



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

August 2001

**Abschlussbericht über die
Untersuchung und Bewertung von
13 Wurfscheibenschießanlagen**

Impressum:**Herausgeber:**

Bayer. Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160

86179 Augsburg

Telefon 0821-9071-0

Telefax: 0821-9071-5556

Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

© LfU, alle Rechte vorbehalten, **August 2001**

Das Amt ist eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen

Federführung:

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Michael Duhnkrack, Dr. Thomas Suttner

Konzeption der Untersuchungen, Auswertung der Ergebnisse und Erstellung des Abschlussberichts:

Bayer. Landesamt für Umweltschutz: Dr. Peter Ecker, Ralf Beck

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft: Jens Lange, Josef Schmederer

Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau: Christa Müller

Bayer. Geologisches Landesamt: Michael Außendorf

Durchführung der Untersuchungen, Erstellung der Einzelgutachten, Fotos:

LUBAG Ingenieurbüro für Geotechnik und Umweltschutz GmbH, Regensburg. Projektleiter: Ludwig Immler

Voruntersuchung der Wurfscheibenschießanlage 9:

Gesellschaft für Geotechnik und Geophysik mbH GEO4, Oberbrunn

Analysen:

Dr. Blasy-Dr. Busse, Labor für Wasser- und Schadstoffuntersuchungen, Eching am Ammersee

Säulenversuche für die PAK-Analytik:

Analysis, Gesellschaft für Laboruntersuchungen mbH, Wesseling b. Köln.

1	Vorbemerkung	1
2	Beschreibung von Trap-, Skeet- und Jagdparcoursanlagen.....	3
3	Kurzbeschreibung aller bayerischen Anlagen.....	4
4	Auswahlkriterien für die untersuchten Anlagen.....	7
5	Charakteristika der 13 untersuchten Anlagen.....	8
5.1	Wurfscheibenschießanlage 1.....	9
5.2	Wurfscheibenschießanlage 2.....	11
5.3	Wurfscheibenschießanlage 3.....	13
5.4	Wurfscheibenschießanlage 4.....	16
5.5	Wurfscheibenschießanlage 5.....	18
5.6	Wurfscheibenschießanlage 6.....	20
5.7	Wurfscheibenschießanlage 7.....	22
5.8	Wurfscheibenschießanlage 8.....	25
5.9	Wurfscheibenschießanlage 9.....	27
5.10	Wurfscheibenschießanlage 10	29
5.11	Wurfscheibenschießanlage 11	31
5.12	Wurfscheibenschießanlage 12	33
5.13	Wurfscheibenschießanlage 13	35
6	Chemismus und Toxikologie der untersuchten Stoffe im Hinblick auf die Schutzgüter Mensch, Grundwasser und Nutzpflanze	37
6.1	Blei (Pb).....	37
6.2	Antimon (Sb).....	38
6.3	Arsen (As).....	39
6.4	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit Benzo(a)pyren (BaP)	40
7	Darstellung der Untersuchungsprogramme	42
7.1	Vorrecherchen, Plangrundlagen.....	42
7.2	Geländearbeiten.....	42
7.2.1	Vermessung und Kartierung.....	42
7.2.2	Auswirkungen der Geländesituation auf die Ausbreitung der Schrote.....	43
7.2.3	Probennahme Trap- und Skeetanlagen.....	44
7.2.4	Probennahme Jagdparcours incl. Kipp- bzw. Rollhase.....	51
7.2.5	Probennahme Oberflächengewässer und Sediment	51
7.3	Probennahme in schwierigem Gelände	52
7.4	Unterschiede zum UMK-Bericht	52
8	Probenvorbereitung und Analytik.....	54
8.1	Probenvorbereitung.....	54

8.1.1	Probenvorbereitung Standarduntersuchungen	54
8.1.2	Probenvorbereitung Säulenversuche	56
8.2	Analytik	57
8.2.1	Allgemeine Hinweise	57
8.2.2	Säulenversuche	59
8.2.3	pH _{stat} -Versuche	59
8.2.4	Ammoniumnitratextrakte	59
8.2.5	Bodensättigungsextrakte	59
9	Simulationsmodelle zur Abschätzung der Schadstoffmobilität	61
9.1	Prüfung der Anwendbarkeit des DVWK-Modells zur Beurteilung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen	61
9.2	Sickerwasserprognose für Blei und Benzo(a)pyren durch Sickerwassersimulation mit dem EDV-Modul SISIM	62
10	Kostenvergleich Minimaluntersuchungsprogramm und verdoppeltes Untersuchungsprogramm	64
11	Gutachten	69
11.1	Vorbemerkung	69
11.2	Inhaltsverzeichnis eines Beispielgutachtens	70
12	Bewertungsgrundlagen und Untersuchungsergebnisse	72
12.1	Bewertungsgrundlagen	72
12.2	Darstellung der Ergebnisse	76
13	Gesamtbewertung der Ergebnisse und Hinweise für das weitere Vorgehen	77
13.1	Schutzgutunabhängige Handlungsempfehlungen	77
13.1.1	Allgemeine Hinweise	77
13.1.2	Handlungsempfehlungen für weitere Probennahmen	81
13.1.3	Handlungsempfehlungen für weitere analytische Untersuchungen	82
13.2	Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das <u>Schutzgut Grundwasser</u>	84
13.2.1	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 1	87
13.2.2	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 2	87
13.2.3	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 3	88
13.2.4	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 4	88
13.2.5	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 5	89
13.2.6	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 6	89
13.2.7	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 7	90
13.2.8	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 8	90

13.2.9	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 9.....	91
13.2.10	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 10.....	91
13.2.11	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 11.....	92
13.2.12	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 12.....	92
13.2.13	Bewertung Wurfscheibenschießanlage 13.....	93
13.2.14	Prüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse und Hinweise für das weitere Vorgehen	93
13.3	Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf den Wirkungspfad <u>Boden-Mensch</u>	96
13.4	Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das <u>Schutzgut Nutzpflanze</u>	98
13.4.1	Gesamtbewertung der Ergebnisse der einzelnen Anlagen	99
13.4.2	Handlungsempfehlungen zur Verringerung der Belastung des Pfades Boden-Nutzpflanze und Boden-(Pflanze)-Tier	102
13.5	Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das <u>Schutzgut Boden</u>	105
14	Zusammenfassung	108
15	Ausblick.....	112
16	Literaturverzeichnis.....	113

Anhänge:

- Anhang 1: Fragenkatalog für die historische Erkundung von stillgelegten Wurfscheibenschießanlagen sowie für die Erfassung der Betriebs- und Standortdaten bei betriebenen Wurfscheibenschießanlagen
- Anhang 2: Minimaluntersuchungsprogramm für die Untersuchung von Wurfscheibenschießanlagen
- Anhang 3: Arbeitsanweisung Probennahme incl. Probennahmeprotokoll-Beispiel
- Anhang 4: Beispiel für die planliche Darstellung der verschiedenen Immissionsbereiche einer Wurfscheibenschießanlage
- Anhang 5: Tabellarische Darstellung der Untersuchungsergebnisse
- Anhang 6: Grafische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

1 Vorbemerkung

Das Kooperationsprinzip ist ein Leitgedanke bayerischer Umweltpolitik. Die Bereitschaft der bayerischen Sportschützen und Jäger, hier mit den Umweltbehörden zusammenzuarbeiten, ist ein Beispiel dafür. Das Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, der Bayerische Sportschützenbund e. V. (BSSB) und der Landesjagdverband Bayern e.V. (LJV) haben 1999 ihre Zusammenarbeit mit dem Ziel verstärkt, Umweltbelastungen auf Wurfscheibenschießanlagen zu untersuchen. In diesem landesweiten Kooperationsprojekt sollten unter Mitwirkung der Kreisverbände in einem ersten Schritt typische Umweltbelastungen, z.B. durch Bleischrot und Wurfscheibenreste, untersucht werden. In einem weiteren Schritt sollen die Fachverbände ihre Erfahrungen einbringen, um Modelle für die Vermeidung von Umweltgefährdungen durch Wurfscheibenschießanlagen zu entwickeln. Ziel ist es, einen gemeinsamen Leitfaden für den Betrieb von umweltgerechten Wurfscheibenschießanlagen zu erstellen. Die aus dieser Zusammenarbeit entstehenden Modelle sollen dann landesweit für die bestehenden Anlagen umgesetzt werden.

Weitere Teilnehmer an diesem Kooperationsmodell sind der Bundesverband Schießstätten (BVS e.V.), der Oberpfälzer Schützenbund, Vertreter der Bayer. Schießstandssachverständigen, das Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) und das Staatsministerium für Unterricht und Kultus (StUK), das Landesamt für Umweltschutz (LfU), das Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW), die Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) sowie das Geologische Landesamt (GLA).

Im Rahmen des Kooperationsmodells wurden in einem ersten Schritt 13 in Betrieb befindliche Wurfscheibenschießanlagen untersucht. Grundlage für die Untersuchungen war der im Auftrag der Umweltministerkonferenz durch die Länderarbeitsgemeinschaften für Boden, Wasser, Abfall und Immissionsschutz gemeinsam erstellte Bericht über Bodenbelastungen auf Schießplätzen [1]. Die Umweltministerkonferenz hat den Ländern empfohlen, den Bericht für das weitere Vorgehen zu nutzen. Die Untersuchungen wurden in enger Anlehnung an diesen Bericht konzipiert und ausgewertet.

Bei der Untersuchung der 13 Wurfscheibenschießanlagen mussten verschiedenste Kriterien zur Repräsentativität der Anlagen (siehe hierzu Kapitel 4) berücksichtigt werden.

Die wichtigsten Ziele der Untersuchungen waren:

- Erfassung der Auswirkungen der untersuchten Wurfscheibenschießanlagen auf die Schutzgüter Mensch, Boden, Grundwasser und Pflanzen.

- Feststellung, ob Aussagen dazu getroffen werden können, in welchen Fällen die Untersuchung weiterer Wurfscheibenschießanlagen notwendig ist.
- Prüfung, ob die Ergebnisse der vorliegenden Schießplatzuntersuchungen, die Gefährdungsabschätzungen und die Empfehlungen zu weiteren Maßnahmen ohne aufwändige zusätzliche Untersuchungen auf andere Anlagen mit ähnlichen Charakteristika in bodenkundlicher und hydrogeologischer Sicht sowie im Hinblick auf die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze übertragbar sind.
- Überprüfung, ob das sog. „Minimaluntersuchungsprogramm“ [2] des LfU ausreichend ist, konkrete Anhaltspunkte zu liefern, die einen hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung gemäß BBodSchV (§3 Abs. 4) bzw. einer Gefahr bestätigen können bzw. den Verdacht auszuschließen (Anm.: Unter Gefahr wird gemäß Polizei- und Ordnungsrecht die hinreichende Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts verstanden).
- Überprüfung und evtl. Weiterentwicklung der Probennahme-, Probenvorbereitungs- und Analysenvorschriften aus dem UMK-Bericht [1].
- Es sollte eine Grundlage geschaffen werden für den im zweiten Schritt des Kooperationsmodells geplanten Leitfadens für den umweltgerechten Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen.
- Erstellung eines Mustergutachtens, das für eventuelle weitere Untersuchungen verwendet werden kann.

Im Gegensatz zu den mit erhöhten wissenschaftlichen Ansprüchen durchgeführten bisherigen Untersuchungskampagnen [3 - 9, 13] sollte versucht werden, die Untersuchungen so zu konzipieren, dass sie für weitere Anlagenuntersuchungen übernommen werden können, wobei neben der ausreichenden fachlichen Aussagekraft unter Berücksichtigung des BBodSchG¹ und der BBodSchV² auf vertretbare Untersuchungskosten Wert gelegt wurde.

¹ Bundesregierung: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG, 17.03.1998)

² Bundesregierung: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bodenschutz- und Altlastenverordnung - BBodSchV), 12.07.1999

2 Beschreibung von Trap-, Skeet- und Jagdparcoursanlagen

Trap-, Skeet und Jagdparcoursanlagen definieren sich vor allem durch die Anordnung der Abschussstellen der Wurfscheiben, deren Flugrichtung und der Schützenpositionen. Die Anlagen sind in den Richtlinien der Schießstand-Sachverständigen [10] beschrieben. Zum besseren Verständnis werden die wichtigsten Kennzeichen der Anlagentypen, die Einfluss auf Bodenbelastungen und somit auf die anzuwendenden Untersuchungsstrategien haben, in Tabelle 1 nochmals kurz skizziert.

Tabelle 1: Kurzübersicht über die für Bodenkontaminationen wesentlichen Merkmale der verschiedenen Wurfscheibenschießanlagen

	Wurfmaschinen bzw. Ziele	Wurfweiten der Scheiben	zugelassene Schrot-durchmesser	Maximale Auswurfwinkel der Wurfscheiben	Maximale Schussweiten in m bei ebenem Gelände	Hauptbelastungszone für Bleischrot in m bei ebenem Gelände	Immissionsfläche des Schrottes bei ebenem Gelände
Trap	Unterstand mit 15 Wurfmaschinen	75 - 85 m	bis 2,5 mm	45° nach links und rechts	max. 200 m	120 - 150 m	ca. 1,2 ha
Doppeltrap	3 Wurfmaschinen	55 m	bis 2,5 mm	5° nach links und rechts	max. 200 m	120 - 150 m	ca. 1,2 ha
Skeet	2 Türme (Hoch- und Niederhaus)	65 - 67 m	2,5 mm	150°	max. 200 m	120 - 150 m	ca. 2,3 ha
Kombinierte Trap-/Skeet-anlage	Unterstand und 2 Türme	s. o.	bis 2,5 mm	150°	max. 200 m	120 - 150 m	ca. 2,3 ha, wenn die Anlagen nebeneinander liegen entsprechend mehr
Jagdparcours	im Gelände verteilte verschiedene Wurfmaschinen, die meist von den Schützenständen aus nicht sichtbar sind; zusätzl. Roll- oder Kipphasen	je nach Einstellung der Wurfanlagen	bis 2,5 mm, für Roll- und Kipphasen bis 3,5 mm	je nach Einstellung der Wurfanlagen	max. 220 m	je nach Einstellung der Wurfanlagen	je nach Einstellung der Wurfanlagen
Roll- und Kippphase	Rollhase: Wurf-scheibe wird über Schießbahn gerollt; Kippphase: Hasenförmiges Ziel aus Stahlblech wird über Schießbahn gezogen	---	bis 3,5 mm	---	da flache Flugbahn der Schrote wenige Zehnermeter hinter dem Ziel, falls kein Schrotfang vorhanden ist	da flache Flugbahn der Schrote wenige Zehnermeter hinter dem Ziel, falls kein Schrotfang vorhanden ist	bei Auffangvorrichtung hinter dem Ziel wenige Zehnerquadratmeter, ansonsten mehrere 100 m ²

3 Kurzbeschreibung aller bayerischen Anlagen

Vom LfU wurde 1996 bei den Landkreisen und kreisfreien Städten Bayerns eine Erhebung von Wurfscheibenschießanlagen durchgeführt. Um die Dimensionen der in diesem Bericht behandelten Thematik abzuklären, werden in Tabelle 2 die wichtigsten Ergebnisse der Umfrage kurz zusammengefasst. (Anm.: Die Zahlen weichen aufgrund von Nachmeldungen von den in der LfU-Broschüre „Schießanlagen in Bayern“ [11] aufgeführten Zahlen ab).

Tabelle 2: Übersicht über die bayerischen Wurfscheibenschießanlagen gemäß LfU-Umfrage von 1996 incl. Nachmeldungen bis 2001

Anlagen gesamt (Skeet, Trap, kombinierte Anlagen, Jagd)	152
In Betrieb (31.12.2000)	107 (70 % von 152)
Stillgelegt (31.12.2000)	45 (30 % von 152)
Anlagentypen (Anm.: mehrere Anlagentypen auf einem Standort möglich, deshalb Summe > 152. Wo Trap und Skeet ohne nähere Bezeichnung gemeinsam angegeben wurden, wurde die Anlage als kombinierte Anlage gezählt, u.U. liegen die Anlagen jedoch örtlich getrennt.)	
keine Angabe	2
Anlagen ohne Typbezeichnung	30
Trap	61
Skeet	8
Kombinierte Anlagen	45
Rollhase	12
Kipphase	23
Sonstiges (Fasan, Ente, Jagdparcours, Elektrotauben)	5
Altersklassen der betriebenen Anlagen (31.12.2000)	
unbekanntes Alter oder keine Angabe	9
< 1 Jahr	0
1 - 5 Jahre	1
6 - 10 Jahre	3
11 - 15 Jahre	3
16 - 20 Jahre	4
länger als 20 Jahre in Betrieb	87 (81 % von 107)

Altersklassen der stillgelegten Anlagen (31.12.2000)	
unbekanntes Alter oder keine Angabe	8
< 1 Jahr	0
1 - 5 Jahre	0
6 - 10 Jahre	1
10 - 15 Jahre	10
16 - 20 Jahre	9
länger als 20 Jahre in Betrieb	17 (37 % von 45)
Schussklassen (alle Anlagen)	
unbekannt oder keine Angabe	32
bis 10.000 Schuss pro Jahr	48
10.000 bis 100.000 Schuss pro Jahr	58
über 100.000 Schuss pro Jahr	14
Von den 152 Anlagen befinden sich in sensiblen Bereichen bzw. tangieren diese:	(Anm.: verschiedene Anlagen berühren mehrere sensible Bereiche)
• Biotop	36
• Naturpark	31
• Oberflächengewässer	29
• Trinkwasserschutz oder -einzugsgebiet	18
• Landwirtschaftliche Nutzung	17 Anm.: Lediglich 1 Anlage wurde bei der 1996 durchgeführten Umfrage des LfU gemeldet. Allein bei der Untersuchung der 13 Anlagen im Rahmen des Kooperationsmodells war bei diesen Anlagen bei 7 Anlagen eine landwirtschaftliche Nutzung berührt. Die tatsächliche Anzahl liegt somit wahrscheinlich höher als 17.
• Landschaftsschutzgebiet	12
• Bann- oder Schutzwald	3
• Naturschutzgebiet	2
Untersuchte Anlagen	80 (56 % von 152) Qualität und Intensität der Untersuchungen sind hierbei sehr unterschiedlich. Die meisten Untersuchungen genügen dem heutigen Standard nach dem UMK-Bericht nicht mehr.
Sanierte Anlagen	5 (3 % von 152)

Für die Auswertung der o.g. Umfrage wurde ein Priorisierungssystem zur Bestimmung von Bearbeitungsprioritäten für die Anlagen entwickelt und alle Anlagen nach diesem System priorisiert. Die Ermittlung der Prioritäten wurde hierbei nach Kriterien für die Anlagenart, die Standortcharakteristik und die Nutzungsintensität vorgenommen (siehe hierzu [1], Anhang 5.1). Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die vom LfU zugeteilten Bearbeitungsprioritäten:

Tabelle 3: Übersicht über die Bearbeitungsprioritäten der bayerischen Wurfscheibenschießanlagen

	Anzahl 1996 (Prozentangabe auf 148 Anlagen bezogen (= Stand: 1996))	Anzahl 2001 (Prozentangabe auf 152 Anlagen bezogen (= Stand: 2001))
Bearbeitungspriorität U	61 (41 %)	80 (53 %)
Bearbeitungspriorität 1	38 (26 %)	26 (17 %)
Bearbeitungspriorität 2	17 (11 %)	16 (11 %)
Bearbeitungspriorität 3	11 (8 %)	9 (6 %)
Bearbeitungspriorität 4	6 (4 %)	4 (3 %)
Bearbeitungspriorität ?	11 (7 %)	12 (8 %)
Bearbeitungspriorität S	4 (3 %)	5 (3 %)

Bearbeitungspriorität U = untersuchte Anlage,

Bearbeitungsprioritäten 1 - 4 = zeitliche Staffellung der Notwendigkeit der Untersuchung,

Bearbeitungspriorität ? = Angaben sind zur Vergabe einer Priorität nicht ausreichend,

Bearbeitungspriorität S = sanierte Anlage.

Zur genauen Bedeutung der Bearbeitungsprioritäten 1 - 4 siehe [1], Anhang 5.1.

Für die Untersuchungen im Rahmen des Kooperationsmodells wurden mit einer Ausnahme Anlagen der Priorität 1 ausgewählt, da bei diesen Anlagen von einem erhöhten Emissions-, Transmissions- und Immissionspotential ausgegangen werden konnte. Eine Anlage war bereits vorab (unzureichend) untersucht und somit der Bearbeitungspriorität U zugeordnet.

4 Auswahlkriterien für die untersuchten Anlagen

Bei der Auswahl der 13 Anlagen wurde versucht, einen möglichst repräsentativen Querschnitt der bestehenden Wurfscheibenschießanlagen zu ermitteln. So wurden fünf Einzeltrapanlagen, ein Jagdparcours incl. „Kipphase“ und sieben kombinierte Trap- und Skeetanlagen untersucht. Bei den kombinierten Anlagen wurde jeweils nur eine Anlagenart (3 Trap und 4 Skeet) untersucht, da ansonsten der Untersuchungsaufwand für die Zielsetzungen des Kooperationsmodells zu groß geworden wäre. Grundsätzlich ist jedoch bei Untersuchungen von Wurfscheibenschießanlagen, wie sie in [1] beschrieben sind, jede Anlagenart für sich gesondert zu untersuchen. Einzelne Skeetanlagen waren in Kombination mit den anderen geforderten Auswahlkriterien nicht zu ermitteln, so dass hier auf kombinierte Trap- und Skeetanlagen zurückgegriffen werden musste. Exemplarisch wurde auch ein Kipphasenstand untersucht.

