-0,25	-0,8	-1,2
.036	-0,25	-0,74	-1,21
.037	-0,22	-0,74	-1,2
.038	-0,2	-0,7	-1,2
M5,3,1	-0,2	-0,8	-1,2
M6,4,2	-0,2	-0,8	-1,2
SH1	-0,26	-0,79	-1,2
SH2	-0,23	-0,73	-1,21
SH3	-0,21	-0,76	-1,2
SH4	-0,21	-0,75	-1,2
SH5	-0,22	-0,78	-1,2
Teilnehmer Mittelwert	-0,22	-0,75	-1,18
Standardabweichung	0,025	0,044	0,053
Vergleichsproben Mittelwert	-0,22	-0,77	-1,20
Vergleichsproben Standardabweichung	0,020	0,025	0,003

In der oberen Schicht 1 stimmen die Mittelwerte der Teilnehmer und Vergleichsproben überein. Die Standardabweichung der Vergleichsproben betrug maximal 25 mm. An der Graphik (siehe Abb. 12) ist zu erkennen, dass die erste Schichtuntergrenze von allen Teilnehmerteams sehr gut ermittelt wurde.

Bei der zweiten Schicht liegen die Mittelwerte der Teilnehmer und der Vergleichsproben nur zwei Zentimeter auseinander. Im Vergleich zu den Stauchungen, die bei Rammkernsondierungen auftreten, ist das Ergebnis hervorragend. Die Standardabweichung zeigt aber, dass es bei dieser Schichtgrenze zu kleineren Abweichungen bei den Messergebnissen einzelner Teilnehmer gekommen ist, was in der Abb. 12 auch deutlich zu erkennen ist.

Die unterste Schichtgrenze war durch den gewachsenen Tonboden sehr gut erkennbar und vorgegeben. Der Teilnehmermittelwert weicht gegenüber der Vergleichsbeprobung lediglich um 2 cm ab. Bei der Standardabweichung sind es 5 cm. Bei einzelnen Teilnehmern sind Messfehler bis zu 20 cm aufgetreten. Ursächlich hierfür können Ablesefehler sein. Möglicherweise wurde auch der Schurf nach dem Abstechen nicht sauber ausgegraben, so dass die untere Schichtgrenze nicht richtig erkannt wurde.

Bis auf vereinzelte Ausreißer über 10 cm kann man von einer sehr guten Ermittlung der Schichtgrenzen sprechen. In den Schürfen waren die Schichtgrenzen auch nicht vollständig horizontal, sondern durch die künstliche Verdichtung mittels Rüttelplatte randlich leicht aufgewölbt. Der Einfluss auf die Messergebnisse war jedoch vernachlässigbar.

In der folgenden Abb. 12 sind Messfehler an den Peaks nach oben und unten erkennbar.

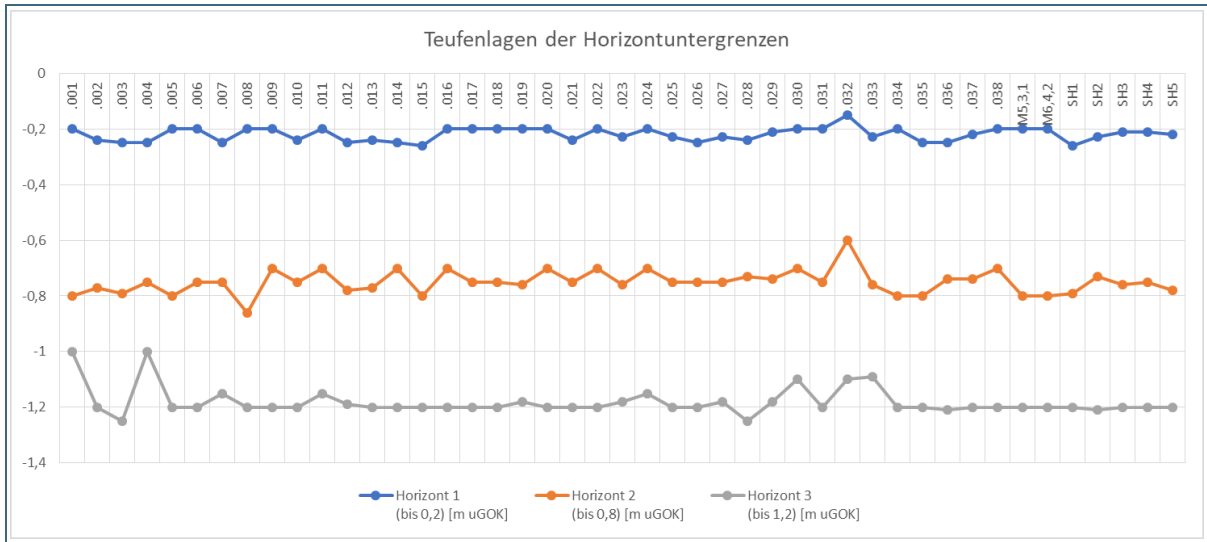


Abb. 12: Schichtuntergrenzen

5.6.3 Auswertung der Humusansprache

Die Ansprache vom Humus erfolgt über den optischen Eindruck. Dabei muss man aber beachten, dass die Böden auch ohne Humus eine Eigenfärbung haben. Die zur Humusansprache herangezogene Färbung ist also eine Mischfarbe aus der Mineralfarbe und den schwarzen Humuspartikeln. Eine Schätzung des Humusgehaltes erfolgt mit der Tabelle 14 der Kurz-KA 5 über den optischen Eindruck, der sich mit der Helligkeit/Graustufe (Value) nach den Munsell Farbtafeln genauer untersetzen lässt. Die Teilnehmerteams, deren Felder in Tab. 6: Humusgehalte leer sind, haben den Humusgehalt nicht bestimmt.

Tab. 6: Humusgehalte

Teilnehmer Nr.	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 1	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 2	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 3
.001	0	0	0
.002	2	1	1
.003	1	0	0
.004	1	0	0
.005	1	0	0
.006	0	0	0
.007	0	3	2
.008	0	0	0
.009	1	1	0
.010	3	2	1

Teilnehmer Nr.	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 1	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 2	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 3
.011	2	0	0
.012	1	0	0
.013	0	0	0
.014	0	0	0
.015	1	0	1
.016			
.017	0	0	0
.018	0	0	0
.019			
.020			
.021	1	0	1
.022			
.023	3	2	2
.024	1	0	1
.025	1	4	1
.026	0	0	0
.027	1	0	1
.028	1	0	0
.029	0	1	1
.030	0	0	0
.031	0	1	0
.032	0	1	0
.033	2	4	2
.034	1	1	1
.035	0	1	1
.036	1	2	0
.037			
.038			
M5,3,1	1	3	1
M6,4,2	1	4	1
SH1	1	2	1
SH2	1	2	1
SH3	1	2	1
SH4	2	2	1
SH5	1	2	1
Teilnehmer Mittelwert	0,8	0,8	0,5

Teilnehmer Nr.	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 1	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 2	Humusgehalt (Kurzzzeichen) Schicht 3
Teilnehmer Standardabweichung	0,9	1,1	0,7
Vergleichsproben Mittelwert	1,1	2,4	1,0
Vergleichsproben Standardabweichung	0,3	0,7	0,0

Die meisten Teilnehmer waren der Meinung (Teilnehmer Mittelwert), dass es sich bei der oberen Schicht um einen sehr schwach (h2) humosen Boden handelt. Viele meinten auch, dass überhaupt kein Humus (h0) darin enthalten war. Zwei Teilnehmer stuften diesen Boden als mittel humos (h3) ein. Das Ausgangsmaterial dieser Schicht war Oberboden. Daher waren humose Anteile zu erwarten.

Die mittlere Schicht stammt unmittelbar aus dem Schurfgraben und ist ein natürlicher Tonboden. Vom Vergleichsprobennehmer wurde hier der Humusgehalt um eine Humusstufe höher (h2 bis h4) als der Teilnehmerdurchschnitt (dort lagen die Einstufungen zwischen h0 bis h4) bewertet. Bezogen auf die Humusmasse entspricht dies etwa 1 %. Eine Ursache für diesen Unterschied der Ergebnisse des Vergleichsprobennehmers und des Durchschnitts der Teilnehmerteams ist vermutlich, dass die Farbe dieses eingebauten Bodens relativ heterogen war. Tonböden reißen bei Trockenheit. In der Folge tritt Humus in diese Risse ein und wird in die Tiefe verlagert. Daraus entsteht eine heterogene Humusverteilung, die wegen starker Klumpenbildung nicht durch das Mischen des Bodens vor dem Einbau eingeebnet werden konnte. Diese Schicht als humusfrei anzusprechen, wie in vielen Fällen geschehen, ist also falsch.

Die dritte (unterste) Schicht im Schurfgraben ist ein Löß. Es handelt sich ebenfalls um einen abgetragenen Oberboden. Teilweise waren Wurzeln darin erkennbar. Der Vergleichsprobennehmer und die meisten Teilnehmer haben erkannt, dass dieser Boden schwach humos ist. Humusfrei, wie einige Teilnehmer festgestellt hatten, ist die dritte Schicht nicht.

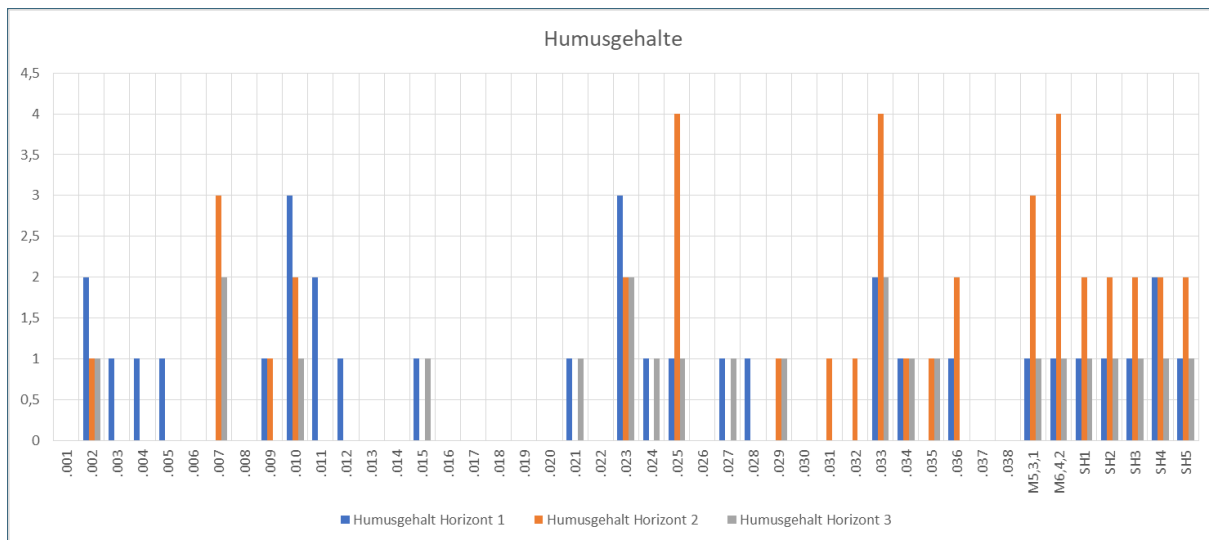


Abb. 13: Humusgehalte gesamt

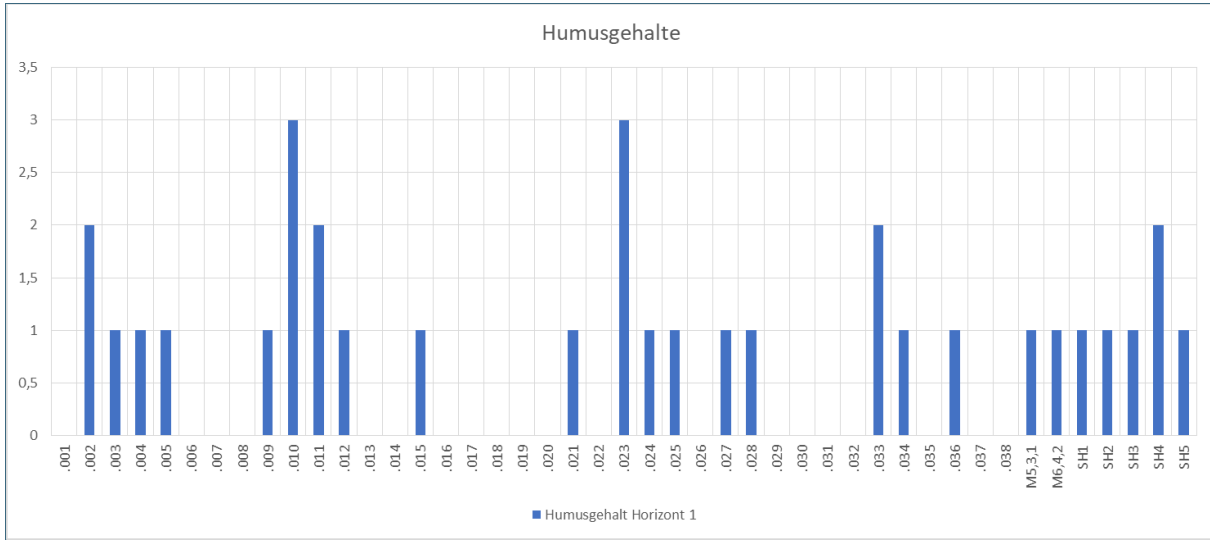


Abb. 14: Humusgehalte Schicht 1

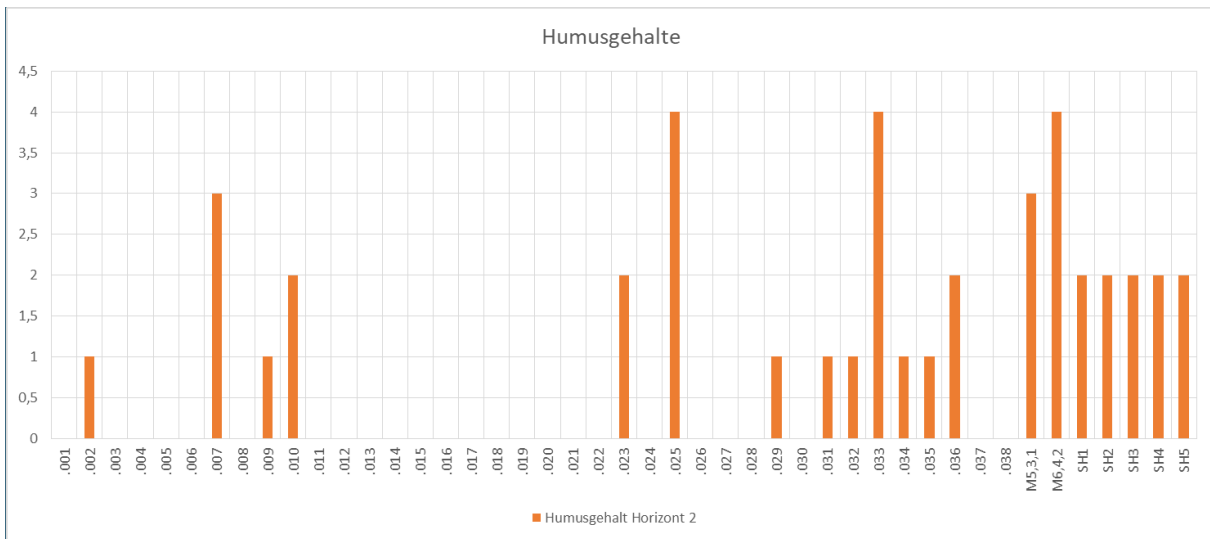


Abb. 15: Humusgehalte Schicht 2

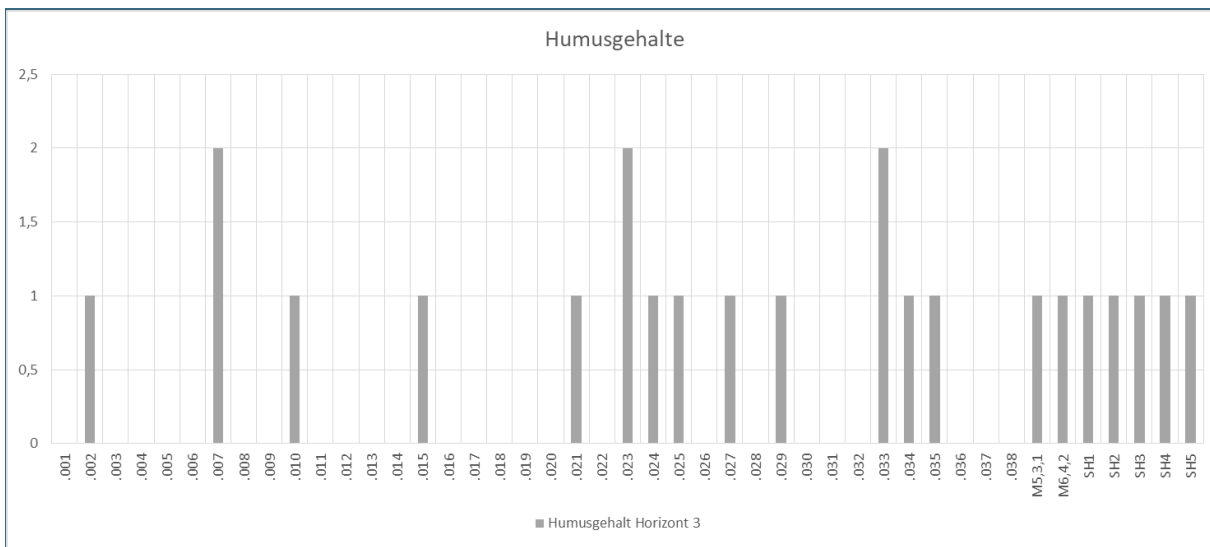


Abb. 16: Humusgehalte Schicht 3

5.6.4 Auswertung der Carbonatansprache

Bei der Bodenansprache wird der Carbonatgehalt durch Auftröpfeln von 10%iger Salzsäure bestimmt. Die Genauigkeit der Ergebnisse hängt von zahlreichen Faktoren ab. Diese sind in der KA 5 sehr gut beschrieben. Z. B. nehmen sehr trockene Böden oder sehr feinkörnige Böden die Salzsäure schlechter auf. Wenn deshalb die Salzsäure abperlt, kann das zu Minderbefunden führen. Konkret beim Ringversuch wurde z. B. dolomithaltiger Boden (Keuper) eingebaut. Die Vermutung liegt nahe, dass Dolomit, ein Kalkgestein, starke Reaktionen erzeugt was aber so nicht festgestellt wurde. Die Reaktion läuft verzögert ab und wird oft nicht erkannt. Häufig trifft das auch auf Löß zu. Insbesondere beim Einsatz zu gering konzentrierter Salzsäure bleibt die Reaktion aus oder ist deutlich vermindert.

Die Teilnehmer, deren Felder in nachfolgender Tab. 7 leer sind, haben den Carbonatgehalt nicht bestimmt.

Tab. 7: Einstufungen der Carbonatgehalte durch die Teilnehmerteams

Teilnehmerteam Nr.	Carbonatgehalt Schicht 1	Carbonatgehalt Schicht 2	Carbonatgehalt Schicht 3
.001	4	3	2
.002	2	2	2
.003	3	4	2
.004			
.005			
.006	1	2	2
.007	1	2	2
.008	3	2	1
.009	2	1	2
.010	3	3	3
.011	2	0	0
.012	2	0	0
.013	4	1	4
.014	3	4	4
.015	4	4	3
.016	1	3	4
.017	3	2	2
.018	0	3	0
.019	3	3	3
.020	5	5	5
.021	1	0	1
.022			
.023	6	6	2
.024	3	4	3
.025	2	1	3
.026	0	1	1
.027	3	2	3
.028			
.029	4	4	2

Teilnehmerteam Nr.	Carbonatgehalt Schicht 1	Carbonatgehalt Schicht 2	Carbonatgehalt Schicht 3
.030	3	3	3
.031	3	4	3
.032	3,4	3,4	3,4
.033	1	2	3
.034	3	2	3
.035	3,3	3,2	3,3
.036	2	3	3
.037	3	4	1
.038	3	3	3
M5,3,1	4	4	3,3
M6,4,2	4	4	3,3
SH1	4	3,4	3,3
SH2	3,3	5	6
SH3	4	5	3,3
SH4	3,3	4	3,2
SH5	3,3	4	3
Teilnehmer Mittelwert	2,6	2,6	2,4
Standardabweichung	1,3	1,4	1,2
Vergleichsproben Mittelwert	3,7	4,2	3,6
Vergleichsproben Standardabweichung	0,3	0,5	1,0

Der Vergleichsprobennehmer ermittelte in der zweiten Schicht im Durchschnitt die höchsten Carbonatgehalte (carbonatreicher Tonboden). Die Befunde der Teilnehmer lagen im Durchschnitt unter denen des Vergleichsprobennehmers. Die Fehlbestimmungen der Teilnehmer durch den Einsatz zu gering konzentrierter Salzsäure oder, wie oft festgestellt, zu ungenauem Beobachten, drückten den Durchschnitt. Um den Unterschied zwischen stark carbonathaltig, carbonatreich und noch höheren Kalkgehalten festzustellen, muss die Salzsäure ein zweites Mal auf dieselbe Stelle aufgegeben werden. Folgt daraufhin ein erneutes Aufschäumen, wurden die Wasserstoffionen der Salzsäure durch Reaktion mit Carbonat verbraucht, so dass die Reaktion beim ersten Beträufeln unvollständig ablief. Nur durch die weitere Zugabe ist dieser Unterschied feststellbar. Der Carbonattest muss daher Vor-Ort mit Geduld und der erforderlichen Präzision durchgeführt werden.

Die Einstufungen des Carbonatgehaltes durch die Teilnehmerteams schwankten stark. Das zeigen auch die folgenden Diagramme (Abb. 17 bis Abb. 20).

