

DIN 19740-2

ICS 13.080.99; 97.220.10; 01.040.97

Einsprüche bis 2013-07-18

Entwurf**Bodenbeschaffenheit –
Umweltrelevante Anforderungen an den Bau und Betrieb von zivilen
Schießstätten –
Teil 2: Untersuchungen**

Soil quality –

Environmental requirements for the construction and operation of civil shooting ranges –
Part 2: Analyses

Qualité du sol –

Prescriptions environnementales pour la construction et le fonctionnement de champs de
tir civiles –

Partie 2: Investigations

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-03-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 50 Seiten

Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	7
4 Nutzungshistorie.....	7
5 Depositionen und Wirkungspfade	8
5.1 Allgemeines.....	8
5.2 Umweltrelevante Stoffe	8
5.2.1 Bleischrote	8
5.2.2 Wurfscheiben	9
5.2.3 Sonstige Munition.....	9
5.2.4 Alternativgeschosse.....	9
5.3 Wirkungspfad Boden – Mensch	9
5.4 Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze	10
5.5 Wirkungspfad Boden – Gewässer.....	10
5.5.1 Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer	10
5.5.2 Wirkungspfad Boden – Grundwasser.....	10
6 Untersuchungskonzept für die Wirkungspfade.....	12
6.1 Allgemeines.....	12
6.2 Hinweise zur Wahl und Bedeutung einzelner Module	13
6.2.1 Allgemeines.....	13
6.2.2 Modul 2 – Bodeneigenschaften/Bodenprofile.....	13
6.2.3 Modul 3 – Oberbodenuntersuchung	13
6.2.4 Modul 4 – Untersuchung der Verlagerungsintensität	13
6.2.5 Modul 5 – Grundwasserentnahmen	14
6.2.6 Modul 7 und Modul 8 – Sickerwasserbeprobung und Perkolate	14
6.3 Einschätzung des Gefährdungspotentials.....	15
7 Probenahmestrategie für Modul 3 und Modul 4	15
7.1 Wahl der Probenahmepunkte	15
7.1.1 Trap- und Skeetschießanlagen.....	15
7.1.2 Jagdparcours, Kipp- und Rollhase	16
7.1.3 Weiter betroffene genutzte Flächen.....	16
7.1.4 Referenzpunkt	16
7.2 Entnahme von Bodenproben.....	17
7.2.1 Allgemeines.....	17
7.2.2 Beprobungsmuster zur Mischprobenerstellung.....	18
7.2.3 Schürfe.....	18
8 Probenvorbehandlung und Analytik.....	19
8.1 Allgemeines.....	19
8.2 Wirkungspfad Boden – Mensch	19
8.3 Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze	20
8.4 Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer	22
8.5 Wirkungspfad Boden – Grundwasser.....	22
9 Besondere Anforderungen zur Untersuchung von Einzelgeschossanlagen.....	24
9.1 Allgemeines.....	24
9.2 Sandgeschossfänge	24
9.3 Andere Geschossfänge, Vorfeld	25
10 Sanierungsuntersuchungen	25
10.1 Allgemeines.....	25

10.2	Spezielle Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen	27
10.2.1	Sanierungsziele	27
10.2.2	Untersuchungen	27
10.2.3	Sonstige notwendige Erkenntnisse.....	28
Anhang A	(normativ) Untersuchungsmodule 1 bis 6.....	29
A.1	Modul 1: Begehung und Flächenkartierung	29
A.2	Modul 2: Erfassung von relevanten Bodeneigenschaften an Profilen	32
A.2.1	Allgemeines	32
A.2.2	Vorsondierungen	32
A.2.3	Bestimmung der Bodeneigenschaften aus einem Schurf	33
A.2.4	Bodengefüge und Hohlräume in Böden.....	34
A.3	Modul 3: Untersuchung des schrotkornbelasteten Oberbodens	36
A.4	Modul 4: Untersuchung tieferer Bodenbereiche bezüglich der Verlagerung schießanlagenrelevanter Schadstoffe.....	37
A.5	Modul 5: Entnahme von Grundwasser	43
A.6	Modul 6: Probenahme Oberflächengewässer und Sedimenten	45
Anhang B	(informativ) Untersuchungsmodule 7 und 8	46
B.1	Modul 7: Entnahme von Sickerwasserproben	46
B.2	Modul 8: Untersuchung von Bodenproben zum Perkulationsverhalten	46
B.2.1	Versuchsplanung, Probenahme, Analytik	46
B.2.2	Auswertung von Perkulationsversuchen.....	47
Literaturhinweise		48

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 119-01-02-06-02 AK „Schießstätten“ des Arbeitsausschusses NA 119-01-02 AA „Abfall- und Bodenuntersuchung“ im Normenausschuss Wasserwesen (NAW) erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber E DIN 19740-3:2006-02 und E DIN 19740-4:2006-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Teile 3 und 4 wurden in einem Dokument zusammengefasst;
- b) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Einleitung

DIN 19740 enthält umweltrelevante Anforderungen an den Bau und Betrieb von zivilen Schießanlagen.

DIN 19740 besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: „Umweltrelevante Anforderungen an den Bau und Betrieb von zivilen Schießanlagen“
- Teil 2: „Untersuchungen“

Bei Wurfscheiben-Schießanlagen handelt es sich um immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtige Anlagen. Soweit sich Immissionen unmittelbar auf den Boden auswirken oder Stoffe unmittelbar eingetragen werden, umfassen die Betreiberpflichten nach § 5 BImSchG auch die Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen, da diese nach § 3 Absatz 3 BBodSchG als schädliche Umwelteinwirkung anzusehen sind. Das Vorgehen orientiert sich daher an den Anforderungen der BBodSchV zur Untersuchung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen. Ziel ist es, mögliche Gefahren für die Schutzgüter abzuschätzen sowie Grundlagen für Maßnahmen zu schaffen, die der Besorgnis des Entstehens von schädlichen Bodenveränderungen im Sinne des BBodSchG begegnen. Die Untersuchungen nach den dargestellten Modulen sollen sowohl für eine Gefahrenabwehrbewertung als auch für eine vorsorgeorientierte Bewertung herangezogen werden.