Von den ausgewählten Anlagen waren 12 Anlagen in der Bearbeitungspriorität 1, um der in Kapitel 1 formulierten Zielsetzung des Kooperationsmodells, die von Wurfscheibenschießanlagen ausgehende Gefahr für die Schutzgüter „Mensch“ und „Grundwasser“ abzuklären, zu erfüllen.

Die Anlagenauswahl wurde anhand folgender Kriterien vorgenommen:

Anlageart: Um eine eventuelle Übertragbarkeit der Ergebnisse auf vergleichbare Anlagen prüfen zu können, mussten die ausgewählten Anlagen alle Anlagenarten repräsentieren. Bei den kombinierten Anlagen ließen sich Überschneidungen der Immissionen nicht vermeiden. Für eine Gefährdungsabschätzung kommt es jedoch auf die tatsächliche Belastung am jeweiligen Probennahmepunkt an. Bei künftigen Untersuchungen sind diese Anlagen jeweils separat zu untersuchen, da sie sich hinsichtlich der Anlagenmerkmale und der Auswirkungen auf Bodenkontaminationen unterscheiden.

Alter und Nutzungsintensität der Anlage: Das Alter der Anlage sollte möglichst hoch sein, um eventuelle Schadstofftransporte über einen längeren Betriebszeitraum bestimmen zu können. Es wurden jedoch auch Anlagen mit einer mittleren Betriebszeit ausgewählt, um eine möglichst große Spannweite an Anlagentypen zu erhalten. Ausreichende Schrot- und Wurfscheibenimmissionen waren eine weitere Voraussetzung, wobei jedoch auch hier auf unterschiedliche Nutzungsintensitäten geachtet wurde. Eine Auflistung der Betriebszeiten sowie der Nutzungsintensitäten der Anlagen findet sich in den Kurzbeschreibungen der Anlagen in Kapitel 5.

Untergrundverhältnisse: Es wurde versucht, die Anlagen über möglichst viele bodenkundliche Einheiten (Bodentypen) und hydrogeologische Gegebenheiten zu verteilen. Dies war für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anlagen u.a. hinsichtlich der Schadstoffverlagerungen bzw. des

Gefährdungspotentials für das Schutzgut Grundwasser notwendig. Eine Übersicht über die Untergrundverhältnisse findet sich ebenfalls in Kapitel 5.

Einverständnis der Betreiber für die Untersuchungen: Das im Rahmen des Kooperationsmodells notwendige Einverständnis wurde von allen Betreibern ohne Weiteres erklärt. Das Entgegenkommen der Betreiber hat die Durchführung der Untersuchungen wesentlich erleichtert. Den Betreibern wird an dieser Stelle für Ihre kooperative Zusammenarbeit gedankt.

Datengrundlage: Die Datenlage über die einzelnen Anlagen war zum Teil sehr unterschiedlich. Gleichwohl musste sie als Grundlage für die Auswahlentscheidung verwendet werden.

5 Charakteristika der 13 untersuchten Anlagen

Kapitel 5 enthält die wesentlichsten Merkmale der 13 Anlagen kurz zusammengefasst.

Bei kombinierten Anlagen wurde stets nur die Skeet- oder die Trapanlage beprobt. Die Angaben beziehen sich bei kombinierten Trap-/Skeetanlagen jeweils auf den beprobten Anlagenteil.

Eine Zusammenfassung der Analyseergebnisse für die einzelnen Anlagen sowie ihre Bewertung findet sich in Kapitel 12. In den Anhängen 5 und 6 sind die Analyseergebnisse tabellarisch und grafisch dargestellt.

5.1 Wurfscheibenschießanlage 1

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: 2 parallel betriebene kombinierte Trap-/Skeetanlagen. Skeetanlage untersucht

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 150°, Osten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch (Versuchsbeschreibung siehe Kap. 8.1.2)

In Betrieb: seit 1985 in der bestehenden Form, Genehmigung für einen kombinierten Trap-/Skeetstand seit 1977

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ca. 310.000

Gesamtschusszahlen: ca. 5,8 Millionen

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): gesamt ca. 153 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. den Betriebszeitraum: 3800 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m) *	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	20 - 45	-	70	-	1750	-
Wurfscheiben	30 - 90	2 x ca. 40 - 70	75	2 x 10	4.500	600
Schrot	60 - 220	108 - 118 155 - 170 140 - 195	270	100 100 130	40.000	8.000

*aufgrund von Böschungen und Schutzwällen ist die Bleischrotkernzone aufgeteilt.

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Die Anlage befindet sich in einem ehemaligen Steinbruch, der in einer nach Norden abfallenden Hügelflanke errichtet worden war. Im Zuge der Errichtung der Schießanlage erfolgte auf dem Sohlniveau eine Einebnung, wobei teilweise weiterer Boden abgetragen wurde. Zum anderen wurden Schutzwälle aufgeschüttet, um den Niederschlag von Bleischrot im Bereich eines Gutshofes sowie auf die südlich (in 150 m Entfernung) und östlich (in 190 m Entfernung) der Schießanlage befindlichen Ackerflächen zu minimieren. Nördlich der Schießanlage schließen in ca. 140 m Entfernung forstwirtschaftlich genutzte Flächen an, die ebenso wie die Ackerflächen vom Schießbetrieb tangiert werden. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung (s.o.)

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: Verrohrter Bach

Grundwasserflurabstand: Laut Wasserwirtschaftsamt mehrere 10er-Meter. Das Niveau des Bachs im Bereich der Anlage weist jedoch auf ein lokal begrenztes, hängendes Grundwasserstockwerk hin.

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 800 – 900 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 150 – 200 mm

Allgemeine Geologie: Der Standort gehört naturräumlich zur Riesalb (südwestliches Vorries). Der Kraterrand des Rieses liegt 4 km nordöstlich. Durch den Meteoriteneinschlag der Rieskatastrophe wurden Gesteine der mesozoischen Deckschichten und des kristallinen Untergrundes explosionsartig aus ihrem Verband gerissen und weit ins Umland verlagert. Beim Aufprall kam es zu einer Vermengung mit dem dort anstehenden Gestein. Im Einflussbereich des Rieses werden daher sehr inhomogene geologische Verhältnisse angetroffen. Am Untersuchungsstandort steht eine durch den Meteoriteneinschlag verlagerte Kalkscholle des Malm-Delta an. Die mesozoischen Gesteine sind flächenhaft mit quartärem Lösslehm bedeckt.

Bodentypen: Im Bereich der Schießanlage sind die Böden durch Abtrags-, Auftrags- und Planierungsarbeiten anthropogen überprägt. Beim aufgeschütteten Substrat handelt es sich um natürliche lehmige und tonige Substrate, vermutlich aus der näheren Umgebung. Gewachsene Böden stehen erst bei den land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen jenseits der Böschungen, also im Abstand von ca. 140 – 160 m vom Schützen an. An natürlichen Böden können im Bereich des Schießplatzgeländes Braunerden aus Lösslehm und Lösslehmfließerden, sowie bei geringer Lösslehmbeeinflussung Rendzinen und Terra-fusca aus Kalkstein angetroffen werden. Mit Ausnahme der flachgründigen Rendzinen weisen diese Böden ein hohes Filter- und Sorptionsvermögen für Schadstoffe und eine mittlere Durchlässigkeit auf.

Hydrogeologie: Grundwasserführende Schichten stellen die verkarsteten Malmkalke, hier als allochthone Scholle vorliegend, dar. Es bilden sich an der Grenze zur unterlagernden lehmig-tonigen 'Bunten Breccie' oder zu gering durchlässigen tertiären Sedimenten vielfach Überlaufquellen.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Wurfscheibenschießanlage ist typisch für kombinierte Trap-/Skeetanlagen mit sehr hoher Frequentierung bei mittlerer Betriebszeit. Es findet eine Schrotimmission auf einer Ackerfläche statt. Aufgrund der anthropogenen Überprägung sind die Bodenverhältnisse sehr inhomogen. Es sind keine Wasserversorgungsanlagen betroffen; der Grundwasserflurabstand ist groß.

5.2 Wurfscheibenschießanlage 2

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Kombinierte Trap-/Skeetanlage, Kippphase. Skeetanlage untersucht

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 150°, Nordosten

Untersuchungsintensität: „Verdoppeltes“ Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch

In Betrieb seit: Unbekannt, ca. seit 1960

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 75.000, davon ca. 22.500 für die Skeetanlage

Gesamtschusszahlen: Gesamtanlage: ca. 3 Millionen, davon Skeetanlage: ca. 900.000

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): Gesamtanlage: ca. 82 Tonnen, davon Skeetanlage: ca. 24,6 Tonnen

Berechnete durchschnittlich akkumulierte Bleimenge über den Betriebszeitraum:

Gesamtanlage (Kernzone): ca. 4500 g/m², davon durch die Skeetanlage hervorgerufene Belegung: ca. 1300 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Wurfscheiben	20 - 60	2 x ca. 35 – 60	80	2 x 20	3.000	800
Schrot	30 - 215	110 - 200	270	220	40.000	18.000

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Die Anlage befindet sich in einem ehemaligen Steinbruch, der in einer nach Süden abfallenden Hügelflanke errichtet worden war. Anschließend wurde der Steinbruch als Deponie genutzt. Im Zuge der Errichtung der Schießanlage erfolgten eine Errichtung von Schutzwällen und zumindest teilweise eine Abdeckung mit humosem Boden.

Nördlich der Schießanlage schließen landwirtschaftliche Nutzflächen an, zuerst ein Streifen mit Grünlandnutzung ab ca. 120 m Entfernung, dann Ackerflächen in ca. 150 m Entfernung. Zwischen der Wurfscheibenschießanlage und den landwirtschaftlichen Nutzflächen befindet sich ein als Streuobstwiese oder als Obstgarten genutzter Bereich. Die Anlage ist umzäunt.

Klima: Mäßig feucht bis mäßig trocken, im Regenschatten der Rhön

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Außerhalb der Anlage: Grünlandnutzung, Ackerflächen, Streuobstwiese, Obstgarten

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: 10 - 20 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 600 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 75 - 100 mm

Allgemeine Geologie: Der untersuchte Standort gehört naturräumlich zur Schichtstufenlandschaft der „Fränkischen Platten“ mit Gesteinen des Gipskeupers und des unteren Keupers. Es treten Tonmergelsteine mit Gips und Steinmergel sowie Ton- und Sandsteinwechselfolgen auf. Die Gesteine sind z.T. mit quartärem Lösslehm bedeckt.

Bodentypen: Die Schießanlage befindet sich auf anthropogenen Auffüllungen aus natürlichen und künstlichen Substraten. Etwa 120 m nördlich des Skeet-Schützenstandes stehen gewachsene Böden an. Dabei handelt es sich um Braunerden aus sandig-lehmig, im Unterboden lehmig-steinig verwitterten Substraten des Gipskeupers. Da die Böden bezüglich der Bodeneigenschaften kleinräumig z.T. sehr inhomogen sind, können die Durchlässigkeit, die Sorptionskapazität und das Filtervermögen nur lokal bewertet werden.

Hydrogeologie: Die anstehenden Ton- und Mergelsteine des Gipskeupers können aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit weitgehend als Grundwassernichtleiter bezeichnet werden. Stellenweise ist der Gipskeuper jedoch als Kluftgrundwasserleiter ausgebildet. In Teilbereichen wurden Sandsteine abgebaut und mit unbekanntem Material aufgefüllt. Hier liegen hohe Durchlässigkeiten vor. Die generelle Grundwasserfließrichtung weist nach Westen.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für kombinierte Trap-/Skeetanlagen mit hoher Frequentierung in Verbindung mit langer Betriebszeit. Schrotimmissionen auf einer Ackerfläche, einem Obstgarten und einer Streuobstwiese. Das Gelände ist mit natürlichen und künstlichen Substraten unbekannter Zusammensetzung aufgefüllt worden, so dass keine genauen Angaben zu den Bodeneigenschaften gemacht werden können. Bis auf den Bereich der alten Sandgruben liegen geringe Gebirgsdurchlässigkeiten vor.

5.3 Wurfscheibenschießanlage 3

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Kombinierte Trap-/Skeetanlage. Skeetanlage untersucht.

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 150°, Süden

Untersuchungsintensität: „Verdoppeltes“ Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich

1 Oberflächenwasserprobe, 1 Sedimentprobe und Säulenversuch

In Betrieb seit: ca. 1968, wahrscheinlich aber schon seit ca. 1958

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ab 1994: 3000 - 4000, ehemals ca. 66.000

Gesamtschusszahlen: . Grobe Schätzung: ca. 2,3 Millionen

Verschossene Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 64 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum: ca. 1800 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Wurfscheiben Skeet	Überschneidung mit Trap	2 x ca. 20 x 20				800
Wurfscheiben Trap	25 – 80	45 - 70	110	50	5000	1000
Schrot	40 – 200	70 - 135	270	160	35000	9000

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Die Anlage befindet sich in einem ehemaligen Steinbruch/Sandgrube, der am Ende einer kleinen Talmulde in einer nach Norden abfallenden Hügel- flanke errichtet worden war. Die Schießanlage selbst liegt in der Talverebnung, das Gelände steigt im Osten, Süden und Westen an. Im Osten befindet sich in ca. 100 m Entfernung ein Waldgebiet. Im Süden und Westen schließen ebenfalls forstwirtschaftlich genutzte Flächen an (in ca. 100 bzw. 40 m Entfernung), wobei im Süden eine Ackerfläche bis in den Einflussbereich der Schießanlage hinein- reicht (ca. 200 m vom Schützenstand entfernt). Im Westen ist der Baumbestand an der Grenze zur Schießanlage nur als schmaler Streifen ausgebildet, daran anschließend befindet sich in ca. 50 m Ent- fernung Grünland. Die Anlage ist umzäunt.

Klima: Die Beckenlage zwischen der Fränkischen Alb im Westen und dem Fichtelgebirge im Osten verstärkt den Grad der Kontinentalität, bedingt somit große Schwankungen der Jahrestemperatur.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Forstwirtschaft, Grünland, Ackerfläche be- einflusst, Fischteich.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: Quellgebiet, Fischteich (in ca. 60 m östlich vom Schützenstand)

Grundwasserflurabstand: sehr gering, Quellhorizont

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 700 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 100 - 125 mm

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört naturräumlich zur „Obermain-Schollenlandschaft“, deren Untergrund aus mesozoischen Sedimentgesteinen aufgebaut ist. Am Untersuchungsstandort stehen Gesteine des Oberen Burgsandstein (Keuper) an. Dabei handelt es sich zum einen um grobkörnige Sandsteine, die laut Geologischer Karte im Bereich der Schießanlage und westlich davon anstehen. Zum anderen existiert die Ausprägung als roter Tonstein, der östlich der Schießanlage in Wechsellagerung mit dem Sandstein ansteht.

Bodentypen: Das Untersuchungsgebiet ist geprägt durch einen kleinräumigen Wechsel verschiedener Bodentypen. Laut bodenkundlicher Karte haben sich in der Talverebnung stauwasser geprägte Böden wie Pseudogleye und Pelosol-Pseudogleye gebildet. Es handelt sich dabei um sandige, schluffige und schwach tonige Lehme über lehmigem Ton bis Ton. Die Sorptionskapazität wird als mittel, die Wasserdurchlässigkeit als mittel im Oberboden und sehr gering im Unterboden beschrieben. Westlich der Anlage werden Braunerden auf tonreichen Keupersandsteinen angetroffen. Für diese Braunerden ist ein geschichteter Bodenaufbau aus lehmigem oder tonigem Sand zum einen und sandig-tonigem oder tonigem Lehm zum anderen typisch. Im Allgemeinen befinden sich leichtere Bodenarten auf schwereren. Die Wasserdurchlässigkeit ist dementsprechend im Oberboden mittel bis hoch, im Unterboden gering bis mittel. Die Sorptionskapazität wird als gering bis mittel beschrieben. Südlich und östlich der Anlage befinden sich tonige Böden wie Pelosole und Pelosol-Braunerden, die meist schwach stauwasserbeeinflusst sind. Die Pelosole und Pelosol-Braunerden entstehen vorzugsweise aus roten Keupertonsteinen in Hanglagen. Der lehmige Ton oder Ton ist häufig mit einer sandigen oder sandig-lehmigen Deckschicht versehen. Diese Böden weisen eine hohe Sorptionskapazität sowie eine geringe bis mittlere Durchlässigkeit im Oberboden und eine sehr geringe Durchlässigkeit im Unterboden auf.

Hydrogeologie: Der Hauptaquifer wird durch den Sandsteinkeuper gebildet, der durch tonige Zwischenlagen in mehrere Grundwasserhorizonte aufgeteilt ist. Kennzeichnend ist ein rascher fazieller Wechsel. Die Anteile der Sandsteine betragen bei einer Gesamtmächtigkeit des Sandsteinkeupers von bis zu 200 m ca. 65 – 70 m.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für kombinierte Trap-/Skeetanlagen mit ehemals hoher, mittlerweile geringer Frequentierung bei langer Betriebszeit. Schrotimmissionen in einem Quellbereich, auf einer Ackerfläche und in einem Fischteich (siehe Abbildung 1). Die Böden im Bereich der Schießanlage sind typisch für kleinräumig wechselnde Keupersubstrate. In Tallagen kommt es bei tonigem Untergrund zur Staunässebildung. Die hydrogeologischen Verhältnisse sind durch die Lage in einem Quellgebiet und durch den geringen Grundwasserflurabstand bestimmt.



Abbildung 1: Fischteich im Bereich der Schrotimmissionszone

5.4 Wurfscheibenschießanlage 4

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp: Jagdliche Trapanlage

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 60°, Osten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1971

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 45.000

Gesamtschusszahlen: . Ca. 1,3 Millionen

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 35 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. den Betriebszeitraum: 3200 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	30 – 50	-	37	-	700	-
Wurfscheiben	45 – 90	-	70	-	2900	-
Schrot	70 – 170	95 - 120	120	95	11000	2000

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: In Schuss- bzw. Auswurfrichtung der Trapanlage befindet sich zunächst eine Brachfläche. Ab ca. 100 m Entfernung vom Schützen erstrecken sich Waldflächen. Das Umfeld der Schießanlage ist geprägt durch forstwirtschaftliche Nutzung. Etwa 90 m nördlich des Schützenstandes liegt die Grenze eines Wasserschutzgebietes (Zone III: weitere Schutzzone), welches von der Anlage noch tangiert wird. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Klima: Mäßig trocken bis mäßig feucht.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Forstwirtschaft

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: ca. 5 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 700 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 75 - 100 mm

Allgemeine Geologie: Der untersuchte Standort gehört naturräumlich zur Landschaftseinheit „Fränkisches Keuper-Lias-Gebiet“. Der Untergrund wird aus den mesozoischen Sedimentgesteinen des Oberen Bunten Keupers (Sandsteinkeuper) aufgebaut. Am Untersuchungsstandort steht Blasen-sandstein mit linsenförmig eingelagerten bunten Letten an.

Bodentypen: Die Böden des Untersuchungsgebiets sind geprägt durch vorwiegend sandiges Ausgangssubstrat mit tonigen Wechsellagerungen. Es kommen vor allem Braunerden und Pelosol-Braunerden vor, die unter Wald teilweise schwach podsoliert sind. Die Böden sind häufig durch ein Zweischichtprofil mit sandigem über tonigem Substrat mit wechselnden Graden der Staunässebildung charakterisiert. Die Wasserdurchlässigkeit dürfte entsprechend der oben beschriebenen Bodenverhältnisse im Oberboden mittel bis hoch, im Unterboden gering sein. Auch das Filtervermögen und die Sorptionskapazität sind abhängig vom Tongehalt und daher im Oberboden entsprechend höher als im Unterboden. Im Bereich der Wurfscheibenscherbenzone handelt es sich um aufgefülltes Bodenmaterial

Hydrogeologie: Der Hauptaquifer wird durch den Blasensandstein gebildet. Grundwasserstauer stellen die eher tonig ausgeprägten Lehrbergschichten dar.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für reine Trapanlagen mit mittlerer bis hoher Frequentierung bei mittlerer bis langer Betriebszeit. Fast ausschließliche Schrotimmission im Forst. Die Böden im Untersuchungsgebiet sind gekennzeichnet durch sandige und tonige Wechsellagerungen, die unterschiedliche Grade von Staunässebildung bedingen. Die hydrogeologischen Eigenschaften sind durch geringen Flurabstand und die Lage am Rand des Einzugsbereichs des benachbarten Trinkwasserschutzgebietes bestimmt.

5.5 Wurfscheibenschießanlage 5

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Trapanlage und parallel dazu in ca. 170 m Entfernung eine Skeetanlage; Skeetanlage untersucht

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 150°, Südosten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch

In Betrieb seit: ca. 70 Jahren

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ca. 60.000

Gesamtschusszahlen: ca. 4,2 Millionen

Verschossene Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 116 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum: ca. 5300 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	30 - 50	-	85	-	1500	-
Wurfscheiben	20 - 55	2 x 25 - 45	85	2 x 20	2700	800
Schrot	35 - 150	35 - 115	210	150	22000	11000

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Kreisrunde Rasenfläche in rein forstwirtschaftlichem Umfeld.