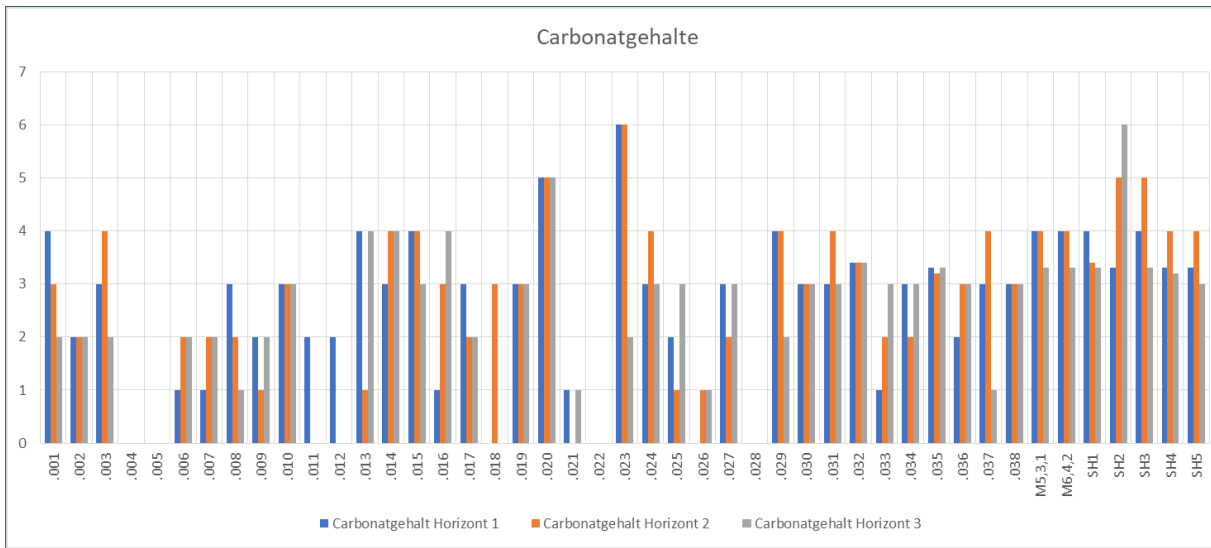


Abb. 17: Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für alle 3 Schichten

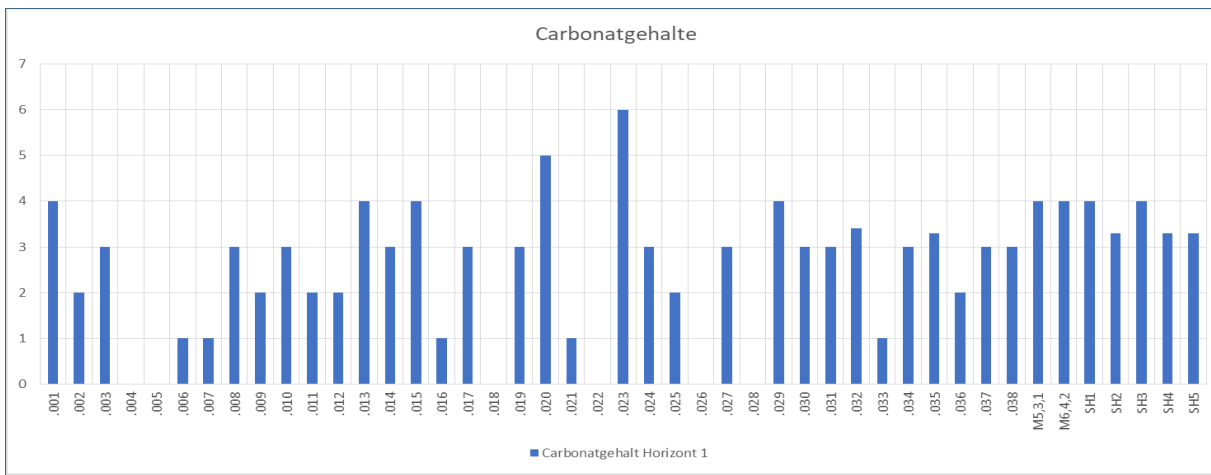


Abb. 18: Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 1

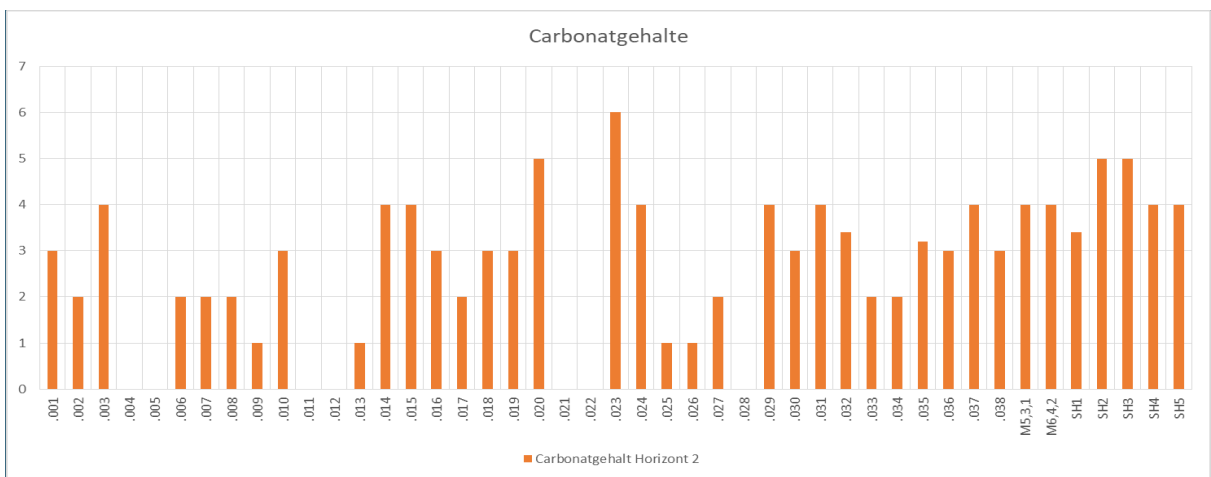


Abb. 19: Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 2

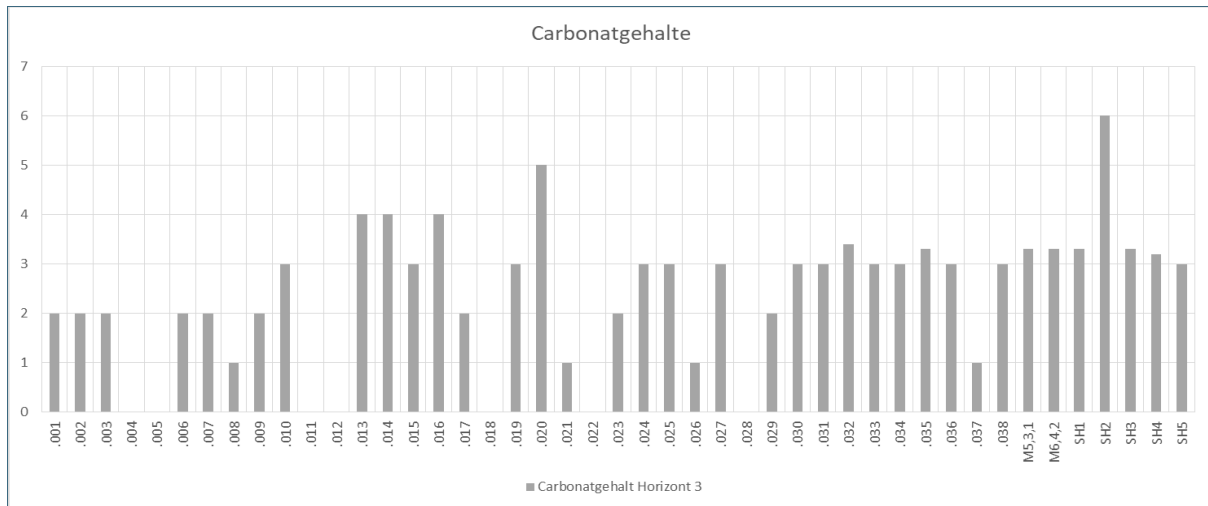


Abb. 20: Von Teilnehmerteams protokollierte Carbonatgehalte für Schicht 3

5.6.5 Auswertung der Bodenartenansprache

Bei der Bodenansprache wird im ersten Schritt der Gesamtboden in die Kornfraktionen des Feinbodens (< 2 mm) und Grobbodens (≥ 2 mm) unterschieden. Die Kornfraktionen des Feinbodens (siehe Tabelle 28 der KA 5 bzw. Tabelle 17 Kurz-KA 5) sind grob in Sand, Schluff und Ton unterteilt. Traditionell wird in der Bodenansprache auch noch von Lehm gesprochen. Das ist ein Dreikorngemenge aus Sand, Schluff und Ton. Die Feinbodenarten lassen sich in Bodenarten-Hauptgruppen, Bodenarten-Gruppen und Bodenarten einteilen.

Durch die Fingerprobe im Gelände kann man über die Bestimmung der Körnigkeit, Bindigkeit und Formbarkeit des feuchten Bodens nach Tabelle 30 der KA 5 bzw. Tabelle 19 Kurz-KA 5 die Bodenarten bestimmen. Für die Unterteilung der Sandfraktionen können Messlupen (z. B. sogenannte Fadenzähler) oder Messlineale verwendet werden. Die Benutzung dieser Hilfsmittel wurde beim Ringversuch kaum beobachtet. Es wird empfohlen, auch die Anteile an Ton, Schluff und Sand zu schätzen und damit zusätzlich anhand der Abbildung 17 der KA 5 bzw. Abbildung 3 der Kurz-KA 5 und der Tabelle 30 der KA 5 bzw. Tabelle 19 Kurz-KA 5 die Bodenarten zu bestimmen.

Im Bodenschutzbereich wird empfohlen, mindestens die Bodenarten-Gruppen anzusprechen. Auch in der KA 5 wird vorgeschlagen, dass die „Kalibrierung“ der Ansprache an analysierten Proben erfolgen sollte. Deshalb wurden durch zwei Laboratorien unabhängig voneinander die Anteile an Sand, Schluff und Ton nach der DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Aus dem Mittelwert der Ergebnisse wurden mittels Tabelle 30 die Bodenarten abgeleitet und als Bezugsgröße für die Bewertung herangezogen. In der folgenden Tab. 8 sind die Laborergebnisse den verwertbaren Teilnehmerergebnissen gegenübergestellt. Die Übereinstimmungen zwischen Labor- und Teilnehmerergebnissen sind farblich hinterlegt.

Tab. 8: Bodenarten

Teilnehmer Nr.	Bodenart Schicht 1	Bodenarten-Gruppe Schicht 1	Bodenarten-Hauptgruppe Schicht 1	Bodenart Schicht 2	Bodenarten-Gruppe Schicht 2	Bodenarten-Hauptgruppe Schicht 2	Bodenart Schicht 3	Bodenarten- Gruppe Schicht 3	Bodenarten-Hauptgruppe Schicht 3
Laborergebnisse	Lu	tu	u	Lt2	ll	l	Ut4	tu	u
.001	Ut2	lu	u	Ut1	?		Ut3	lu	u
.006	Lt3	ut	t	Lts	tl	l	Tu2	lt	t
.010	Lts	tl	l	Sl4	sl	l	Uls	lu	u
.011	Ls3	ll	l	Lt3	ut	t	Lu	tu	u
.014	Lt3	ut	t	Ls2	ll	l	Ut2	lu	u
.015	Tu4	ut	t	Tu3	ut	t	Ut3	lu	u
.017	Tl	lt	t	Tu2	lt	t	Uls	lu	u
.019				Tu3	ut	t	Lts	tl	l
.026	Ts2	lt	t	Tu2	lt	t	Uu	su	u
.027	Tu2	lt	t	Ut4	tu	u	Ut2	lu	u
.032	Ut2	lu	u	Tu3	ut	t	Ut4	tu	u
.033	Lu	tu	u	Lt2	ll	l	Ut3	lu	u
.035	Ts2	lt	t	Ts2	lt	t	Uls	lu	u
M5,3,1	Uls	lu	u	Ut4	tu	u	Ut3	lu	u
M6,4,2	Ut4	tu	u	Ut4	tu	u	Ut3	lu	u
M7	Ut4	tu	u						
SH1	Ut4	tu	u	Tu4	ut	t	Ut2	lu	u
SH2	Ut3	lu	u	Tu4	ut	t	Ut2	lu	u
SH3	Ut4	tu	u	Ut3	lu	u	Ut2	lu	u
SH4	Ut3	lu	u	Ut4	tu	u	Ut2	lu	u
SH5	Ut4	tu	u	Tu4	ut	t	Uu	su	u

Nur 13 der 38 Teilnehmer führten die Bodenansprache mit der Kurz-KA 5 durch. Dabei wurden von Ihnen 38 Bodenansprachen durchgeführt.

Die Bodenart im Gelände zu bestimmen ist sehr schwierig, wie dieser Ringversuch zeigt. Nur das Team Nr. 33 hat die Bodenart zweimal richtig angesprochen. Dem Team Nr. 32 ist das einmal gelungen.

Die Bodenartengruppe sollte gemäß Kurz-KA 5 im Gelände bestimmt werden. Insgesamt wurde fünf der 38 Bestimmungen von nur drei Teilnehmern richtig bestimmt.

Die Bodenartenhauptgruppe wurde achtzehn Male von 38 Bestimmungen richtig bestimmt. Daran waren 12 Teilnehmer in unterschiedlichen Schichten beteiligt.

Es ist davon auszugehen, dass der Sandanteil kollektiv unterschätzt und damit die Normallehme nicht erkannt wurden. In der ersten Schicht wurde der Tonanteil häufig überschätzt. In der dritten Schicht wurde er in vielen Fällen zutreffender bewertet.

5.7 Auswertung der Hauptkorngrößen nach „DIN“

Keines der 38 Teilnehmerteams, also auch die Teilnehmerteams, die nicht nach Kurz-KA 5 angesprochen haben, führten die Bodenansprache vollumfänglich regelwerkskonform durch. Folgende Anforderungen gelten gemäß des im Freistaat Bayern gültigen und diesem Ringversuch zugrundeliegenden LfU-Merkblattes 3.8/4:

„Das Aufschlussprofil ist detailliert nach der (Kurz-)KA 5 [BGR, 2009] beziehungsweise den Normen für geotechnische Erkundungen ([DIN EN ISO 22475-1, 2007], [DIN EN ISO 14688-1, 2013] und [DIN EN ISO 14689-1, 2011]) in Verbindung mit der Kurz-KA 5 (siehe Kapitel 5) anzusprechen.“

„Wenn parallel zur Altlasterkundung auch geotechnische Eigenschaften (z. B. Baugrund) untersucht werden sollen, kann es sinnvoll sein, die Bodenbeschreibung auf Grundlage der Normen für die geotechnische Erkundung ([DIN EN ISO 22475-1, 2007], [DIN EN ISO 14688-1, 2013] und [DIN EN ISO 14689-1, 2011]) als Ersatz-Normen für die seit 2007 zurückgezogenen DIN 4021 und DIN 4022) unter Einbeziehung der Parameter der Kurz-KA 5 durchzuführen. Die grafische Darstellung des Profils kann dann nach [DIN 4023, 2006] erfolgen.“ Von dieser Option wurde beim Ringversuch vielfach Gebrauch gemacht, was sich auch darin ausdrückt, dass nur etwa ein Drittel der Teilnehmerteams die Bodenansprache mit der Kurz-KA 5 durchführte.

„Zur vollständigen Dokumentation gehören darüber hinaus die genaue Profilbeschreibung (Schichtenverzeichnis nach (Kurz-)KA 5 beziehungsweise auf Grundlage der [DIN EN ISO 14688-1, 2013] und [DIN EN ISO 14689-1, 2011] unter Einbeziehung der Parameter der Kurz-KA 5) [BGR, 2009] und die grafische Darstellung der aufgenommenen Profile (nach [DIN 19673, 2013] oder [DIN 4023, 2006]).“

Das Muster-Probenahmeprotokoll im Teil 3 des Anhangs 3 wurde in Anlehnung an die Kurz-KA 5 entwickelt und enthält die nach den Empfehlungen der Kurz-KA 5 für die Altlastenbearbeitung relevanten Angaben. Zu dokumentieren sind zudem organoleptische Auffälligkeiten, die eingesetzten Probengefäße sowie Angaben zu Probentransport und -lagerung.“

Für die Schreibweisen der Kürzel und die Darstellung sind also folgende Normen einschlägig:

DIN 4023: 2006-02: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen.

DIN EN ISO 14688-1: 2013-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (diese Norm liegt mittlerweile im Ausgabestand 2020 vor).

DIN EN ISO 14689-1: 2011-06: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1: Benennung und Beschreibung (diese Norm liegt mittlerweile im Ausgabestand 2018 vor).

DIN EN ISO 22475-1: 2007-01: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung.

Zur Dokumentation sollten auch die Feldprotokolle im Anhang B (informativ) der DIN EN ISO 22475-1: 2007 genutzt werden, wovon aber kein Teilnehmerteam Gebrauch machte.

Für die Auswertung wurden die Bodenarten Ton, Schluff, Sand und hierbei nur die „Hauptkorngröße“ genutzt, die die Teilnehmer dokumentiert hatten. Die Nebenbestandteile waren aufgrund unterschiedlichster Schreibweisen nicht interpretier- und auswertbar.

Tab. 9: Hauptkorngröße

Teilnehmer Nr.	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 1	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 2	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 3
Labor	U	U	U
.002	U	U	U
.003	U	U	U
.005	S	U	S
.006	T	U	T
.007	U	U	U
.008	U	U	U
.009	T	T	U
.012	L	L	L
.013	U	T	T
.016	U	U	U
.018	T	T	U
.019	T	U	T
.020	T	T	U
.021	T	U	U
.022	T	T	U
.023	U	U	U
.024	U	U	U
.025	U	U	U
.028	fS	U	U
.029	T	T	T
.030	T	T	U
.031	U	U	U
.032	U	T	U
.034	U	U	U
.035	T	T	U

Teilnehmer Nr.	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 1	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 2	Hauptkorngröße nach DIN Schicht 3
.036	T	U	U
.037	T	T	T
.038	T	T	U
M5,3,1	U	U	U
M6,4,2	U	U	U
M7	U		
SH1	U	T	U
SH2	U	U	U
SH3	U	U	U
SH4	U	U	U
SH5	U	U	U

Insgesamt konnten die Ergebnisse von 28 Teilnehmern ausgewertet werden. Die beiden Laboruntersuchungen identifizierten Schluff als Hauptbodenart aller drei Schichten.

Bei der ersten Schicht haben 12 Teilnehmer (42,8 %) die Hauptbodenart Schluff erkannt. 16 Teilnehmer (57,1 %) protokollierten in der zweiten Schicht Schluff als Hauptbodenart. In der unteren, dritten Schicht haben 21 Teilnehmer (75 %) Schluff korrekt als Hauptbodenart angesprochen.

Das Ergebnis zeigt, dass der Unterschied zwischen Ton und Schluff sowie die Ableitung der jeweiligen Anteile mittels Fingerprobe schwierig ist. Nur vereinzelt waren Teilnehmerteams der Meinung, es handele sich um Sand.

5.8 Auswertung der Laboregebnisse des Schurf-Probenahme-Ringversuchs

5.8.1 Daten

Alle Proben wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH, Bobritzsch-Hilbersdorf vorbereitet und analysiert.

Die Ergebnisse zweier Teilnehmer-Proben waren unplausibel. Diese wurden reklamiert und die Proben erneut gemessen. Die Ergebnisse dieser erneuten Messung wurden für die Auswertung verwendet.

Schon bei der Befüllung des zuletzt eingefüllten Materials der obersten Schicht des Schurfes war aufgefallen, dass hier eine Vermischung mit Fremdmaterial nicht auszuschließen war. Deshalb wurde dieses Material zusätzlich beprobt. Tatsächlich wich das Ergebnis dieser Vorbeprobung Nr. 7 (oberste Schicht, oberste 10 cm) in einigen Parametern von den beiden anderen Proben dieser Schicht ab. Diese Probe wurde deshalb nicht berücksichtigt.

5.8.2 Statistische Auswerteverfahren und Bewertung

Um zu ermitteln, für welche Untersuchungsparameter sich die größten Unterschiede in den drei Schichten ergaben, aus denen der präparierte Schurf aufgebaut war, wurden aus den Ergebnissen von je zwei Vorbeprobungen der Mittelwert gebildet. Zur Bewertung wurden die Teilnehmer-Ergebnisse der mittleren Schicht herangezogen. Die Differenz der Mittelwerte der Ergebnisse für die untere bzw. die obere Schicht und der mittleren Schicht wurde jeweils auf den Mittelwert der mittleren Schicht bezogen und so die relative Differenz in Prozent berechnet. Für folgende Untersuchungsparameter ergaben sich sowohl für die untere wie auch für die obere Schicht relative Differenzen zu den Ergebnissen der mittleren Schicht von mehr als 20 % absolut: Aluminium (Al), Blei (Pb), Calcium (Ca), Kalium (K), Kupfer (Cu), Natrium (Na) und Nickel (Ni). D. h. an den Ergebnissen für diese Elemente würden sich eventuelle Verschleppungen von Material aus anderen Schichten in die Proben am deutlichsten erkennen lassen.

Für diese Untersuchungsparameter werden in der Folge die z_U -Score-Auswertungen dargestellt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte anhand der ebenfalls in der DIN 38402-45: 2014 beschriebenen z_U -Scores. Ein z_U -Score $\leq 2,0$ als Absolutwert bedeutet dabei, dass der Wert „erfolgreich“ bestimmt wurde. Als zugewiesener Wert (Sollwert) wurde der Mittelwert der Ergebnisse der Teilnehmer (Hampel-Schätzer) verwendet.