Weiter werden in diesem Teil von DIN 19740 Hinweise für zuständige Behörden gegeben, Anforderungen an die Sanierung von bestehenden Schießanlagen zu stellen. Auch diese Hinweise sind so gestaltet, dass sowohl Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (Sanierung im Sinne des BBodSchG) als auch Sanierungen im Rahmen von Um- oder Neugestaltungen von genehmigten oder zu genehmigenden Schießanlagen (Vorsorge orientierte Maßnahmen) hiermit unterstützend begründet werden können.

Für die Analytik sind die in der BBodSchV dargelegten Methoden und der Stand der Bodenanalytik (siehe Fachmodul Boden-Altlasten, LABO 2012) maßgeblich. Die Anforderungen an die Probenahme, Analytik und Qualitätssicherung bei Untersuchungen richten sich nach der BBodSchV.

Bau und Betrieb von zivilen Schießstätten müssen den sicherheitstechnischen Anforderungen nach Schießstand-Richtlinien gerecht werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Durchführung einheitlicher Untersuchungen zur Erfassung von Bodenkontaminationen und deren Auswirkungen auf betriebene Schießanlagen und deren Umfeld fest. Diese Norm regelt keinen abschließenden Untersuchungsumfang, sondern gibt verschiedene, auf den Einzelfall bezogene Untersuchungsmöglichkeiten in Form von Modulen mit unterschiedlichen Aussage- und Gewichtungsmöglichkeiten wieder.

Die umweltrelevanten Anforderungen im Sinne dieser Norm gelten für offene Anlagen mit Schießständen für den Schrotschuss, insbesondere Trap, Skeet, Parcours.

Räumlich begrenztere Geschoss-Depositionsbereiche, wie Kipp- und Rollhasen, sowie offene bzw. teilgedeckte Anlagen zum Schießen mit Einzelgeschossen werden in Abschnitt 7 betrachtet.

Für stillgelegte Schießanlagen erforderliche Untersuchungen, Bewertungen und Maßnahmen können in Anlehnung an die Festlegungen dieser Norm erfolgen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 19528, *Elution von Feststoffen — Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen*

DIN 19529, *Elution von Feststoffen — Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg*

DIN 19673, *Bodenbeschaffenheit — Zeichnerische Darstellung bodenkundlicher Untersuchungsergebnisse*

DIN 38402-12, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Allgemeine Angaben (Gruppe A) — Probenahme aus stehenden Gewässern (A 12)*

DIN 38402-15, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Allgemeine Angaben (Gruppe A) — Probenahme aus Fließgewässern (A 15)*

DIN 38414-11, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Schlamm und Sedimente (Gruppe S) — Probenahme von Sedimenten (S 11)*

DIN EN 12457-4, *Charakterisierung von Abfällen — Auslaugung — Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen — Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)*

DIN EN 13657, *Charakterisierung von Abfällen — Aufschluss zur anschließenden Bestimmung des in Königswasser löslichen Anteils an Elementen in Abfällen*

DIN CEN/TS 14405, *Charakterisierung von Abfällen — Auslaugungsverhalten — Perkulationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen)*

DIN EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002)*

DIN EN ISO 15587-2, *Wasserbeschaffenheit — Aufschluss für die Bestimmung ausgewählter Elemente in Wasser — Teil 2: Salpetersäure-Aufschluss (ISO 15587-2:2002)*

DIN EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006)*

DIN ISO 11466, *Bodenbeschaffenheit — Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente (ISO 11466:1995)*

DIN ISO 19730, *Bodenbeschaffenheit — Extraktion von Spurenelementen aus Böden mit Ammoniumnitratlösung (ISO 19730:2008)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 19740-1.

4 Nutzungshistorie

Wesentlich für eine fundierte Abschätzung der Gefährdung von Mensch und Umwelt durch Wurfscheibenschießanlagen ist die Ermittlung der Nutzungshistorie, Sie liefert Aussagen über:

- Betriebsarten und Örtlichkeiten der einzelnen Schießstände (Trap, Skeet, Rollhase, Kipphase, Anschussscheibe, Parcours usw.) mit ggf. erfolgten Wechseln von Wurfeinrichtungen und Standpunkten mit Präferenz der Wurf- und Schießrichtungen.
- Betriebszeitraum, Häufigkeit und Intensität der Nutzung (insbesondere Schusszahlen) der Schießstätte.
- Art der eingesetzten Schrotmunition (Art und Größen/Durchmesser, Ladungsgewichte) und Wurfscheibenmaterialien sowie Angaben darüber, ob Schrotmunitions- oder Wurfscheibenreste vom Boden abgesammelt wurden.
- Vegetation im Laufe des Schießbetriebes, ggf. anderweitige Nutzungen von mit Schrot beaufschlagten Flächen, auch in der näheren Umgebung der Schießstätte.
- Aktuelle und frühere Bodenbehandlungsmaßnahmen (z. B. Kalkung, Mulchen) sowie erdbauliche Maßnahmen (Abdeckung bzw. Auffüllung).
- Bodenkundliche, hydrogeologische u. a. Informationen unter Nutzung der verfügbaren Quellen (Karten), auch unter Berücksichtigung der forst- und landwirtschaftlichen Standortkartierungen und Bodenschätzungsdaten.
- Schutz- und Vorranggebiete, Informationen über mögliche Beeinflussung von Grundwasserkörpern, vorhandene Trink- oder Brauchwasserbrunnen, möglichst mit Analysen.