Klima: Mäßig feucht bis feucht

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Das Umfeld der Schießanlage ist geprägt durch forstwirtschaftliche Nutzung. Die nächste Wohnbebauung befindet sich ca. 300 m in nordwestlicher Richtung von der Skeetanlage entfernt. Die Anlage ist umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: ca. 18 – 24 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 1000 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 200 - 300 mm.

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört zur südlichen Münchener Schotterebene.

Der Untergrund besteht aus Niederterrassen- und Spätglazialterrassenschottern der Würmeiszeit. Es

handelt sich um geschichtete, äußerst karbonatreiche, stein- und blockhaltige sandige Kiese mit geringen Schluffgehalten.

Bodentypen: Aus den karbonatreichen Schottern haben sich großflächig tiefgründige Parabraunerden entwickelt, die aufgrund des feuchten Alpenrandklimas überdurchschnittlich humusreich sind. Die Durchlässigkeit des Bodens wird mit hoch, die Sorptionskapazität mit mittel, das Filtervermögen mit gering angegeben. Die Bodenreaktion unter Wald ist stark sauer.

Hydrogeologie: Der Untergrund wird von sehr gut durchlässigen, sandigen Kiesen eingenommen. Die darunterliegende Wechsellagerung aus Kiesen, Sanden, Mergeln und Tonen wirkt als Grundwasserstauer. Die generelle Grundwasserfließrichtung weist nach Nordwesten.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist aufgrund der räumlichen Trennung zur Trapanlage typisch für reine Skeetanlagen mit hoher Frequentierung bei langer Betriebszeit. Ausschließliche Schrotimmission im Forst. Die Böden im Bereich der Schießanlage sind typisch für die stark durchlässigen karbonatreichen Böden in der südlichen Münchener Schotterebene. Der Grundwasserflurabstand ist groß.

5.6 Wurfscheibenschießanlage 6

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Drei nebeneinander liegende kombinierte Trap-/Skeetanlagen, untersucht wurde der westliche Trapstand

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 90°, Norden

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1972

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ca. 200.000

Gesamtschusszahlen: ca. 5,6 Mio.

Verschossene Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 151 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum: ca. 5500 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite max. (m)	Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)		max. (m ²)	max. Dichte (m ²)
Schrotbecher	10 - 50	20 - 35	30	1.200	450
Wurfscheiben	30 - 80	30 - 57	50	2.500	1.350
Schrot	60 - 170	110 - 160	250	27.500	12.500

Standortbeschreibung:

Morphologie: Die Freifläche der Wurfscheibenflugzone bildet ein arenaförmiges Areal mit einer Ost-West-Ausdehnung von ca. 350 m und Nord-Süd von ca. 140 m. Von West über Nord nach Ost ist die Freifläche von einem künstlich aufgeschütteten Wall umgeben. Er ist ca. 2 – 3 m gegenüber dem natürlichen Gelände erhöht und überwiegend mit ca. 30-jährigen Kiefern bestockt.

Klima: Warmgemäßigt und immerfeucht

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Keine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung. Gras, Kiefer. Die Anlage ist umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: 5 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 800 - 850 mm

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört zur nördlichen Münchener Schotterebene. Der Untergrund besteht aus Niederterrassen- und Spätglazialterrassenschotter der Würmeiszeit. Es handelt sich um geschichtete, äußerst karbonatreiche, stein- und blockhaltige sandige Kiese mit geringen Schluffgehalten.

Bodentypen: Aus den carbonatreichen Schottern haben sich flachgründige, sandig-schluffige Ackerpararendzinen entwickelt, die jedoch im Bereich der Schießanlage durch Planierung und Umlagerung flächenhaft anthropogen überprägt sind.

Hydrogeologie: Charakteristisch ist die hohe Durchlässigkeit der quartären Schotter (kf-Wert: 10^{-3} m/s). Die unterlagernden tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) wirken demgegenüber als Grundwasserstauer. Die Grundwasserfließrichtung weist in nördliche Richtung. Bei Grundwasserhöchststand beträgt der Flurabstand ca. 5 m. Die höchsten Schwankungen des Grundwasserspiegels liegen bei etwa 0,5 m. Ein zweites Grundwasserstockwerk bilden gröberkörnige Schichten der OSM. Der Wasserspiegel dürfte im Mittel bei ca. 480 m ü. NN liegen, also ca. 20 m u. GOK.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Wurfscheibenschießanlage ist typisch für Anlagen auf ebenem Gelände mit sehr hoher Nutzungsintensität und mittlerer bis langer Betriebsdauer. Kleiner Hügel (2 m) mit Baumbestand im Bleiimmissionsbereich, der das Schrot größtenteils auskämmt. Die Böden im Bereich der Schießanlage sind, soweit natürlich gewachsen, typisch für die stark durchlässigen flachgründigen carbonatreichen Böden in der nördlichen Münchener Schotterebene. Kennzeichnend für den Standort ist jedoch die flächenhafte anthropogene Überprägung. Der Untergrund ist gut durchlässig, der Grundwasserflurabstand gering.

5.7 Wurfscheibenschießanlage 7

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Jagdparcours mit Trapanlage, Kipphase, Wurfmaschine Hochhaus, Wurfmaschine Niederhaus, Wurfmaschine Fasan. Untersucht wurden die Trapanlage und der Kipphasenstand.

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: Trapanlage: 80°, Kombination der Wurfmaschinen: ca. 150°, Norden

Untersuchungsintensität: „Verdoppeltes“ Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch

In Betrieb seit: 1963

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 20.000

Gesamtschusszahlen: . 540.000

Verschossene Bleimenge ü. den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 15 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge über den Betriebszeitraum: 400 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	15 – 60	22 – 48	85	55	3800	1430
Wurfscheiben	15 – 90	20 - 70	90	75	6750	3750
Schrot	15 – 220	110 - 165	200	65	40000	3575

Standortbeschreibung:

Lage und Morphologie: Die Anlage liegt in einer ehemaligen Sandgrube, die kraterförmig in einer nach Ost abfallenden Hügelflanke errichtet worden war (siehe Abbildung 2). Die Sohlfläche der Sandgrube wurde im rechten Bereich eben planiert, wobei zusätzlich Material aufgebracht worden war. Im mittleren Bereich steht der Sand unmittelbar an. Im rechten Abschnitt fand Sandabbau bis in jüngste Zeit statt, so dass hier Eintiefungen von 2 – 3 m bestehen. Steile Böschungen von ca. 15 bis 20 m Höhe schließen die Freifläche linkerhand und an der Stirnseite ein. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Klima: Warmgemäßigt und immerfeucht

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Die Anlage wurde auch während des Betriebs zum Sandabbau benutzt. Östlich und westlich der Sandgrube befinden sich jeweils in ca. 100 m Entfernung landwirtschaftliche Nutzflächen (Acker), die durch die Anlage tangiert werden. Im

Norden grenzt die Sandgrube an Nadel- und Laubwald. Hinter diesem liegt, noch im Einflussbereich der Schrote, ein Golfplatz. Spärlicher Bewuchs mit Gras und Pioniergesellschaften.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabst.: Sohlbereich der Sandgrube ca. 5 m. Sandgrubenböschungen 10 – 20 m.

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 800 mm.

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: ca. 100 mm

Allgemeine Geologie: Der Standort gehört zur Deckenschotterlandschaft der Iller-Lech-Platte, die durch nord-süd-verlaufende Tertiärriedel mit sandigen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse charakterisiert ist. Die Talfüllungen zwischen den Riedeln bestehen aus Schottern des jüngeren Quartärs, während die Tertiärriedel von altpleistozänen Deckenschottern und Lössablagerungen abgedeckt oder die verschiedenen Materialien miteinander vermengt sein können. Am Untersuchungsstandort stehen sandige Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse an.

Bodentyp: Durch den Sandabbau wurde das Ausgangssubstrat der Bodenbildung offengelegt. In dem durch den Schießbetrieb betroffenen Bereich stehen daher überwiegend keine natürlich gewachsenen Böden an. Natürliche Böden aus dem fein- bis mittelsandigen Tertiärmaterial sind Braunerden mit unterschiedlichem Podsolierungsgrad. Diese Böden weisen eine geringe Sorptionskapazität und ein sehr geringes bis geringes Filtervermögen auf.

Hydrogeologie: Das anstehende sandige Tertiärmaterial besitzt Durchlässigkeiten von ca. $k_f = 10^{-4}$ bis 10^{-6} m/s. Die Grundwasserfließrichtung weist nach Nordost - Ost.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Bei der Anlage handelt es sich um den einzigen im Zuge des Kooperationsmodells untersuchten Jagdparcours. Der Parcours ist typisch für Anlagen mit mittlerer Nutzungsintensität und mittlerer Betriebszeit in Verbindung mit den hohen Wasserdurchlässigkeiten und des zumindest in Teilbereichen fehlenden Oberbodens. Die Bleischrot- und Wurfscheibenimmissionen erstrecken sich bei einem Jagdparcours über einen weiten Bereich. Auf Jagdparcours anzutreffende Kipphasenstände o.ä. zeichnen sich durch relativ eng begrenzte, dafür aber konzentrierte Bleischrotimmissionen aus. Ein weiteres wichtiges Anlagencharakteristikum ist die ca. 20 m hohe Böschung in ca. 60 bis 180 m Entfernung zum mittleren Schützenstand der Trapanlage. Trotz der weiten Entfernung und der Höhe des Walls sind auf dem Wall noch hohe Schadstoffgehalte im Oberboden nachweisbar. Schrotimmissionen finden im östlichen Randbereich auch auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche statt. Die Böden im Bereich der Schießanlage sind charakterisiert durch ein sandiges Ausgangsmaterial mit einem geringen Filter- und Sorptionsvermögen. Die natürlich gewachsenen oberen Bodenbereiche sind im Zuge des Sandabbaues weitgehend abgetragen worden.



**Abbildung 2: Übersicht über Wurfscheibenschießanlage 7.
Sandgrubenböschung (=Schrothauptimmission) im Hintergrund**

5.8 Wurfscheibenschießanlage 8

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp: Trapanlage

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 25° links der Mittellinie, 37° rechts der Mittellinie (früher 45°), Südosten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1937, in der bestehenden Form von 1968 - 1998, Betrieb derzeit untersagt

Schusszahlen jährlich: ca. 7.500 - 15.000

Gesamtschusszahlen: 1968 - 1998: ca. 225.000 - 450.000

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): 1968 - 1998: ca. 6,2 bis 12,3 Tonnen

Berechnete durchschnittlich akkumulierte Bleimenge über den Betriebszeitraum:

ca. 560 - 1100 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	30 – 60	-	45	-	900	-
Wurfscheiben	45 – 80	-	60	-	1400	-
Schrot	65 – 170	-	150	-	11000	-

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: In Schuss- bzw. Auswurfrichtung der Trapanlage befindet sich zunächst eine Brachfläche, die von dicht bewachsenen Böschungen gesäumt ist. Ab ca. 80 m Entfernung vom Schützen erstreckt sich in östlicher und südöstlicher Richtung im Bleischrot-Immissionsbereich eine Ackerfläche.

Klima: Mäßig feucht bis mäßig trocken, im Regenschatten der Rhön

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Brachfläche, ab 80 m vom Schützen Ackerflächen. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: 50 - 70 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 600 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 75 - 100 mm

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört naturräumlich zur Landschaftseinheit „Fränkische Platten“. Am untersuchten Standort stehen Kalk- und Dolomitgesteine des Unteren Mu-

schelkalks an. Die Gesteine sind flächenhaft mit Verwitterungslehm, bereichsweise auch mit quartärem Lösslehm bedeckt.

Bodentypen: Aus den Kalksteinen als Ausgangssubstrat haben sich je nach Entwicklungsgrad und Lösslehmüberdeckung Rendzinen, Terra fusca oder Übergänge zu Braunerden entwickelt. Mit Ausnahme von flachgründigen Rendzinen weisen diese Böden ein hohes Filter- und Sorptionsvermögen für Schadstoffe und eine mittlere bis geringe Durchlässigkeit auf.

Im Bereich der Wurfscheibenscherbenzone wurde in jüngster Zeit bei Planierungsarbeiten natürliches Bodenmaterial aufgetragen.

Hydrogeologie: Der Hauptaquifer wird durch den Muschelkalk gebildet. Es handelt sich hierbei um einen Kluft- teilweise um einen Karstgrundwasserleiter, so dass sehr unterschiedliche Durchlässigkeiten vorliegen können.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für reine Trapanlagen mit mittlerer Frequentierung bei langer Betriebszeit. Fast ausschließliche Schrottimmission auf einer Ackerfläche. Die Böden im Bereich der Schießanlage sind typisch für die Bodenentwicklung auf Kalksubstraten. Die Anlage liegt im Einzugsgebiet einer Wassergewinnungsanlage, für die die Ausweisung eines Schutzgebietes geplant ist. Die Überdeckung hat geringe Durchlässigkeiten, der Grundwasserflurabstand ist groß.

5.9 Wurfscheibenschießanlage 9

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp: Trapanlage

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 30°, Osten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1970

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 10.000

Gesamtschusszahlen: ca. 300.000

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): 8 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum: ca. 400 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite (m)	Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzonen (m)		max. (m ²)	Kernzonen (m ²)
Zwischenmittel	15 – 35	-	25	400	-
Wurfscheiben	25 – 80	-	80	4000	-
Schrot	65 - 190	-	180	20000	-

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Die Nordgrenze der Anlage wird in Schussrichtung in ca. 100 m Entfernung zu den Schützenständen durch einen Wassergraben gebildet. Nördlich davon befinden sich ein Wirtschaftsweg und anschließend eine landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Ostgrenze bildet ein wasserfreier Graben ebenfalls in ca. 100 m Entfernung. Östlich davon befindet sich ein Wirtschaftsweg, anschließend Grünland, noch weiter östlich, jedoch noch im Schrotimmissionsbereich, Ackerland. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Klima: Nördlicher Rand des feuchtkühlen Alpenvorlandes.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Brachland, teilweise mit Gebüsch, daran anschließend Acker

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: Offene Wasserflächen und Wassergraben.

Grundwasserflurabstand: ca. 0,5 - 1 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 950 - 1000 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 250 – 300 mm

Allgemeine Geologie: Der Standort befindet sich in der Jungmoränenlandschaft des Bayer. Alpenvorlandes in einem Schmelzwassertal zwischen Moränenhügelketten des Ammerseegletschers. Der Untergrund besteht aus spätglazialen Terrassenschottern. Es handelt sich um geschichtete, äußerst karbonatreiche, stein- und blockhaltige sandige Kiese mit geringen Schluffgehalten. Die Schießanlage liegt in einem Toteisloch, das durch Terrassenränder von der Schotterebene abgesetzt ist. Die Schotter lagern einer hier bindig ausgebildeten Jungmoräne auf, die sich nur wenige 10er-Meter nördlich der Schießanlage als wallförmiger Höhenzug erhebt. Die Mächtigkeit der Schotter dürfte am Nordrand der Schießanlage bei wenigen Metern liegen, nach Süden aber rasch zunehmen.

Bodentyp: Die Bodenkarte weist für das Untersuchungsgebiet Parabraunerden aus. Unter landwirtschaftlicher Nutzung geht der Boden im engräumigen Wechsel über in Ackerbraunerden oder Kultorendzinen. Die Entwicklungstiefe beträgt bei der Parabraunerde bis zu 4 dm, bei der Ackerbraunerde bis 3,5 dm, bei Kultorendzinen weniger als 2,5 dm. Die Durchlässigkeit der Parabraunerden ist hoch bis sehr hoch, die Sorptionskapazität gering bis mittel, das Filtervermögen gering. Bei den Erosionsformen wie Ackerbraunerde und Kultorendzina ist von noch höheren Durchlässigkeiten bei gleichzeitig geringeren Filter- und Sorptionswirkungen auszugehen. Die Schießanlage selbst befindet sich in einer Toteismulde, in der sich aufgrund des niedrigen Grundwasserflurabstandes von weniger als 1 m laut Bodenkundlicher Karte ein Anmoorgley aus schluffig-lehmigem Kolluvium entwickelt hat. Unmittelbar südlich der Schießanlage wurde Kies abgebaut, so dass auch im näheren Umfeld mit einer anthropogenen Überprägung der Böden (Bodenabtrag und/oder -auftrag) zu rechnen ist.

Hydrogeologie: Charakteristisch ist die hohe Durchlässigkeit der quartären Schotter (k_f -Wert: 10^{-3} bis 10^{-2} m/s). Als Grundwasserstauer wirkt bindiges Moränenmaterial. Die Grundwasserfließrichtung dürfte in nordöstliche Richtung weisen.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für reine Trapanlagen mit geringer Frequentierung bei mittlerer Betriebszeit. Schrotimmission auf offene Wasserflächen und eine Ackerfläche. Die Böden im Bereich der Anlage sind typisch für die stark durchlässigen Böden aus carbonatreichen eiszeitlichen Schottern. Der Standort liegt nicht im Einzugsgebiet einer Wasserversorgungsanlage. Die Durchlässigkeiten sind hoch, der Grundwasserflurabstand ist gering.

5.10 Wurfscheibenschießanlage 10

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Trap- und Skeetanlage (parallel angeordnet), Kugelstand.

Trapstand untersucht.

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 35° links der Mittellinie, 20° rechts der Mittellinie, Nordosten

Untersuchungsintensität: „Verdoppeltes“ Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch

In Betrieb seit: 1988

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ca. 66.000 - 100.000

Gesamtschusszahlen: Ca. 800.000 - 1.200.000

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 21 - 31 Tonnen

Berechnete durchschnittlich akkumulierte Bleimenge über den Betriebszeitraum: Bezieht man die Schrotmission von 22 - 33 t wegen der Hügelflanke auf die Kernzone des Immissionsbereiches mit einer Fläche von ca. 4500 m², so ergibt sich eine Schrotbelegung von im Mittel 4700 - 6900 g/m².

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	12 - 32	18 – 30	45	30	900	360
Wurfscheiben	25 - 80	33 – 70	100	75	5.500	2.775
Schrot	70 - 180	110 - 140	345	145	37.950	4.350

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: Lage in einem ehemaligen Steinbruch, der kraterförmig in einer Hügelflanke errichtet worden war. Anschließend wurde der Steinbruch bis ca.

1985 als Bauschuttdeponie genutzt. Dabei wurden von der ursprünglichen Tiefe von bis zu 65 m Tiefe etwa 20 m wieder verfüllt. Im Zuge der Errichtung der Schießanlage erfolgte eine Abdeckung mit humosem Boden. Die ebene Fläche bildet nun die Wurfscheibenflugzone. Steile Böschungen schließen die Freifläche nahezu allseitig ein. Sie werden durch locker geschüttetes Abraummateriale gebildet, das durch ein bis zwei Bermen unterbrochen ist. Die Anlage ist umzäunt.

Klima: Der Standort befindet sich in einem Übergangsbereich: während in der Donauebene vergleichsweise mildes, niederschlagsarmes (650 – 700 mm/a) Klima vorherrscht, sind für den nördlich

gelegenen Klimabezirk 'Bayerischer Wald' kalte Winter und nur mäßig warme Sommer mit Jahresniederschlägen von 800 – 1000 mm charakteristisch.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Keine land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Gras.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: 6 - 8 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 700 – 750 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: 150 – 250 mm

Allgemeine Geologie: Der Standort befindet sich am Donaurandbruch, dem Grenzbereich zwischen der mit quartären Sedimenten bedeckten Donauebene und den von Graniten und Gneisen aufgebauten Ausläufern des Bayerischen Waldes. Die Gesteine am Standort (Mylonite) sind aus der starken tektonischen Beanspruchung im Bereich der Bruchzone aus dem kristallinen Ausgangsgestein (Granit) hervorgegangen.

Bodentypen: Die Schießanlage befindet sich im Bereich einer Bauschuttdeponie. Alle Böden bestehen daher aus umgelagerten natürlichen oder künstlichen Substraten. Die genaue Zusammensetzung des Deponiekörpers ist nicht bekannt.

Hydrogeologie: Als Grundwasserleiter fungiert der durch die tektonische Beanspruchung sehr klüftige Granit bzw. Mylonit, wobei das Gestein durch die Sprengarbeiten im Zuge des Abbaus lokal zusätzlich zerrüttet worden ist. Es liegen hohe Gebirgsdurchlässigkeiten vor. Das Filter- und Sorptionsvermögen ist gering.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für kombinierte Trap- und Skeetanlagen von kurzer bis mittlerer Betriebsdauer mit hoher Nutzungsintensität. Charakteristisch ist weiterhin die Lage in einem ehemaligen, mit Bauschutt wiederverfüllten Steinbruch, wodurch die Schrotimmissionen fast ausschließlich auf den Bereich der Hangflanken beschränkt werden. Das Gelände ist mit natürlichen und künstlichen Substraten unbekannter Zusammensetzung aufgefüllt worden, so dass keine genauen Angaben zu den Bodeneigenschaften gemacht werden können. Die Ablagerungen des Deponiekörpers können ein bisher unbekanntes Schadstoffinventar enthalten. Es ist keine Trinkwassergewinnungsanlage betroffen. Es liegen hohe Durchlässigkeiten vor; das Filter- und Sorptionsvermögen ist gering.