Angewendet wurde das in der DIN 38402-45: 2014 beschriebene statistische Verfahren in einer Ausgestaltung als EXCEL-Tabellenkalkulation durch AQS Baden-Württemberg am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft Arbeitsbereich Hydrochemie und Analytische Qualitätssicherung, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart, <https://aqs.iswa.uni-stuttgart.de/index.php>. Diese Tabellenkalkulation ist durch AQS Baden-Württemberg validiert.

Außerdem wurden die Analyseergebnisse aus der Vorbeprobung des in die mittlere Schicht eingebauten Materials zusammen mit denjenigen aus den Wiederholbeprobungen dieser Schicht während des Ringversuches ausgewertet. Hierzu wurden der Mittelwert und die Standardabweichung der Ergebnisse für die einzelnen Elemente bestimmt.

Im Fall von Calcium fiel auf, dass eines der zwei Ergebnisse aus einer Vorbeprobung deutlich über sämtlichen anderen Ergebnissen lag. Deshalb wurde dieser Wert einen Ausreißertest nach Dean & Dixon [1951] unterzogen, wodurch der Ausreißerverdacht bestätigt wurde. Nach Entfernung dieses Ausreißers aus der Datenreihe ergab sich ein um 3 % verringerter Mittelwert und eine um etwa 4 % geringere Standardabweichung.

5.8.3 Darstellung der Ergebnisse

Für die Untersuchungsparameter Al, Pb, Ca, K, Cu, Na und Ni sind unten jeweils in einem Diagramm die Feststoff-Konzentrationen bzw. die z_U -Scores der Teilnehmer über der Nummer des jeweiligen Teilnehmers aufgetragen. Zusätzlich werden entsprechende Diagramme für Zn gezeigt, das in den drei Schichten in gleicher Konzentration vorlag. Die beim Zn erkennbare Streuung ist als Ergebnis der Aufarbeitung, Proben-Vorbereitung und Messung im Labor interpretierbar. Die relative Standardabweichung vom Mittelwert beträgt hier 5,25 %, die absolute Abweichung der höchsten bzw. niedrigsten Zn-Konzentration vom Mittelwert ca. 11 %.

In den Konzentrations-Diagrammen ist der Mittelwert aller Teilnehmer (Hampel-Schätzer) durch eine dicke, waagerechte Linie dargestellt.

In den z_U -Score-Diagrammen zeigen die dicken, waagerechten Linien die Grenzen des Bereiches von ± 2 z_U -Score-Einheiten um den Mittelwert an.

Die Auswertung der Ergebnisse der Vor- und Wiederholbeprobungen der mittleren Schicht des Schurfes wurde in Tabellenform dargestellt.

5.8.4 Fazit

Wie zu erwarten war, ist die Streuung (Standardabweichung) der Ergebnisse der Vor- und Wiederholbeprobung (Wiederholbarkeit) signifikant niedriger als die Streuung der Ergebnisse der Teilnehmer (Reproduzierbarkeit).

Sowohl die Probenahme wie auch die Proben-Auf- und Vorbereitung sowie die Messung können Ergebnisse von Bodenuntersuchungen erheblich beeinflussen. Die größte Differenz eines einzelnen Ergebnisses vom Mittelwert aller Teilnehmer zeigte sich bei Kalium: Das Ergebnis war 64 % (!) niedriger als dieser Mittelwert.

Von den als unplausibel reklamierten Ergebnissen lag eine Kalium-Konzentration sogar um 80 % (!) unter diesem Mittelwert.

Die maximale Streuung der Ergebnisse der Teilnehmer für das in sämtlichen Schichten in gleicher Konzentration enthaltene Zink (etwa ± 11 % bezogen auf den Mittelwert) ist viel geringer als bei Elementen, die in den Schichten in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten sind. Dies zeigt, dass die Labor-Untersuchung präzise Ergebnisse liefern kann. Z_U-Scores > |2| beim Zink sind eine Folge der geringen Streuung und sollten nicht überbewertet werden.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass bei der Untersuchung von Bodenmaterial mit erheblichen Ausreißern zu rechnen ist, die kritisch hinterfragt werden sollten.