Bestandteil der Ermittlung der Nutzungshistorie ist auch eine Ortsbegehung der Schießstätte mit allen Beteiligten (zuständige Behörden, Betreiber, Gutachter/Sachverständige).

Ziel der Ermittlung der Nutzungshistorie ist, die Anlage hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials so umfassend wie möglich zu beschreiben.

Wichtig für eine spätere Untersuchungsplanung und Auswertung ist aussagekräftiges Kartenmaterial. Soweit möglich ist die Darstellung der Anlagen- und (angenommenen) Depositionsbereiche auf einem Lageplan im Maßstab 1:1 000 vorzunehmen, ein Auszug aus der jeweiligen Topographischen Karte (1:25 000) sowie der Flurkarte 1:5 000 sind unverzichtbar.

5 Depositionen und Wirkungspfade

5.1 Allgemeines

Der Betrieb von Schießanlagen ist mit der Ablagerung verschiedener umweltrelevanter Materialien auf dem Boden verbunden. Die unterschiedliche Art und Verteilung dieser Materialien sowie die unterschiedlichen Wirkungspfade machen ein differenziertes Vorgehen erforderlich.

Wurfscheiben-Depositionsbereiche sowie Zwischenmittelzonen sind üblicherweise lokal abgrenzbare Bereiche. Soweit deutliche Ansammlungen dieser Materialien bestehen, sind sie aufzunehmen und entsprechend zu entsorgen. Soweit im Einzelfall weitere (Boden-) Untersuchungen in diesen Bereichen notwendig erscheinen, sollten diese in Anlehnung an Modul 3 bzw. Modul 4 durchgeführt werden.

Bei bestehenden Anlagen ohne technische Vorkehrungen zur Bergung von Schrotten sind die Schrote nach kurzer Zeit durch Bioturbation und Korrosion vom Boden nicht mehr trennbar. Bei der Untersuchung und Bewertung bestehender Anlagen sind in solchen Fällen die Schrote als Beimengung des Bodens zu werten.

ANMERKUNG Je nach Bewuchs, Aktivität des Bodenlebens und physikalischer Bodenbeschaffenheit (Körnung, Gefüge) erfolgt eine mehr oder minder ausgeprägte Tiefenverlagerung von Schrot in den Boden. Unter Wald (speziell Nadelwald) können im Hauptdepositionsgebiet weithin sichtbare Auflagen von Bleischrot vorhanden sein. Unter Büschen, Ruderal- oder Freilandbewuchs ist das Bleischrot durch Bioturbation (speziell im Litter-, Moder-, Mull-Horizont) bei flüchtigem Betrachten kaum „sichtbar“. Tiefenverlagerungen können in Abhängigkeit der unterschiedlichen Standortbedingungen und vorherrschenden Prozesse stark schwanken (beispielsweise im Bereich von Flächen mit vermehrten Maulwurfs- oder Regenwurmmaktivitäten).

Die Untersuchungen orientieren sich an den Wirkungspfaden der BBodSchV. Dabei ist es üblicherweise zielführend, zuerst die besonders beaufschlagten Bereiche zu betrachten.

5.2 Umweltrelevante Stoffe

5.2.1 Bleischrote

Je nach Betriebsdauer und Nutzungsintensität können sich auf Wurfscheibenschießanlagen erhebliche Schadstoffmengen durch die dort deponierten Bleischrote ansammeln. Neben dem Hauptbestandteil Blei (üblicherweise > 95 %) sind hierbei vor allem auch die Legierungszusätze Antimon und Arsen (etwa 2 % bis 3 %) relevant.

Die schrotbürtigen Schwermetalle liegen im Wesentlichen in folgenden Bindungsformen bzw. Aggregatzuständen vor:

- elementar im Bleischrot;
- Korrosionshülle der Schrote (insbesondere Bleicarbonate, Bleisulfat u. a.);
- als abgeriebene oder gelöste und wieder ausgefällte Korrosionsprodukte;
- gelöst im Bodenwasser.

Sowohl durch Lösungsvorgänge als auch durch mechanische Verlagerung werden die Schadstoffe aus den Schrotten mit der Zeit in tiefere Bodenschichten verlagert und können bei ungünstigen Bedingungen bis ins Grundwasser transportiert werden. Eine maßgebliche Rolle spielt hier die Schadstoffrückhaltekapazität des vorliegenden Bodens. Stoffseitig hängt die Mobilität der Schwermetalle hauptsächlich vom pH-Wert der Bodenlösung ab.

Auf geneigten Flächen kann es neben der vertikalen Verlagerung der Schadstoffe zu einer niederschlagsbedingten Abschwemmung der Schrote und dadurch zum Eintrag in möglicherweise angrenzende Oberflächengewässer kommen.

5.2.2 Wurfscheiben

Wurfscheiben bestehen üblicherweise zu 70 % aus Steinmehl und zu 30 % aus Zusätzen, die den Verarbeitungs- und Formungsprozess erleichtern. Früher wurde zumeist Steinkohle- oder Erdölpech hinzugefügt, was zu hohen Gehalten an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) führte. Mittlerweile werden meist sogenannte schadstoffarme Wurfscheiben (< 30 mg/kg PAK) verwendet; schadstofffreie Wurfscheiben auf Gips- oder Naturharzbasis sind ebenfalls erhältlich.

Die Schadstoffgruppe der PAK ist hinsichtlich ihrer Stoffeigenschaften und toxikologischen Relevanz sehr vielgestaltig. Im Boden adsorbieren die PAK bevorzugt an der organischen Substanz; sie können ins Grundwasser verlagert werden, wenn sie z. B. an Kolloide gebunden mit dem Sickerwasser verfrachtet werden.