5.11 Wurfscheibenschießanlage 11

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp: Sportliche Trapanlage

Äußerste Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 55° links der Mittellinie, 28° rechts der Mittellinie. Westen.

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1968

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 45.000

Gesamtschusszahlen: . 1.440.000

Verschossene Bleimenge ü. den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): ca. 39 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. den Betriebszeitraum: 2500 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	35 – 60	42 – 53	50	35	1250	385
Wurfscheiben	54 – 75	57 – 72	70	45	1470	675
Schrot	100 – 190	-	170	-	15300	-

Standortbeschreibung:

Morphologie: Der Schrotimmissionsbereich liegt ausschließlich im Bereich einer flachen, nach Westen und Südwesten abfallenden, mit Lösslehm bedeckten Mulde. Der Wurfscheibenimmissionsbereich ist eben.

Klima: Ausgeprägt kontinentales Klima mit kalten Wintern und warmen Sommern.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Grünland, ab ca. 60 m Entfernung vom Schützen Ackerfläche. Auf der Ackerfläche zur Zeit der Probenahme kein Nutzpflanzenanbau. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: 35 – 45 m, Hinweis auf ein lokales hangendes Grundwasserstockwerk bei ca. 10 – 15 m.

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 800 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: ca. 60 - 100 mm

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört naturräumlich zum Bayerischen Tertiärhügelland. Der Untergrund besteht aus sandig-kiesigen bis lehmig-tonigen Sedimenten der Oberen

Süßwassermolasse (OSM). Sie sind z.T. bedeckt mit Löss, Lösslehm und in Hangbereichen mit Fließerden aus tertiärem und quartärem Material.

Bodentypen: Am untersuchten Standort kommen tiefgründige Braunerden aus tertiären Lehmen oder aus Lösslehm vor, die z.T. pseudovergleyt sind. Die Böden haben eine mittlere Durchlässigkeit, eine hohe bis sehr hohe Sorptionskapazität und ein mittleres bis hohes Filtervermögen.

Hydrogeologie: Der Hauptaquifer wird durch die sandig-kiesige Obere Süßwassermolasse (OSM) gebildet. Die Grundwasseroberfläche liegt im Mittel bei ca. 445 m ü. NN. Damit ergibt sich ein Grundwasserflurabstand von ca. 35 – 45 m. Allerdings können wasserundurchlässige Zwischenlagen hangende Grundwasserstockwerke ausbilden. So weist der ca. 650 m südlich vorbeifließende Vorfluter auf ein hangendes Grundwasserstock auf einem höher liegenden Niveau hin. Der Grundwasserflurabstand zu einem lokal begrenzten Stockwerk beträgt dann ca. 10 – 15 m.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für reine Trapanlagen mittlerer bis hoher Nutzungsintensität mit mittlerer bis langer Betriebszeit. Beachtenswert ist der asymmetrische Wurfscheibenauswurf. Die Bleischrotimmissionen finden ausschließlich auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche statt. Die Böden im Untersuchungsbereich sind typisch für Böden aus lehmigen Tertiärsedimenten oder Lösslehm im Bayerischen Tertiärhügelland. Die hydrogeologischen Standorteigenschaften sind durch den hohen Grundwasserflurabstand in Verbindung mit hohen Sorptionseigenschaften des Bodens gekennzeichnet.

5.12 Wurfscheibenschießanlage 12

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp: Trapanlage

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 90°, Nordosten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm, zusätzlich Säulenversuch

In Betrieb seit: 1971

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): ca. 150.000

Gesamtschusszahlen: . 4,4 Millionen

Verschossene Bleimenge ü. den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): 119 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. den Betriebszeitraum: 6000 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	30 - 65	45 - 55	70	55	2000	500
Wurfscheiben	53 - 95	60 - 85	110	90	4000	2000
Schrot	65 - 200	105 - 170	170	110	20000	6000

Standortbeschreibung:

Lage und Morphologie: Der Standort ist eben. Der baumfreie Bereich erstreckt sich lediglich über die Freifläche der Wurfscheibenflugzone.

Klima: Warmgemäßigt und immerfeucht.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Forstwirtschaft: Mittel- und Hochwald, überwiegend Fichten. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: ca. 60 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: ca. 800 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: ca. 100 mm

Allgemeine Geologie: Der Standort gehört zur Deckenschotterlandschaft der Iller-Lech-Platte, die durch nord-süd-verlaufende Tertiärriedel mit Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) charakterisiert ist. Die Talfüllungen zwischen den Riedeln bestehen aus Schottern des jüngeren Quartärs, während die Tertiärriedel von altpleistozänen Deckenschottern und Lössablagerungen abgedeckt oder die verschiedenen Materialien miteinander vermengt sein können.

Bodentypen: Am untersuchten Standort werden v.a. Braunerden, z.T. pseudovergleyt aus Lösslehm und Deckschichten verschiedener Herkunft angetroffen. Dabei handelt es sich um sandig-lehmige Schluffe mit hoher Sorptionskapazität und mittlerem bis hohem Filtervermögen.

Hydrogeologie: Die Deckschichten besitzen in Abhängigkeit vom Löss-/Lösslehmanteil nur geringe bis sehr geringe Durchlässigkeiten bei einem mittleren bis hohen Filter- und Puffervermögen. Die Durchlässigkeiten der Deckenschotter dürften je nach Verlehmungs- und Konglomerierungszustand gering bis mittel sein. Unter Einbeziehung der Ergebnisse einer früheren Bohrung lässt sich schließen, dass im Deckenschotter keine oder nur unbedeutende hangende Grundwasserstockwerke ausgebildet sind.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für reine Trapanlagen mit hoher Nutzungsintensität und mittlerer bis langer Betriebszeit. Durch die Bewaldung relativ eng begrenzter Schrotimmissionsbereich ausschließlich im Forst. Die Böden im Untersuchungsbereich sind typisch für die Böden in den Deckenschotterlandschaften der Iller-Lech-Platte. Die Untergrundeigenschaften zeichnen sich durch mächtige Decklehme und einen großen Grundwasserflurabstand aus.

5.13 Wurfscheibenschießanlage 13

Anlagenbeschreibung:

Anlagentyp und beprobte Anlage: Kombinierte Trap- und Skeetanlage. Trapanlage untersucht.

Gesamter Auswurfwinkel der Wurfscheiben und Hauptschussrichtung: 60°, Osten

Untersuchungsintensität: Minimaluntersuchungsprogramm

In Betrieb seit: 1953

Schusszahlen jährlich (zur Zeit): 30.000

Gesamtschusszahlen: 1.410.000

Verschossene Bleimenge über den Betriebszeitraum (Annahme: 28 g/Schuss, 24 g/Schuss seit 1993): 39 Tonnen

Berechnete durchschnittl. akkumulierte Bleimenge ü. d. Betriebszeitraum: ca. 2700 g/m²

Ausmaße der Immissionszonen:

Immissionszonen	Abstand v. Schützen		Breite		Fläche	
	max. Ausdehnung (m)	Kernzone (m)	max. (m)	Kernzone (m)	max. (m ²)	Kernzone (m ²)
Zwischenmittel	15 - 50	35 - 45	36	25	1250	250
Wurfscheiben	45 - 75	50 - 70	60	42	1800	820
Schrot	55 - 200	80 - 170	100	50	14500	4500

Standortbeschreibung:

Lage/Nutzungsgeschichte und Morphologie: An den Halbkreis der Trap-/Skeetschützenstände grenzt in Schussrichtung ein ca. 3 m tiefer baumfreier Graben, in dessen östliche Böschung die Trapanlage eingebaut ist. Östlich des Grabens befindet sich die baumfreie, etwa quadratische Freifläche der Wurfscheibenflugzone. Sie ist umgeben von Mittelwald, der überwiegend mit Fichten bestockt ist.

Klima: Der Standort gehört zum Klimabezirk des Oberpfälzer Hügellandes.

Nutzung(en) und Vegetation im Immissionsgebiet: Forstwirtschaft: Kiefer, Birke, Fichte. Die Anlage ist nicht umzäunt.

Oberflächengewässer im Immissionsgebiet: ---

Grundwasserflurabstand: ca. 7 – 8 m

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: 700 mm

Gebiets-Grundwasserneubildungsrate pro Jahr: ca. 145 mm

Allgemeine Geologie: Das Untersuchungsgebiet gehört naturräumlich zur Bodenwöhler Senke, bei der die mesozoischen Sedimente noch erhalten sind, die bei den umliegenden Kristallingebieten bereits abgetragen wurden. Die mesozoischen Schichtpakete sind durch 50 bis 100 m tiefe Tertiärrin-

nen zerschnitten, die mit braunkohleführenden, tonig bis sandigen Sedimenten gefüllt sind. Der Schießstand befindet sich im Bereich des renaturierten Braunkohletagebaus. Der Untergrund besteht aus Auftragsmaterial unterschiedlicher Zusammensetzung.

Bodentypen: Im gesamten Standortbereich liegen keine natürlich gewachsenen Böden vor. Im Zuge des Braunkohletagebaus fanden Bodenabtrag und anschließend eine Wiederverfüllung bzw. Überschüttung statt. Da die aufgetragenen Böden z.T. braunkohlehaltig sind, kann es zu einer starken Bodenversauerung durch Pyritverwitterung kommen.

Hydrogeologie: Die gröberklastischen Schichten bzw. das wiederverfüllte sandige Abraummaterial wirken in den Tertiärrinnen als Porengrundwasserleiter. Sie sind hydraulisch getrennt vom Aquifer im Keupersandstein aufgrund einer tiefgründig kaolinisierten Verwitterungsschicht, die die Hohlformen der Tertiärausräumung quasi auskleidet. Keuper bzw. die gesamte ungegliederte Trias stellen einen bedeutsamen Poren-/Kluftgrundwasserleiter dar, aus denen das Trinkwasser für zwei Gemeinden gefördert wird.

Zusammenfassende Anlagen- und Standortcharakteristik: Die Anlage ist typisch für kombinierte Anlagen mittlerer bis hoher Nutzungsintensität mit langer Betriebszeit in Verbindung mit einem durch die Bewaldung bedingten, relativ eng begrenzten Schrotimmissionsbereich. Schrotimmission ausschließlich im Forst. Das Gelände ist mit Substraten unbekannter Zusammensetzung aufgefüllt worden, so dass keine genauen Angaben zu den Bodeneigenschaften gemacht werden können. Da die aufgetragenen Böden z.T. braunkohlehaltig sind, kann es zu einer starken Bodenversauerung durch Pyritverwitterung kommen. Die hydrogeologischen Standorteigenschaften sind durch geringes Rückhaltevermögen und niedrige Boden-pH-Werte gekennzeichnet.

6 Chemismus und Toxikologie der untersuchten Stoffe im Hinblick auf die Schutzgüter Mensch, Grundwasser und Nutzpflanze

6.1 Blei (Pb)

Die Blei-Hintergrundgehalte in Böden Bayerns liegen je nach Ausgangssubstrat und Bodenbeschaffenheit zwischen < 10 mg/kg und 175 mg/kg Boden.

Der Blei-Gehalt im Bleischrot liegt bei ca. 95 %. Blei überzieht sich an Luft mit einer dünnen Oxidschicht, die das Metall weitgehend vor weiterer Oxidation schützt. Korrosionsprodukte, die auf Bleischrotkugeln gefunden werden, sind v.a. Cerrusit ($\text{Pb}(\text{CO}_3)_2$), Hydrocerrusit ($\text{Pb}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) und Anglesit (PbSO_4). Die Wasserlöslichkeiten von Blei-Verbindungen sind sehr unterschiedlich: Sehr leicht löslich sind Blei-Acetat und -Nitrat, mäßig löslich ist Blei-Chlorid. Die meisten Blei-Verbindungen sind jedoch schwer wasserlöslich, insbesondere Bleioxide, Bleiphosphat, -sulfat und -sulfid, aber auch Blei-Carbonat und Hydrocerrusit [12]. Die Untersuchungen der 13 Modellstandorte zeigten jedoch, dass auch das relativ immobile Blei zu deutlichen Konzentrationen im Sickerwasser führen kann.

Anorganische Blei-Verbindungen werden in der VwVwS³ in die Wassergefährdungsklasse WGK2 (wassergefährdend) eingestuft. In der Grundwasserverordnung vom 18.3.1997 werden Bleiverbindungen in der Liste II aufgeführt, die Stoffe enthält, "die eine schädliche Wirkung auf das Grundwasser haben können". In der Trinkwasserverordnung von 1990 ist Blei auf 40 $\mu\text{g/l}$ begrenzt. In der BBodSchV wurde als Prüfwert für den Pfad Boden - Grundwasser 25 $\mu\text{g/l}$ festgelegt. In der Neufassung der EG-Trinkwasserrichtlinie von 1998 wird der Bleigrenzwert ab dem Jahr 2013 auf 10 $\mu\text{g/l}$ herabgesetzt. Mit einer Anpassung der Trinkwasserverordnung und des Prüfwertes der BBodSchV an die EG-Trinkwasserrichtlinie ist zu rechnen. Für Fließgewässer mit aquatischen Lebensgemeinschaften wird von der LAWA ein ökotoxikologisch abgeleiteter Sanierungswert von 8,5 $\mu\text{g/l}$ vorgeschlagen.

Die Mobilität von Blei im Boden ist in hohem Maße abhängig von der Bodenreaktion. Die Löslichkeit nimmt mit abnehmendem pH-Wert deutlich zu. Bei pH-Werten unter 4 weist Blei – insbesondere bei geringen Humus-, Ton- und Sesquioxid-Gehalten – eine hohe Mobilität auf [1].

³ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS vom 17.5.1999)

Hinsichtlich der Schwermetall-Aufnahme verhalten sich die Pflanzen in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften (v.a. pH-Wert, Bodenart, Humusgehalt) und der Nutzung (Acker, Grünland) sehr unterschiedlich. Bei den auf Ackerflächen vorherrschenden pH-Werten ist die systemische Aufnahme von Blei in der Regel gering. Die Transferfaktoren (=Verhältnis zwischen Boden- und Pflanzengehalten) schwanken bei Blei für verzehrbare Teile von Ackerfrüchten zwischen 0,001 und 0,1, wobei bei höheren Bodengehalten die Pflanzengehalte nicht in demselben Maße ansteigen wie die Bodengehalte. Besonders bei hohen Bodengehalten spielt die oberflächliche Verschmutzung von Ernteprodukten mit kontaminiertem Bodenmaterial eine entscheidende Rolle für die Belastung der Pflanzen. Beeinträchtigungen der Pflanzenqualität durch Bleianreicherungen im Boden sind seit langem bekannt. Bereits 1979 wurden für die Vermarktung und Verwertung von Nahrungspflanzen Richtwerte von der Zentralen Erfassung- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien aufgestellt (ZEBS-Richtwerte) [24]. Für die Vermarktung und Verwertung von Futterpflanzen sind die Vorschriften der Futtermittel-Verordnung rechtlich bindend [25]. Die lebensmittel- und futtermittelrechtlichen Vorschriften bildeten die Grundlage für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte im Boden für den Pfad Boden-Pflanze.

Trotz starker Unterschiede in der Wasserlöslichkeit unterscheiden sich die einzelnen Bleiverbindungen toxikologisch weniger stark. Symptome einer Bleivergiftung sind u.a. Abgeschlagenheit, Brechreiz, Muskelschwäche und Anämie. Im Niedrigdosisbereich sind für Blei insbesondere Wirkungen auf das zentrale Nervensystem v.a. bei Kindern, auf den Blutdruck sowie auf die Fruchtbarkeit bekannt. Die Aufnahme von Blei erfolgt im allgemeinen inhalativ, bei Kindern kann die Resorption im Magen-Darm-Trakt eine wesentliche Rolle spielen. Die dermale Aufnahme ist vernachlässigbar gering (siehe hierzu auch [23]).

Die Ableitungskriterien für die Ermittlung der Prüfwerte für die verschiedenen Nutzungsszenarien im Hinblick auf den Wirkungspfad „Boden-Mensch“ sind im Bundesanzeiger vom 28. August 1999, Beilage 161a unter „Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte“ veröffentlicht (diese gelten auch für die in den Kapiteln 6.2 bis 6.4. beschriebenen Schadstoffe).

6.2 Antimon (Sb)

Der geogene Grundgehalt von Antimon liegt je nach Ausgangssubstrat im Bereich von 0,1 - 2 mg/kg.

Der Antimon-Gehalt im Bleischrot beträgt 2,5 – 3,0 % (Legierungszusatz). Im korrodierten Bleischrot wurde es als Antimontrioxid (Sb_2O_3) nachgewiesen. Bei der Extraktion von frischem und oxidiertem Bleischrot wurden einerseits zunehmende Antimon-Gehalte bei fallenden pH-Werten festgestellt. Andererseits weist Antimon in Böden (gewöhnlich Antimontrioxid in Konzentrationen von

0,5 – 2 mg/kg) eine amphotere Mobilität auf, wobei es im basischen Milieu meist mobiler ist als im sauren Bereich. Dies steht im Zusammenhang mit einer zunehmenden Adsorption bei niedrigeren pH-Werten.

Das Antimon(III)-oxid (Sb_2O_3) wird aufgrund der relativ geringen Wasserlöslichkeit in die Wassergefährdungsklasse WGK 2 (**wassergefährdend**) eingestuft. Der Prüfwert der BBodSchV für den Pfad Boden – Grundwasser liegt bei 10 µg/l. In der Neufassung der EG-Trinkwasserrichtlinie von 1998 wird der Antimongrenzwert auf 5 µg/l herabgesetzt. Mit einer Anpassung der Trinkwasserverordnung und des Prüfwertes der Altlastenverordnung an die EG-Trinkwasserrichtlinie ist zu rechnen. Für aquatische Lebensgemeinschaften in Süßwasser legen die USA ein Qualitätskriterium von 30 µg/l zugrunde.

Die Aufnahme von Antimon erfolgt hauptsächlich über die Nahrung. Bei längerer inhalativer Exposition können sich Lungenerkrankungen ergeben. Antimonverbindungen sind sehr giftig und können schon bei geringen Mengen tödlich wirken. Antimontrioxid erwies sich in Tierversuchen eindeutig als karzinogen.

In der BBodSchV sind für Antimon keine Prüfwerte für den Direktpfad Boden-Mensch und den Pfad Boden-Nutzpflanze festgelegt. Für den Pfad Boden-Mensch berechnete das UBA für Park- und Freizeitflächen anhand der Ableitungskriterien der BBodSchV [18] einen Prüfwert von 250 mg/kg.

Für Antimon existieren bisher keine ZEBS-Richtwerte für Nahrungsmittel und keine Grenzwerte für Futtermittel.

6.3 Arsen (As)

Die Arsen-Hintergrundgehalte in Böden Bayerns liegen je nach Ausgangssubstrat und Bodenbeschaffenheit im Bereich zwischen < 1 mg/kg und 30 mg/kg Boden.

Im Bleischrot werden Arsen-Gehalte von 0,5 – 1,0 % festgestellt (Legierungszusatz). Bei der Extraktion aus frischem und oxidiertem Bleischrot lagen die Arsen-Gehalte im pH-Wertbereich von 2,5 bis 7,0 unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/l [13]. Arsen liegt im Boden überwiegend als fünfwertiges Arsenat vor. Die Arsenate zeigen ein ähnliches Löslichkeitsverhalten wie die homologen Phosphate, d.h. sie bilden mit Alkalimetallen leichtlösliche, mit Erdalkalimetallen und auch mit anderen Metallen wie z.B. Eisen schwerlösliche Salze. Ähnlich wie Antimon weist auch Arsen eine

amphotere Mobilität im Boden auf: Im saueren bzw. basischen Milieu ist Arsen mobiler als in Böden mit neutralem pH-Wert.

Alle in der VwVwS aufgeführten Arsenverbindungen werden in die Wassergefährdungsklasse WGK 3 (**stark wassergefährdend**) eingestuft. Der aus der Trinkwasserverordnung von 1990 übernommene Prüfwert der BBodSchV für den Pfad Boden – Grundwasser liegt bei 10 µg/l. Dieser Wert entspricht auch dem Qualitätsziel für aquatische Lebensgemeinschaften, der in der Schweiz festgelegt wurde.

Arsen wird hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen [14]. Wegen seiner humantoxikologischen Relevanz und seiner Bedeutung für die Qualität tierischer Lebensmittel bzw. für die Tiergesundheit gibt es auch für Arsen schon lange Richt- und Grenzwerte für die Vermarktung und Verwertung von Lebens- und Futtermitteln.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Konzentrationen, der geringen Löslichkeit und des hier relevanten Direktpfades der inhalativen Aufnahme ist die Arsenbelastung bei Wurfscheibenschießanlagen toxikologisch jedoch von untergeordneter Bedeutung.

6.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit Benzo(a)pyren (BaP)

PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung organischer Substanzen. Die Stoffgruppe der PAK ist umfangreich und vielgestaltig hinsichtlich der Stoffeigenschaften sowie der toxikologischen Relevanz. PAK kleinerer Molekülgröße (z.B. Naphthalin) sind leichtflüchtiger und in Wasser leichter löslich als größere (z.B. Fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen). Die Gehalte in den Umweltmedien werden in der Regel repräsentiert zum einen durch 6 ausgewählte Einzelsubstanzen der Trinkwasserverordnung und zum anderen in der Altlastenthematik durch die sog. 16 EPA-PAK⁴.