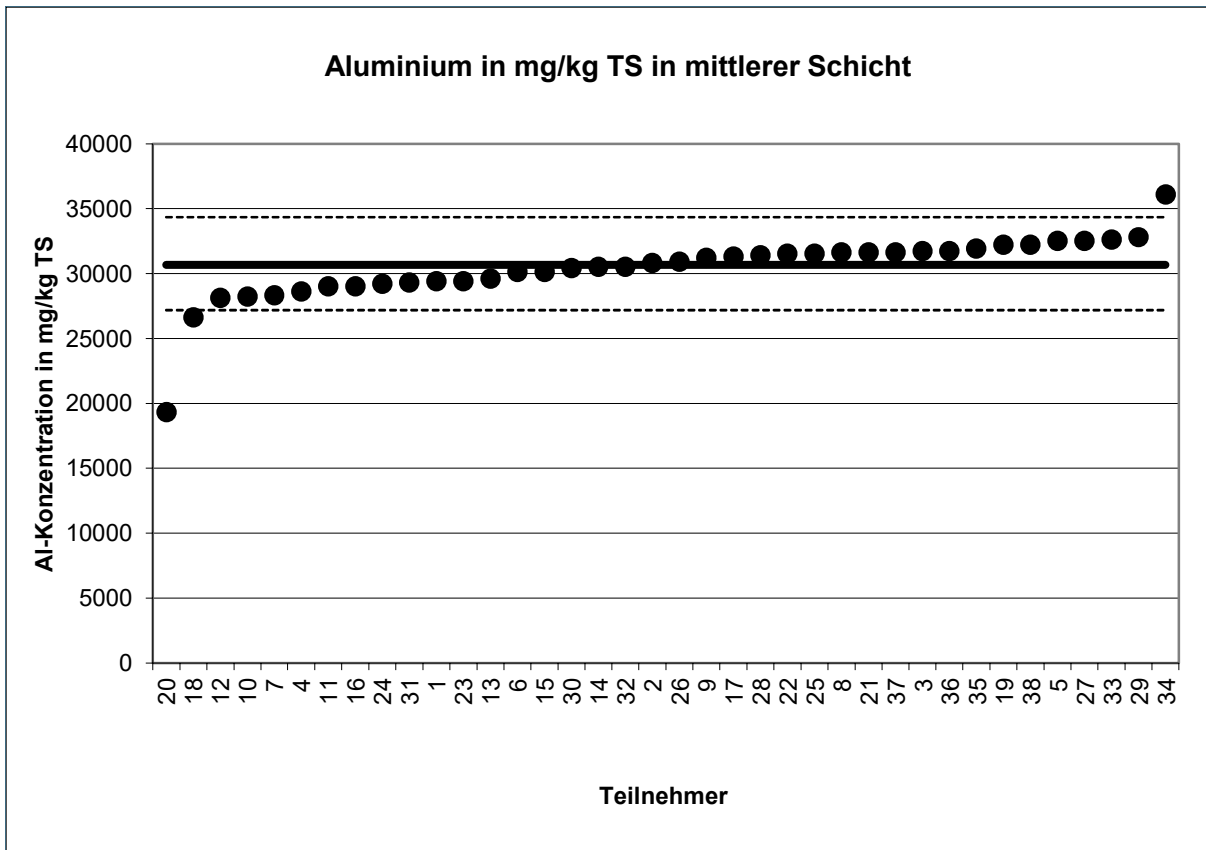


Abb. 21: Al in mg/kg TS in mittlerer Schicht

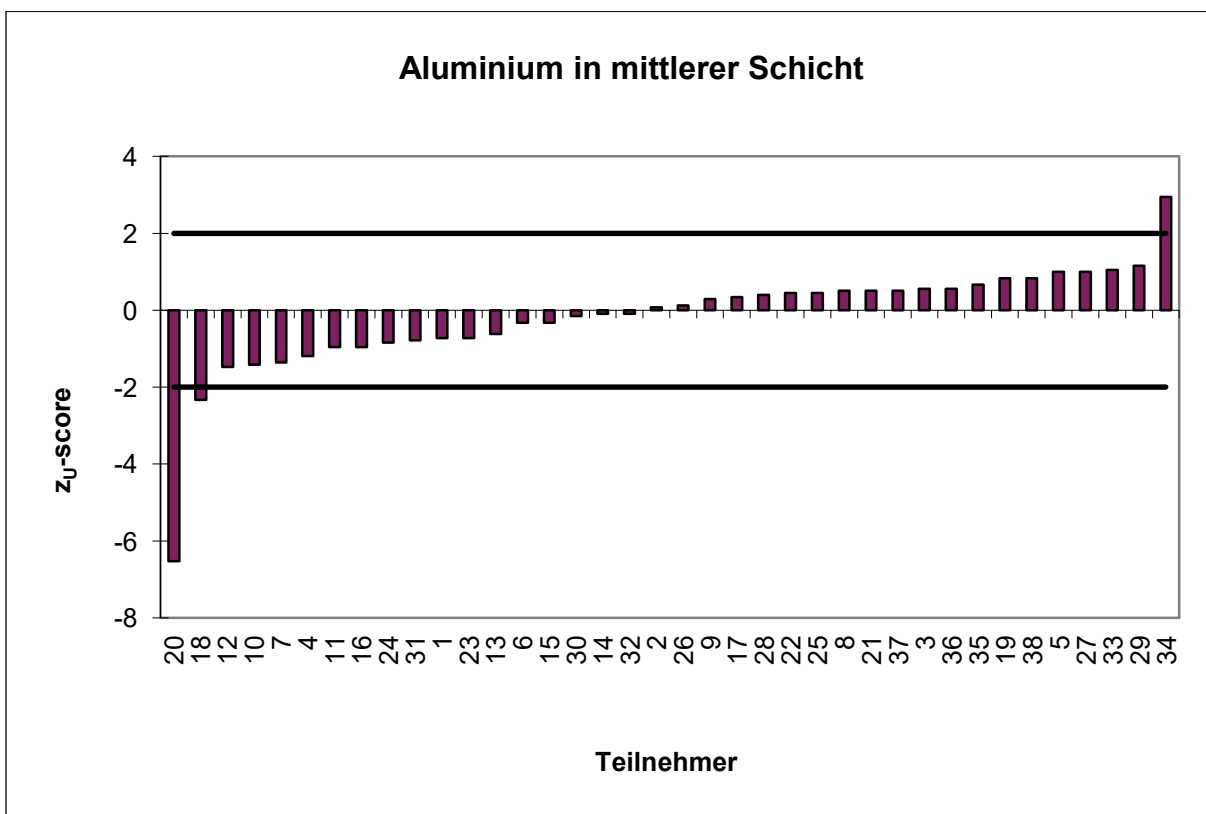


Abb. 22: Al in mittlerer Schicht

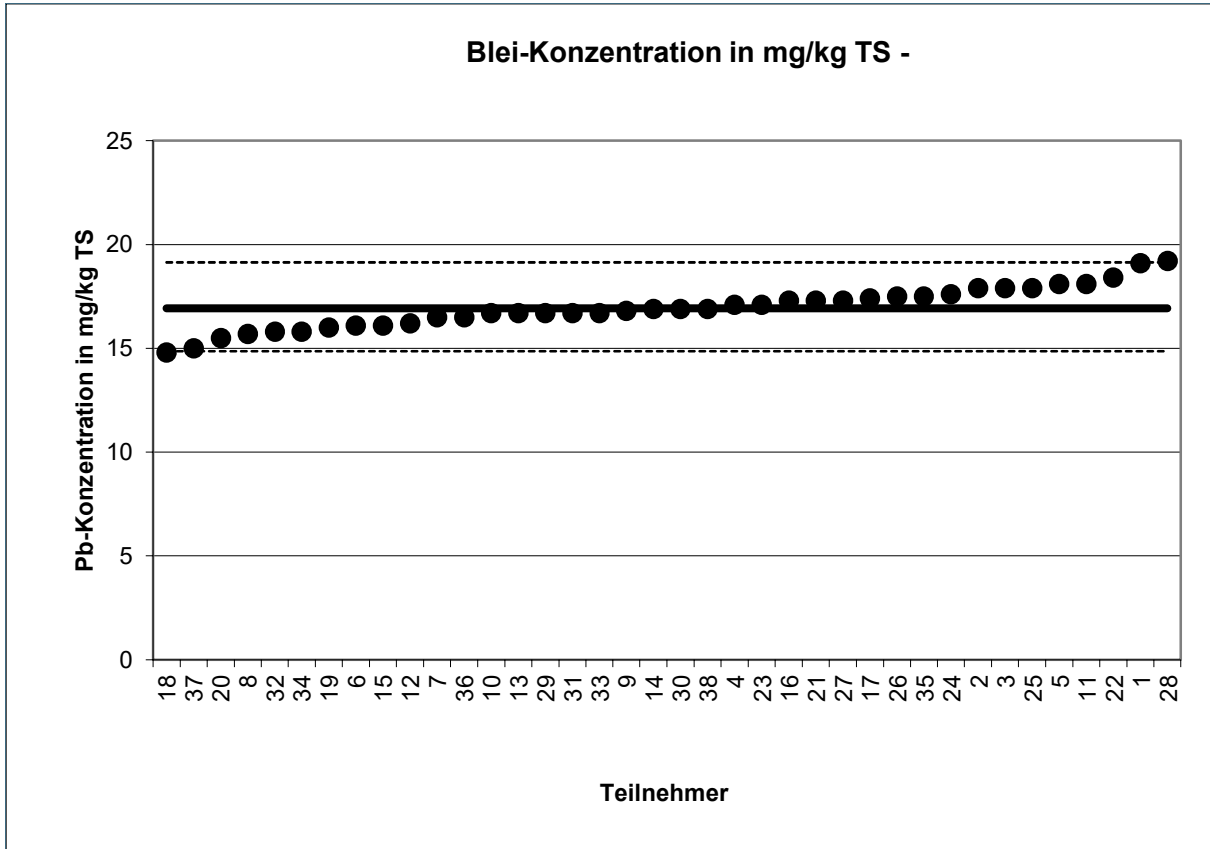


Abb. 23: Pb-Konzentration in mg/kg TS

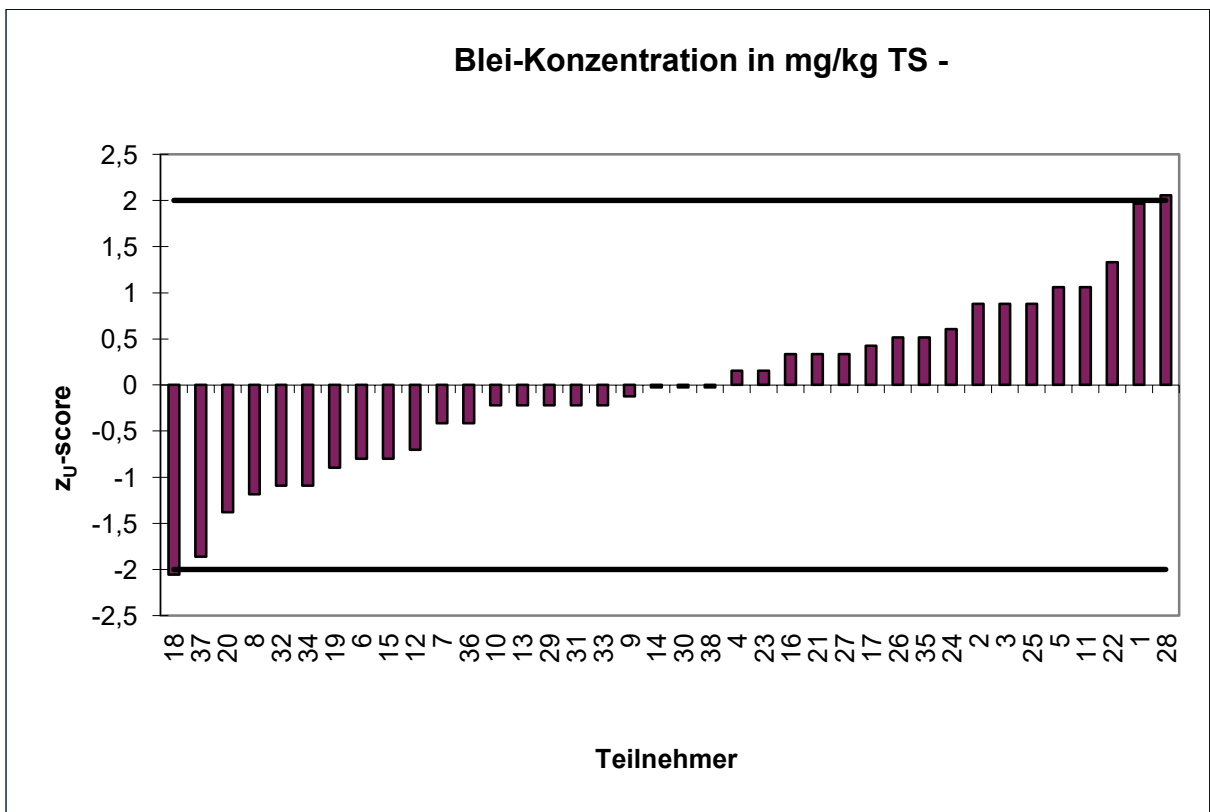


Abb. 24: Pb-Konzentration in mg/kg TS

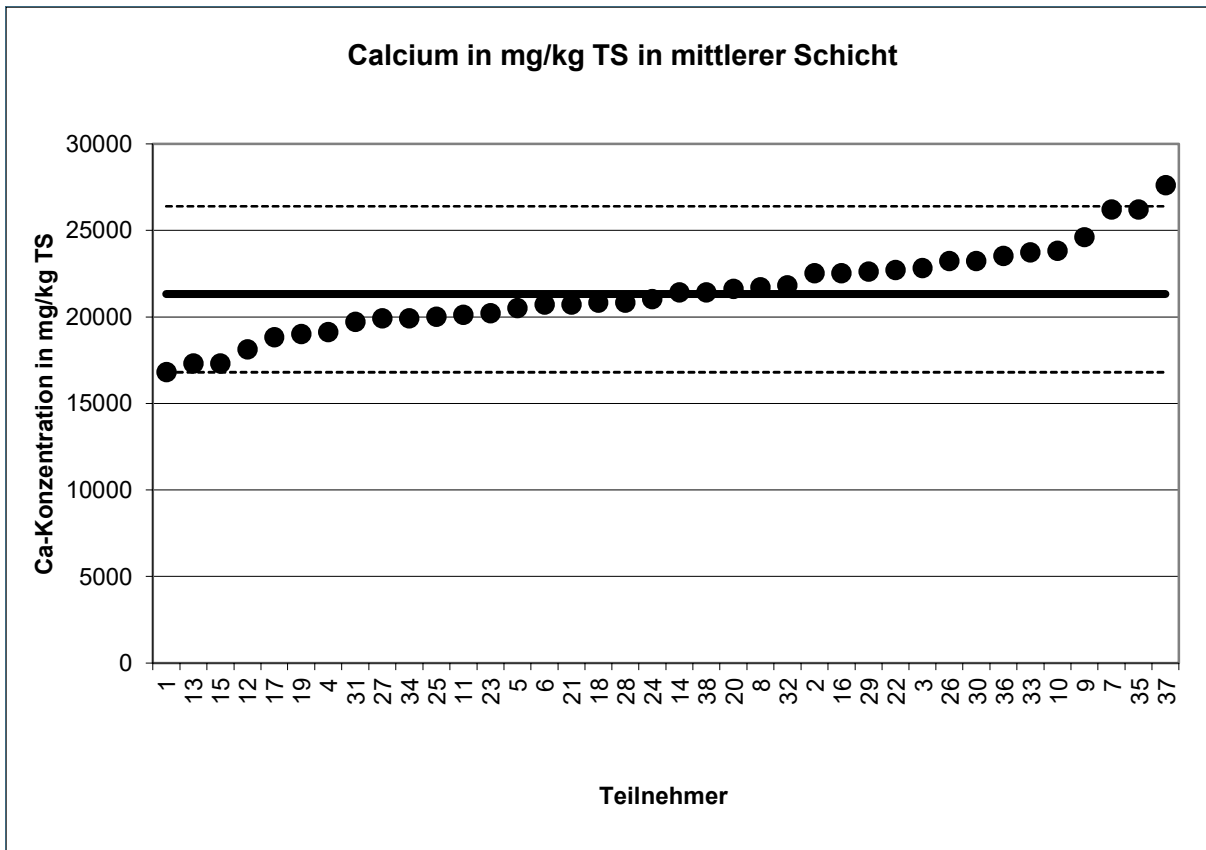


Abb. 25: Ca in mg/kg TS in mittlerer Schicht

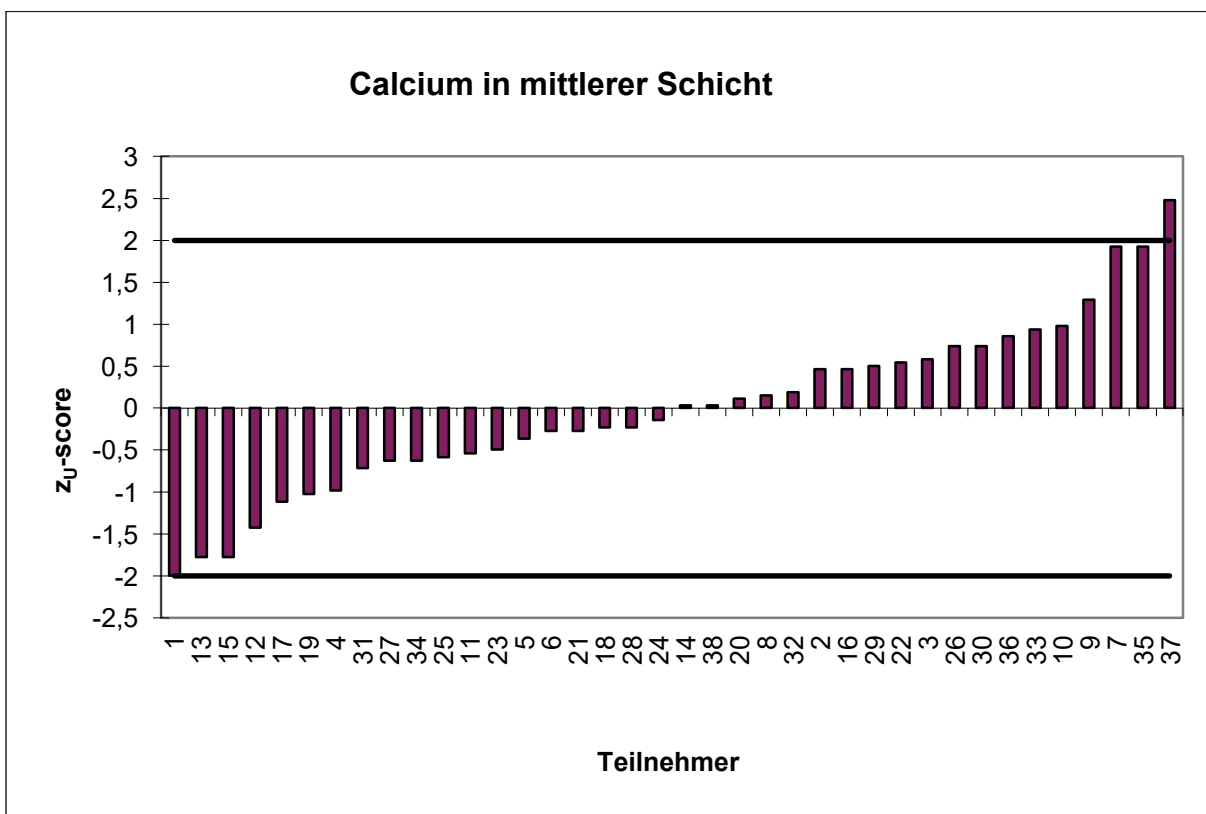


Abb. 26: Ca in mittlerer Schicht

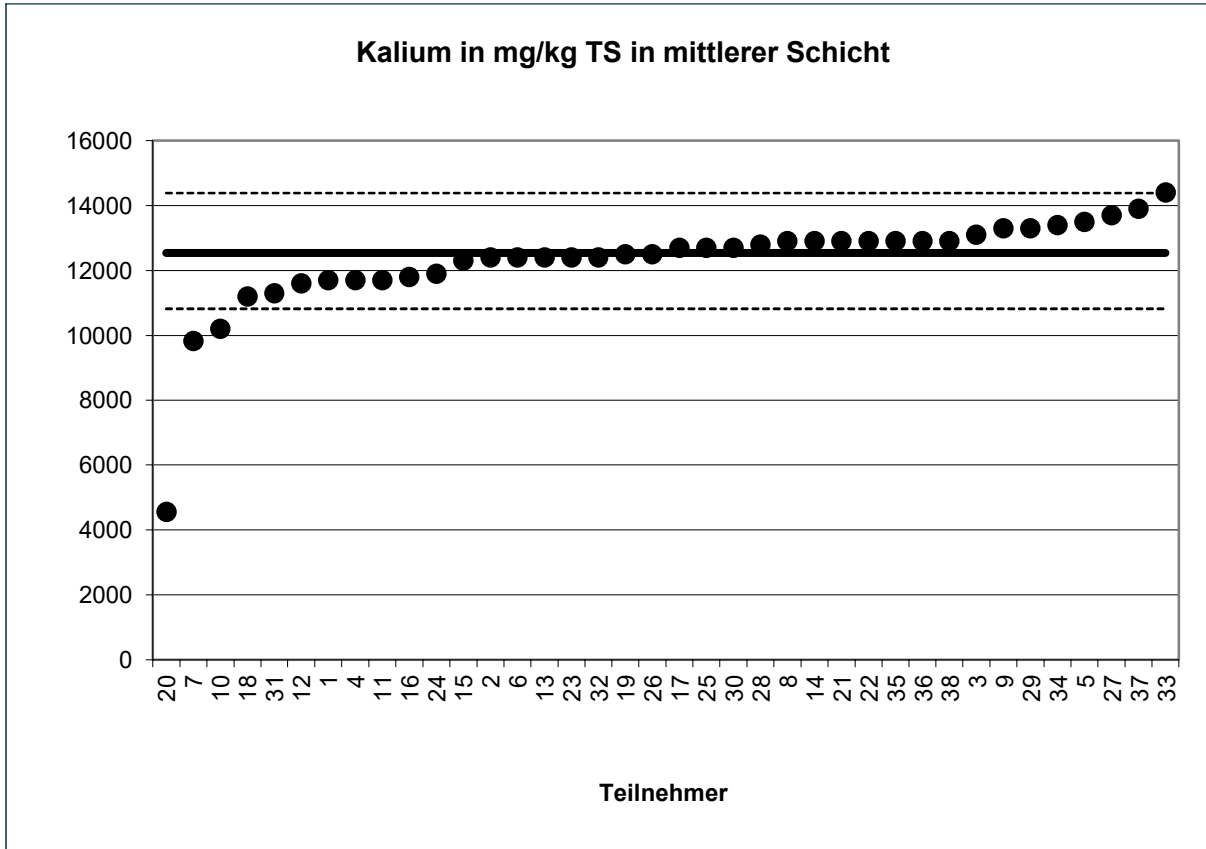


Abb. 27: K in mg/kg TS in mittlerer Schicht

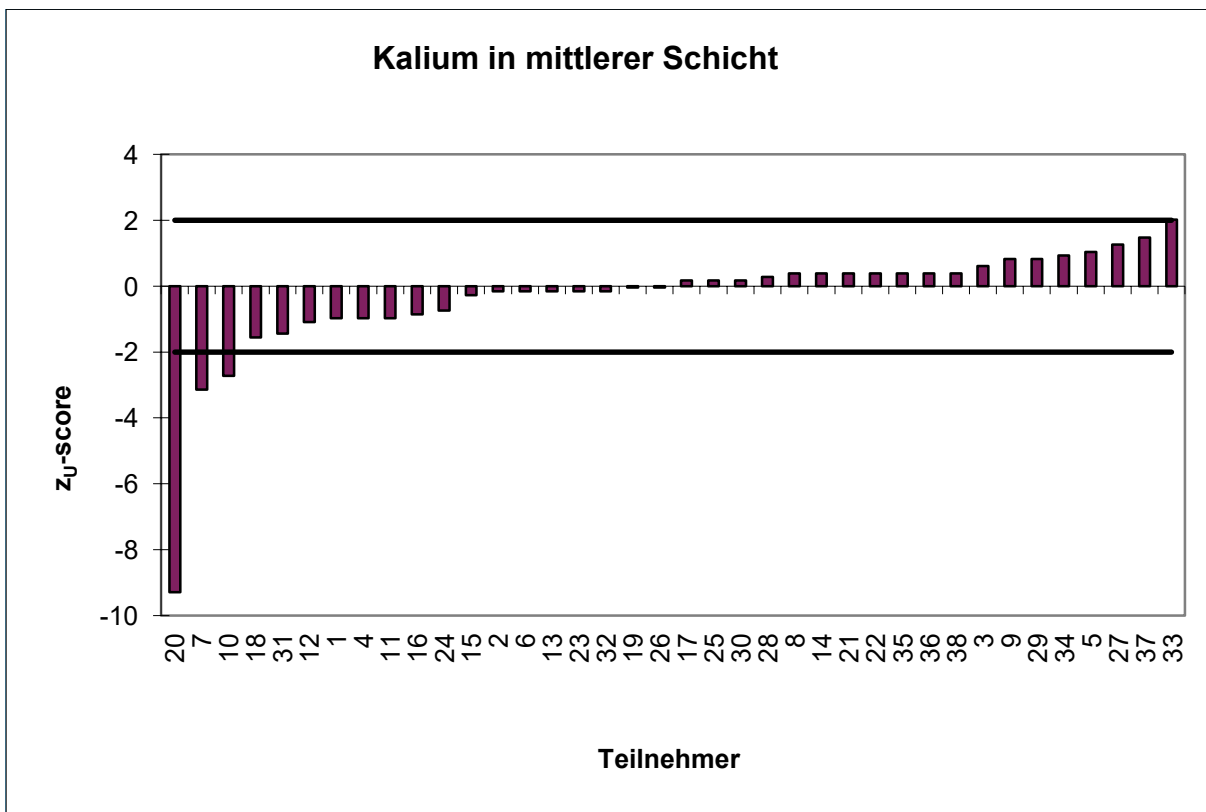


Abb. 28: K in mittlerer Schicht

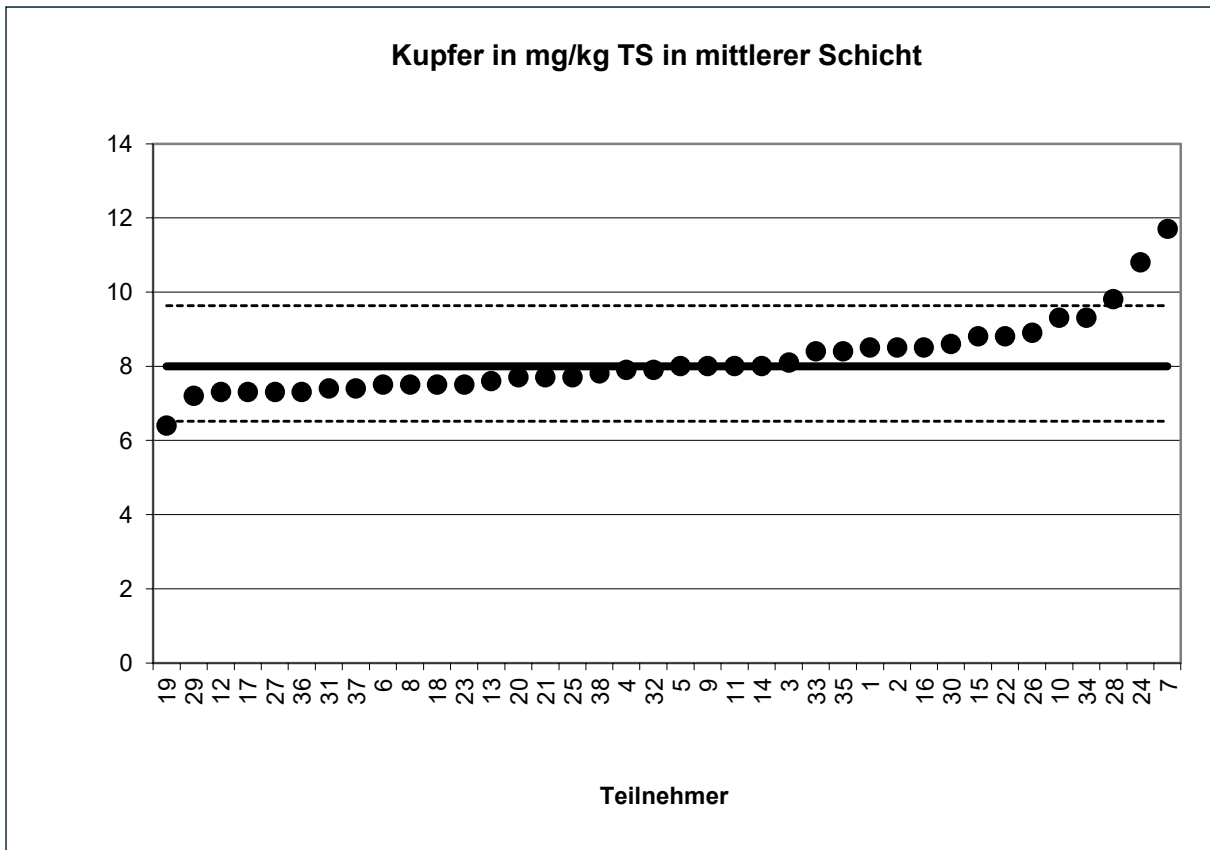


Abb. 29: Cu in mg/kg TS in mittlerer Schicht

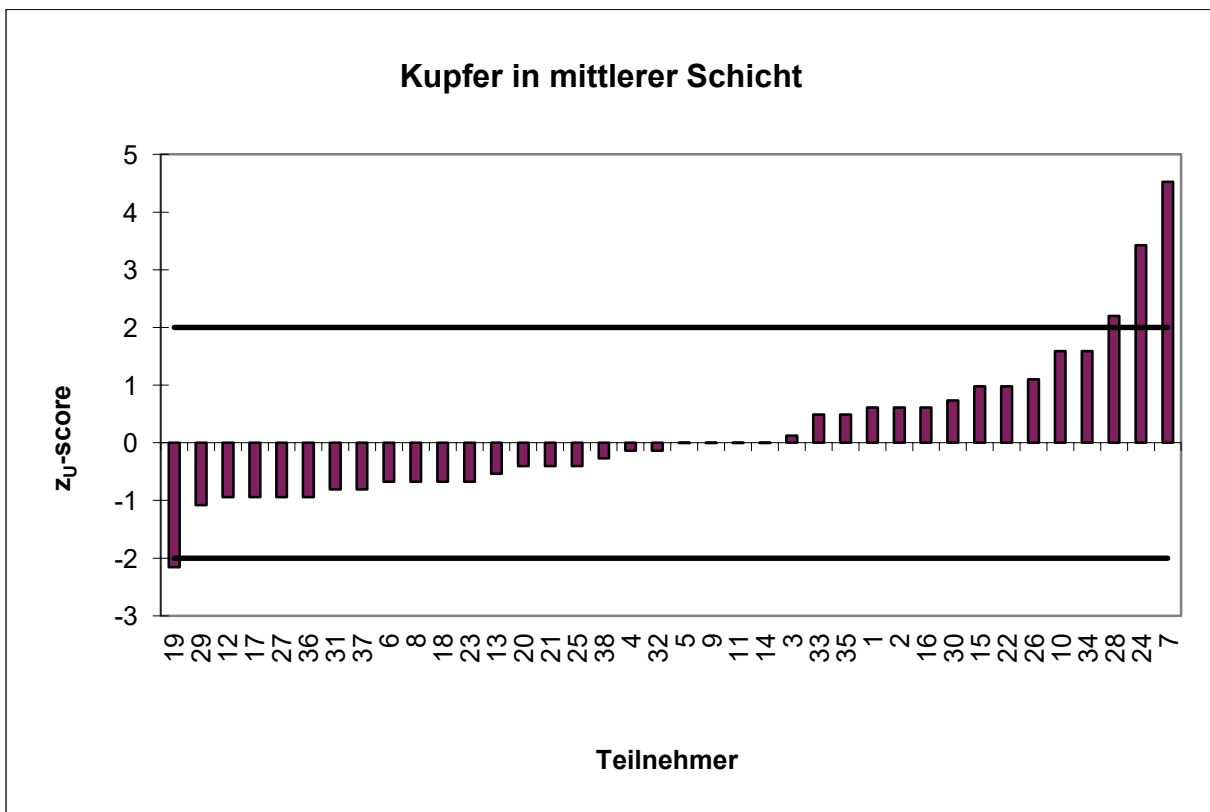


Abb. 30: Cu in mittlerer Schicht

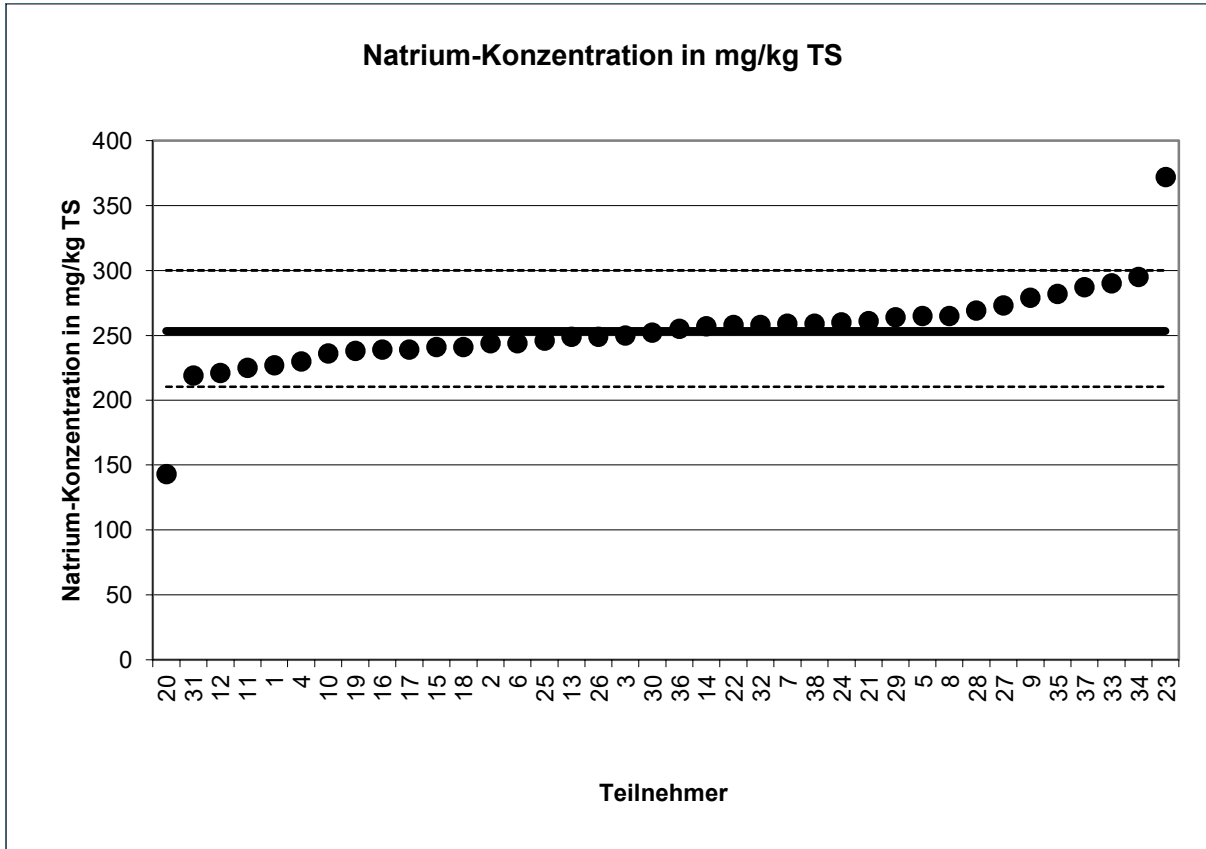


Abb. 31: Na-Konzentration in mg/kg TS

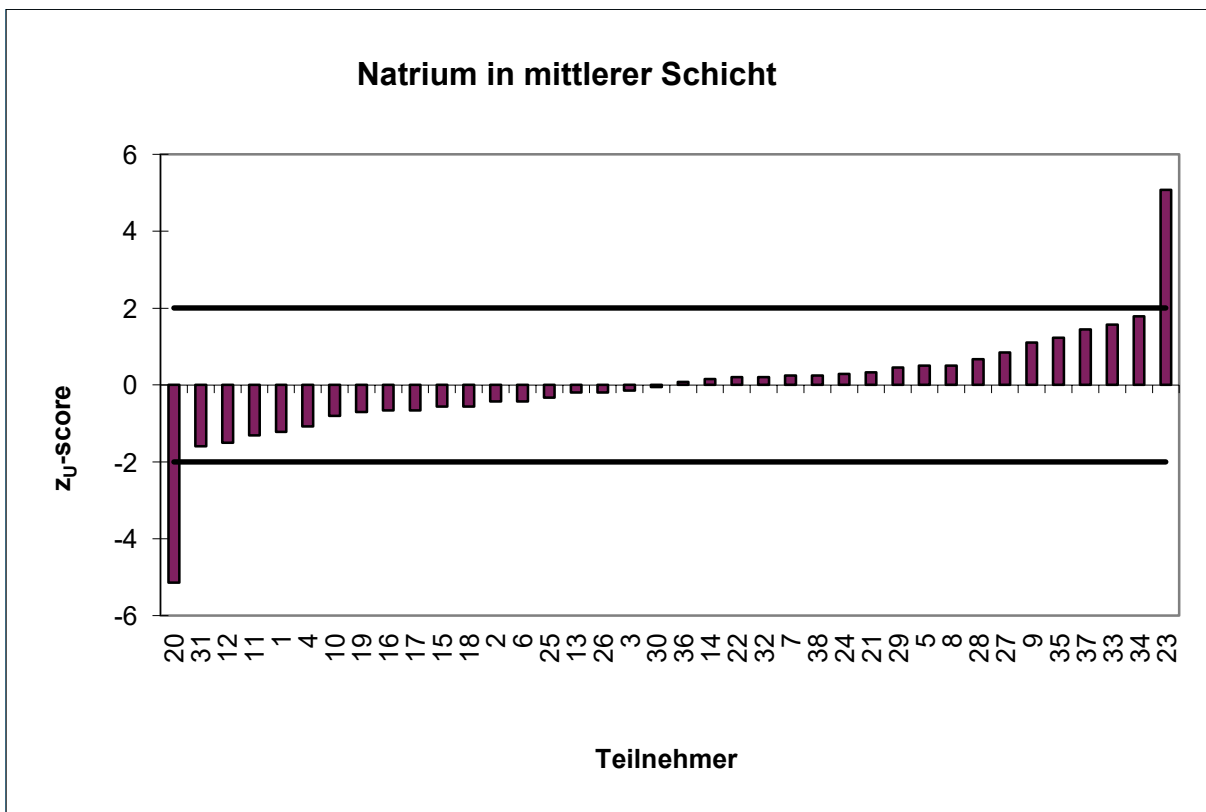


Abb. 32: Na in mittlerer Schicht

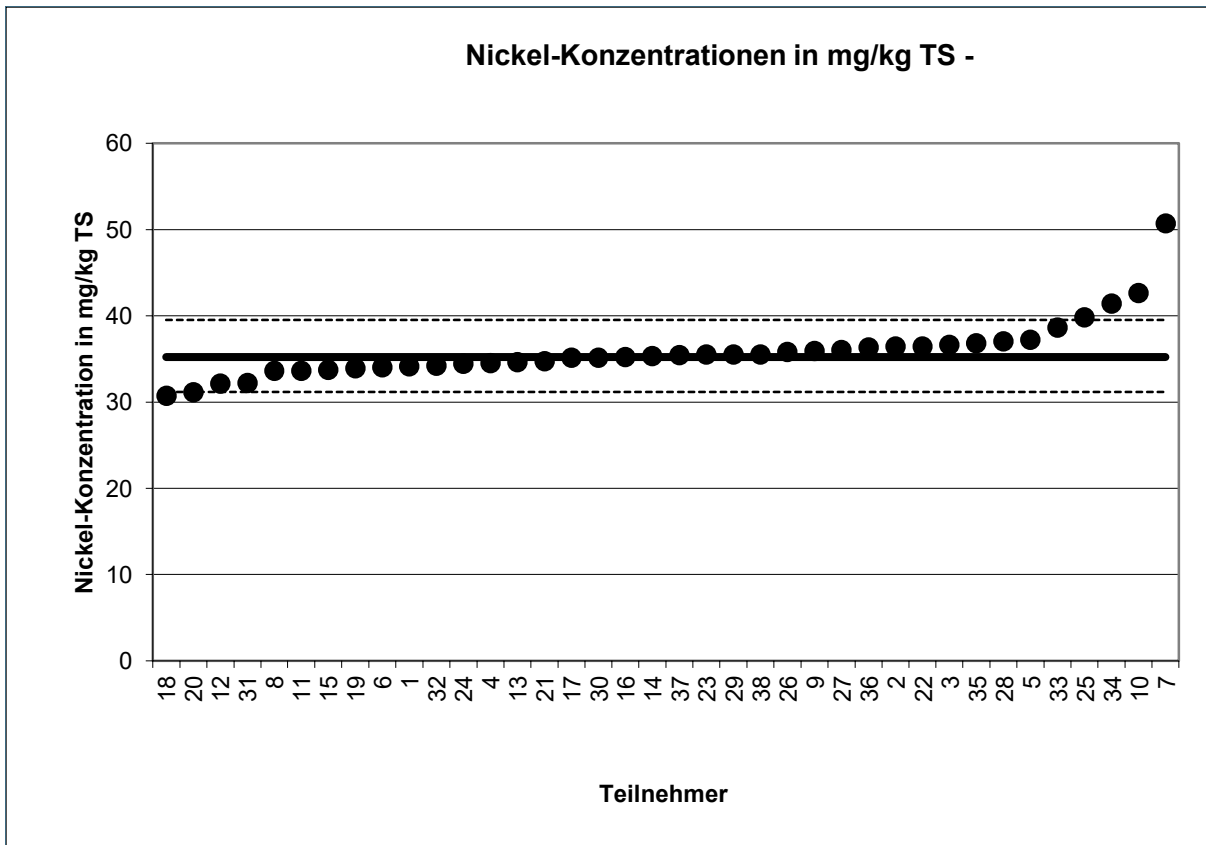


Abb. 33: Ni-Konzentration in mg/kg TS

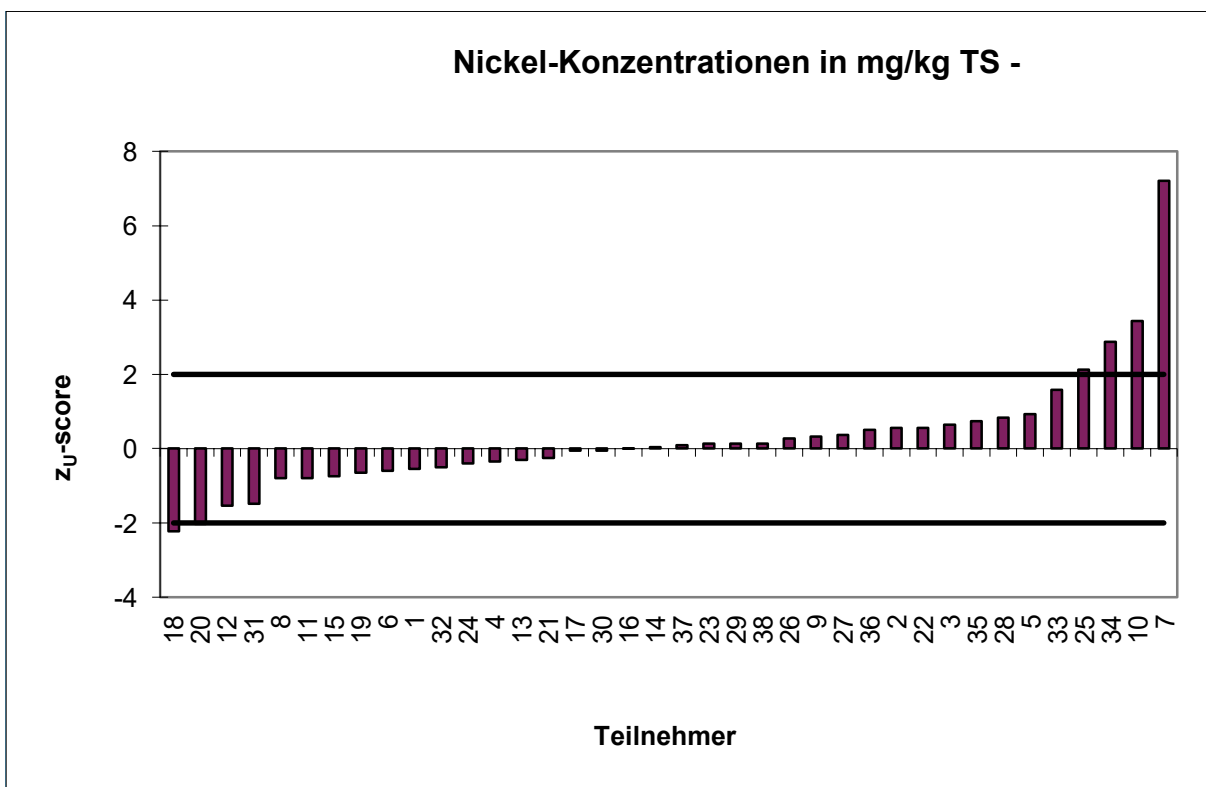


Abb. 34: Ni-Konzentration in mg/kg TS

Ergebnisse für Zn, das in den 3 Schichten in gleicher Konzentration vorlag:

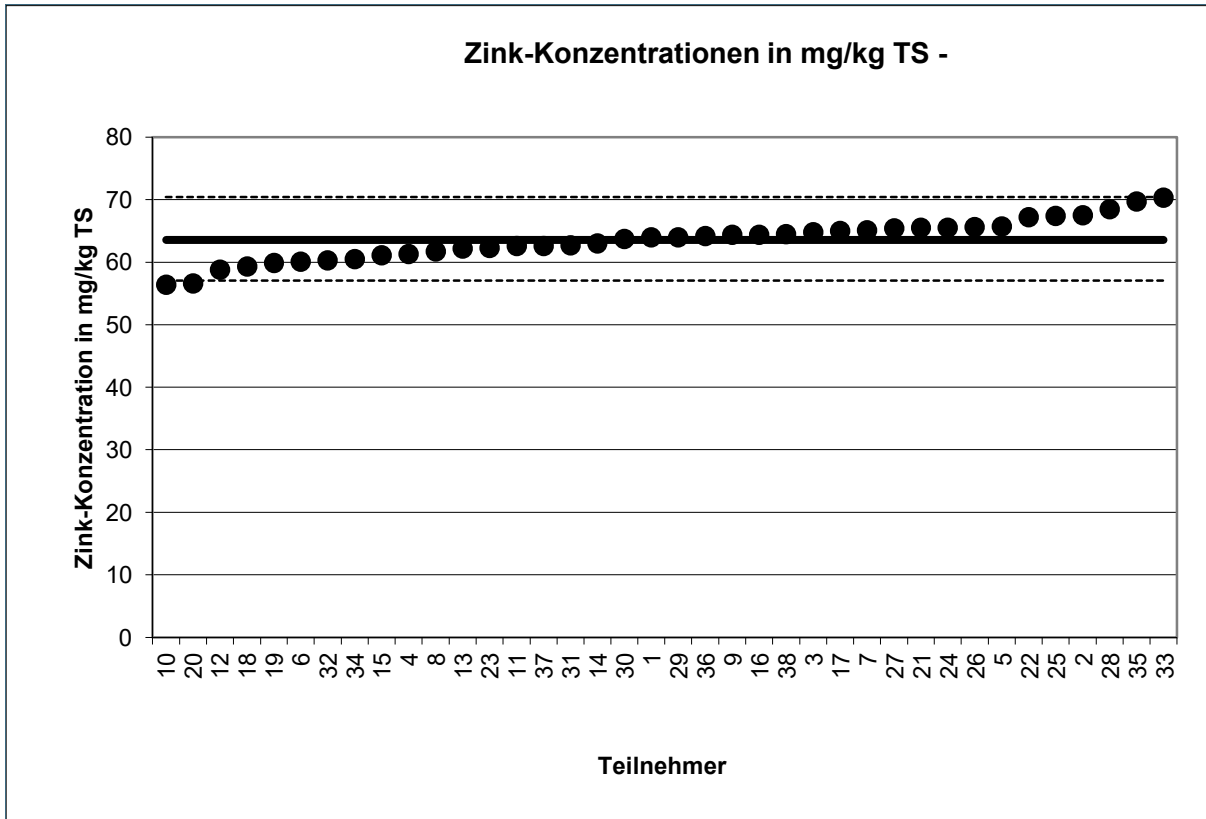


Abb. 35: Zn-Konzentration in mg/kg TS

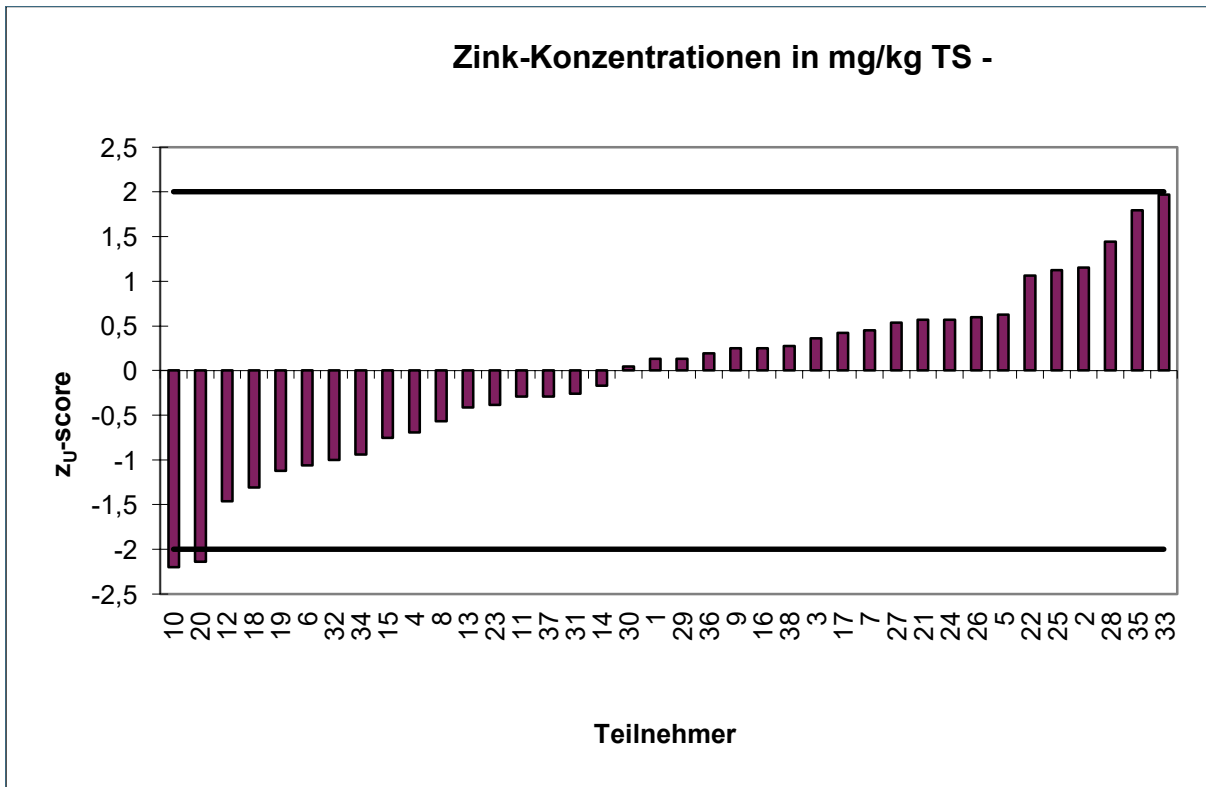


Abb. 36: Zn-Konzentration in mg/kg TS

Tab. 10: Vor- und Wiederholbeprobung

	Vorbeprobung mittlere Schicht		Wiederholbeprobungen der mittleren Schicht							
	Probe M3	Probe M4	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	Mittelwert	Stabw absolut	Stabw relativ
Analyt	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
Al	32.200	32.200	32.100	31.900	34.600	29.300	30.400	31.814	1.534	4,8%
As	7,84	8,11	8,74	7,5	8,81	7,12	7,6	7,96	0,59	7,4%
Ba	131,4	131,7	152,4	150,6	150,4	135,9	133,6	140,9	9,0	6,4%
Pb	16,4	16,2	18,1	18,2	17,3	18,5	15,1	17,1	1,2	6,8%
Ca	27.800	23.100	21.100	22.200	23.500	20.300	23.300	23.043	2.233	9,7%
Co	17,4	17,5	16,3	16,1	15,4	14,3	13,3	15,8	1,4	9,1%
Cr	46,1	45,1	45,6	43,6	46,2	40	40,2	43,8	2,5	5,7%
K	12.640	12.450	14.000	12.900	14.400	12.300	12.500	13.027	769	5,9%
Cu	9,2	8,8	8,3	9	8,1	8,4	7	8,4	0,68	8,1%
Na	290	284	271	253	275	258	246	268	15	5,7%
Ni	38,5	38	38,3	36,7	38,4	35	24,1	35,6	4,8	13,6%
Zn	57,5	57,5	68,7	69,1	66	63,4	60,6	63,3	4,5	7,2%

Ausreißertest des höchsten Ca-Ergebnisses nach Dean & Dixon [1951]:

$$Q = \frac{27.800 - 23.500}{27.800 - 20.300} = 0,57$$

beim Signifikanzniveau $P = 0,95$ und der Anzahl 6 der Freiheitsgrade F ist der von Dean & Dixon tabellierte Vergleichswert $Q(P, F) = 0,56$.

Weil $Q > Q(P, F)$, gilt der Ausreißer als erwiesen.

Nimmt man den Ausreißer aus der Auswertung Vor- und Wiederhol-Untersuchungen für Ca heraus, so ergibt sich folgende Zahlenreihe:

Tab. 11: Datenreihe nach Elimination des Ausreißers

	Probe M3	Probe M4	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	Mittelwert	Standardabweichung absolut	Standardabweichung relativ
Analyt	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
Ca	-	23.100	21.100	22.200	23.500	20.300	23.300	22.250	1.191	5,4 %

6 Diskussion der Ergebnisse und Regelwerks-Abweichungen

Die Probenahme von Böden ist in der aktuell gültigen Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1999) geregelt.

Zu Beginn einer Untersuchung soll gemäß Anhang 1 Nummer 1.1 BBodSchV „Orientierende Untersuchung“, falls nicht schon geschehen, eine Bodenkundliche Kartierung erfolgen: *„Kann bei Verdachtsflächen nicht auf vorhandene Bodenkartierungen zurückgegriffen werden oder liegen keine geeigneten bodenbezogenen Informationen vor, soll im Rahmen der orientierenden Untersuchung eine bodenkundliche Kartierung oder Bodenansprache am Ort der Probenahme auf der Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, in dem Umfange durchgeführt werden, der für die Gefahrenbeurteilung erforderlich ist.“*

Im Anhang 1 Nummer 2.1 BBodSchV „Probenahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probenahmestellen und Beprobungstiefen“ ist festgelegt: *„Böden sind möglichst horizontweise zu beproben. Grundlage für die Ermittlung der Horizontabfolge ist die Bodenkundliche Kartieranleitung der Geologischen Landesämter (AG Bodenkunde, 4. Auflage, 1994).“*

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung wurde in der BBodSchV unter Anhang 1 Nummer 3.1.3 „Analyseverfahren“ neben Laboranalysen die Vor-Ort-Untersuchung festgelegt: *„1) 'Fingerprobe' im Gelände *) Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, 1994; DIN 19682-2: 04.97.“*