5.2.3 Sonstige Munition

Neben der Schrotgarbe fallen als weitere Munitionsbestandteile sogenannte Zwischenmittel (z. B. Schrotbecher, Filzplättchen, Papphülsen) und Patronenhülsen an; sie haben nur einen eingeschränkten Depositionsbereich im Bereich des Schützenstandes und sind üblicherweise leicht aufzunehmen.

An der Innenseite der Schrotbecher können feinste Partikel der Schrote selbst oder der Schrotummantelung (bei Bleischroten: Graphit) haften. Bei längerem Verbleib auf der Fläche besteht die Möglichkeit, dass diese geringen Mengen von Schrotfeinpartikeln durch Niederschläge abgewaschen werden und sich im Depositionsbereich anreichern.

5.2.4 Alternativgeschosse

Aufgrund der bekannten Bleiproblematik sind im Handel verschiedene Alternativen zu Bleischroten erhältlich (z. B. Eisenschrot, Zinkschrot), die sich aber bisher nicht durchsetzen konnten. Bei einzelnen Anlagen findet Eisenschrot (auch Weicheisenschrot od. Stahlschrot genannt) Verwendung. Im Gegensatz zu anderen Alternativstoffen ist die Eisenkonzentration im Boden bodenschutzrechtlich nicht relevant. Die Vorgaben des Grundwasserschutzes (z. B. Schwellenwerte) für im Eisenschrot enthaltene Begleitstoffe (z. B. geringe Mengen Cr, Cu, Ni, Mo oder Zn) sind einzuhalten.

Eine grundsätzliche Umstellung einer Wurfscheibenanlage auf Weicheisenschrote hat nur dann eine Minderung der Gefährdung des Grundwassers zur Folge, wenn vorhandene Bleischrote gleichzeitig geborgen und entsorgt/gesichert werden. Der Prozess der Korrosion von Bleischroten und die Freisetzung von Blei und Antimon wird durch die ‚Zumischung‘ von (chemisch unedleren) Eisenschroten nicht, bzw. nicht ausreichend aufgehalten (Tardy et al. 2003).

5.3 Wirkungspfad Boden – Mensch

Im Niederschlagsbereich der Bleischrote sind Begehungen üblicherweise ohne gesundheitliche Relevanz für Menschen. Bei Pflegearbeiten, Sammelaktionen und Eingriffen in den Boden sind die gängigen Regeln des Arbeitsschutzes einzuhalten.

Soweit bei ruhendem Schießbetrieb oder auf stillgelegten Teilflächen der Aufenthalt von Kleinkindern im Niederschlagsbereich der Bleischrote nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, ist zu beachten, dass auf Grund der Höhe der Schadstoffgehalte auch die einmalige Aufnahme von mit Bleischrot verunreinigtem Boden unter ungünstigen Umständen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann (‚Akutszenario‘). Die auf Grundlage der akuten toxischen Wirkung von Blei und Arsen (200 mg/kg Körpergewicht bei Blei, 1,5 mg/kg Körpergewicht bei Arsen¹⁾) abgeleiteten Schadstoffgehalte im Boden betragen bei Blei 20 g/kg TS und bei Arsen 0,15 g/kg TS (bei 10 kg Körpergewicht und einem Sicherheitsfaktor von 10). Dabei wird davon ausgegangen, dass bei korrodierten Schrotkörnern in dem inkorporierbaren Bodenmaterial auch inkorporierbare Bleischrotreste aufgenommen werden können. Als

1) Letale Humandosen (Erwachsene, 60 kg bis 70 kg KG [Körpergewicht]) aus: PB = 15 g bis 35 g als PbO; AS = 0,12 g als As₂O₃ (siehe Moeschlin S., 1986: Klinik und Therapie der Vergiftungen, G. Thieme Verlag, Stuttgart)

einmalige Aufnahmemenge wird in ungünstigster Fallgestaltung eine einmalige Aufnahme von 10 g Boden angenommen/geschätzt (so genanntes „Pica-Verhalten“ von Kleinkindern). Auf Grund der teilweise extremen Schadstoffgehalte im Oberboden, reicht ggf. schon eine geringere aufgenommene Bodenmenge aus, um Vergiftungserscheinungen auszulösen.

5.4 Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

Bei Wurfscheibenschießanlagen und deren Depositionsbereichen ist eine landwirtschaftliche Nutzung (einschließlich der Beweidung) unzulässig. Vom Schießbetrieb betroffene Flächen sind aus der landwirtschaftlichen Nutzung herauszunehmen. Dies schließt Wildäcker, Kirsungen und andere vergleichbare Nutzungen ein. Vormalig vom Schießbetrieb beeinflusste landwirtschaftliche Flächen sind bei fortgesetzter landwirtschaftlicher Nutzung nach den Vorgaben der BBodSchV zu untersuchen (Prüf- und Maßnahmenwerte nach Anhang 2 BBodSchV). Bei Verdachtsfällen von Flächen, die betroffen sein könnten, sind ebenfalls Untersuchungen zur Klärung durchzuführen.

ANMERKUNG Dabei ist darauf zu achten, dass der Depositionsbereich von seiner Größe nicht dem Sicherheitsbereich gleich zu setzen ist.

5.5 Wirkungspfad Boden – Gewässer

5.5.1 Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer

Offene Wasserflächen im Niederschlagsbereich der Schrote und Wurfscheiben sind, gegen Schrot- und Wurfscheibeneinträge zu schützen. Eine Abschwemmung von belastetem Oberboden in nahegelegene Oberflächengewässer ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. geschlossene, permanente Pflanzendecke) auszuschließen.