Der Gehalt an PAK lag in Wurfscheiben früher bei 5.000 bis 40.000 mg/kg. Bei der Herstellung der Wurfscheiben wurde Steinkohlen- oder Erdölpech bis zu 30 % als Bindemittel eingesetzt. Beide Materialien enthalten in unterschiedlichem Umfang PAK. Zwischenzeitlich wurden PAK-arme Scheiben mit Gehalten an PAK von 30 - 70 mg/kg und neuerdings PAK-freie Scheiben eingeführt.

Die Wasserlöslichkeit der meisten PAK ist relativ gering, die 2- und 3-Ring-Aromaten weisen dagegen eine deutliche Löslichkeit auf (z.B. Naphthalin 30 mg/l, Phenanthren 2 mg/l). Durch biologische

⁴ EPA: Environmental Protection Agency (US-amerikanische Umweltbehörde), PAK-Angaben beziehen sich in diesem Bericht immer auf PAK der EPA-Liste

und chemische Umwandlungsprozesse sowie durch organische Lösungsvermittler kann die Mobilität der PAK im Boden deutlich erhöht werden. Bei den bisher untersuchten Standorten läßt sich ein Schwerpunkt bei den 3- und 4-Ring-Aromaten erkennen. Die hohen PAK-Gehalte der Wurfscheiben sind auf die frühere Verwendung von Steinkohlenteerpech zurückzuführen. Steinkohlenteer ist in die Wassergefährdungsklasse 3 (**stark wassergefährdend**) eingestuft. Der aus der Trinkwasserverordnung von 1990 übernommene Prüfwert der BBodSchV für den Pfad Boden – Grundwasser liegt bei 0,2 µg/l für Summe PAK (ohne Naphthalin und Methylnaphthaline), für Naphthalin bei 2 µg/l. Die Zielvorgabe für aquatische Lebensgemeinschaften in Fließgewässern liegen in der gleichen Größenordnung (Int. Kommission zum Schutze des Rheins).

Leitsubstanz für die toxikologische Bewertung ist der Einzelstoff Benzo(a)pyren. Sein Gehalt im Boden ländlicher Gebiet liegt bei 0,01 – 0,1 mg/kg, in Gartenböden großstädtischer Regionen bei 0,1 – 1 mg/kg. Es ist schwerflüchtig und in Wasser kaum löslich (Löslichkeit der reinen Verbindung: wenige µg/l).

In der Luft liegt Benzo(a)pyren hauptsächlich an Partikel gebunden vor. Es wird überwiegend inhalativ und oral aufgenommen. Im Vordergrund der Bewertung steht die krebserzeugende Wirkung von Benzo(a)pyren.

Die Aufnahme von PAK aus dem Boden in die Pflanzen und die anschließende Bioakkumulation ist im Allgemeinen eher gering. Es wird im Boden, wenn überhaupt, nur an organische Partikel gebunden verfrachtet. Die pedogene Belastung des Futters mit PAK ist im Wesentlichen eine Folge der Verschmutzung durch anhaftendes Bodenmaterial.

Als Transferfaktoren werden in der Literatur Werte im Bereich von 0,001 bis 0,18 für PAK und im Bereich von 0,002 bis 0,33 für Benzo(a)pyren genannt.

Für PAK bzw. Benzo(a)pyren existieren bisher keine ZEBS-Richtwerte für Nahrungsmittel und Grenzwerte für Futtermittel.

7 Darstellung der Untersuchungsprogramme

7.1 Vorrecherchen, Plangrundlagen

Im Rahmen der Untersuchungen wurden in einem ersten Schritt vom LfU und LfW die jeweils zuständigen Landratsämter und Wasserwirtschaftsämter über die dort vorliegenden Daten zur Anlage und zur Standortcharakteristik befragt. Im Laufe der Untersuchungen wurde ein Fragenkatalog entwickelt, der die wichtigsten Fragen im Zuge der Vorrecherchen zusammenfasst (siehe Anhang 1).

Ergebnis der Vorrecherchen muss es sein, die Anlage hinsichtlich Geologie, Klima, Hydrogeologie, Boden sowie der Anlagencharakteristik bereits in diesem Stadium so umfassend als möglich beschreiben zu können. Durch die Untersuchung der Wurfscheibenschießanlage ist im Allgemeinen lediglich noch mit einem Erkenntnisgewinn über die bodenkundlichen Bedingungen und die Schadstoffgehalte zu rechnen.

Sehr wichtig für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist aussagekräftiges Kartenmaterial. Sollten keine Lagepläne der Anlage im Maßstab 1:1000 existieren, so sind diese durch das Untersuchungsbüro zu erstellen. Ein Auszug aus der jeweiligen Topographischen Karte 1:25.000 sowie der jeweiligen Flurkarte 1:5.000 sind für die Probennahmeplanung ebenfalls Voraussetzung.

7.2 Geländearbeiten

7.2.1 Vermessung und Kartierung

Ausgangspunkt für Winkel und Abstände war stets der mittlere Schützenstand. Durch Begehung wurden die Hauptniederschlagsbereiche der Zwischenmittel (Schrotkörbe) und der Wurfscheibenscherben aufgenommen. Ein Beispiel für die mögliche planliche Darstellung der verschiedenen Bereiche sowie der Belastungszonen zeigt Anhang 4.

Der Schrotniederschlagsbereich wurde durch Abgehen der Mittellinie und der beiden Seitenlinien erfasst. Dabei wurden ab 60 m Entfernung vom Schützen in 10 m-Abständen mit einem Probenstecher ($d = 85$ mm) Boden bzw. Auflage bis 5 cm Tiefe entnommen, in eine Edelstahlschüssel gegeben und die Zahl der Schrotkugeln gemäß der Einstufung in Tabelle 4 abgeschätzt. Die Abgrenzung des Schrotniederschlagsbereiches erfolgte auf jeder der o.g. Linien, bis keine Schrote mehr zu finden waren.

Tabelle 4: Einstufung der Schrotkugelbesatzes

Stufe	Zahl
0	0
1	1 – 10
2	10 – 50
3	50 – 100
4	>100

Zusatzmerkmale: (z.B.: 2_o⁺)
⁺: Anzahl im oberen Drittel
⁻: Anzahl im unteren Drittel
_o: Anzahl ermittelt durch oberflächlichen visuellen Befund auf ca. 20 x 20 cm² (Erklärung s.u. Bemerkungen zum Verfahren 2. Turet)

Bemerkungen zum Verfahren:

- Die Methode eignet sich aufgrund der relativ schnellen Bestimmung der unterschiedlichen Schrot-immissionsbereiche gut zur Eingrenzung der Immissionszonen bei sandigen und kiesigen Böden oder Auflagehorizonten.
- Die Methode eignet sich nicht bei Ackernutzung und tonigen Böden, da die Kugeln untergearbeitet sind, bzw. nicht von der Tonmatrix zu unterscheiden sind. Hier kann das Feld nur oberflächlich betrachtet werden (Stufenkennzeichnung: 1_o, 2_o usw. „O“ steht hierbei für oberflächlich). Der Betrachtungsbereich ist zu definieren. Ein Feld von 20 cm auf 20 cm ist ausreichend.
- Eine relative Einstufung durch +/- Angabe ist sehr hilfreich, z.B. S2⁺ bei knapp über 10 Kugeln.

7.2.2 Auswirkungen der Geländesituation auf die Ausbreitung der Schrote

Erwartungsgemäß wurden bei Vorhandensein von Böschungen und Hängen im Bereich des Schrot-immissionsgebietes die meisten Schrote vorgefunden. Interessanterweise konnten jedoch selbst Böschungen mit ca. 20 m Höhe (Anlagen 2, 7 und 10) in ca. 100 m Entfernung zum Schützen die Bleischrote nicht vollständig abfangen, so dass auch oberhalb der Hänge noch relevante Bleischrotmengen festgestellt werden konnten. Einen Einfluss auf die Gesamtflugweiten hatten selbst hohe Hänge bis 25 m nicht. Auch Waldbestand auf den Hängen hatte keinen Einfluss auf die Gesamtflugweiten der Schrote. Bei der Begehung einer Wurfscheibenschießanlage zur Festlegung der Probennahmestellen muss somit stets von einem Immissionsbereich bis ca. 210 m ausgegangen werden, bei abfallendem Gelände entsprechend noch weiter.

7.2.3 Probennahme Trap- und Skeetanlagen

7.2.3.1 Vorbemerkung

Die Grundlage für die Probennahmeplanung war das sog. „Minimaluntersuchungsprogramm für Wurfscheibenschießanlagen“ des LfU (siehe Anhang 2). Bei kombinierten Anlagen wurde jeweils nur entweder die Trap- bzw. die Skeetanlage untersucht. Auswahlgründe waren hierbei die Intensität der Nutzung der verschiedenen Anlagenteile, evtl. unterschiedliche Betriebsdauern und nicht zuletzt die Zugänglichkeit der potentiellen Probennahmebereiche. Welcher Anlagenteil bei den jeweiligen Anlagen untersucht wurde, ist in Kapitel 5 aufgeführt.

Um herauszufinden, ob durch eine Verdoppelung der Probennahmepunkt-Anzahl gegenüber dem Minimaluntersuchungsprogramm ein dem finanziellen Aufwand (ca. 1/3 Mehrkosten) entsprechender Erkenntnisgewinn zu erhalten ist, wurde bei 6 Anlagen die Probennahmepunkt-Anzahl wie folgt geändert: im Schrotbereich 6 Punkte statt 3, im Wurfscheibenbereich 3 Punkte statt 1 Punkt. Der Vergleich der beiden Untersuchungsprogramme ist in Kapitel 13.1.2 aufgeführt.

Die Beprobung umfasste somit

- einen Referenzpunkt zur Erfassung der örtlichen Hintergrundwerte,
- einen oder drei Probennahmepunkte im Hauptimmissionsgebiet für Wurfscheibenscherben und
- drei oder sechs Probennahmepunkte im Hauptimmissionsgebiet für Bleischrot.

Eine ausführliche Arbeitsanweisung für die Technik der Probennahme sowie exemplarisch ausgefüllte Probennahmeprotokolle finden sich in Anhang 3.

Die Probennahmestellen wurden an den jeweiligen Winkelhalbierenden der maximalen Schrot-Immissionsbereiche und der jeweiligen Mittellinie positioniert (s. Abbildung 3). Die Probennahmestelle(n) für die Wurfscheiben lag(en) dabei im Zentrum der Wurfscheibenscherbenzone(n). Bei Skeetanlagen bilden sich jeweils drei Zentren heraus. Bei Anlagen, die durch das Minimaluntersuchungsprogramm untersucht wurden, stand nur ein Probennahmepunkt für diesen Bereich zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde jeweils der Immissionsbereich einer der seitlichen Wurfbereiche beprobt, da hier bei Skeet-Anlagen mehr Wurfscheiben niedergehen als in der Mittelzone. Bei Trapanlagen liegt das Hauptimmissionsgebiet für Wurfscheiben dagegen senkrecht zum Schützen, mit einer mehr oder weniger gleichmäßigen Streuung der Scheiben über den gesamten Immissionsbereich. Zu den Rändern des Immissionsbereichs dünnt die Beaufschlagung jedoch aus. In der Schrotzone wurden die Probennahmestellen jeweils in die Bereiche gelegt, in denen bei der Ortsbegehung die höchsten Schrotkugelbesatze festgestellt wurden (siehe Kapitel 7.2.1)

Die Darstellung der Lage und der Charakteristik der Probennahmestellen im Gutachten gemäß folgendem Muster in Tabelle 5 hat sich bewährt. Zu beachten ist in Tabelle 5 auch die Darstellung der beprobten Tiefenstufen.

Tabelle 5: Beispiel für die Beschreibung der Lage und Charakteristik der Probennahmestellen

PN-stelle	Lagebeschreibung	Abst. v. Trapanlage (m)	Profil-aufnahme		beprobte Tiefenstufe n (cm)	Vegetation	Besonderheiten
			RKS	Grab-ung			
R	südwestlich des Trapstandes Referenzpunkt	-	x		-12, -40, -100	Gras	
W1	Mittellinie im Immissionszentrum Wurfscheiben	60	x		-5, -10, -15, -25, -35, -45	Gras	
S1	Seitenlinie links Immissionszentrum Bleischrot	120		x	-5, -10, -15	Ruderal	Böschung, Neigung 40°

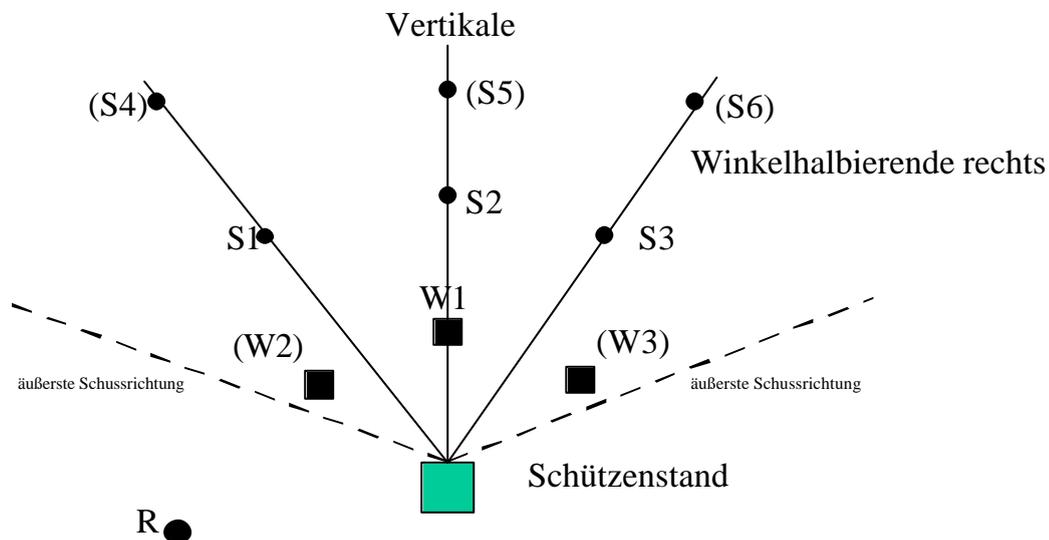


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Anordnung der Probennahmepunkte

(Anm.: die Lage der Probennahmepunkte bei Trap- und Skeetanlagen unterscheidet sich lediglich durch die bei Trapanlagen kleineren Winkel der Winkelhalbierenden und die in einem engen Bereich zusammenliegenden Probennahmepunkte im Wurfscheibenbereich (W 1-3). Die Probennahmestellen in Klammern wurden nur bei dem erweiterten Untersuchungsprogramm untersucht.)

7.2.3.2 Referenzpunkt

Zur Ermittlung der durch schießanlagen-spezifische Schadstoffe nicht beeinträchtigten Bodeneigenschaften wurde außerhalb der Scherben- und Schrotniederschlagszone eine Rammkernsondierung ($d = 60$ mm, Kleinrammbohrung DIN 4021) ausgeführt. Am Bohrkern wurde eine Profilansprache gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung [15] durchgeführt. Dabei wurden neben der Aufnahmesituation (Relief, Nutzung, Vegetation) die Bodenart, -farbe, -feuchte sowie Humus- und Karbonatgehalt (halbquantitativ mit 10%-Salzsäure) erfasst. Die bodenkundlich differenzierten Horizonte wurden beprobt und jeweils in PE-Becher und Schraubdeckelgläser abgefüllt.

7.2.3.3 Probennahmestellen im Wurfscheiben- und Schrotbereich

7.2.3.3.1 Horizontproben

Zur Aufnahme und Beprobung des Bodenprofils wurde jeweils im Zentrum der jeweiligen Probenahmestelle eine Rammkernsondierung ($d = 60$ mm) ausgeführt. Die Profilansprache und die Beprobung erfolgten analog Kapitel 7.2.3.2.

7.2.3.3.2 Profilgrube

Die Profilgrube im Bereich des Schrot-Immissionsmaximums wurde mit Schaufel, Spaten und Pickel mit den Maßen $0,8 \times 1,0$ m und einer Tiefe von ca. $1,0$ m angelegt (Beispiel siehe in Abbildung 4). Die bodenkundliche Ansprache erfolgte wie oben beschrieben. Zusätzlich wurden das Bodengefüge und die Ausprägung von Hohlräumen (Poren, Risse, Röhren) beschrieben. Aus jedem Horizont wurden Proben entnommen und in einen $0,5$ l-Becher (für die Bodenbeschaffenheitsparameter) und einen 5 l-Eimer (für Sieb-/Schlamm-analyse) abgefüllt. Die Profilgrube diente der im Vergleich zu Rammkernsondierungen verbesserten Bodenansprache.



Abbildung 4: Beispiel für eine Profilgrube

7.2.3.3.3 Intervallproben im Wurfscheiben- und Schrotimmissionsbereich

Die tiefenbezogene Intervallbeprobung erfolgte an jeder Probennahmestelle durch Einschlagen einer Schappe (l = 0,5 m, d = 50 mm) an 7 Einstichstellen (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7) gemäß dem in Anhang 2 dargestellten Beprobungsschema. Die Bohrkerne wurden entsprechend in die in Abbildung 8 dargestellten Tiefenstufen aufgeteilt und entnommen. Die Einzelproben der verschiedenen Tiefenstufen aus den 7 Einstichen wurden jeweils in Edelstahlwannen tiefenbezogen zusammengeführt (siehe Abbildung 5). Die Flächenmischproben wurden händisch unter Verwendung von Einweghandschuhen zerkleinert, homogenisiert, geviertelt und aus gegenüberliegenden Vierteln in Schraubdeckelgläser (braun, 500 ml) abgefüllt. Bei Proben mit hohem Schrot- bzw. Scherbenanteil wurden 2 Gläser befüllt, um ausreichend Probenmaterial für Eluatuntersuchungen zu erhalten.



Abbildung 5: Edelstahlwannen für die Probenhomogenisierung

Falls vorhanden, wurde an den Probennahmestellen die organische Auflage (L-, Of-, Oh-Horizonte) beprobt. Dazu wurde mit einer Spachtel ein Quadrat von 10 cm x 10 cm ausgestochen, die Auflage mit der Spachtel vom Mineralboden getrennt und ohne Schrotverlust in einen PE-Becher gegeben.

Bei Ackerstandorten wurde wie oben beschrieben vorgegangen. Die Probennahme erfolgte aus dem Ap-Horizont (ca. 0 - 30/35 cm) und des darunter liegenden Horizontes bis 50 cm Tiefe (siehe Abbildung 9).