Unter Anhang 2 Nummer 4.3 BBodSchV „Anwendung der Vorsorgewerte“ ist im Buchstabe a Folgendes festgelegt: *„Die Vorsorgewerte werden nach den Hauptbodenarten gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, unterschieden; sie berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Für die landwirtschaftliche Bodennutzung gilt § 17 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes.“*

Die in der BBodSchV festgelegten Horizontbestimmungen, Bestimmungen der Korngrößenverteilung, Bestimmungen der Hauptbodenarten und bodenkundlichen Kartierungen sollen gemäß der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage erfolgen. In der im Bundesgesetzblatt veröffentlichten neuen BBodSchV, die am 01.08.2023 in Kraft treten wird, wird Bezug auf die 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung genommen.

Der Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) und die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) empfehlen in ihrer Methodensammlung Feststoffuntersuchung vom 15.06.2021 zur Kartierung inklusive Stadtbodenkartierung die Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage (KA 5) (2005). Für die Beschreibung von Bodenhorizonten und -profilen sowie zur bodenkundlichen und sensorischen Ansprache von Bodenproben wird die Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz, Auszug aus der KA 5, 2009 (Kurz-KA 5) empfohlen. Die Erarbeitung und Fortschreibung der Methodensammlung Feststoffuntersuchung erfolgte durch die Ad-hoc-AG Methodenharmonisierung auf Basis des Beschlusses der 87. Umweltministerkonferenz (UMK) zu TOP 43 „Harmonisierung der Untersuchungsmethoden für den Feststoffbereich“ vom 02.12.2016.

Wie bereits ausgeführt, gilt im Freistaat Bayern und für diesen Ringversuch gemäß Nummer 3.1.3 Abs. 5 des LfU-Merkblattes 3.8/4: *„Das Aufschlussprofil ist detailliert nach der (Kurz-)KA 5 [BGR, 2009] beziehungsweise den Normen für geotechnische Erkundungen ([DIN EN ISO 22475-1, 2007], [DIN EN ISO 14688-1, 2013] und [DIN EN ISO 14689-1, 2011]) in Verbindung mit der Kurz-KA 5 (siehe Kapitel 5) anzusprechen.“*

Einschlägig für diesen Ringversuch sind also die Kurz-KA 5 beziehungsweise die genannten geotechnischen Normen in Verbindung mit der Kurz-KA 5.

Das steht im Einklang mit der Bayerischen Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung (VSU) vom 3. Dezember 2001. Durch die Anlage 2 (zu § 14 Abs. 2) „Anforderungen an die Kompetenz von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten“ erlangt das Fachmodul Boden und Altlasten (Stand 16. August 2012) Gesetzeskraft.

Im Punkt 5.2 „Feststellungen – Bewertung und Verallgemeinerung in Fehlerarten“ des vorliegenden Berichtes wurden 43 verschiedene Arten von Verstößen gegen die Norm DIN EN ISO/IEC 17025 und damit gegen die Vorgaben im gesetzlich geregelten Bereich im Bodenschutz festgestellt. Insgesamt waren es 246 Feststellungen über alle Teilnehmerteams. Davon waren 197 kritisch und 49 nicht kritisch. Kritische Abweichungen haben Ergebnisrelevanz. Die Feststellungen sind mit Regelwerks-Abweichungen gleichzusetzen und von den betroffenen notifizierten und zum Teil akkreditierten Untersuchungsstellen in eigener Verantwortung zu korrigieren.

In diesem Ringversuch wurden zahlreiche Qualitätsmängel festgestellt, die Einfluss auf die Validität der Untersuchungsergebnisse haben können.

Nach 22 Jahren Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung bestehen, wie dieser Ringversuch zeigt, noch immer erhebliche Probleme im Vollzug der grundlegenden Anforderungen an den Einsatz der Bodenkundlichen Kartieranleitung. Selbst im gesetzlich geregelten Bodenschutzbereich werden nach wie vor in einer oftmals rudimentären Form Vorgehensweisen zur Bodenansprache und Probenbeschreibung eingesetzt, deren Anwendungsbereich die Baugrunderkundung ist. Schichtenverzeichnisse wurden auch in diesem Ringversuch mit Probenahmeprotokollen gleichgesetzt. So entstehen Dokumentationsdefizite, die die Bewertung der Ergebnisse beeinträchtigen. Neben den fehlerhaften Aufzeichnungen traten als wesentliche Fehlerarten Probenahmefehler, Querkontaminationsmöglichkeiten, falsche Probenhandhabung, fehlende Arbeitsanweisungen und zu gering konzentrierte Salzsäure auf.

7 Empfehlungen für den bodenschutzrechtlichen Vollzug

Das LfU-Merkblatt 3.8/4 stellt eine wichtige Grundlage zur Umsetzung der BBodSchV in Bayern dar. Es wird empfohlen, das Muster-Probenahmeprotokoll im Anhang 3 dieses Merkblattes vollumfänglich bei Bodenprobenahmen anzuwenden.