Werden bzw. wurden Schrote oder Wurfscheibenscherben in Oberflächengewässer eingetragen, sind Gewässer- und Sedimentuntersuchungen durchzuführen.

5.5.2 Wirkungspfad Boden – Grundwasser

Nach mehrjährigem Schießbetrieb ist üblicherweise davon auszugehen, dass

- im Hauptdepositionsbereich Ansammlungen von Bleischroten in den oberen Schichten (bis etwa 10 cm bis 20 cm) des Bodens, unabhängig von der Bodenart, zur Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV für Blei (40 mg/kg bis 100 mg/kg) führen, teilweise um mehrere Größenordnungen.

ANMERKUNG 1 Die Vorsorgewerte der BBodSchV sind pfadübergreifend, d. h. auch im Wirkungspfad Boden – Grundwasser lösen sie die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung aus.

- eine vertikale Verlagerung von Verwitterungsprodukten der Bleischrote in tiefer liegende Bodenschichten stattfindet, wobei sowohl der Gesamtgehalt als auch die eluierbaren Anteile mit zunehmender Tiefe üblicherweise rasch abnehmen.

Bei der Abschätzung der Schadstofffreisetzung ist das gesamte Schadstoffinventar zu betrachten. Der Niederschlag durchdringt das Gemisch aus Schroten, Verwitterungsprodukten und Bodenmaterial. Die unverwitterten metallischen Bleischrote stellen dabei die Primärquelle dar, das verwitterte Bleischrot die Sekundärquelle. Eine Siebung des Bodens auf 2 mm würde nur einen Teil des Schadstoffinventars erfassen und die Primärquelle ignorieren. Zur Abtrennung gröberer Bestandteile ist ggf. eine Siebung auf 3,5 mm/4 mm durchzuführen. Bei einem angenommenen maximalen Schrotkorndurchmesser von 2,5 mm bis 3 mm wird durch die gewählte Siebweite sichergestellt, dass alle Schrotkörner erfasst werden und andererseits gröbere Anteile (> 3,5 mm/4 mm), z. B. Steine und Wurzeln, nicht weiter berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Nach den bisherigen Untersuchungen (Beprobung entweder in 3 Schritten: 0 cm bis 5 cm, > 5 cm bis 10 cm und > 10 cm bis 15 cm, aber auch den Bereich 0 cm bis 15 cm) ist in den meisten Fällen anzunehmen, dass

nach der nach BBodSchV hergestellten Eluate der oberen Bodenschicht, gesiebt auf 3,5 mm/4 mm („Quellterm“), aus dem Hauptdepositionsereich die Prüfwerte der BBodSchV nach Anhang 2, Nr. 3.1 deutlich überschritten werden.

Bei der vertikalen Verlagerung können sowohl milieugesteuerte Lösungsvorgänge, Sorptions-/Desorptions-Gleichgewichte (Chromatographieeffekte) wie auch kolloidaler Transport (Perkolat) und präferenzielle Fließwege eine von Standort zu Standort unterschiedliche Rolle spielen.

Auf Grund des Nachlieferungspotenzials an löslichen Verbindungen aus den verwitterten Bleischroten findet auch viele Jahre nach der Ablagerung auf dem Boden eine stetige Verlagerung von Blei, Arsen und Antimon in tiefere Bodenschichten statt. Aufgrund der spezifischen Stoffeigenschaften ist in Abhängigkeit der mineralischen und organischen sowie chemischen und physikalischen Rahmenbedingungen von hohen Sorptionsraten speziell des Bleis im Boden auszugehen. Trotzdem ist – zumindest bei Betrachtung längerer Zeitspannen – eine Beeinträchtigung des Grundwassers je nach Untergrundbeschaffenheit in vielen Fällen möglich.

Zur Bewertung der von einer Schießanlage ausgehenden Gefährdung für das Grundwasser ist nach BBodSchV, Anhang 1, Nr 3.3 mittels einer Sickerwasserprognose abzuschätzen, ob im Übergangsbereich der Wasser-ungesättigten in die Wasser-gesättigte Zone, am so genannten ‚Ort der Beurteilung‘, eine Prüfwertüberschreitung vorliegt oder in überschaubarer Zukunft zu erwarten ist. Bei einer Sickerwasserprognose sind üblicherweise örtliche Untersuchungen durchzuführen. Sie kann auf der Grundlage von

- Bodenuntersuchungen,
- Sickerwasserbeprobungen,
- *In-situ*-Untersuchungen und
- Grundwasserbeprobungen

durchgeführt werden. In begründeten Ausnahmefällen kann sie bei ausreichender Datenlage auch ohne Untersuchungen anhand einer historischen Erkundung oder bereits vorliegender Erkenntnisse erfolgen.

Hierbei ist zu beachten, dass Grundwasseruntersuchungen sowie Sickerwasserbeprobungen direkt am Ort der Beurteilung keine Prognose über die zukünftige Entwicklung des Schadstoffeintrags in das Grundwasser ermöglichen. Bei Sickerwasserbeprobungen oberhalb des Ortes der Beurteilung ist abzuschätzen, welche Schadstoffkonzentration am Ort der Beurteilung zu erwarten ist.

Die Abschätzung der derzeitigen oder zukünftigen Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung kann dabei nur annäherungsweise erfolgen (Anhang 1 Nr 3.3 BBodSchV). Genaue Konzentrationsangaben sind daher weder sinnvoll noch möglich. Die Abschätzung, ob eine Prüfwertüberschreitung zu erwarten ist oder nicht (Prognose), ist ausreichend.