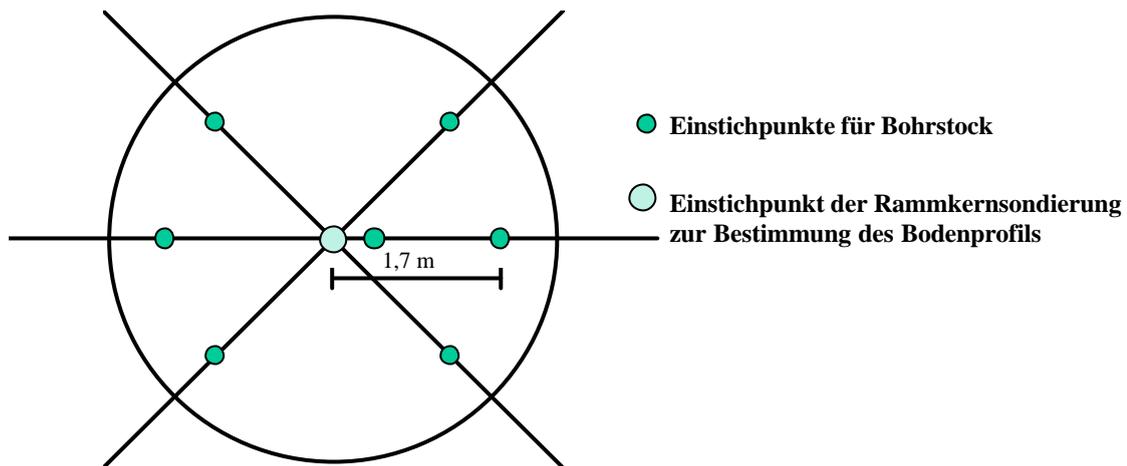


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Lage der Einstichpunkte zur Entnahme der Flächenmischproben im Bereich der Scheibensplitterzone und der Bereiche mit Bleischrotimmissionen

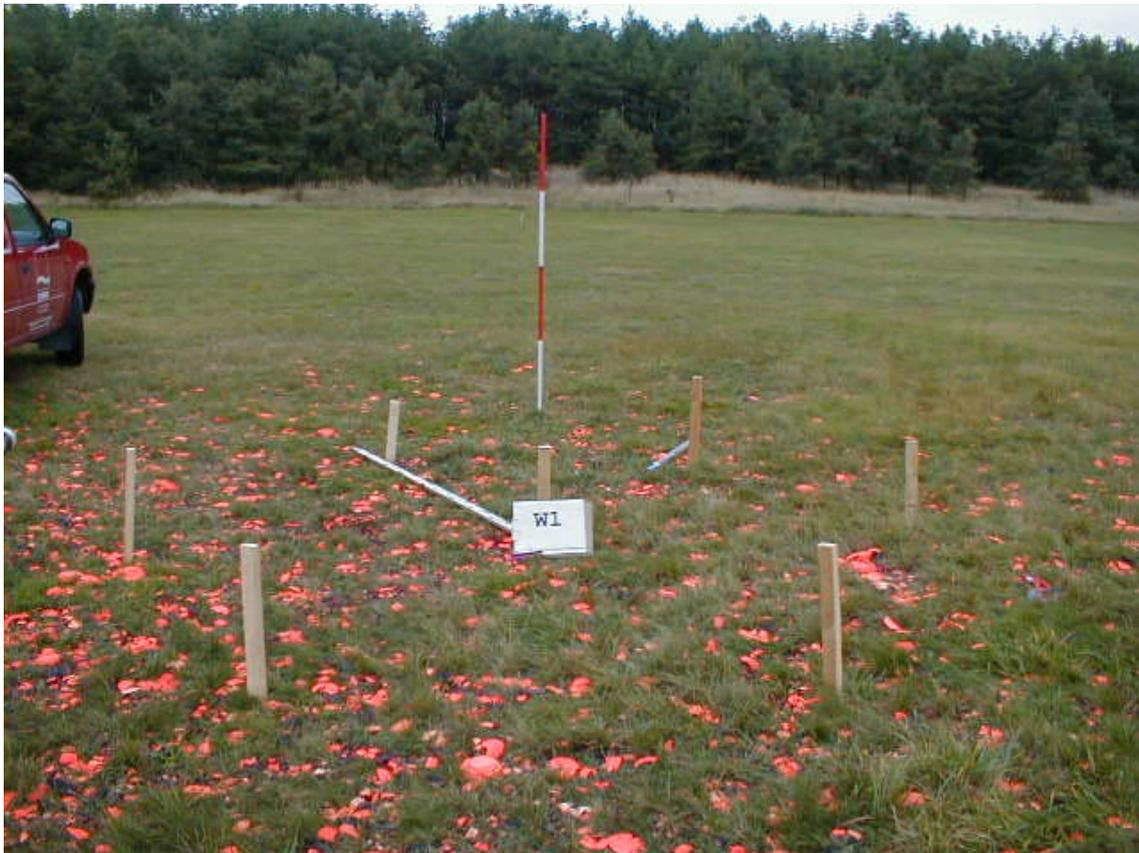


Abbildung 7: Beispiel für eine Probennahmestelle zur Entnahme der Flächenmischproben im Bereich der Wurfscheibensplitterzone

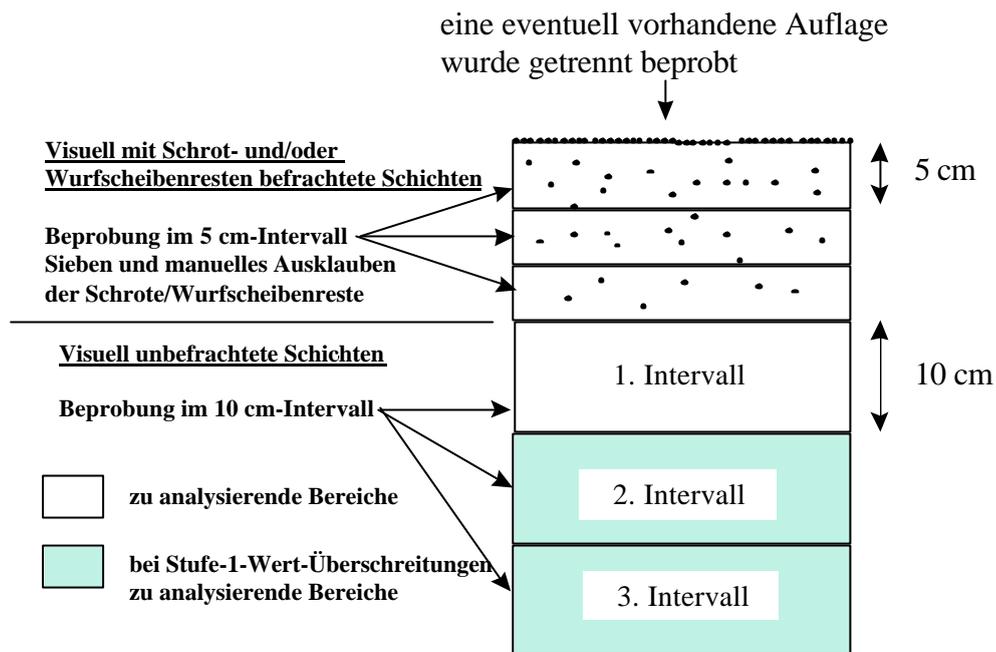


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Entnahmetiefen (außer für landwirtschaftliche Nutzflächen)

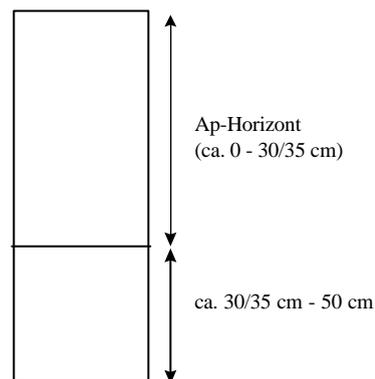


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Entnahmetiefen für landwirtschaftliche Nutzflächen

7.2.3.3.4 Probe für Säulenversuche

Bei 6 Anlagen (siehe Anlagensteckbriefe in Kapitel 5) wurde in den Wurfscheibenbereichen zur Bestimmung der eluierbaren PAK- und Benzo(a)pyren-Gehalte zusätzlich Material zur Durchführung eines Säulenversuches nach DIN V 19736 entnommen. Dazu wurde mittels eines Probenstechers ($\varnothing_{\text{innen}}$: 85 mm, Höhe: 100 mm) jeweils an 4 Stellen im Bereich eines Probennahmepunktes Material entnommen. Um möglichst unterschiedliche Testbedingungen zu erhalten, wurden die Tiefenstufen variiert. In einem Fall (Anlage 10) wurde die Tiefenstufe 0 - 10 cm beprobt. Bei den Anlagen 7 und 12 wurde jeweils die Tiefenstufe 0 - 30 cm beprobt und bei den Anlagen 1, 3 und 5 wurden die

Tiefenstufen 0 - 10, 10 - 20 und 20 - 30 cm beprobt und jeweils getrennt analysiert. Zur Auswertung der Säulenversuche siehe Kapitel 13.1.3.2.

7.2.4 Probennahme Jagdparcours incl. Kipp- bzw. Rollhase

Die Beprobung eines Jagdparcours unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der Beprobung einer Trap- bzw. Skeetanlage. Da sich jedoch die Wurfscheiben- und Schrotimmissionszonen durch die zusätzlichen Wurfmaschine(n) mit in weiten Bereichen verstellbaren Auswurfwinkeln und -höhen individuell stark unterscheiden können, ist die Festlegung der Probennahmepunkte stets einzelfallspezifisch durchzuführen. Ein Probeschießen ist hierfür sehr hilfreich. Beim Kipp- bzw. Rollhasen ist der Hauptimmissionsbereich visuell einigermaßen zuverlässig zu bestimmen. Bei dem im Zuge des Kooperationsmodells beprobten einen Kipphasenstand lag der visuell am höchsten beaufschlagte Bereich ca. 5 m vor dem Kipphasen. Es wurde mit einem Probenstecher ($\varnothing_{\text{innen}}$: 85 mm, Höhe: 100 mm) an einer Stelle Material von 0-10, 10-20 und 20-30 cm Tiefe entnommen.

7.2.5 Probennahme Oberflächengewässer und Sediment

Wasserproben aus Oberflächengewässern wurden wie folgt entnommen: ein Schöpfgerät (PE-Eimer an Aluminiumteleskopstange) wurde mehrmals in ca. 0,3 m Wassertiefe eingetaucht. Der Abstand vom Ufer betrug ca. 3 m. Das geschöpfte Wasser wurde abgefüllt in eine 1 l PE-Flasche, eine 0,5 l PE-Flasche mit HNO₃-Vorlage für Schwermetallbestimmung und eine 1 l-Glasflasche mit Schliffstopfen für die PAK-Analysen.

Für die Sedimentbeprobung wurden mit einem Probenstecher oder einer Schaufel an 5 Stellen Sedimenteinzelprouben entnommen, in eine Edelstahlschüssel gegeben, homogenisiert und eine Teilmischprobe in ein Braunglas 500 ml abgefüllt (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Sedimentprobennahme mittels Probe nstecher

7.3 Probennahme in schwierigem Gelände

Bei starker Hangneigung war die Ausführung von Rammkernsondierungen bzw. Handbohrungen teilweise nicht möglich. In diesen Fällen wurden statt dessen Grabungen in der Böschung ausgeführt, wobei auf die Erstellung von Mischproben verzichtet wurde.

7.4 Unterschiede zum UMK-Bericht

Die Beprobung der Wurfscheibenschießanlagen wurde sehr eng an das im UMK-Bericht in Kapitel 5.2.1.2 beschriebene Vorgehen angeknüpft. Folgende Modifikationen waren für das Untersuchungsprogramm jedoch erforderlich:

Um die notwendige Aussagesicherheit über den am jeweiligen Standort im Schrotimmissionsmaximum vorliegenden Bodentyp zu erhalten, wurde wie in Kapitel 7.2.3.3.2 beschrieben, jeweils eine Profilgrube bis in 1 m Tiefe errichtet. **Für Standarduntersuchungen kann jedoch auf eine Profilgrube verzichtet werden.**

Die im UMK-Bericht in Kapitel 5.2.1 zur Abgrenzung der Belastungsbereiche vorgeschlagene „Spaltenprobe“ wurde durch das in Kapitel 7.2.1 beschriebene Verfahren mittels Probenstecher und Auszählen der Schrote verfeinert.

Im UMK-Bericht wird in Kapitel 5.2.1.2 für die Bodenprobennahme standardmäßig die Verwendung eines Bohrstocks empfohlen. Die Untersuchungen zeigten, dass die Verwendung eines Bohrstocks bei schwierigen Bodenverhältnissen, v.a. durch Kernverluste, teilweise unmöglich wird und oft sehr beschwerlich ist. Die Wahl des Entnahmeverfahrens muss somit stets von den Standortgegebenheiten abhängig gemacht werden. Vorgaben für die Beprobung bei schwierigen Untergrundverhältnissen sowie Handlungsempfehlungen für weitere Untersuchungen sind in Kapitel 13.1.2 beschrieben.

8 Probenvorbereitung und Analytik

Die im UMK-Bericht in Kapitel 5.2.1.3 sehr allgemein gehaltenen Empfehlungen zur Probenvorbereitung und Analytik mussten für die Untersuchung der 13 Wurfscheibenschießanlagen spezifiziert werden. Die in Kap. 8.1 aufgeführten Arbeitsschritte sind weitgehend identisch mit den Vorgaben aus [1, 9 und 16] bzw. ergänzen diese. Für die Modelluntersuchungen wurden zusätzlich zu den Vorgaben des UMK-Berichts [1] von den visuell belasteten Proben Eluatanalysen durchgeführt, um zu prüfen, ob daraus relevante Erkenntnisgewinne für die Abschätzung des Emissionspotentials resultieren. Um bei künftigen Untersuchungen von Wurfscheibenschießanlagen vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, sollte nur in begründeten Ausnahmefällen von den unten angeführten Verfahren zur Probenvorbereitung und den vorgegebenen Analysenverfahren abgewichen werden.

Aus den Untersuchungen abgeleitete Handlungsempfehlungen für künftige Analysen sind in Kapitel 13.1.3 beschrieben.

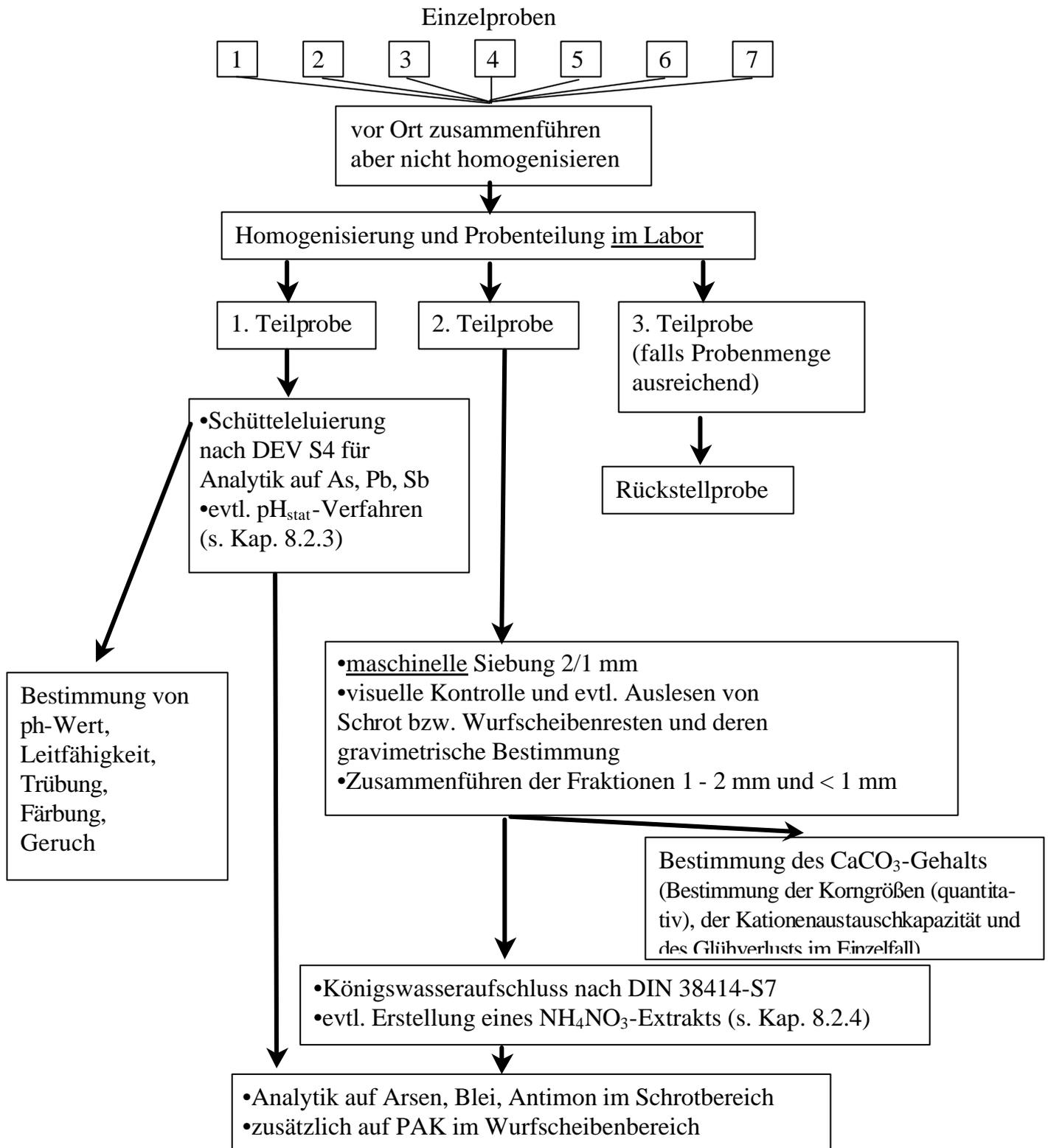
8.1 Probenvorbereitung

8.1.1 Probenvorbereitung Standarduntersuchungen

Wichtigstes Ziel der Probenvorbereitung für Untersuchungen der Originalsubstanz bei Proben aus den Bereichen der Schrotimmissionen und den Wurfscheibendepositionen (und bei landwirtschaftlichen Nutzflächen des Ammoniumnitratextraktes) war es, die Schrot- bzw. Wurfscheibenscherbenanteile vollständig zu entfernen, da die Analytik nur die schon in die Bodenmatrix übergegangenen Schadstoffanteile erfassen sollte. Im Gegensatz hierzu wurden bei der Eluatherstellung die Schrot- bzw. Wurfscheibenscherbenanteile in der Probe belassen, da dies die Verhältnisse vor Ort besser repräsentiert.

Im Folgenden wird ein Schema zur Probenvorbereitung für die Untersuchung auf Arsen, Blei, Antimon und PAK aufgeführt. Die für die Untersuchungen der 13 Wurfscheibenschießanlagen angewandte Probenvorbereitungsmethode unterschied sich hiervon geringfügig, die Unterschiede sind jedoch nicht von Relevanz, so dass auf eine Darstellung desselben verzichtet wird.

Fließschema Aufbereitung/Analyse für visuell befrachtete und unbefrachtete Schichten



Die Schadstoff-Gehalte in der Festsubstanz (Antimon, Arsen, Blei, in der Scherbenzone zusätzlich polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)) wurden in den visuell mit Schrot bzw. Scherben befrachteten Schichten und zusätzlich in der nächsttieferen Schicht untersucht. Dazu wurde aus den Proben die Schrot- und Scherbenfraktion durch Siebung bei 2 und 1 mm **und manuellem Ausklauben** entfernt.

Für die Eluat-Herstellung nach DIN 38414-S4 und für die Säulenversuche wurde die Gesamtprobe herangezogen. Bei Überschreitung des Stufe-1-Wertes des LfW-Merkblatts 3.8-10 [22] im Original oder im Eluat wurde der entsprechende Parameter in der nächsttieferen Schicht untersucht.

8.1.2 Probenvorbereitung Säulenversuche

Die Proben wurden zunächst über ein Sieb der Maschenweite 20 mm gesiebt, um das Grobkorn abzutrennen. Nach Teilung der resultierenden Fraktion ≤ 20 mm mit einem Riffelteiler wurde eine Teilprobe für die Originalsubstanz-Untersuchungen wiederum über ein Sieb der Maschenweite 2 mm gesiebt. Aus diesem Siebgut erfolgten die Analysen der PAK-Gehalte des Feinkornanteils. Der Siebrückstand wurde in einem Mörser pulverfein zermahlen und für die Untersuchung der Fraktion $> 2 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$ herangezogen.

Die Untersuchung der PAK in der Kornfraktion $> 2 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$ wurde nur an den Proben vorgenommen, bei denen die Teerscherben einen erheblichen Anteil an dieser Kornfraktion stellten.

Das Gesamtgewicht sowie die Massen jeder einzelnen Siebfraktion wurden ermittelt und festgehalten.

Säulenuat

Die Elution erfolgte in Glassäulen mit 7 cm Durchmesser mit einer Höhe von 17 cm und somit einem Fassungsvermögen von 650 ml bei einem Querschnitt von 38 cm^2 . Der Aufbau der Säulen entspricht dem Vorschlag in dem Entwurf DIN V 19736. Die Probe wird luftblasenfrei zwischen 2 Filterschichten aus geglühtem Quarzsand in die Säule gefüllt.

Als Eluent diente Leitungswasser, welches über PTFE-Schläuche mittels regulierbarer Mehrkanal-Peristaltikpumpe entgegen der Schwerkraft durch die senkrecht montierten Säulen gepumpt wurde. Die Blindwertkontrolle erfolgte durch Elution einer Säule, welche nur mit den entsprechenden Mengen der Filtermaterialien (Glaswolle und Quarzsand) gefüllt war. Der Ablauf der Säulen erfolgte über Edelstahlleitungen in braune Glasflaschen, in denen als Extraktionsmittel 20 ml n-Hexan vorgelegt waren, um Adsorptionseffekte und eventuellen biologischen Abbau zu verhindern. Die Bestimmung der PAK-Gehalte im Eluat erfolgte nach Ausrühren der Probe mit dem vorgelegten Hexan und anschließender Analyse des organischen Extraktes mittels HPLC. Der Ansatz der Proben erfolgte in

einer Doppelbestimmung mit unterschiedlichen Probenmengen, um feststellen zu können, ob die Elution unter Gleichgewichtsbedingungen abläuft.

Der Elutionsversuch wurde anschließend nochmals mit geringerer Flussrate wiederholt.

8.2 Analytik

8.2.1 Allgemeine Hinweise

Bei der Analytik ist nach BBodSchV zu verfahren.

Tabelle 6 zeigt den Standarduntersuchungsumfang, der bei allen Anlagen angewendet wurde.

Anmerkungen zur Tabelle 6: Falls in Schichten unterhalb 10 cm Schrote bzw. Wurfscheibenscherben visuell feststellbar waren, so wurden ihre Anteile auch in diesen Schichten bestimmt.

Die Bestimmung der Kationenaustauschkapazität, die qualitative Carbonatbestimmung sowie die Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Schlämmanalyse, die am jeweiligen Referenzpunkt durchgeführt wurden, dienten zur Vervollständigung der bodenkundlichen Beschreibung des Standorts mit dem Ziel der Prüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Wurfscheibenschießanlagen. Für künftige Untersuchungen von Wurfscheibenschießanlagen kann auf diese Untersuchungen verzichtet werden.

Die Schadstoffparameter wurden im Original **und** im Eluat jeweils solange in die Tiefe bestimmt, bis beide Werte die entsprechenden Stufe-1-Werte des LfW-Merkblatts 3.8-10 unterschritten (siehe Abbildung 8).

Auf landwirtschaftlichen Flächen wurden zusätzlich aus der Fraktion < 2 mm die pflanzenverfügbaren Gehalte an Arsen, Antimon und Blei im Ammoniumnitratextrakt in mg/l bestimmt.