Bei internen und externen Vergleichsuntersuchungen zeigt sich immer wieder, dass viel Übung sowie Vergleiche mit Laborergebnissen erforderlich sind, um richtige Bodenansprachen sicherzustellen. Probenehmenden Untersuchungsstellen wird empfohlen, regelmäßig Gelegenheiten für solche Übungen und Vergleiche zu schaffen.

Bei Verdacht auf Minderbefunde bei Carbonat-Gehalten sollte geprüft werden, ob tatsächlich 10%ige Salzsäure verwendet wird, bevor man nach anderen Ursachen sucht. In der KA 5 befindet sich eine praktikable Beschreibung, wie man durch Verdünnen 10%ige Salzsäure erhält.

Die meisten teilnehmenden Untersuchungsstellen sind seit vielen Jahren im nachsorgenden Bodenschutz tätig. Dabei wurde in der Regel ein beträchtliches Know-How aufgebaut. Den Führungskräften der Untersuchungsstellen wird empfohlen dafür zu sorgen, dass dieses Wissen gepflegt und intern – insbesondere an weniger erfahrenes Personal – weitergegeben wird.

8 Zusammenfassung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) richtete im Jahr 2021 einen Ringversuch für Untersuchungsstellen in Bayern aus, die damals aktuell für den Teilbereich 1.1 (Feststoff-Probenahme) nach VSU zugelassen waren. Aufgaben waren die Bodenansprache und die Bodenprobenahme in einem begehbaren Schurf.

Es handelte sich um den ersten Ringversuch dieser Art.

Die organisatorische und praktische Abwicklung des Ringversuches wurde vom ITVA e.V. im Auftrag des und in Zusammenarbeit mit dem LfU durchgeführt.

Auf dem Ringversuchsstandort in 97493 Bergheimfeld (Landkreis Schweinfurt) wurde ein etwa 25 m langer, 1 m breiter und 1,2 m tiefer Schurf (Graben) mit Einstiegsmöglichkeit an beiden Enden angelegt. In den Schurf wurden vorausgewählte Böden schicht- bzw. lagenweise eingebaut und verdichtet. Darunter stand der natürlich gewachsene Boden an, der sich deutlich von der eingebauten untersten Schicht 3 unterschied.

Der Ringversuch fand in der Zeit vom 26. bis zum 30.07.2021 statt. 38 Untersuchungsstellen nahmen teil.

Die Auswertung ergab Folgendes:

43 verschiedene Arten von Feststellungen wurden dokumentiert, die gegen das Regelwerk verstießen. Insgesamt gab es 246 Feststellungen. Davon waren 197 kritisch und 49 nicht kritisch. Kritische Feststellungen sind ergebnisrelevant. Am problematischsten waren Probenahmefehler (118 Feststellungen), die zu fehlerhaften Untersuchungsergebnissen führen können. Auch Querkontaminations-Möglichkeiten (63 Feststellungen) führen in der Regel zu fehlerhaften Untersuchungsergebnissen. Die wichtigsten Vorbeugemaßnahmen sind Ordnung, Sauberkeit und präzises Arbeiten. Falsche Probenhandhabung (58 Feststellungen) kann zu Veränderungen der Proben führen, die Einfluss auf die Analyseergebnisse haben. Insbesondere bei der Befüllung der Probengefäße traten Probleme auf. Dampfäume in Probengefäßen begünstigen Sauerstoffzufuhr, Ausgasungen, Kondensationen, mechanische Veränderungen, Abrieb und Entmischungen. Fehlerhafte Aufzeichnungen (4 Feststellungen) führen zu Missverständnissen, Unplausibilitäten, Rückverfolgbarkeitsproblemen und in der Folge unter Umständen zu falschen Bewertungen der Ergebnisse. Die Salzsäure zur Bestimmung des Carbonatgehaltes war in einem Fall zwar richtig gekennzeichnet, jedoch zu gering konzentriert (3%ig anstelle der vorgeschriebenen 10%igen Salzsäure). Die zahlreichen Minderbefunde bei der Bestimmung des Carbonatgehaltes lassen vermuten, dass weitere Untersuchungsstellen zu gering konzentrierte Salzsäure verwendeten.

Im Anhang Abschnitt B " Probenahmeprotokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO-IEC 17025" befinden sich die detaillierten, Teilnehmerteam-bezogenen Ergebnisse der Auswertung der Aufzeichnungen zur Bodenansprache und Probenahme unter Beachtung der Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025. Der Erfüllungsgrad lag im Durchschnitt aller Teilnehmerteams bei 62 %. Das beste Teilnehmerteam erreichte 86 %. Die Hauptdefizite lagen bei der fehlenden Dokumentation der Umgebungsbedingungen, der Uhrzeit der Probenahme, der Probenmenge, der Transportbedingungen, der Probenahmegeräte, des Lageplans, mittels Fotos, der Abweichungen vom Probenahme-Verfahren und vom Probenahmeplan.

Der Anhang Abschnitt C "Probenahmeprotokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN ISO 18400-107" enthält eine Übersicht der Teilnehmerteam-bezogenen Erfüllungsgrade der Normforderungen zum Inhalt von Aufzeichnungen für die Probenahmedokumentation. Diese über die DIN EN ISO/IEC 17025 hinausgehenden Anforderungen sind formal unverbindlich, weil sie nicht in den individuellen Listen der anzuwendenden Verfahren, die den Zulassungsbescheiden der Untersuchungsstellen anliegen, umgesetzt sind. In der Methodensammlung Feststoffuntersuchung (Methosa) vom 15.06.2021 wird die DIN ISO 18400-107 für Aufzeichnungen und Berichtswesen bei der Bodenprobenahme empfohlen. Hier kamen die Probenehmerteams nur auf einen Erfüllungsgrad von 54,8 %. Die besten lagen bei 72,3 %. Ein weiterer sehr wichtiger Inhalt der Probenahmedokumentation betrifft die Homogenität des Bodens. Sie lässt sich auch als Schätzwert der Heterogenität in Prozent angeben. Die Heterogenität ist ein vor Ort bei der Probenahme relativ einfach schätzbarer Beitrag zur Messunsicherheit. Dieses Merkmal wurde von nur zwei Teilnehmern erfasst.

Inwieweit obligatorische Anforderungen an die Bodenansprache nach Kurz-KA 5 erfüllt wurden, ist im Anhang Abschnitt D Teilnehmerteam-bezogen dargestellt. Diese Quote lag durchschnittlich bei 78,8 %. Nur 13 Teilnehmerteams haben die Feinbodenart bestimmt. Zahlreiche Teilnehmerteams füllten nur ein Schichtenverzeichnis aus. Keinesfalls ersetzt ein klassisches Schichtenverzeichnis ein Probenahmeprotokoll.

Die für den Ringversuch auswertbaren Untersuchungsparameter sind im Anhang Abschnitt E „Befunde Bodenansprache“ Teilnehmerteam-bezogen dargestellt. Es handelt sich um die Tiefenlage der Schichten in m uGOK, die Bodenfarbe, die Humusgehalte, die Feinbodenarten, die Hauptkorngrößen und die Carbonatgehalte.

Bis auf die vereinzelt Ausreißer über 10 cm kann man von einer sehr guten Ermittlung der Schichtgrenzen sprechen. Zwar waren die Schichtgrenzen im befüllten Schurf nicht ganz horizontal sondern durch die künstliche Verdichtung mittels Rüttelplatte randlich leicht aufgewölbt. Das hatte aber kaum Einfluss auf die Messergebnisse.

Die Ansprache des Humusgehaltes erfolgt über den optischen Eindruck und die Helligkeit/Graustufe (Value) nach den Munsell Farbtafeln. Die Streuung wird an der Standardabweichung der Ergebnisse der Teilnehmerteams deutlich. Einige Teilnehmerteams haben keinen Humusanteil festgestellt.

Bei der Bodenansprache wird der Carbonatgehalt durch die Reaktion mit 10%iger Salzsäure bestimmt. Zu gering konzentrierte Salzsäure verursacht eine weniger ausgeprägte Reaktion und somit Minderbefunde. Die Ergebnisse der Teilnehmerteams streuten stark.

Im Bodenschutzbereich wird empfohlen, mindestens die Bodenartengruppe anzusprechen. Auch in der KA 5 wird vorgeschlagen, die Ergebnisse der Ansprache mittels Fingerprobe mit denen von analysierten Proben zu vergleichen. Deshalb wurden durch zwei Laboratorien unabhängig voneinander die Anteile an Sand, Schluff und Ton nach der DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Nur 13 der 38 Teilnehmer führten die Bodenansprache mit der Kurz-KA 5 durch. Diese 13 Teilnehmer nahmen 38 Bodenansprachen vor. Insgesamt waren nur 5 dieser 38 Bestimmungen der Bodenartengruppe richtig (4,4 % bezogen auf alle 114 Bestimmungen, die die 38 Teilnehmerteams an den drei Schichten hätten durchführen können). Diese richtigen Ergebnisse wurden von nur drei Teilnehmerteams geliefert. Es ist davon auszugehen, dass der Sandanteil kollektiv unterschätzt und damit die Normallehme nicht erkannt wurden. In der ersten Schicht wurde der Tonanteil häufig überschätzt. In der dritten Schicht wurde er in vielen Fällen zutreffender bewertet. Bei internen und externen Vergleichsuntersuchungen zeigt sich immer wieder, dass viel Übung sowie Vergleiche mit Laborergebnissen erforderlich sind, um richtige Bodenansprachen sicherzustellen.

Keines der 25 Teilnehmerteams, die nicht nach der Kurz-KA 5 angesprochen haben, arbeitete bei der Bodenansprache regelwerkskonform. Für die Auswertung wurden die Bodenarten Ton, Schluff, Sand und dabei nur die „Hauptkorngröße“ genutzt, die die Teilnehmerteams dokumentiert hatten. Die Nebenbestandteile waren aufgrund unterschiedlichster Schreibweisen nicht interpretier- und auswertbar. Bei der ersten Schicht haben 12 Teilnehmer die Hauptbodenart Schluff erkannt (42,8 %). 16 Teilnehmer erkannten in der zweiten Schicht als Hauptbodenart Schluff (57,1 %). In der unteren, dritten Schicht haben 21 Teilnehmer Schluff richtig als Hauptbodenart angesprochen (75 %). Das Ergebnis zeigt, dass es tatsächlich nicht einfach ist, Ton und Schluff mittels der Fingerprobe zu unterscheiden und deren Anteile in Gemischen zu bestimmen. Nur vereinzelt meinten Teilnehmerteams, es handele sich um Sand.

Zur Auswertung wurden die Ergebnisse der Elementanalyse der Bodenproben aus der mittleren Schicht herangezogen. Für die Untersuchungsparameter Al, Ca, K, Cu und Na wurden jeweils in einem Diagramm die Feststoff-Konzentrationen bzw. die z_u-Scores der Teilnehmer über der Nummer des jeweiligen Teilnehmerteams aufgetragen. Die Auswertung der Analyseergebnisse aus den Vor- und Wiederholbeprobungen der mittleren Schicht des Schurfes wurde in Tabellenform dargestellt. Wie zu erwarten war, ist die Streuung (Standardabweichung) der Ergebnisse der Vor- und Wiederholbeprobung (Wiederholbarkeit) signifikant niedriger als die Streuung der Ergebnisse der Teilnehmer (Reproduzierbarkeit). Die Ergebnisse zeigen, dass auch bei der laboranalytischen Untersuchung von Bodenmaterial mit erheblichen Ausreißern zu rechnen ist.

Die dargestellten kritischen und nicht kritischen Feststellungen sind der Bayerischen Notifizierungsstelle und der Akkreditierungsstelle teilweise auch aus Audits/Begutachtungen bekannt. Weil diese Feststellungen mit Regelwerks-Abweichungen gleichzusetzen sind, sind sie von den betroffenen Untersuchungsstellen in eigener Verantwortung zu korrigieren. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Feststellungen auf ernste Probleme hindeuten, die die Validität der Untersuchungsergebnisse beeinträchtigen können.

Wenn parallel zur Altlasterkundung auch geotechnische Eigenschaften (z. B. Baugrund) untersucht werden sollen, kann es laut dem LfU-Merkblatt 3.8/4 sinnvoll sein, die Bodenbeschreibung auf Grundlage der Normen für die geotechnische Erkundung ([DIN EN ISO 22475-1, 2007], [DIN EN ISO 14688-1, 2013] und [DIN EN ISO 14689-1, 2011] als Ersatz-Normen für die seit 2007 zurückgezogenen DIN 4021 und DIN 4022) unter Einbeziehung der Parameter der Kurz-KA 5 durchzuführen. Die Ergebnisse dieses Ringversuchs lassen vermuten, dass dieses Vorgehen im Vollzug die Regel ist, weswegen vielfach die Routine im Einsatz der Bodenkundlichen Kartieranleitung fehlte.

9 Literatur

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [Hrsg.]: Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5, Hannover, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, (2009).
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten [Hrsg.]: Bodenkundliche Kartieranleitung. KA 5, 5. Auflage; Hannover: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, (2005).
- Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Merkblatt 3.8/4: Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer. – Augsburg, (2017), 51 S.
- Dean, R. B.; Dixon, W. J.: Simplified Statistics for Small Numbers of Observations. Analytic. Chem., (1951), 23, S. 636-9
- DIN 19747: 2009-07: Untersuchung von Feststoffen - Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen.
- DIN EN 14346: 2007-03: Charakterisierung von Abfällen - Berechnung der Trockenmasse durch Bestimmung des Trockenrückstandes oder des Wassergehaltes; Deutsche Fassung EN 14346: 2006.
- DIN EN ISO 14688-1: 2020-11: Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung.
- DIN EN ISO 17294-2: 2005-02: Wasserbeschaffenheit - Anwendung der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) - Teil 2: Bestimmung von 62 Elementen.
- DIN EN ISO 17892-4: 2017-04: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- DIN EN ISO 22475-1: 2007-01: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung.
- DIN EN ISO/IEC 17025: 2005-08: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (zurückgezogen und ersetzt durch: DIN EN ISO/IEC 17025: 2018-03).
- DIN EN ISO/IEC 17025: 2018-03: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- DIN ISO 10381-2: 2003-08: Bodenbeschaffenheit Probenahme Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren (zurückgezogene Norm, ersetzt durch DIN ISO 18400-102: 2020-11).
- DIN ISO 11466: 1997-06: Bodenbeschaffenheit - Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente.
- DIN ISO 18400-101: 2020-11: Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 101: Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans.
- DIN ISO 18400-107: 2020-11: Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen.
- Munsell Soil Color Charts (Munsell-Farbtafeln); Grand Rapids, Michigan, USA, (2009).

10 Anhang

A Feststellungen

Tab. 12: Feststellungen 1 von 5 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: festgestellt; kein Eintrag: Keine Feststellung

Teilnehmer Nr.	ISO 17025 Pkt.		.001	.002	.003	.004	.005	.006
Feststellungen (k-kritisch, n-nicht kritisch)		gesamt	7	9	11	14	11	8
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nicht angesprochen	7.3	25		1	1	1	1	
(k) Humusansprache ohne Munsell-Farbe	7.3	20	1	1	1	1	1	
(k) Probenbehälter wurden nicht voll gefüllt	7.4	19	1	1	1	1	1	
(k) Farbansprache ohne Munsell-Farbtafel	7.3	16		1	1	1	1	
(n) Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren	7.4	13	1		1			
(k) Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt	7.4	13	1	1		1	1	1
(k) Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber	6.3	12		1	1			1
(k) Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten	7.3	12		1		1		
(k) Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet	7.4	11		1	1	1		
(k) Es wurde mit den selben Handschuhen in alle Proben gefasst (u. a. beim Stopfen)	6.3	10		1				
(n) Probengeräte nur trocken abgewischt	6.3	8						
(k) Munsell-Farbansprache in der Sonne	7.3	8	1			1		
(n) Keine Kühlbox mitgebracht	6.3	7				1	1	
(k) Keine Humusbestimmung	7.3	6						
(k) Schurf nicht angeschärft	6.3	5						
(n) Bodenartenansprache in Handschuhen	7.3	5				1	1	
(n) Keine Fotodokumentation	7.3	5	1		1	1	1	
(k) Verschmutzte Fahrzeugladerfläche	6.3	4			1			
(k) Schurfbeprobung von oben nach unten	6.3	4						1
(k) Probengeräte nicht Zwischengereinigt	6.3	4						1
(k) Bodenansprache ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3	4			1		1	
(n) Karbonatgehalt ohne Hörprobe auf "0" bestimmt	7.3	4	1					
(k) Keine Karbonatbestimmung	7.3	4				1	1	
(n) Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen	6.3	3						1
(k) Keine Arbeitsanweisung vor Ort	7.2	2						1
(k) Treibstoffbehälter im Laderaum	6.3	2						
(k) Farbansprache mittels irgendwelcher Farbkarten ohne Munsell-Tafeln	7.3	2				1		
(k) Grobbodenfraktionen und Anteilklassen nicht angesprochen	7.3	2				1	1	
(n) Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich	7.5	2						
(k) Keine Probenahmeplan vor Ort	7.3	1						
(n) Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt	6.3	1						
(n) Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen	7.4	1						
(k) Es wurden Probenbestandteile aussortiert	7.4	1						
(k) Homogenisieren mit bloßen Händen ohne dieser zwischendurch zu waschen	6.3	1						
(k) Kühlbox ist verschmutzt	6.3	1						
(k) Munsell-Farben falsch geschrieben	7.5	1						1
(k) HCL zu schwach (3%)	6.5	1						1
(k) Karbonatbestimmung ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3	1			1			
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nur zum Teil angesprochen	7.3	1						
(k) Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf	6.3	1						
(k) Gestufte Probenahme ohne Horizonte zu beachten	7.3	1						
(k) Probenummern fehlen in Dokumentation	7.5	1				1		
(k) Feinboden nur mit % angegeben	7.3	1				1		

Tab. 13: Feststellungen 2 von 5 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: festgestellt; kein Eintrag: Keine Feststellung

Teilnehmer Nr.	ISO 17025 Pkt.	.007	.008	.009	.010	.011	.012	.013	.014
Feststellungen (k-kritisch, n-nicht kritisch)		4	6	10	8	3	5	4	5
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nicht angesprochen	7.3	1	1	1			1	1	
(k) Humusansprache ohne Munsell-Farbe	7.3			1			1		1
(k) Probenbehälter wurden nicht voll gefüllt	7.4		1	1				1	1
(k) Farbansprache ohne Munsell-Farbtafel	7.3			1			1		1
(n) Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren	7.4		1						1
(k) Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt	7.4			1					
(k) Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber	6.3	1	1		1				
(k) Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten	7.3		1		1				
(k) Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet	7.4		1		1			1	
(k) Es wurde mit den selben Handschuhen in alle Proben gefasst (u. a. beim Stopfen)	6.3			1	1			1	
(n) Probengeräte nur trocken abgewischt	6.3			1					
(k) Munsell-Farbansprache in der Sonne	7.3					1			
(n) Keine Kühlbox mitgebracht	6.3	1		1	1				
(k) Keine Humusbestimmung	7.3								
(k) Schurf nicht angeschärft	6.3				1	1			
(n) Bodenartenansprache in Handschuhen	7.3			1					
(n) Keine Fotodokumentation	7.3	1							
(k) Verschmutzte Fahrzeugladerfläche	6.3				1				
(k) Schurfbeprobung von oben nach unten	6.3					1			
(k) Probengeräte nicht Zwischengereinigt	6.3				1				
(k) Bodenansprache ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3			1					
(n) Karbonatgehalt ohne Hörprobe auf "0" bestimmt	7.3								
(k) Keine Karbonatbestimmung	7.3								
(n) Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen	6.3						1		
(k) Keine Arbeitsanweisung vor Ort	7.2								
(k) Treibstoffbehälter im Laderaum	6.3						1		
(k) Farbansprache mittels irgendwelcher Farbkarten ohne Munsell-Tafeln	7.3								1
(k) Grobbodenfraktionen und Anteilsklassen nicht angesprochen	7.3								
(n) Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich	7.5								
(k) Keine Probenahmeplan vor Ort	7.3								
(n) Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt	6.3								
(n) Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen	7.4								
(k) Es wurden Probenbestandteile aussortiert	7.4								
(k) Homogenisieren mit bloßen Händen ohne dieser zwischendurch zu waschen	6.3								
(k) Kühlbox ist verschmutzt	6.3								
(k) Munsell-Farben falsch geschrieben	7.5								
(k) HCL zu schwach (3%)	6.5								
(k) Karbonatbestimmung ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nur zum Teil angesprochen	7.3								
(k) Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf	6.3								
(k) Gestufte Probenahme ohne Horizonte zu beachten	7.3								
(k) Probennummern fehlen in Dokumentation	7.5								
(k) Feinboden nur mit % angegeben	7.3								

Tab. 14: Feststellungen 3 von 5 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: festgestellt; kein Eintrag: Keine Feststellung