Die Sickerwasserprognose kann auch verbal-argumentativ ggf. unter Zuhilfenahme von Berechnungsmethoden erfolgen. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit der aktuellen oder zukünftigen Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung abgeschätzt, da die notwendigen Annahmen zur Ermittlung der Schadstofffreisetzung sowie die Beurteilung des Rückhalte- und Abbauvermögens in der ungesättigten Zone von Material- und Bodeneigenschaften gesteuert werden, die einen Streubereich aufweisen. Um eine einheitliche Bearbeitung und Beurteilung zu ermöglichen, hat die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hierzu zwei länderübergreifend abgestimmte Arbeitshilfen zur Sickerwasserprognose entwickelt, die „Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen“ (LABO 2003) sowie die „Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen“ (LABO 2008).

Da sowohl die relevanten Schadstoffe als auch die Größenordnung der aufgetragenen Schadstofffracht bei den meisten Schießständen bekannt bzw. vergleichbar sind, ist als hauptsächlich unbekannter Beurteilungsfaktor das Ausmaß der Freisetzung und Rückhaltewirkung der ungesättigten Zone zu erfassen.

Das Freisetzungs- und Transportverhalten der Verwitterungsprodukte des Bleischrotes ist im Einzelfall durch geeignete Untersuchungsverfahren zu bestimmen. Im Folgenden sind unterschiedliche Möglichkeiten der Abschätzung einer Grundwassergefährdung beschrieben (Module), die – fakultativ – in keinem Fall alle durchzuführen sind. Häufig ist ein schrittweises Vorgehen angebracht; näheres wird bei den einzelnen Modulen ausgeführt.

6 Untersuchungskonzept für die Wirkungspfade

6.1 Allgemeines

Verschiedene Untersuchungsansätze sind in Form von Modulen im Anhang A (normativ) und B (informativ) aufgeführt.

Für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Mensch sind vor allem die Module 1 und 3 relevant, für den Wirkungspfad Boden – Pflanze die Module 1, 3 und 4.

Die Beurteilung der Gefährdung des Grundwassers kann üblicherweise nur durch hinreichende Kenntnisse der verschiedenen Depositionsbereiche, die eingehende Beschreibung der bodenkundlichen und hydrogeologischen Standorteigenschaften, sowie an Hand chemisch-physikalischer Untersuchungsergebnisse erfolgen.

Grundlage für die Gefährdungsabschätzung sind:

- Modul 1: Begehung und Flächenkartierung.
- Modul 2: Erfassung von relevanten Bodeneigenschaften an Profilen. Auf Teile dieses Grundlagen-Moduls kann verzichtet werden, wenn aus sonstigen, insbesondere schon vorliegenden bodenkundlichen Daten oder ggf. vorliegenden Grundwasserbelastungen eine eindeutige Bewertung möglich ist oder bereits Sanierungsmaßnahmen vorgesehen sind.

Alle Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung sind auf die Umstände des Einzelfalls auszurichten. Folgende chemisch-physikalische Untersuchungen sind je nach Fragestellung im Hauptdepositionsbereich in Erwägung zu ziehen:

- Modul 3: Untersuchung des Schrot-belasteten Oberbodens. Dient auch zur Verdachtsentkräftung einer Fläche oder von Teilflächen bei geringem Freisetzungspotenzial – üblicherweise anhand einer Eluatuntersuchung.
- Modul 4: Untersuchung tieferer Bodenbereiche bezüglich der Verlagerung schießanlagenrelevanter Schadstoffe. Üblicherweise als Feststoffuntersuchung (auch als turnusmäßig wiederholte Überwachungsmaßnahme geeignet).
- Modul 5: Entnahme von Grundwasser.
- Modul 6: Probenahme aus Oberflächengewässern und Sedimenten.
- Modul 7: Entnahme von Sickerwasserproben (Sonderuntersuchung mit längerem Zeitbedarf).
- Modul 8: Untersuchung von Bodenproben zum Perkulationsverhalten.

Im Rahmen eines gestuften Vorgehens sollten Untersuchungen aufeinander aufbauen. Diese logische Abfolge ist nicht mit der Nummerierung der Module identisch.

6.2 Hinweise zur Wahl und Bedeutung einzelner Module

6.2.1 Allgemeines

Die Module in 6.2.2 bis 6.2.6 konkretisieren das Vorgehen bei der Sickerwasserprognose in Hinblick insbesondere auf die schotkornbelasteten Schießbahnen und den dort üblichen massiven Schadstoffeinträgen in die obere Bodenschicht. Die Vorgehensweisen sind ausschließlich für Fragestellungen im Zusammenhang mit Schießanlagen anzuwenden.

6.2.2 Modul 2 – Bodeneigenschaften/Bodenprofile

Weisen mehrere Parameter auf eine geringe Schutzwirkung der ungesättigten Bodenzone hin und kein Parameter auf eine hohe Schutzwirkung, ist je nach Dauer und Intensität des Schießbetriebes ein Grundwasserschaden wahrscheinlich – Grundwasseruntersuchungen zur Feststellung von Art und Ausmaß einer Belastung sind angeraten, ggf. können Risikominimierungsmaßnahmen eingeleitet werden.

6.2.3 Modul 3 – Oberbodenuntersuchung

Der Schadstoffaustrag aus den belasteten Bodenschichten (Quellstärke oder Quellterm) kann durch geeignete Elutionsuntersuchungen abgeschätzt werden. Ist der Austrag als eher gering einzuschätzen, kann ggf. frühzeitig auf weitere Untersuchungen verzichtet werden. Dabei ist jedoch auch das Schadstoffpotenzial zu beachten, das entweder durch chemische Analyse des Gesamtstoffgehalts im Boden oder aus den gravimetrisch ermittelten Schrot- bzw. Wurfscheibenscherbenanteilen ermittelt werden kann. Allerdings erschwert eine überwiegend oberflächige, ausgesprochen heterogene Verteilung von Schroten und Wurfscheiben vergleichende Bewertungen innerhalb einer Anlage sowie verschiedener Anlagen.