Tabelle 6: Standarduntersuchungsumfang

FMP WSZ		FMP BSZ		HP 1m		P		R	
- 5	Sb, As, Pb, PAK, SF, WF	- 5	Sb, As, Pb, SF, WF	O	GV, CO ₃ hq, pH _(CaCl2)	O	GV, CO ₃ q, pH _(CaCl2)	O	
- 10	- " -.	- 10	- " -.	A	GV, CO ₃ hq, pH _(CaCl2)	A	KGV, GV, CO ₃ q, pH _(CaCl2)	A	Sb, As, Pb, PAK, KAK, pH _(CaCl2)
- 20	Sb, As, Pb, PAK	- 20	Sb, As, Pb						
				B1	CO ₃ hq, pH _(CaCl2)	B1	KGV, GV, CO ₃ q, pH _(CaCl2)	B1	Sb, As, Pb, PAK, KAK, pH _(CaCl2)
- 30	*	- 30	*						
				B2	CO ₃ hq, pH _(CaCl2)	B2	KGV, GV, CO ₃ q, pH _(CaCl2)	B2	KAK
- 40	*	- 40	*						
				C	CO ₃ hq pH _(CaCl2)	C	KGV, GV, CO ₃ q, pH _(CaCl2)	C	
- 50	*	- 50	*						

* weitere Analysen bei Überschreitung der jeweiligen Stufe-1-Werten in den untersuchten Schichten.

Bei allen Proben wurden vor Ort mittels Fingerprobe die Bodenart und der Humusgehalt bestimmt.

Abkürzungen:

FMP: Flächenmischprobe aus 7 Einstichen

WSZ: Wurfscheibenscherbenzone

BSZ: Bleischrotzone

R: Referenzpunkt

KAK: Kationenaustauschkapazität

q: quantitativ

KGV: Korngrößenverteilung (Bodenart)

SF : Schrotfraktion

WF : Wurfscheibenscherbenfraktion

P : Profilgrube (Aufnahme gem. Bodenkundlicher Kartieranleitung)

GV : Glühverlust (Humusgehalt)

hq : halbquantitativ vor Ort

HP : Rammkernsondierung 1 m zur Horizontbeprobung (1 je FMP)

8.2.2 Säulenversuche

Für die Untersuchung der Säuleneluat wurde der Ablauf der Säulen in Braunglasflaschen aufgefangen, in denen als Extraktionmittel 20 ml n-Hexan vorgelegt waren. Die Bestimmung der PAK-Gehalte im Eluat erfolgte nach Ausrühren der Probe mit dem vorgelegten Hexan mittels HPLC.

8.2.3 pH_{stat} -Versuche

pH_{stat} -Versuche werden gemäß Merkblatt 3.8-1 des LfW [22] notwendig, wenn die Gehalte der Originalsubstanz den Stufe-2-Wert überschreiten, im Eluat jedoch den Stufe-1-Wert unterschreiten. Das Verfahren zur Ermittlung der Stoffkonzentration im Eluat nach dem pH_{stat} -Verfahren ist ausführlich beschrieben in den Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 6, herausgegeben vom Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1992).

8.2.4 Ammoniumnitratextrakte

Ob von anorganischen Schadstoffen wie Blei oder Arsen ökotoxische Wirkungen ausgehen, wird, von den Expositionsbedingungen abgesehen, durch ihre mobilen Anteile im Boden bestimmt. Die Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit dieser Stoffe kann durch die Bestimmung der Gesamtgehalte (Königswasser-Extraktion) im Boden nicht ausreichend erfasst werden. Auch die Elution mit Wasser (DEV S-4 Eluat) erfüllt dies nur unzulänglich.

Mit der Ammoniumnitrat-Extraktion zur Ermittlung mobiler Spurenstoffe in Mineralböden wurde eine Grundlage für eine praktikable Ermittlung mobiler Gehalte gelegt. Durch die Extraktion mit Ammonium-Nitrat (1 mol/l) werden sowohl austauschbare Metallionen, leicht lösliche Metallkomplexe und wasserlösliche Verbindungen erfasst.

Der Ammonium-Nitrat-Wert dient zur Abschätzung der Gehalte in den Pflanzen bzw. im Aufwuchs und damit zur Einschätzung möglicher Überschreitungen von Grenz- und Richtwerten bei Lebens- und Futtermittel.

8.2.5 Bodensättigungsextrakte

Für die Abschätzung der Stoffkonzentration anorganischer Schadstoffe (Blei, Antimon, Arsen) im Sickerwasser wurden Elutionen nach dem DEV-S4-Verfahren (DIN 38414-4) durchgeführt. In der BBodSchV wird neben diesem Verfahren insbesondere auch der Bodensättigungsextrakt (BoSE) als Regelverfahren angegeben (Anhang 1, Nr. 3.3 BBodSchV). An drei Anlagen wurden deshalb jeweils an einem Probennahmepunkt aus allen Tiefenstufen eine BoSE-Extraktion hergestellt, um die Anwendbarkeit dieses Verfahrens bei Wurfscheibenschiessanlagen zu überprüfen. Ein Vergleich der BoSE-Gehalte mit den S4-Gehalten zeigte für Blei und Antimon deutlich höhere Werte im BoSE. Dies wird zum einen darauf zurückgeführt, dass beim BoSE-Verfahren nur die Fraktion < 2 mm ex-

trahiert wurde, in der von einer deutlichen Anreicherung der Schadstoffe auszugehen ist und zum anderen das Wasser-Feststoff-Verhältnis beim S4-Verfahren mit 10:1 deutlich höher ist als beim BoSE (im Mittel 1:2).

Aus folgenden Gründen wurde auf die Anwendung des Bodensättigungsextraktes als Regelverfahren für die Abschätzung der Sickerwasserkonzentration bei der Untersuchung von Wurfscheibenschießanlagen verzichtet:

- Das BoSE-Verfahren wurde zur Bestimmung des Salzgehaltes in Salzböden entwickelt und ist nicht auf Altlastenuntersuchungen, sondern insbesondere auf die Bestimmung von leicht löslichen Stoffen zugeschnitten.
- Das BoSE-Verfahren ist relativ aufwendig und umfasst viele Arbeitsschritte. Der Arbeitsschritt „Wasserzugabe bis zum Erreichen der Fließgrenze“ ist nicht eindeutig festgelegt. Dies wirkt sich nachteilig auf die Reproduzierbarkeit der Methode aus.
- Bei grobkörnigen Böden ist die BoSE-Methode verfahrensbedingt nicht anwendbar, bei feinkörnigen Böden kann die Filtration Probleme bereiten und die gewonnene Eluatmenge nicht ausreichen. Damit ist eine Vergleichbarkeit der BoSE-Ergebnisse mit herkömmlichen DEV-S4-Untersuchungen in vielen Fällen nicht mehr möglich und die Anwendbarkeit nicht bei allen Standorten gegeben.
- Das BoSE-Verfahren wurde bisher im Bereich der Untersuchung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen nicht eingesetzt und widerspricht damit der Forderung der BBodSchV, bevorzugt praxiserprobte Verfahren bei der Emissionsabschätzung einzusetzen.
- Der Bodensättigungsextrakt ist aus der Feinkornfraktion (< 2 mm) herzustellen. Damit ist die Anwendbarkeit bei Wurfscheibenschießanlagen nur auf die schrotfreien Bodenproben beschränkt.

Auf die Herstellung von Bodensättigungsextrakten sollte deshalb bis auf Weiteres bei der Untersuchung von Wurfscheibenschießanlagen verzichtet werden.

9 Simulationsmodelle zur Abschätzung der Schadstoffmobilität

9.1 Prüfung der Anwendbarkeit des DVWK-Modells zur Beurteilung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen

Für die Abschätzung der von Wurfscheibenschießanlagen ausgehenden Gefährdung ist die Fähigkeit des Bodens, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren, von großer Bedeutung. Wird die in der Bodenmatrix gebundene Schwermetallfraktion vom Boden wirksam immobilisiert, so verringert sich die Gefahr von Transfers in andere Umweltbereiche, wie z.B. eine Pflanzenaufnahme oder eine Verlagerung ins Grundwasser. Die Immobilisierung der Schwermetallvorräte im Oberboden und die Gefährdung des Grundwassers kann nach der im DVWK-Merkblatt 212 (1988) [17] beschriebenen Methode qualitativ abgeschätzt werden. Die Anwendbarkeit des Modells auf Wurfscheibenschießanlagen wurde im Rahmen der Untersuchungen überprüft.

Die Methode bewertet die Immobilisierung der Schwermetalle Cd, Mn, Ni, Co, Zn, Al, Cu, Cr, Pb, Hg und Fe in Oberböden anhand einer für jedes Schwermetall spezifischen pH-Wert abhängigen relativen Bindungsstärke. Für hohe Ton-, Humus- und Sesquioxidgehalte werden schwermetallspezifische Zuschläge vergeben, da diese Bodenbestandteile Schwermetalle binden und immobilisieren können.

Zur Einschätzung der Gefährdung des Grundwassers werden auch die Eigenschaften des Unterbodens, die Grundwasserbeeinflussung des Bodens und die klimatische Wasserbilanz durch Zu- bzw. Abschläge in die Bewertung einbezogen. Als Endergebnis werden die Bindungsstärke des Bodens und die Grundwassergefährdung ordinal skaliert bewertet.

Das ordinale Bewertungsergebnis stellt eine qualitative, aber keine quantitative Aussage dar. Die Methode ist geeignet, um anhand einfach zu erhebender Parameter eine erste Abschätzung der Grundwassergefährdung treffen und Böden relativ zueinander bewerten zu können. Die Methode weist jedoch, insbesondere für die Beurteilung von belasteten Standorten, einige methodische Mängel auf:

- der Makroporenfluss bei skeletthaltigen Böden oder stark aggregierten Böden wird vernachlässigt,
- die Verminderung oder Erschöpfung der Sorptionskapazität bei extrem hohen Schwermetallgehalten wird vernachlässigt,
- Sorptionsungleichgewichte werden vernachlässigt,

- Reaktionsmechanismen zwischen verschiedenen Schwermetallen werden vernachlässigt.

Zudem ist die Methode nur für das Element Blei, nicht jedoch für die Elemente Arsen und Antimon anwendbar. Da die Mobilität von Blei erst im stark sauren Bereich ($\text{pH}_{\text{CaCl}} < 4,5$) deutlich ansteigt, ist eine Differenzierung der Grundwassergefährdung anhand der Parameter pH-Wert, Ton-, Humus- und Sesquioxidgehalten im neutralen bis leicht sauren Bereich jedoch nicht möglich. Erst bei deutlichem Grund- oder Stauwassereinfluss kann im neutralen bis leicht sauren Bereich mit der DVWK-Methode eine Grundwassergefährdung identifiziert werden. Für eine Priorisierung der Anlagen ist die DVWK-Methode daher ungeeignet, da für die meisten Anlagen die Bewertung keine Differenzierung ergibt.

Die Prüfung des DVWK-Modells ergab somit, dass eine abschließende Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser anhand dieses Modells nicht möglich ist und die Methode auch nicht orientierend eingesetzt werden kann, um die Dringlichkeit von Maßnahmen abschätzen zu können. Die Sickerwasserprognose ist somit verbal anhand der allgemeinen Ausführungen in Kapitel 13.2 durchzuführen.

9.2 Sickerwasserprognose für Blei und Benzo(a)pyren durch Sickerwassersimulation mit dem EDV-Modul SISIM

An zwei Schießanlagen wurde eine Sickerwasserprognose mit dem EDV-Programm SISIM [20] durchgeführt. Ziel der Prognose ist es, festzustellen, ob und wenn ja, in welcher Konzentration eine Verlagerung von Stoffen mit dem Sickerwasser bis zur Grundwasseroberfläche erfolgen kann. Berechnungen mit Antimon, Arsen und mit der Stoffgruppe der PAK sind im Programm nicht vorgesehen, für Blei werden nur Daten für Blei(II)chlorid angeboten, dessen Löslichkeit deutlich höher ist, als die aus dem Bleischrot zu erwartenden Korrosionsprodukte. Weiterhin werden folgende Einflussgrößen vom Programm nicht berücksichtigt:

- die Stoffverlagerung über Grobporen, Wurzelröhren, Risse, Grabgänge usw.,
- die Stoffverlagerung durch Bio- und Kryoturbation (Durchmischung von Boden durch Lebewesen und Frostaufbruch),
- jahreszeitliche Veränderungen der Boden-pH-Werte, zunehmende Bodenversauerung, niedrigere pH-Werte entlang von Wurzeln,
- heterogener Bodenaufbau.

Die Simulation an der Schießanlage 13 ergab zum einen, dass eine Verdoppelung der Bleifracht, die in den Boden eingetragen wird, keinen Unterschied auf die Sickerwasserkonzentration an der

Grundwasseroberfläche hat, zum anderen eine Stoffverlagerung in der 8 m mächtigen, sandigen ungesättigten Bodenzone nach einem Zeitraum von 1000 Jahren lediglich bis ca. 7 m stattfindet. Am Übergang zum Grundwasser (ca. 8 m) liegt die errechnete Blei-Konzentration unterhalb der Nachweisgrenze. Diese Prognose steht trotz Annahme von worst-case-Bedingungen (lösliches Bleichlorid, niedriger pH-Wert um 4 in der gesamten ungesättigten Bodenzone) im Gegensatz zu den Erfahrungen bei anderen Altlasten und Untergrundverunreinigungen durch Blei.

Am Schießplatz 6 wurde ebenfalls eine Berechnung mit dem Programm SISIM durchgeführt. Dabei wurden für die Durchlässigkeiten des Untergrundes k_f -Werte eingegeben, die sich um maximal eine 10er Potenz unterscheiden. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Sickerwasserkonzentration am Übergang zur gesättigten Bodenzone im Fall der erhöhten Durchlässigkeit um den Faktor 10.000 höher lag. Im Fall der niedrigeren k_f -Werte erreichen die Blei-Gehalte am Ende der sandig-kiesigen Sickerstrecke (5 m) auch nach 1000 Jahren noch keine messbaren Werte. Berücksichtigt man die Heterogenität der Böden in der ungesättigten Bodenzone, in der die k_f -Werte in den einzelnen Bodenhorizonten um mindestens eine 10er-Potenz schwanken, und die in der gesamten Sickerstrecke in der Regel ohnehin nicht genau bekannt sind, so muss man zu dem Ergebnis kommen, dass eine verlässliche Sickerwasserprognose mit dem Modell SISIM nicht möglich ist.

Für Benzo(a)pyren wurden die gemessenen Konzentrationen an der Probennahmestelle W1 für eine Simulation zugrunde gelegt. Nach einer Betriebszeit von 28 Jahren wurde durch die Untersuchungen bereits eine Stoffverlagerung im Oberboden (schluffiger Sand) bis in eine Tiefe von 30 cm nachgewiesen. Das Programm prognostiziert für die nächsten 1000 Jahre eine weitere Tiefenverlagerung im kiesigen Untergrund bis in eine Tiefe von maximal 1 m. Hieraus zeigt sich, dass auch für den Parameter Benzo(a)pyren keine realistische Berechnung durchgeführt wird.

Aufgrund der oben beschriebenen Erfahrungen und grundsätzlicher Mängel des EDV-Programms SISIM ist eine realitätsnahe Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Grundwasser nicht möglich. Auf die Anwendung dieses Modells wurde deshalb bei den anderen Schießanlagen verzichtet.

10 Kostenvergleich Minimaluntersuchungsprogramm und verdoppeltes Untersuchungsprogramm

Für die Vergabe der Untersuchungs- und Bewertungsleistungen wurden von neun Ingenieurbüros Angebote eingeholt. Da die Qualität bisheriger Untersuchungen sehr oft nicht die notwendigen Qualitätsanforderungen aufwies, sollen die folgenden Kostenaufstellungen deutlich machen, mit welchen Kostenkategorien bei fachlich belastbaren Untersuchungen und Bewertungen gerechnet werden muss (Tabelle 7 bis Tabelle 9). Die Minimal- und Maximalwerte der Einzelposten zeigen, in welchen großen Bereichen die Kosten schwanken können, wobei hohe Kosten ungeprüft nicht immer mit qualitativster Arbeit gleichzusetzen sind. Die aufgeführten Mittelwerte der Einzelposten geben eine einigermaßen korrekte Dimension der gerechtfertigten Kosten an. Neben dem reinen Kostenvergleich müssen, wie auch bei anderen Auftragsvergaben, Faktoren wie

- Ausbildung und Praxis des Projektleiters und des Untersuchungsteams,
- Zuverlässigkeit des Büros,
- Referenzen

berücksichtigt werden.

Die Gesamtpreise (Tabelle 10) enthalten mehrere Positionen (Pos. 1.4.1, 2.1, 2.7), die bei „normalen“ Untersuchungen von Wurfscheibenschießanlagen nicht durchzuführen sind. Die Positionen 2.12 - 2.16 und 2.18 sind nur bei Vorhandensein der jeweiligen Gegebenheiten im Einzelfall durchzuführen und wurden bei der Berechnung der Gesamtpreise nicht berücksichtigt. Die Gesamtpreise sind somit nur als grobe Anhaltspunkte zu verstehen, geben jedoch immer noch recht zuverlässig die ungefähre Dimension der anfallenden Kosten wieder. Werden bei einem Angebot die Mittelwertkosten sehr stark unterschritten, kann nicht mehr von einer qualitätsgesicherten Untersuchung ausgegangen werden.

Die Mehrwertsteuer ist in den Preisen nicht enthalten!

Tabelle 7: Recherchen und Feldarbeiten

		Mindestpreis	Höchstpreis	Mittelwert
Position 1.1	Ermittlung aller vorhandenen bodenkundlichen und geologischen Daten aus zu recherchierendem Kartenmaterial und Angaben der WWÄ	100 DM	1,000 DM	387 DM
Position 1.2	Aufnahme der Geländesituation: landwirtschaftliche Nutzung, Bebauung, Bewuchs, Gewässer etc. mit vermessungstechnischer Auswertung	67 DM	750 DM	316 DM
Position 1.3	Ortseinsicht mit Schrotkartierung (ca. 60 bis 250 m) in 10 m Abständen an drei Linien zur Bestimmung des Hauptbelastungsbereiches pro Besichtigungspunkt	3 DM	8 DM	5 DM
Position 1.4	Beprobung des Hauptbelastungsbereiches für Bleischrot und Wurfscheibenscherben			
Position 1.4.1	Erstellung einer Profilgrube je Anlage bis in 1 m Tiefe zur bodenkundlichen Geländeaufnahme	240 DM	720 DM	352 DM
Position 1.4.2a	Abteufen von jeweils 3 Rammkernbohrungen (RKB) (Durchmesser 50 mm) (oder Handbohrer mit gleichem Durchmesser) bis in 50 cm Tiefe und von 1 RKB bis 1m jeweils um 4 Probennahmepunkte Preis je RKB! (Anm.: bei den Untersuchungen wurden schließlich 7 Einzeleinstiche je Probennahmepunkt durchgeführt. Da sich die Preise in den Angeboten jedoch auf 4 Punkte bezogen, werden diese Preis hier aufgeführt. Für 7 Einstiche ergeben sich damit höhere Preise.)	40 DM	270 DM	103 DM
Position 1.4.3	Anfertigen der Mischproben für die unter 1.4.2a genannten 4 Probennahmepunkte (Anm. s.u. 1.4.2a) Preis je Mischprobe für einen Tiefenhorizont!	3 DM	30 DM	14 DM
Position 1.5	Bestimmung des Bodenprofils nach KA4 an jedem Probennahmepunkt bis in 1 m Tiefe und Ausfüllen des vorgegebenen Probennahmeprotokolls für jeden Probennahmepunkt	10 DM	60 DM	32 DM
Position 1.6	Bestimmung des Bodentyps an jedem Probennahme-Punkt	5 DM	50 DM	23 DM
Position 1.7	Entnahme der obersten zwei Mineralbodenhorizonte am Referenzpunkt, keine Mischproben	10 DM	85 DM	29 DM
Position 1.8	Einmessen der Probennahmepunkte je Anlage	10 DM	110 DM	61 DM

Tabelle 8: Laborarbeiten

		Mindestpreis	Höchstpreis	Mittelwert
Position 2.1	Nachuntersuchung der Bodenart aller Horizonte aus der Profilgrube im Labor	5 DM	180 DM	61 DM
Position 2.2	Ermittlung der Trockensubstanz der Mischproben der einzelnen Tiefenstufen und des Referenzpunktes	1 DM	14 DM	9 DM
Position 2.3a	Ermittlung der Schrotanteile bzw. Wurfscheibenscherben der ersten beiden Tiefenschichten durch Siebung ⁵ < 2 mm, u.U. auch der tieferliegenden Horizonte bei erkennbaren Schrot- bzw. Wurfscheibenscherbenanteilen in diesen Schichten	8 DM	80 DM	29 DM
Position 2.4	Bestimmung des Humusgehalts (Glühverlust) der O- und A-Horizonte	9 DM	40 DM	17 DM
Position 2.5	Bestimmung des Carbonatgehaltes jedes Horizontes bis 1 m Tiefe	11 DM	65 DM	38 DM
Position 2.6	Bestimmung des pH-Werts (CaCl ₂) jedes Horizontes bis 1 m Tiefe	4 DM	25 DM	10 DM
Position 2.7	Bestimmung der Kationenaustauschkapazität aller Horizonte des Referenzpunktes	35 DM	140 DM	86 DM
Position 2.8	Untersuchung der Originalsubstanz auf "Schwermetalle" gemäß Minimaluntersuchungsprogramm	28 DM	75 DM	48 DM
Position 2.9	Untersuchung der Originalsubstanz auf PAK	66 DM	120 DM	87 DM
Position 2.10	Eluatherstellung	10 DM	22 DM	17 DM
Position 2.11	Untersuchung des Eluats	29 DM	145 DM	99 DM
Position 2.12	Eventualposition ⁶ : Herstellung und Untersuchung eines Ammoniumnitratextraktes des Ap-Horizontes bei Beeinflussung einer landwirtschaftlichen Nutzung	20 DM	220 DM	117 DM
Position 2.13	Eventualposition: Gewinnung von O-Horizonten bei berührter forstwirtschaftlicher Nutzung mittels Stechrahmen (10*10 cm) und Ermittlung der Schrot- bzw. Wurfscheibenanteile	18 DM	95 DM	47 DM
Position 2.14	Eventualposition: Untersuchung weiterer Tiefenschichten bei Prüfwertüberschreitungen gemäß BBodSchV im Original und/oder Eluat bis zur Unterschreitung der Prüfwerte	86 DM	410 DM	170 DM
Position 2.15	Eventualposition: Untersuchung von Oberflächenwasser	41 DM	195 DM	123 DM
Position 2.16	Eventualposition: Untersuchung von Sediment	94 DM	220 DM	141 DM
Position 2.17	Aufbewahrung der Proben als Rückstellproben	0 DM	5 DM	2 DM

⁵ Bei Erstellung des Leistungsverzeichnisses war noch nicht absehbar, dass eine verlässliche Abtrennung der Schrot- und Wurfscheibenpartikel lediglich durch manuelles Ausklauben zu bewerkstelligen ist. Das manuelle Ausklauben ist naturgemäß aufwendig und teuer. Da jedoch nur ein Preis hierfür vorliegt (DM 40,- incl. Siebung), werden die Preise der angebotenen Siebung aufgeführt.