Teilnehmer Nr.	ISO 17025 Pkt.	.015	.016	.017	.018	.019	.020	.021	.022
Feststellungen (k-kritisch, n-nicht kritisch)		2	6	4	8	6	6	5	11
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nicht angesprochen	7.3		1		1		1	1	1
(k) Humusansprache ohne Munsell-Farbe	7.3			1	1	1	1		1
(k) Probenbehälter wurden nicht voll gefüllt	7.4		1		1	1		1	
(k) Farbansprache ohne Munsell-Farbtafel	7.3				1	1	1		1
(n) Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren	7.4		1		1	1			1
(k) Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt	7.4			1	1				1
(k) Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber	6.3						1		1
(k) Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten	7.3	1						1	
(k) Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet	7.4			1					
(k) Es wurde mit den selben Handschuhen in alle Proben gefasst (u. a. beim Stopfen)	6.3							1	
(n) Probengeräte nur trocken abgewischt	6.3			1					1
(k) Munsell-Farbansprache in der Sonne	7.3								
(n) Keine Kühlbox mitgebracht	6.3								
(k) Keine Humusbestimmung	7.3		1			1	1		1
(k) Schurf nicht angeschärft	6.3		1						
(n) Bodenartenansprache in Handschuhen	7.3								1
(n) Keine Fotodokumentation	7.3								
(k) Verschmutzte Fahrzeugladefläche	6.3								
(k) Schurfbeprobung von oben nach unten	6.3	1						1	
(k) Probengeräte nicht Zwischengereinigt	6.3						1		
(k) Bodenansprache ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(n) Karbonatgehalt ohne Hörprobe auf "0" bestimmt	7.3				1				
(k) Keine Karbonatbestimmung	7.3								1
(n) Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen	6.3								
(k) Keine Arbeitsanweisung vor Ort	7.2		1						
(k) Treibstoffbehälter im Laderaum	6.3								
(k) Farbansprache mittels irgendwelcher Farbkarten ohne Munsell-Tafeln	7.3								
(k) Grobbodenfraktionen und Anteilsklassen nicht angesprochen	7.3								
(n) Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich	7.5				1				
(k) Keine Probenahmeplan vor Ort	7.3								
(n) Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt	6.3								
(n) Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen	7.4								
(k) Es wurden Probenbestandteile aussortiert	7.4								
(k) Homogenisieren mit bloßen Händen ohne dieser zwischendurch zu waschen	6.3								
(k) Kühlbox ist verschmutzt	6.3								
(k) Munsell-Farben falsch geschrieben	7.5								
(k) HCL zu schwach (3%)	6.5								
(k) Karbonatbestimmung ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nur zum Teil angesprochen	7.3					1			
(k) Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf	6.3								1
(k) Gestufte Probenahme ohne Horizonte zu beachten	7.3								
(k) Probennummern fehlen in Dokumentation	7.5								
(k) Feinboden nur mit % angegeben	7.3								

Tab. 15: Feststellungen 4 von 5 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: festgestellt; kein Eintrag: Keine Feststellung

Teilnehmer Nr.	ISO 17025 Pkt.	.023	.024	.025	.026	.027	.028	.029	.030
Feststellungen (k-kritisch, n-nicht kritisch)		3	7	8	5	4	8	9	5
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nicht angesprochen	7.3	1	1	1			1	1	1
(k) Humusansprache ohne Munsell-Farbe	7.3		1	1	1		1	1	
(k) Probenbehälter wurden nicht voll gefüllt	7.4		1			1		1	
(k) Farbansprache ohne Munsell-Farbtafel	7.3		1	1			1	1	
(n) Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren	7.4					1		1	
(k) Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt	7.4	1	1			1			
(k) Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber	6.3			1			1		
(k) Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten	7.3								
(k) Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet	7.4	1		1				1	
(k) Es wurde mit den selben Handschuhen in alle Proben gefasst (u. a. beim Stopfen)	6.3		1	1		1			1
(n) Probengeräte nur trocken abgewischt	6.3			1			1	1	
(k) Munsell-Farbansprache in der Sonne	7.3			1					1
(n) Keine Kühlbox mitgebracht	6.3				1				
(k) Keine Humusbestimmung	7.3								
(k) Schurf nicht angeschärft	6.3						1		
(n) Bodenartenansprache in Handschuhen	7.3						1		
(n) Keine Fotodokumentation	7.3								
(k) Verschmutzte Fahrzeugladerfläche	6.3								
(k) Schurfbeprobung von oben nach unten	6.3								
(k) Probengeräte nicht Zwischengereinigt	6.3								
(k) Bodenansprache ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3							1	
(n) Karbonatgehalt ohne Hörprobe auf "0" bestimmt	7.3				1				1
(k) Keine Karbonatbestimmung	7.3						1		
(n) Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen	6.3								
(k) Keine Arbeitsanweisung vor Ort	7.2								
(k) Treibstoffbehälter im Laderaum	6.3								
(k) Farbansprache mittels irgendwelcher Farbkarten ohne Munsell-Tafeln	7.3								
(k) Grobbodenfraktionen und Anteilsklassen nicht angesprochen	7.3								
(n) Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich	7.5								
(k) Keine Probenahmeplan vor Ort	7.3								
(n) Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt	6.3							1	
(n) Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen	7.4								1
(k) Es wurden Probenbestandteile aussortiert	7.4				1				
(k) Homogenisieren mit bloßen Händen ohne dieser zwischendurch zu waschen	6.3				1				
(k) Kühlbox ist verschmutzt	6.3		1						
(k) Munsell-Farben falsch geschrieben	7.5								
(k) HCL zu schwach (3%)	6.5								
(k) Karbonatbestimmung ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nur zum Teil angesprochen	7.3								
(k) Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf	6.3								
(k) Gestufte Probenahme ohne Horizonte zu beachten	7.3								
(k) Probennummern fehlen in Dokumentation	7.5								
(k) Feinboden nur mit % angegeben	7.3								

Tab. 16: Feststellungen 5 von 5 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: festgestellt; kein Eintrag: Keine Feststellung

Teilnehmer Nr.	ISO 17025 Pkt.	.031	.032	.033	.034	.035	.036	.037	.038
Feststellungen (k-kritisch, n-nicht kritisch)		2	3	2	11	2	6	8	8
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nicht angesprochen	7.3	1			1		1	1	1
(k) Humusansprache ohne Munsell-Farbe	7.3				1		1		
(k) Probenbehälter wurden nicht voll gefüllt	7.4				1		1		1
(k) Farbansprache ohne Munsell-Farbtafel	7.3						1		
(n) Direktes Verfüllen im Schurf in die Gläser ohne Homogenisieren	7.4		1			1			1
(k) Probe großstückig oder wenig zerkleinert abgefüllt	7.4				1				
(k) Probenahmegeräte waren nicht bzw. nicht ganz sauber	6.3				1			1	
(k) Munsell-Farbansprache ohne Anfeuchten	7.3		1	1	1	1		1	1
(k) Probe wurde im Probengefäß nicht verdichtet	7.4			1					
(k) Es wurde mit den selben Handschuhen in alle Proben gefasst (u. a. beim Stopfen)	6.3						1		
(n) Probengeräte nur trocken abgewischt	6.3							1	1
(k) Munsell-Farbansprache in der Sonne	7.3	1			1			1	
(n) Keine Kühlbox mitgebracht	6.3								1
(k) Keine Humusbestimmung	7.3							1	1
(k) Schurf nicht angeschärft	6.3				1				
(n) Bodenartenansprache in Handschuhen	7.3								
(n) Keine Fotodokumentation	7.3								
(k) Verschmutzte Fahrzeugladerfläche	6.3							1	1
(k) Schurfbeprobung von oben nach unten	6.3								
(k) Probengeräte nicht Zwischengereinigt	6.3		1						
(k) Bodenansprache ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(n) Karbonatgehalt ohne Hörprobe auf "0" bestimmt	7.3								
(k) Keine Karbonatbestimmung	7.3								
(n) Verwendung von Maurertubben zum Probensammeln und -mischen	6.3						1		
(k) Keine Arbeitsanweisung vor Ort	7.2								
(k) Treibstoffbehälter im Laderaum	6.3							1	
(k) Farbansprache mittels irgendwelcher Farbkarten ohne Munsell-Tafeln	7.3								
(k) Grobbodenfraktionen und Anteilsklassen nicht angesprochen	7.3								
(n) Probenehmer nicht im Probenahmeprotokoll ersichtlich	7.5				1				
(k) Keine Probenahmeplan vor Ort	7.3				1				
(n) Probengeräte wurden nur mit Drahtbürste gereinigt	6.3								
(n) Kein entsprechendes Verjüngen bei großem Probenvolumen	7.4								
(k) Es wurden Probenbestandteile aussortiert	7.4								
(k) Homogenisieren mit bloßen Händen ohne dieser zwischendurch zu waschen	6.3								
(k) Kühlbox ist verschmutzt	6.3								
(k) Munsell-Farben falsch geschrieben	7.5								
(k) HCL zu schwach (3%)	6.5								
(k) Karbonatbestimmung ohne "KA5-kurz / KA5"	7.3								
(k) Bodenart gemäß "KA5-kurz / KA5" nur zum Teil angesprochen	7.3								
(k) Probengefäße standen alle bei der Probenahme offen im Schurf	6.3								
(k) Gestufte Probenahme ohne Horizonte zu beachten	7.3				1				
(k) Probennummern fehlen in Dokumentation	7.5								
(k) Feinboden nur mit % angegeben	7.3								

B Probenahme-Protokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO-IEC 17025

Tab. 17: Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der DIN EN ISO/IEC 17025 erfüllt; kein Eintrag: Norm-Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	gesamt	.001	.002	.003	.004	.005	.006	.007	.008	.009	.010	.011	.012	.013	.014	.015	.016	.017	.018	.019
Checkliste "PN-Protokoll 17025":		11	12	10	9	11	10	6	13	8	10	10	11	12	8	11	10	8	10	11
Erfüllungsgrad [%]:	7.3	73,3	80,0	66,7	60,0	73,3	66,7	40,0	86,7	53,3	66,7	66,7	73,3	80,0	53,3	73,3	66,7	53,3	66,7	73,3
Verweis auf PN-Verfahren	7.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Datum der PN	7.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uhrzeit der PN	7.3	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1		1	1			1
Probennummer	7.4	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probenmenge	7.4		1	1		1	1		1	1			1	1	1	1	1	1		1
Bezeichnung des Probenmaterials	6.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Name Probenehmer	7.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probengeräte	7.4	1	1		1				1		1	1	1	1		1	1			1
Umgebungsbedingungen	6.3	1			1	1	1		1	1		1	1	1		1	1		1	1
Transportbedingungen	6.3		1	1	1	1	1		1			1	1	1		1			1	1
Lageplan	7.3	1	1	1		1	1		1		1				1			1	1	
Fotos	6.3	1	1						1		1			1					1	
Schichtenverzeichnis	7.3	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abweichungen vom PN-Verfahren	6.3																			
Abweichungen vom PN-Plan	7.3																			

Teilnehmer Nr.	.020	.021	.022	.023	.024	.025	.026	.027	.028	.029	.030	.031	.032	.033	.034	.035	.036	.037	.038
Checkliste "PN-Protokoll 17025":	10	7	11	8	7	10	9	6	7	8	11	8	7	12	9	10	9	7	11
Erfüllungsgrad [%]:	66,7	46,7	73,3	53,3	46,7	66,7	60,0	40,0	46,7	53,3	73,3	53,3	46,7	80,0	60,0	66,7	60,0	46,7	73,3
Verweis auf PN-Verfahren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Datum der PN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uhrzeit der PN	1		1				1				1			1				1	1
Probennummer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probenmenge			1			1					1			1	1	1	1		1
Bezeichnung des Probenmaterials	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Name Probenehmer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Probengeräte	1		1			1				1				1		1			1
Umgebungsbedingungen	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1		1	1
Transportbedingungen			1			1	1				1	1		1		1			
Lageplan											1		1		1		1		
Fotos	1			1										1	1		1		1
Schichtenverzeichnis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Abweichungen vom PN-Verfahren																			
Abweichungen vom PN-Plan																			

C Probenahme-Protokoll: Erfüllung der Anforderungen der DIN ISO 18400-107

Tab. 18: Probenahme-Protokoll 1 von 4 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der DIN ISO 18400 erfüllt; kein Eintrag: Norm-Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	gesamt	.001	.002	.003	.004	.005	.006	.007	.008	.009	.010
Checkliste "PN-Protokoll 18400-107":	29	23	27	27	29	33	16	30	23	22	
Erfüllungsgrad [%]:	54,8	61,7	48,9	57,4	57,4	61,7	70,2	34,0	63,8	48,9	46,8
Name Probenehmer	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lage Fläche/Grundstück	32	1	1		1	1	1	1	1	1	1
genauer Probenahmeort	26	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Tiefe / Tiefenbereich	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beschreibung relevante Einzelheiten des Grundstückes	29	1		1	1	1	1		1		1
PN-Datum	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PN-Uhrzeit	22	1	1	1	1	1	1		1		1
Feldmessungen / Tests	32	1	1	1			1		1	1	1
Beobachtungen während PN	35	1		1		1	1	1	1	1	1
Witterung vor PN Temperatur	2				1	1					
Witterung vor PN Bewölkung/Sonne	1				1						
Witterung vor PN Niederschlag	4				1	1					
Witterung bei PN Temperatur	27	1			1	1			1	1	1
Witterung bei PN Bewölkung/Sonne	22	1			1		1			1	
Witterung bei PN Niederschlag	16	1			1	1				1	1
Probenahmegerät	19	1	1		1		1		1		1
PN-Verfahren-/Gewinnung	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fläche Probenahmebereich (z.B. Karte, Skizze)	13	1		1			1		1		1
Relief	13	1			1	1	1	1	1	1	
Oberflächenbeschaffenheit	25	1	1	1	1		1		1	1	1
gegenf. Nutzung	24	1		1			1		1	1	1
Lageplan (auch mit Besonderheiten)	12	1		1			1		1		1
lokale Geologie	5	1									
Hydrologie, Grundwasserstand	6				1					1	
ergebnisrelevante Besonderheiten	29	1		1			1		1		
Kontaminationsverdacht	6			1			1				
Probennummer/-n, Anzahl	37	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Farbe vom Probenmaterial	37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Konsistenz	25	1	1	1	1	1			1	1	
Homogenität	2						1				
Korngröße	28		1	1		1	1	1	1	1	
Bestandteile/Komponenten	35	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Geruch	25				1	1	1	1	1	1	1
Feuchte	24			1	1	1		1		1	
gestörte oder ungestörte Probe	11							1			
Analysenumfang	3										
Probenmenge (Volumen o. Masse)	25		1	1	1	1	1		1	1	
Einzel- und Mischproben	35	1	1	1	1	1	1		1		
Anzahl und Verteilung der EP für MP	35	1	1	1	1	1	1		1		
Verpackung, Gefäß	29		1	1	1	1	1	1			
Lagerungsbedingungen	21		1	1		1	1		1		
Transportbedingungen	21	1	1	1		1	1		1		
Entnahmezeitpunkt	27	1	1	1	1	1	1		1		1
Übergabezeitpunkt	6		1			1	1				
Annahmestätigung vom Labor	0										
PN-Planänderung, Genehmigung	0										
Qualitätskontrollmaßnahmen	0										

Tab. 19: Probenahme-Protokoll 2 von 4 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der DIN ISO 18400 erfüllt; kein Eintrag: Norm-Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.011	.012	.013	.014	.015	.016	.017	.018	.019	.020	.024
Checkliste "PN-Protokoll 18400-107":	31	30	31	26	29	30	22	22	27	23	23
Erfüllungsgrad [%]:	66,0	63,8	66,0	55,3	61,7	63,8	46,8	46,8	57,4	48,9	48,9
Name Probenehmer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lage Fläche/Grundstück	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
genauer Probenahmeort		1	1			1	1	1	1		
Tiefe / Tiefenbereich	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beschreibung relevante Einzelheiten des Grundstückes	1	1	1	1	1	1	1		1		1
PN-Datum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PN-Uhrzeit	1	1	1		1	1			1	1	
Feldmessungen / Tests	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Beobachtungen während PN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Witterung vor PN Temperatur											
Witterung vor PN Bewölkung/Sonne											
Witterung vor PN Niederschlag											
Witterung bei PN Temperatur	1	1	1	1	1	1			1	1	
Witterung bei PN Bewölkung/Sonne	1		1	1	1	1		1			1
Witterung bei PN Niederschlag	1	1	1		1	1				1	
Probenahmegerät	1	1	1			1				1	
PN-Verfahren/-Gewinnung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fläche Probenahmebereich (z.B. Karte, Skizze)		1		1	1		1	1			
Relief	1			1							
Oberflächenbeschaffenheit	1	1	1	1		1			1		1
gegenf. Nutzung	1	1	1	1	1	1			1		1
Lageplan (auch mit Besonderheiten)				1			1	1			
lokale Geologie			1		1						
Hydrologie, Grundwasserstand	1		1								
ergebnisrelevante Besonderheiten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kontaminationsverdacht			1								
Probennummer/-n, Anzahl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Farbe vom Probenmaterial	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Konsistenz	1	1		1	1	1			1	1	1
Homogenität											
Korngröße			1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bestandteile/Komponenten	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Geruch	1	1			1		1	1	1	1	1
Feuchte	1	1		1	1	1	1	1		1	1
gestörte oder ungestörte Probe				1							1
Analysenumfang											1
Probenmenge (Volumen o. Masse)	1	1	1	1	1	1	1		1		
Einzel- und Mischproben	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anzahl und Verteilung der EP für MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Verpackung, Gefäß	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lagerungsbedingungen	1	1	1		1	1		1	1		
Transportbedingungen	1	1	1		1			1	1		
Entnahmezeitpunkt	1	1	1		1	1			1	1	
Übergabezeitpunkt						1					
Annahmebestätigung vom Labor											
PN-Planänderung, Genehmigung											
Qualitätskontrollmaßnahmen											

Tab. 20: Probenahme-Protokoll 3 von 4 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der DIN ISO 18400 erfüllt; kein Eintrag: Norm-Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.025	.026	.027	.028	.029	.030	.031	.032	.033	.034	.035
Checkliste "PN-Protokoll 18400-107":	26	26	18	24	19	34	32	19	27	23	31
Erfüllungsgrad [%]:	55,3	55,3	38,3	51,1	40,4	72,3	68,1	40,4	57,4	48,9	66,0
Name Probenehmer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lage Fläche/Grundstück	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
genauer Probenahmeort	1		1			1	1	1	1	1	1
Tiefe / Tiefenbereich	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beschreibung relevante Einzelheiten des Grundstückes		1	1	1		1	1	1	1	1	1
PN-Datum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PN-Uhrzeit		1				1			1		1
Feldmessungen / Tests	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Beobachtungen während PN	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Witterung vor PN Temperatur											
Witterung vor PN Bewölkung/Sonne											
Witterung vor PN Niederschlag											1
Witterung bei PN Temperatur	1	1		1	1	1	1			1	1
Witterung bei PN Bewölkung/Sonne		1		1	1	1	1			1	
Witterung bei PN Niederschlag	1			1			1				
Probenahmegerät	1	1			1	1			1		1
PN-Verfahren/-Gewinnung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fläche Probenahmebereich (z.B. Karte, Skizze)						1				1	
Relief			1	1			1	1			
Oberflächenbeschaffenheit		1	1	1		1	1	1	1		
gegenf. Nutzung		1	1	1		1	1	1	1		
Lageplan (auch mit Besonderheiten)						1		1		1	
lokale Geologie						1					1
Hydrologie, Grundwasserstand	1										1
ergebnisrelevante Besonderheiten	1	1	1	1		1	1		1	1	1
Kontaminationsverdacht	1								1		
Probennummer/-n, Anzahl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Farbe vom Probenmaterial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Konsistenz	1	1		1			1		1	1	1
Homogenität							1				
Korngröße	1			1	1	1	1				1
Bestandteile/Komponenten	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Geruch		1		1		1	1		1		1
Feuchte				1	1	1	1				1
gestörte oder ungestörte Probe							1			1	1
Analysenumfang	1					1					
Probenmenge (Volumen o. Masse)	1				1	1	1		1	1	1
Einzel- und Mischproben	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anzahl und Verteilung der EP für MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Verpackung, Gefäß	1				1	1	1		1	1	1
Lagerungsbedingungen	1	1				1	1		1	1	1
Transportbedingungen	1	1				1	1		1	1	1
Entnahmezeitpunkt		1		1	1	1	1	1	1		1
Übergabezeitpunkt		1				1					
Annahmestätigung vom Labor											
PN-Planänderung, Genehmigung											
Qualitätskontrollmaßnahmen											

Tab. 21: Probenahme-Protokoll 4 von 4 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der DIN ISO 18400 erfüllt; kein Eintrag: Norm-Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.036	.037	.038
Checkliste "PN-Protokoll 18400-107":	23	23	28
Erfüllungsgrad [%]:	48,9	48,9	59,6
Name Probenehmer	1	1	1
Lage Fläche/Grundstück	1		1
genauer Probenahmeort	1	1	1
Tiefe / Tiefenbereich	1	1	1
Beschreibung relevante Einzelheiten des Grundstückes			1
PN-Datum	1	1	1
PN-Uhrzeit		1	1
Feldmessungen / Tests	1	1	1
Beobachtungen während PN	1	1	1
Witterung vor PN Temperatur			
Witterung vor PN Bewölkung/Sonne			
Witterung vor PN Niederschlag	1		
Witterung bei PN Temperatur		1	1
Witterung bei PN Bewölkung/Sonne	1	1	1
Witterung bei PN Niederschlag			
Probenahmegerät			1
PN-Verfahren/-Gewinnung	1	1	1
Fläche Probenahmebereich (z.B. Karte, Skizze)	1		
Relief			
Oberflächenbeschaffenheit			1
gegenf. Nutzung			1
Lageplan (auch mit Besonderheiten)	1		
lokale Geologie			
Hydrologie, Grundwasserstand			
ergebnisrelevante Besonderheiten		1	1
Kontaminationsverdacht		1	
Probennummer/-n, Anzahl	1	1	1
Farbe vom Probenmaterial	1	1	1
Konsistenz			1
Homogenität			
Korngröße	1	1	1
Bestandteile/Komponenten	1	1	1
Geruch		1	
Feuchte	1		1
gestörte oder ungestörte Probe	1	1	1
Analysenumfang			
Probenmenge (Volumen o. Masse)	1		1
Einzel- und Mischproben	1	1	1
Anzahl und Verteilung der EP für MP	1	1	1
Verpackung, Gefäß	1		1
Lagerungsbedingungen		1	
Transportbedingungen		1	
Entnahmezeitpunkt	1	1	1
Übergabezeitpunkt			
Annahmebestätigung vom Labor			
PN-Planänderung, Genehmigung			
Qualitätskontrollmaßnahmen			