Die aus den ermittelten Eluatkonzentrationen abgeschätzten Schadstoffausträge können nicht direkt als Sickerwasserkonzentrationen den Prüfwerten der BBodSchV gegenübergestellt werden, da die Gehalte durch verschiedene Prozesse, z. B. durch Ausfällung oder Sorption im Bereich der Sickerstrecke verringert werden. Zur Entlastung einer Fläche ist jedoch die folgende Argumentation möglich: Wird als Worst-Case davon ausgegangen, dass keine Sorption stattfindet (z. B. Verlagerung über Makroporen oder auf lange Sicht eine vollständige Belegung der Sorptionsplätze) und besteht selbst unter dem Worst-Case-Ansatz keine Gefährdung des Grundwassers, kann eine sehr geringe Gefährdung des Grundwassers angenommen werden.

Unterschreiten die maximalen Konzentrationen im Eluat der oberen Bodenschicht (ungesiebt ≈ Schadstoffquelle) die Prüfwerte der BBodSchV, kann auf weitere Untersuchungen verzichtet und üblicherweise von einer – zumindest momentanen – Entlastung der untersuchten Fläche bezüglich des Wirkungspfad Boden – Grundwasser ausgegangen werden. Es muss dabei unter Verwendung von Modul 1 sichergestellt sein, dass der Hauptdepositionsbereich der Flächen beprobt wurde.

Auch die Unterschreitung von 100 µg/l Blei, 40 µg/l Antimon und Arsen, bzw. 2 µg/l PAK deutet auf eine geringe momentane Freisetzungsrates hin. Abhängig von Bodenparametern und -eigenschaften sowie dem Gesamtschadstoffpotenzial können weitergehende Untersuchungen oder Maßnahmen unterbleiben oder reduziert werden (z. B. Kontrollmessungen).

6.2.4 Modul 4 – Untersuchung der Verlagerungsintensität

Die Bewertung der Ergebnisse von Untersuchungen zur bisherigen Verlagerungsintensität der Schadstoffe mit der Tiefe erfolgt einzelfallspezifisch. Das Tiefenprofil der Verteilung eines Schadstoffs im Boden ist im Verhältnis zum Grundwasserflurabstand sowie zu den Bodenhorizonten an Hand der die Sorption beeinflussenden Eigenschaften zu bewerten.

Ggf. können die Tiefenprofil-Daten zusammen mit der Größenordnung des Quellterms und Bodendaten zur Modellierung des Schadstofftransports bzw. der Modellierung der Rückhaltefunktion des Bodens verwendet werden. Die Zahlen dürfen in ihrer Bedeutung und Aussagekraft nicht überbewertet werden, da

lokale Änderungen der Schrotmenge, der Vegetation und der Mikromorphologie eine starke Variation der Ausgangskonzentration und der Modellierungsergebnisse im Tiefenprofil bewirken.

Je komplexer und inhomogener zudem die weitere Sickerstrecke beschaffen ist, desto geringer ist die Sicherheit einer Modellierung zu bewerten. Bei modellgestützten Aussagen sind daher auch Abschätzungen zur Bandbreite von Konzentrationen vorzunehmen. Zur Auswahl geeigneter Modelle kann momentan zudem keine Empfehlung abgegeben werden. Nur in wenigen Fällen werden die für die Verlagerung von Schadstoffen relevanten Makroporenflüsse (präferenzielle Fließwege) bzw. der Transport in komplexierter Form ausreichend berücksichtigt (als Ansatz siehe Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie 2001).

Eluatuntersuchungen an tieferen Bodenschichten bilden die verlagerten (durch Bioturbation und/oder gelöst), desorbierbaren Schadstoffanteile der entsprechenden Schicht ab. Da das meist stark sorbierte Blei nur in geringem Maß wieder desorbiert wird, nehmen die Eluatwerte meist schnell ab. Dieser Sachverhalt berücksichtigt nicht das Freisetzungspotenzial der Quelle, solange die genaue Sickerwasserpassage im Boden unklar ist. Soweit auf Grund der Bodeneigenschaften Makroporenflüsse möglich sind, führt ein Vergleich von Eluatkonzentrationen aus dem Material der Durchsickerungsstrecke mit den Prüfwerten der BBodSchV zu einer Unterschätzung des Risikos.

ANMERKUNG Es handelt sich um einen Transport an den Sorptionsplätzen vorbei (Bypassflow), wobei sich keine Gleichgewichtsbedingungen einstellen. Als Kriterium ist heranzuziehen: geringe oder mittlere Schutzwirkung bezüglich präferenzieller Fließwege nach Modul 2. Der Nachweis eines präferenziellen Flusses ist nicht über die Bestimmung von Materialeigenschaften (Sorptionsversuche, Extraktionen, Gesamtgehalte) möglich. Methodisch kann er nur durch eine große Anzahl von (stochastisch zufälligen) In-situ-Sickerwasseranalysen (Saugkerzen) oder in großen Laborsäulen beobachtet werden.

Elutionsversuche nach DIN 19528, DIN CEN/TS 14405, DIN EN 12457-4 sowie LAGA EW 98 (2003) erlauben für den Fall einer oberflächennahen Sanierung durch Abschieben lediglich Aussagen über die Entsorgungsmöglichkeiten (Vergleich mit den Zuordnungswerten der LAGA).

6.2.5 Modul 5 – Grundwasserentnahmen

Bei einigen Flächen kann eine Vorabklärung der akuten Gefahr bzw. aktuellen Schädigung des Grundwassers hilfreich sein, weil dann weitere Untersuchungen zur potentiellen Gefährdung des Grundwassers entfallen können. Zeigen Grundwasseruntersuchungen deutliche Schadstoffkonzentrationen oder Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellen nach LAWA, sind in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde weitere Maßnahmen (Detail-/Sanierungsuntersuchung, Gefahrenabwehrmaßnahmen) erforderlich.

Bei Beprobungen des Grundwasserkörpers ist gegenüber Sickerwasser immer von einer Verdünnung auszugehen, die jedoch üblicherweise schwer quantifizierbar ist. Bei Grundwassermessstellen im Abstrom einer Fläche ist weiter zu berücksichtigen, dass im Verlauf der Fließstrecke Sorptionsprozesse zu einer deutlichen Abnahme der ursprünglichen Schadstoffkonzentration am Ort der Beurteilung führen können, was z. B. zu einer Verzögerung der Schadstoffverlagerung führt.

Liegen die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser unter den Geringfügigkeitsschwellen nach LAWA 2003, kann keine Entlastung bezüglich eines künftigen Schadstoffeintrags in das Grundwasser erfolgen. In diesem Fall sollte die potentielle Gefährdung, die von der Schadstoffbelastung des Bodens ausgeht, ermittelt bzw. abgeschätzt werden (Sickerwasserprognose).

6.2.6 Modul 7 und Modul 8 – Sickerwasserbeprobung und Perkolate

Für die Bestimmung von Sickerwasserkonzentrationen bzw. Perkolaten in-situ oder im Labor können nur wenige Randbedingungen genannt werden, da die anwendende Stelle vielfach mit eigenen Verfahren oder auf den Standort zugeschnittenen Methoden die Untersuchung durchführen wird. Die informellen Module 7 und 8 sind in Anhang B enthalten.

6.3 Einschätzung des Gefährdungspotentials

Um das weitere Vorgehen für die jeweilige Anlage zu planen, ist eine Einschätzung bezüglich des Wirkungspfades Boden – Grundwasser hilfreich. Die sich aus der abschließenden Bewertung (Sickerwasserprognose) ergebenden Folgen (Beobachtungs- oder Handlungsoptionen) sind nicht Bestandteil dieses Dokuments:

- GW-Schaden sehr wahrscheinlich oder nachgewiesen, Schutzfunktion des Bodens gering, nachgewiesene deutliche Überschreitungen von Prüfwerten (ggf. Maßnahmenwerten soweit definiert) im Nahbereich des Übergangs in die gesättigte Zone liegen vor (Quellterm >> Prüfwert), Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellen im Grundwasser (-abstrom) → Gefährdungspotenzial hoch.
- Tiefere Verlagerung anzunehmen, Schutzfunktion des Bodens mittel-gering, pH-Werte, Bodenart und Humusgehalte nachteilig (z. B. geringe Humusgehalte), Nachweise (Prüfwert-Überschreitungen) in tieferen Bodenschichten (unter humosem Oberboden), Quellterm >> Prüfwert (>Stufe-2-Werte); Sickerwasserkonzentrationen im B-Horizont > Prüfwert → Gefährdungspotenzial mittel.
- Verlagerung möglich, Schutzfunktion des Bodens mittel-hoch, pH-Wert ggf. nach Kalkung für Blei sorptionsbegünstigend (jedoch hinsichtlich Antimon nachteilig), Stufe-2-Werte > Quellterm > Prüfwert; Sickerwasserkonzentrationen (vergleiche Modul 7) im B-Horizont < Prüfwert → Gefährdungspotenzial niedrig.
- Schutzfunktion des Bodens hoch oder Quellterm < Prüfwert → Gefährdung des Grundwassers nicht zu erwarten.

7 Probenahmestrategie für Modul 3 und Modul 4

7.1 Wahl der Probenahmepunkte

7.1.1 Trap- und Skeetschießanlagen

Zur Festlegung von Probenahmestellen für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser erfolgt auf Grundlage der theoretischen/genehmigten Depositionsgeometrien zunächst eine Begehung und Flächenkartierung der Schießstandflächen bzw. der angrenzenden Bereiche nach Modul 1. Bei ausreichender Kenntnis einer einfachen Anlagenkonstellationen (z. B. nur ein, ggf. kombinierter Trap/Skeet-Schießstand) kann statt der Flächenkartierung nach Modul 1 eine Beprobung für die Module 3 und 4 auf einer Hauptschussachse erfolgen (siehe Ellipse in Bild 1).

Bei der Abschätzung der maximal grundwasserverfügbaren Anteile ist eine Einschränkung von Untersuchungen zur Quellstärke auf die hoch belasteten Bereiche sinnvoll und Kosten minimierend. Ergibt die Untersuchung eine Entlastung der Teilfläche, kann auch eine Entlastung geringer beaufschlagter Bereiche üblicherweise angenommen werden.

Es ist daher eine wesentliche Aufgabe der Flächenkartierung, besonders stark mit Schrot belastete Flächen zu erkennen und abzugrenzen. Über die Anzahl der sich daraus ergebenden Probenahmestellen für Quellstärkenuntersuchungen kann keine generelle Aussage getroffen werden, da diese sich aus der Anordnung der Schießstände im Einzelfall ergibt.

Bei der Auswahl höher belasteter Teilflächen sind auch Bodeneigenschaften, die mobilisierungsfördernd wirken, zu berücksichtigen. Bereiche mit relativ niedrigen pH-Werten sind z. B. getrennt auszuweisen.

Ohne Berücksichtigung der Vor-Ort-Situation sind bei baumfreien Flächen die in Bild 1 und Bild 2 aufgeführten Punkte üblicherweise Anhaltspunkte für sinnvolle Probenahmestellen. Die Entfernung zum Schützenstand und der konkrete Entnahmepunkt sind immer an die lokalen Gegebenheiten (Steigung/Gefälle, Bewuchs) anzupassen und mit einer Kartierung nach Modul 1 zu begründen.