D Erfüllung der Anforderungen an die Bodenansprache nach Kurz-KA5

Tab. 22: Erfüllung der Anforderungen 1 von 2 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der Kurz-KA5 erfüllt; kein Eintrag: Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	gesamt	.001	.002	.003	.004	.005	.006	.007	.008	.009	.010	.011	.012	.013	.014	.015	.016	.017	.018	.019
Bodenansprache KA5-Kurz OU/DU O		21	14	18	17	16	17	19	20	19	22	20	21	18	16	16	17	18	17	19
Erfüllungsgrad [%]:	78,8	95,5	63,6	81,8	77,3	72,7	77,3	86,4	90,9	86,4	100,0	90,9	95,5	81,8	72,7	72,7	77,3	81,8	77,3	86,4
Nutzungsart	23	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1
Anteilsklasse der Nutzungsart	12	1		1	1	1	1	1			1	1	1							
Projektbezeichnung	34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Profil-Nr.	34	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Datum der Aufnahme	37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bearbeiter	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rechtswert	21	1			1	1		1	1	1	1		1	1			1	1		1
Hochwert	21	1			1	1		1	1	1	1		1	1			1	1		1
Aufschlussart	37	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anthropogene Veränderungen / Bautechnische Maßnahmen	32	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Horizontunter- / -obergrenze	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodenfarbe	37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Geruch	28	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	1	1
Humusgehalt	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	
Feinbodenart / Torfart	22	1					1		1		1	1	1		1	1		1	1	1
Grobbodenfraktionen und Anteils- klassen	35	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe Grobbodenanteil	28	1		1	1		1		1		1	1	1		1		1	1	1	1
Carbonatgehalt	33	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beimengungen (subst. Sub- stratinhomogenitäten)	34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Wasserstand unter GOF	9		1		1					1	1	1		1						
Probennummer	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Entnahmetiefe der Probe (Ober- /Untergrenze)	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tab. 23: Erfüllung der Anforderungen 2 von 2 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung der Kurz-KA5 erfüllt; kein Eintrag: Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.020	.021	.022	.023	.024	.025	.026	.027	.028	.029	.030	.031	.032	.033	.034	.035	.036	.037	.038
Bodenansprache KA5-Kurz OU/DU O	13	17	15	15	15	17	17	20	16	13	17	20	17	19	16	19	14	17	17
Erfüllungsgrad [%]:	59,1	77,3	68,2	68,2	68,2	77,3	77,3	90,9	72,7	59,1	77,3	90,9	77,3	86,4	72,7	86,4	63,6	77,3	77,3
Nutzungsart							1	1	1		1	1	1	1					1
Anteilsklasse der Nutzungsart								1			1			1					
Projektbezeichnung		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Profil-Nr.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Datum der Aufnahme		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bearbeiter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rechtswert						1		1				1	1	1	1	1		1	1
Hochwert						1		1				1	1	1	1	1		1	1
Aufschlussart	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anthropogene Veränderungen / Bautechnische Maßnahmen	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1		1		1	1
Horizontunter- / -obergrenze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodenfarbe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Geruch	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1		1		1		1	
Humusgehalt		1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Feinbodenart / Torfart	1	1	1			1	1	1					1	1	1	1	1		
Grobbodenfraktionen und Anteils- klassen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Summe Grobbodenanteil	1	1	1	1	1			1	1	1		1	1		1	1	1	1	1
Carbonatgehalt	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beimengungen (subst. Sub- stratinhomogenitäten)	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1	1
Wasserstand unter GOF						1						1				1			
Probennummer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Entnahmetiefe der Probe (Ober- /Untergrenze)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E Befunde Bodenansprache

Tab. 24: Befundene Bodenansprache 1 von 2 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

Teilnehmer Nr.	.001	.002	.003	.004	.005	.006	.007	.008	.009	.010	.011	.012
Horizont 1 (bis 0,2) [m uGOK]	-0,2	-0,24	-0,25	-0,25	-0,2	-0,2	-0,25	-0,2	-0,2	-0,24	-0,2	-0,25
Horizont 2 (bis 0,8) [m uGOK]	-0,8	-0,77	-0,79	-0,75	-0,8	-0,75	-0,75	-0,86	-0,7	-0,75	-0,7	-0,78
Horizont 3 (bis 1,2) [m uGOK]	-1	-1,2	-1,25	-1	-1,2	-1,2	-1,15	-1,2	-1,2	-1,2	-1,15	-1,19
Bodenfarbe Horizont 1	10YR5/4					4/7,5YR/6	10YR3/4	2,5Y5/3		2,5Y5/3	10YR4/3	
Bodenfarbe Horizont 2	2,5YR4/4					3/10YR/2	5YR2,5/2	7,5YR3/2		5YR4/4	10YR3/3	
Bodenfarbe Horizont 2	10YR7/4					5/5Y/3	7,5YR5/4	2,5Y5/3		2,5Y4/3	10YR3/3	
Humusgehalt Horizont 1	0	2	1	1	1	0	0	0	1	3	2	1
Humusgehalt Horizont 2	0	1	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0
Humusgehalt Horizont 3	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
Feinbodenart Horizont 1	Ut2					Lt3				Lts	Ls3	
Feinbodenart Horizont 2	Ut1					Lts				Sl4	Lt3	
Feinbodenart Horizont 3	Ut3					Tu2				Uls	Lu	
Hauptkorngröße (U) DIN Horizont 1		U	U		S	T	U	U	T			L
Hauptkorngröße (L) DIN Horizont 2		U	U		U	U	U	U	T			L
Hauptkorngröße (U) DIN Horizont 3		U	U		S	T	U	U	U			L
Carbonatgehalt Horizont 1	4	2	3			1	1	3	2	3	2	2
Carbonatgehalt Horizont 2	3	2	4			2	2	2	1	3	0	0
Carbonatgehalt Horizont 3	2	2	2			2	2	1	2	3	0	0
Teilnehmer Nr.	.013	.014	.015	.016	.017	.018	.019	.020	.021	.022	.023	.024
Horizont 1 (bis 0,2) [m uGOK]	-0,24	-0,25	-0,26	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,24	-0,2	-0,23	-0,2
Horizont 2 (bis 0,8) [m uGOK]	-0,77	-0,7	-0,8	-0,7	-0,75	-0,75	-0,76	-0,7	-0,75	-0,7	-0,76	-0,7
Horizont 3 (bis 1,2) [m uGOK]	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8	-1,2	-1,18	-1,2	-1,2	-1,2	-1,18	-1,15
Bodenfarbe Horizont 1	5Y5/4		10YR4/8	10YR5/8	5Y6/4				2,5Y5/6		2,5Y4/2	
Bodenfarbe Horizont 2	10R4/3		2,5YR3/8	5YR4/4	10R5/3				2,5YR3/3		5YR3/3	
Bodenfarbe Horizont 2	10YR5/4		7,5YR6/4	10YR8/8	2,5Y5/4				2,5Y5/6		10YR3/4	
Humusgehalt Horizont 1	0	0	1		0	0			1		3	1
Humusgehalt Horizont 2	0	0	0		0	0			0		2	0
Humusgehalt Horizont 3	0	0	1		0	0			1		2	1
Feinbodenart Horizont 1		Lt3	Tu4		Tl							
Feinbodenart Horizont 2		Ls2	Tu3		Tu2		Tu3					
Feinbodenart Horizont 3		Ut2	Ut3		Uls		Lts					
Hauptkorngröße (U) DIN Horizont 1	U			U		T	T	T	T	T	U	U
Hauptkorngröße (L) DIN Horizont 2	T			U		T	U	T	U	T	U	U
Hauptkorngröße (U) DIN Horizont 3	T			U		U	T	U	U	U	U	U
Carbonatgehalt Horizont 1	4	3	4	1	3	0	3	5	1		6	3
Carbonatgehalt Horizont 2	4	3	2	3	3	5	0		6	4	1	1
Carbonatgehalt Horizont 3	3	4	2	0	3	5	1		2	3	3	1

Tab. 25: Befundene Bodenansprache 2 von 2 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

Teilnehmer Nr.	.025	.026	.027	.028	.029	.030	.031	.032	.033	.034	.035	.036
Horizont 1 (bis 0,2) [m uGOK]	-0,23	-0,25	-0,23	-0,24	-0,21	-0,2	-0,2	-0,15	-0,23	-0,2	-0,25	-0,25
Horizont 2 (bis 0,8) [m uGOK]	-0,75	-0,75	-0,75	-0,73	-0,74	-0,7	-0,75	-0,6	-0,76	-0,8	-0,8	-0,74
Horizont 3 (bis 1,2) [m uGOK]	-1,2	-1,2	-1,18	-1,25	-1,18	-1,1	-1,2	-1,1	-1,09	-1,2	-1,2	-1,21
Bodenfarbe Horizont 1		10YR5/6	5Y5/2			10YR4/4	10YR4/4	7.5YR6/4	7.5YR4/6	10YR5/6	5/2.5Y	
Bodenfarbe Horizont 2		7.5YR4/3	2.5YR4/4			10YR3/3	7.5YR3/2	5YR3/3	10R3/4	5YR4/4	3/7.5YR	
Bodenfarbe Horizont 2		10YR4/4	10YR3/3			10YR3/4	10YR5/4	7,5YR5/3	7.5YR4/4	5YR3/3	5/7.5YR	
Humusgehalt Horizont 1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1
Humusgehalt Horizont 2	4	0	0	0	1	0	1	1	4	1	1	2
Humusgehalt Horizont 3	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0
Feinbodenart Horizont 1		Ts2	Tu2					Ut2	Lu		Ts2	
Feinbodenart Horizont 2		Tu2	Ut4					Tu3	Lt2		Ts2	
Feinbodenart Horizont 3		Uu	Ut2					Ut4	Ut3		Uls	
Hauptkorngroße (U) DIN Horizont 1	U			fS	T	T	U	U		U	T	T
Hauptkorngroße (L) DIN Horizont 2	U			U	T	T	U	T		U	T	U
Hauptkorngroße (U) DIN Horizont 3	U			U	T	U	U	U		U	U	U
Carbonatgehalt Horizont 1	2	0	3		4	3	3	3,4	1	3	3,3	2
Carbonatgehalt Horizont 2	1	1	2		4	3	4	3,4	2	2	3,2	3
Carbonatgehalt Horizont 3	3	1	3		2	3	3	3,4	3	3	3,3	3
Teilnehmer Nr.	.037	.038	M5,3,1	M6,4,2	M7	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5		
Horizont 1 (bis 0,2) [m uGOK]	-0,22	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,26	-0,23	-0,21	-0,21	-0,22		
Horizont 2 (bis 0,8) [m uGOK]	-0,74	-0,7	-0,8	-0,8		-0,79	-0,73	-0,76	-0,75	-0,78		
Horizont 3 (bis 1,2) [m uGOK]	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2		-1,2	-1,21	-1,2	-1,2	-1,2		
Bodenfarbe Horizont 1	5YR5/8	10YR5/6	10YR4/6	10YR4/4	10YR4/4	2.5Y5/3	2.5Y4/3	2.5Y4/3	5Y4/3	5Y4/3		
Bodenfarbe Horizont 2	5YR3/2	7.5YR3/2	7.5YR3/3	7.5YR3/3		10YR4/2	10YR4/2	10YR4/2	10YR4/2	10YR4/2		
Bodenfarbe Horizont 2	7.5YR5/6	10YR6/6	2.5Y4/3	2.5Y4/2		2.5Y4/3	2.5Y4/3	2.5Y4/3	2,5Y4/3	2.5Y4/3		
Humusgehalt Horizont 1			1	1	2	1	1	1	2	1		
Humusgehalt Horizont 2			3	4		2	2	2	2	2		
Humusgehalt Horizont 3			1	1		1	1	1	1	1		
Feinbodenart Horizont 1			Uls	Ut4	Ut4	Ut4	Ut3	Ut4	Ut3	Ut4		
Feinbodenart Horizont 2			Ut4	Ut4		Tu4	Tu4	Ut3	Ut4	Tu4		
Feinbodenart Horizont 3			Ut3	Ut3		Ut2	Ut2	Ut2	Ut2	Uu		
Hauptkorngroße (U) DIN Horizont 1	T	T	U	U	U	U	U	U	U	U		
Hauptkorngroße (L) DIN Horizont 2	T	T	U	U		T	U	U	U	U		
Hauptkorngroße (U) DIN Horizont 3	T	U	U	U		U	U	U	U	U		
Carbonatgehalt Horizont 1	3	3	4	4	5	4	3,3	4	3,3	3,3		
Carbonatgehalt Horizont 2	4	3	4	4		3,4	5	5	4	4		
Carbonatgehalt Horizont 3	1	3	3,3	3,3		3,3	6	3,3	3,2	3		

F Nachweisblätter vor Ort

Tab. 26: Nachweisblatt 1 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.001	.002	.003	.004
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1	1	
Fahrzeug Typ	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleintransporter
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1		1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1		1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1		1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer		1		
Munsell-Farbtafel	1	1		
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	5l PE-Eimer
Reinigungsmittel	Wasser, Papiertuch, Zwischenreinigung	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Messlatte – Hand GPS – Saubere Abschürfung der Horizontale mit Edelstahlspachtel – Probenname von Unten nach oben – Identifikation der unterschiedlichen Lagerungsdichten 	<ul style="list-style-type: none"> – Einmessung mit D-GPS – Doppelprobenahme – Die Probe wurde durch Hin- und Herziehen auf Folie gemischt und mit Teilkreuz geteilt 	<ul style="list-style-type: none"> – Einmessung mittels Messrad 	<ul style="list-style-type: none"> – Fotodokumentation – Einmessung mittels GPS – Homogenisieren durch fraktionierendes Schaufeln auf Folie – Reinigung erfolgt vor jeder Probenahme – Schichten erkannt, Probenahme differenziert in 0,25 m Schichten

Tab. 27: Nachweisblatt 2 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.005	.006	.007	.008
Arbeitsanweisung	1		1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro			1	1
Fahrzeug Typ	Kleintransporter	Kleinbus	Kleinbus	PKW
Fahrzeug Sauberkeit	1		1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit		1		1
Kennzeichnung eindeutig		1	1	1
Transportsicherung		1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1		1	
Munsell-Farbtafel	1	1	1	1
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	1l PE-Eimer mit Deckel	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Wasser, Lappen		Wasser, Lappen	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Schurfvermessung mittels Maßband – Einmessung mittels GPS – Homogenisieren Im Eimer durch Rühren 	<ul style="list-style-type: none"> – Pro Probe 20 l Probenmaterial in Mauertubben zerkleinert und gemischt – Probenahmespachtel wurde nur grob zwischengereinigt – Trockenreinigung, kein Wasser usw. 	<ul style="list-style-type: none"> – Einmessung mit Hand GPS – Einzelproben mit Blumenstecher nicht gemischt aber gut gestopft abgefüllt – Spaten war dreckig 	<ul style="list-style-type: none"> – schmutziger Spaten – an der Handschaufel klebte das Etikett

Tab. 28: Nachweisblatt 3 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.009	.010	.011	.012
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1	1	1
Fahrzeug Typ	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleinbus	PickUp
Fahrzeug Sauberkeit	1		1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1		1	
Probenkühlmöglichkeit			1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung		1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	1		
Munsell-Farbtafel	1	1	1	
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	5 l PE Eimer mit Deckel	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Bürste		Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> – Laderaumboden nicht sauber (Bodenreste) – Einmessung mittels GPS 	<ul style="list-style-type: none"> – Bodenansprache sehr langsam 	<ul style="list-style-type: none"> – Verwendung von neuen schwarzen stinkenden Maurertubben zum Probenmischen – auf der Ladefläche befindet sich ein voller Benzinkanister

Tab. 29: Nachweisblatt 4 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.013	.014	.015	.016
Arbeitsanweisung	1	1	1	
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1		1
Fahrzeug Typ	PickUP	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleintransporter
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegerätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer		1	1	
Munsell-Farbtafel	1		1	1
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas + PE-Becher
Reinigungsmittel	Papiertücher, Aceton	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	– Einmessung mittels GPS	– Schweizer Farbkarte zur Farbabsprache genutzt – Einmessung mittels GPS		

Tab. 30: Nachweisblatt 5 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.017	.018	.019	.020
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro		1		1
Fahrzeug Typ	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleintransporter	Kleintransporter
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	1		1
Munsell-Farbtafel	1		1	1
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	2,5 l PE Eimer	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	1	Wasser, Papiertücher	Aceton, Wasser, Papiertücher	
Etiketten	Papiertücher	1	1	1
Bemerkungen				– Munsell-Farbtafel vorhanden aber nicht angewendet

Tab. 31: Nachweisblatt 6 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.021	.022	.023	.024
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1	1	1
Fahrzeug Typ	Kleintransporter	SUV	Kleinbus	Kleintransporter
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	1	1	1
Munsell-Farbtafel	1		1	
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Wasser, Papiertücher	Tuch	Aceton, Wassser, Küchenrolle	Aceton, Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Hat auch die Steine mit Hammer zerschlagen und bestimmt – Die Probengläser waren zwar gut gestopft, aber nicht ganz voll 			<ul style="list-style-type: none"> – Probenahme aus Schurfen nicht in SOP beschrieben

Tab. 32: Nachweisblatt 7 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.025	.026	.027	.028
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1			
Fahrzeug Typ	Kleinbus	PickUP	Kleinbus	SUV
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1		1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	1	1	1
Munsell-Farbtafel	1	1	1	
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Küchenrolle ohne Wasser	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	– Der bei der Probenahme eingesetzte Spaten wurde zwischen den Probenahmem nicht gereinigt	– Querkontaminationen zwischen den Schichten mit Probenkelle		

Tab. 33: Nachweisblatt 8 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.029	.030	.031	.032
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro		1		1
Fahrzeug Typ	Kleinbus	Kleinbus	SUV	PKW Kombi
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	1
Kennzeichnung eindeutig	1	1	1	1
Transportsicherung	1	1	1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegrätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer		1	1	1
Munsell-Farbtafel		1	1	1
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Drahtbürste	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher	Wasser, Papiertücher
Etiketten	1	1	1	1
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Zwei Proben wurden nicht gestopft. Alle Probengläser waren nicht ganz voll. 	<ul style="list-style-type: none"> – Bodenansprache bis 1,1 m will Sohle nicht freigegeben wurde – Im PE-Eimer homogenisiert – Bei Fotodokumentation Farbtafel genutzt – Einmessen mit Maßband weil GPS vergessen wurde – Skizze erst nach Aufforderung angefertigt 	<ul style="list-style-type: none"> – Die Bodenfarbeansprache mit Munsell wurde anfangs in der Sonne durchgeführt 	<ul style="list-style-type: none"> – Der Spaten wurde mit den Arbeitshandschuhen gereinigt

Tab. 34: Nachweisblatt 9 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.033	.034	.035	.036
Arbeitsanweisung	1	1	1	1
Probenahmeplan	1		1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1	1	1
Fahrzeug Typ	Kleinbus	SUV	Kleintransporter	PKW Kombi
Fahrzeug Sauberkeit	1	1	1	1
Fahrzeug Ordnung	1	1	1	1
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit	1	1	1	1
Probenkühlmöglichkeit	1	1	1	1
Kennzeichnung eindeutig	1		1	1
Transportsicherung	1		1	1
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1	1	1
Geeignete Probenahmegerätschaften	1	1	1	1
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	1	1	1
Munsell-Farbtafel	1	1	1	
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Spritzflasche, Wasser, Papiertücher	Wasser	Wasser, Papiertücher	Wasser
Etiketten	1		1	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Haben zugegeben, dass Bodensprache nicht das Thema in ihrer Praxis ist. 	<ul style="list-style-type: none"> – Die Edelstahlschüssel war verschmutzt – abgespülte Probenahmegeräte wurden nicht trocken gewischt – Probenahme alle 10 cm unter Beachtung von Schichtwechseln – Tiefenangaben auf Probengläsern ungenau 		<ul style="list-style-type: none"> – Falsche Tiefenermittlung, Korrekturhinweis durch LfU – Probensammelbehälter Maurereimer Blau obwohl Edelstahleimer vorhanden war – unzureichende Homogenisierung – Rillen im PE-Eimer können zu Querkontaminationen führen

Tab. 35: Nachweisblatt 10 von 10 – Boden-Probennahme Ringversuch des LfU 2021.

1: Anforderung erfüllt; kein Eintrag: fehlt / Anforderung nicht erfüllt

Teilnehmer Nr.	.037	.038
Arbeitsanweisung	1	1
Probenahmeplan	1	1
Probenahmeprotokoll/Schipro	1	1
Plausibilitätskontrolle im Büro	1	1
Fahrzeug Typ	Kleinbus	Kleintransporter
Fahrzeug Sauberkeit		
Fahrzeug Ordnung		
Fahrzeug Querkontaminationsfreiheit		
Probenkühlmöglichkeit	1	
Kennzeichnung eindeutig	1	1
Transportsicherung	1	
Probenahmeprotokoll leserlich	1	1
Geeignete Probenahmegerätschaften	1	
Edelstahlschüssel/-wanne/-eimer	1	
Munsell-Farbtafel	1	1
Probengefäß	500 ml Schraubdeckelbraunglas	500 ml Schraubdeckelbraunglas
Reinigungsmittel	Lappen (Wasser war ungenutzt da)	Papiertücher
Etiketten		
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> – Auf Ladefläche befinden sich Stromaggregat, 2 Benzinkanister, 1 verschmutzter Spaten, Schmutz auf dem Boden, Probenahmegeräte und Probengefäße 	<ul style="list-style-type: none"> – Zusätzlichen Horizont entdeckt (1-1,2 m), – Messlatte schief



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