⁶ Eventualpositionen müssen immer dann durchgeführt werden, wenn die entsprechenden Gegebenheiten, z.B. Beeinflussung einer Ackerfläche, vorliegen.

Position 2.18	Eventualposition: Durchführung von pH-stat.-Untersuchungen bei Stufe-II-Wert-Überschreitungen im Original und gleichzeitiger Stufe-I-Wert-Unterschreitung im Eluat nach Rücksprache	45 DM	255 DM	148 DM
---------------	---	-------	--------	--------

Tabelle 9: Ingenieurleistungen

		Mindestpreis	Höchstpreis	Mittelwert
Position 3.1	Behördengespräche je Stunde	102 DM	210 DM	125 DM
Position 3.2	Erstellung eines Lageplans M 1:1000 mit Eintragung der örtlichen Gegebenheiten und Probennahmestellen	50 DM	500 DM	267 DM
Position 3.3	Schichtenverzeichnisse der Probennahmepunkte und der Profilgrube	15 DM	100 DM	34 DM
Position 3.4	Fotographische Dokumentation	30 DM	305 DM	108 DM
Position 3.5	Gutachtenerstellung	700 DM	3,000 DM	1,854 DM

Tabelle 10: Gesamtkosten

	Mindestuntersuchungsprogramm	"Verdoppeltes" Untersuchungsprogramm
Minimalwert	8.738 DM	12.909 DM
Maximalwert	19.398 DM	29.954 DM
Mittelwert	11.905 DM	18.611 DM

11 Gutachten

11.1 Vorbemerkung

Die gutachterliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse einer Wurfscheibenschießanlage erfordert im Vergleich zur Darstellung von sonstigen kontaminierten Standorten vor allem im Hinblick auf die bodenkundliche Auswertung der Standortgegebenheiten und die Darstellung der Anlagen- und Nutzungscharakteristik eine spezifische Herangehensweise. Um die Art der gutachterlichen Darstellungen soweit möglich zu vereinheitlichen, wird im Folgenden das Inhaltsverzeichnis des für die Untersuchungen im Rahmen des Kooperationsmodells entwickelten Standardgutachtens beispielhaft aufgeführt. Neben dem Textteil sind die aufgeführten Anlagen von besonderer Wichtigkeit, da nur anhand dieser ein möglichst umfassendes Bild der jeweiligen Wurfscheibenschießanlagen vermittelt werden kann und damit die ermittelten Schadstoffgehalte in ihrem Gesamtzusammenhang gewürdigt werden können. Von besonderer Bedeutung sind die in den Anhang 3 beispielhaft ausgefüllten Probennahmeprotokolle sowie die Darstellung der Kontaminationsbereiche (entspricht den Anlagen 3, 6 und 7 des Beispielgutachtens).

Da sich die Darstellung in der unten aufgeführten Weise sehr gut bewährt hat, sollte nur in begründeten Fällen von diesem Beispielgutachten abgewichen werden.

11.2 Inhaltsverzeichnis eines Beispielgutachtens

I. Textteil

1 Aufgabenstellung

2 Verwendete Unterlagen

3 Anlagen- und Betreiberdaten

3.1 Lage- und Nutzungsgeschichte

3.2 Anlagentechnische Daten

3.3 Genehmigungen

3.4 Bisherige Untersuchungen

4 Naturräumliche Verhältnisse

4.1 Geologie

4.2 Klima und Hydrogeologie

4.3 Boden

5 Beschreibung der schießanlagentypischen Schadstoffe

5.1 Blei (Pb)

5.2 Antimon (Sb)

5.3 Arsen (As)

5.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit Benzo(a)pyren (B(a)P)

6 Durchgeführte Maßnahmen

6.1 Recherchen

6.2 Geländearbeiten

6.2.1 Vermessung und Kartierung

6.2.2 Festlegung der Probennahmestellen

6.2.3 Probennahme

6.3 Laborarbeiten

6.4 Bewertungsgrundlagen

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Geländeaufnahme

7.1.1 Belastungszonen

7.1.2 Boden

7.2 Analysenergebnisse

7.2.1 Referenzpunkt

7.2.2 Wurfscheibenzone

7.2.3 Schrotzone

8 Bewertung und Gefährdungsabschätzung

8.1 Pfad Boden-Mensch

8.2 Pfad Boden-Wasser

8.3 Pfad Boden-Nutzpflanze

9 Weiterer Handlungsbedarf

10 Zusammenfassung

II. Anlagen

- Anlage 1: Auszug aus der Topographischen Karte 1:25.000, Blatt xy
- Anlage 2: Auszug aus der Flurkarte 1:5.000
- Anlage 3: Lageplan der Probennahmepunkte und Niederschlagsgebiete für Bleischrot und Wurf-
scheiben 1:1.000
- Anlage 4: Minimaluntersuchungsprogramm für Wurfscheibenschießanlagen
- Anlage 5: Arbeitsanweisungen für Probennahme und Probenvorbereitung
- Anlage 6: Schichtenverzeichnisse/Probennahmeprotokolle
- Anlage 7: 7.1 Bodenkundliche Profilaufnahmen
7.2 Profildarstellung nach DIN 4023
- Anlage 8: Fotodokumentation
- Anlage 9: Analysenberichte
- Anlage 10: 10.1 Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse mit Kennzeich-
nung der Stufenwerte nach jeweils aktuellen Wertelisten im Hinblick auf das Schutzgut
Grundwasser
10.2 Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse mit Kennzeich-
nung der Prüfwerte gem. BBodSchV
- Anlage 11: Abkürzungen

12 Bewertungsgrundlagen und Untersuchungsergebnisse

12.1 Bewertungsgrundlagen

Im Folgenden werden die für die Bewertung der verschiedenen Schutzgüter in den Kapiteln 13.2 bis 13.5 verwendeten Bewertungsgrundlagen dargestellt.

In der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) sind **Vorsorgewerte** (Tabelle 11) festgelegt, bei deren Überschreitung die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Nach §7 BBodSchG richtet sich die Vorsorge für das Grundwasser nach wasserrechtlichen Vorschriften. Vorsorgewerte sind als Besorgnisschwellen bestimmt. Sie sollen auch langfristig die vielfältige Nutzbarkeit der Böden gewährleisten. Deshalb werden sie nach Bodeneigenschaften (Bodenarten Sand, Lehm/Schluff, Ton und pH-Wert) und nicht nach Nutzungen differenziert. Bei Überschreitung von Vorsorgewerten sind Vorsorgemaßnahmen gegen das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung durch die Nutzung zu ergreifen. Überschreitungen in Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten sind jedoch unbedenklich, soweit nicht eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nachteilige Auswirkungen auf Bodenfunktionen erwarten lassen. Für Antimon und Arsen enthält die BBodSchV keine Vorsorgewerte.

Tabelle 11: Vorsorgewerte der BBodSchV

Parameter	Blei		Parameter	PAK _{EPA}	Benzo(a) pyren
Bodenart	mg/kg			mg/kg	mg/kg
Sand	40		Humusgehalt > 8%	10	1
Lehm, stark schluffiger Sand, Schluff	70; für pH <5,0: 40		Humusgehalt ≤ 8%	3	0,3
Ton	100; für pH <5,0: 70				

Sollen die Ergebnisse im Hinblick auf eine von den Schadstoffen ausgehende **Umweltgefährdung** bewertet werden, so sind für die **Gefährdungspfade Boden-Mensch** und **Boden-Nutzpflanze** die in der BBodSchV enthaltenen nutzungsabhängigen Prüfwerte heranzuziehen, bei deren Überschreitung eine einzelfallbezogene Gefährdungsabschätzung durchzuführen ist (Tabelle 12).

Sind in der BBodSchV keine Prüf- oder Maßnahmenwerte ausgewiesen bzw. ist keine ausreichende Datengrundlage für eine Ableitung gemäß [18] vorhanden, werden die Schadstoffgehalte anhand der nutzungsbezogenen **Prüf- (BW II)** und **Eingreifwerte (BW III)** von Eikmann/Kloke [21] bewertet.

- Der Eikmann/Kloke-**Prüfwert** ist gemäß [21] der „schutzgut- und nutzungsbezogene Gehalt in Böden, der trotz dauernder Einwirkung auf die jeweiligen Schutzgüter, deren „normale“ Lebens- und Leistungsqualität auch langfristig nicht negativ beeinträchtigt“.
- Der Eikmann/Kloke-**Eingreifwert** ist gemäß [21] der „Gehalt im Boden, bei dem Schäden an Schutzgütern wie Pflanze, Tier und Mensch sowie an Nutzungen und Ökosystemen erkennbar werden. Der BW III ist ein phyto-, zoo-, human- und ökotoxikologischer Wert“. Er zeigt den Gehalt an, der auf keinen Fall überschritten werden soll.

Tabelle 12: Prüfwerte für die direkte Aufnahme von Schadstoffen (BBodSchV)

Parameter	Park- und Freizeitanlage mg/kg	Industrie-/ Gewerbeflächen mg/kg
Arsen	125	140
Blei	1000	2000
Antimon*	250	
Benzo(a)pyren	10	12

* Für Antimon wurde der vom UBA für Park- und Freizeitflächen [18] anhand der Kriterien der BBodSchV abgeleitete Gehalt von 250 mg/kg herangezogen.

Für den Schadstoffübergang Boden-Nutzpflanze auf Ackerbauflächen, Grünland und Nutzgärten gelten im Hinblick auf die Pflanzenqualität die in Tabelle 13 und Tabelle 14 genannten Prüf- und Maßnahmenwerte bzw. Eingreifwerte.

Tabelle 13: Prüf-/Maßnahmenwerte für den Schadstoffübergang Boden-Nutzpflanze im Hinblick auf die Pflanzenqualität bzw. bei Arsen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen (BBodSchV)

Parameter	Extraktionsmethode	Grünland Maßnahmenwert	Acker, Nutzgarten Prüfwert
		mg/kg	mg/kg
Arsen	Königswasseraufschluss	50	200 bei zeitweise reduzierenden Verhältnissen: 50
	Ammoniumnitrat-Extrakt		0,4*
Blei	Königswasseraufschluss	1200	-
	Ammoniumnitrat-Extrakt	-	0,1
Benzo(a)pyren	-		1

* im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen.

Tabelle 14: Prüf- und Eingreifwerte für landwirtschaftliche Nutzflächen, Obst- und Gemüseanbau nach Eikmann/Kloke (1993) [21]

Parameter	Prüfwert (BW II) mg/kg	Eingreifwert (BW III) mg/kg
Antimon	5	25

Zur Beurteilung des **Wirkungspfad**es **Boden-Grundwasser** wird die **BBodSchV in Verbindung mit dem Merkblatt Slg. LfW Nr. 3.8-10** des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft herangezogen. (Tabelle 15).

Konkrete Anhaltspunkte, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen, liegen demnach i.d.R. vor, wenn eine Überschreitung von Prüfwerten gegeben oder zu erwarten ist, bzw. ein hinreichender Verdacht aufgrund sonstiger Feststellungen besteht.

Wird ein Prüf- bzw. Stufe-1-Wert am Ort der Probennahme überschritten, ist im Einzelfall zu ermitteln, ob die Schadstoffkonzentration auch im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (am Übergang von der ungesättigten zur gesättigten Bodenzone) den Prüfwert überschreitet.

Tabelle 15: Stufenwerte zur Emissionsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Wasser

Parameter	Stufenwerte Festsubstanz zur Emissionsabschätzung		Stufenwerte für Grund- und Sickerwasser bzw. Eluate	
	Stufe-1	Stufe-2	Stufe-1 ⁷ (= Prüfwert der BBodSchV)	Stufe-2
	mg/kg	mg/kg	µg/l	µg/l
Antimon	10	50	10	40
Arsen	10	50	10	40
Blei	100	500	25	100
PAK ohne Naphthalin	5	25	0,2	2,0
Naphthalin + Methylnaphthaline	1	5	2,0	8,0

Erläuterungen zu Tabelle 15:

Festsubstanz:

Stufe-1-Wert: Überschreiten anorganische und hydrophile organische Stoffe den Stufe-1-Wert, so sind Elutionsuntersuchungen zur Emissionsabschätzung durchzuführen. Bei lipophilen organischen Stoffen besteht der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung, wenn die Sickerwasserprognose auch eine Überschreitung der Stufe-1-Werte im Sickerwasser am Ort der Beurteilung ergibt. Weitere Maßnahmen sind dann grundsätzlich erforderlich.

Stufe-2-Wert: Der Stufe-2-Wert dient bei anorganischen Stoffen als Kriterium für weitergehende Elutionsuntersuchungen. Bei lipophilen organischen Stoffen dient der Stufe-2-Wert als Entscheidungshilfe für technische Maßnahmen zur Bodensanierung.

⁷ Die Stufe-1-Werte des LfW-Merkblatts werden in einer Fortschreibung den Prüfwerten der BBodSchV zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser angepasst. Aus diesem Grund wurden die Stufe-1-Werte und die Prüfwerte hier bereits gleichgesetzt und die Stufe-2-Werte aktualisiert.

12.2 Darstellung der Ergebnisse

Bei Wurfscheibenschießanlagen müssen mögliche Beeinträchtigungen der beiden Schutzgüter „menschliche Gesundheit“ und „Grundwasser“ erörtert werden. Bei der Bewertung des Schutzgutes „menschliche Gesundheit“ muss zusätzlich zwischen dem Direktpfad „Boden-Mensch“ und dem Wirkungspfad „Boden-Nutzpflanze“ unterschieden werden. Bei Grünlandnutzung im Immissionsbereich einer Wurfscheibenschießanlage (Schnittnutzung, Beweidung) ist auch eine Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-(Pflanze)-Tier-Mensch durchzuführen.

Die ins Einzelne gehende verbale Darstellung der Untersuchungsergebnisse aller 13 Anlagen wäre sehr umfangreich und kaum noch lesbar. Deshalb wird auf eine solche ausführliche Darstellung verzichtet und auf die schutzgutbezogene allgemeine Darstellung der Ergebnisse in den Kapiteln 13.2 bis 13.4 sowie die tabellarische und grafische Darstellung der Ergebnisse in den Anhängen 5 und 6 verwiesen.

Bei einer neu zu untersuchenden Wurfscheibenschießanlage empfiehlt es sich, falls möglich, die vorliegende Anlage einem der beschriebenen Anlagentypen zuzuordnen. Die ermittelten Analyseergebnisse für die jeweilige Anlage und die Empfehlungen für diesen Anlagentypus können dann als Anhaltspunkt für das weitere Vorgehen herangezogen werden.

13 Gesamtbewertung der Ergebnisse und Hinweise für das weitere Vorgehen

Kapitel 13.1 gibt generell zu beachtende Empfehlungen für die Genehmigung und den Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen sowie die Behandlung stillgelegter Anlagen. In den Kapiteln 13.2 bis 13.5 schließen sich die Gesamtbewertung der Analysenergebnisse und weitere Empfehlungen jeweils für die einzelnen Schutzgüter und Wirkungspfade an.

13.1 Schutzgutunabhängige Handlungsempfehlungen

13.1.1 Allgemeine Hinweise

13.1.1.1 Neupriorisierung

Die exemplarische Untersuchung der 13 Anlagen zeigte, dass unabhängig von den betrachteten Wirkungspfaden und Schutzgütern aufgrund der schießbetriebsbedingten hohen Schadstoffbelastungen des Bodens für alle Wurfscheibenschießanlagen (auch für stillgelegte) weiterer Handlungsbedarf besteht. Dieser Handlungsbedarf darf jedoch nicht generell mit der Notwendigkeit von technischen Untersuchungen gleichgesetzt werden.

Um zu klären, **ob** die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen und sonstiger Maßnahmen (z.B. Sicherungsmaßnahmen) besteht, müssen vielmehr in einem ersten Schritt die vom LfU 1996 aufgrund einer noch nicht ausreichenden Datenlage vergebenen Bearbeitungsprioritäten neu bestimmt werden. Generell ist hier zwischen stillgelegten und noch in Betrieb befindlichen Anlagen zu unterscheiden.

Stillgelegte Anlagen: Im Rahmen der **Stilllegungsphase** einer Anlage müssen die Behörden prüfen, ob weitere Maßnahmen innerhalb der Jahresfrist nach § 17 Abs. 4a BImSchG zur Erfüllung der Nachsorgepflichten nach § 5 Abs. 3 BImSchG veranlasst sind.

Stillgelegte Anlagen werden ab 1 Jahr nach ihrer Stilllegung nach Bodenschutzrecht behandelt. Für **stillgelegte Anlagen sind somit die Anlagen- und Standortdaten gemäß BayBodSchVwV⁸, Anhang 1 und Anhang 2 durch die Kreisverwaltungsbehörden (KVB) - ggf. unter Zuhilfe-**

⁸ Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Bodenschutz- und Altlastenrechts in Bayern – BayBodSchVwV: Gemeinsame Bekanntmachung der Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen, des Innern, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit: - vom 11. Juli 2000, Nr. 822-8772.6-1999/3, AllMBl. 2000 S. 473

nahme des Fragenkatalogs in Anhang 1 - zu ermitteln und in das Kataster nach Art. 3 BayBodSchG einzugeben. Die Vergabe der Prioritäten erfolgt automatisch. Die weitere Behandlung erfolgt ebenfalls gemäß Bodenschutzrecht. Die orientierende Untersuchung erfolgt somit durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt i.R.d. Amtsermittlung. Wird der Gefahrenverdacht bestätigt, so ordnet die KVB gegenüber dem Pflichtigen die Detailuntersuchung und ggf. die Sanierung an (§ 9 Abs. 2, § 10 Abs. 1, ggf. § 13 BBodSchG).

Betriebene Anlagen: Diese fallen unter den Geltungsbereich des BImSchG. Sie werden jedoch im Hinblick auf das Schutzgut Boden ebenfalls nach den materiellen Vorgaben des Bodenschutzrechts beurteilt (vgl. § 3 Abs. 1 Nr. 11 i.V.m. Abs. 3 Satz 1 BBodSchG).

Gemäß § 5 Abs. 1 BImSchG sind genehmigungsbedürftige Anlagen u.a. so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.

Gehen vom Anlagengrundstück Gefahren aus, die auf einer früheren Verletzung dieser Pflicht durch den Anlagenbetreiber beruhen (z.B. Bodenkontaminationen, die zu einer relevanten Verunreinigung des Grundwassers führen können), so verstößt der Betreiber auch aktuell gegen seine Pflicht aus § 5 Abs. 1 BImSchG, sein Anlagengrundstück in einem ordnungsgemäßen Zustand zu halten. Ihm können deshalb nach § 17 Abs. 1 BImSchG Sanierungsmaßnahmen zur Gefahrenbeseitigung, soweit sie sich auf das Anlagengrundstück beziehen, aufgegeben werden.

Um evtl. schädliche Umweltauswirkungen bzw. erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit beurteilen zu können, sollen die Anlagen- und Standortdaten in Anlehnung an die Vorgehensweise bei stillgelegten Anlagen gemäß BayBodSchVwV, Anhang 1 durch die Kreisverwaltungsbehörden⁹ ermittelt werden. **Die Daten werden jedoch nicht in das Kataster nach Art. 3 BayBodSchG eingestellt.** Um eine Gleichbehandlung betriebener und stillgelegter Anlagen sicherzustellen, sind in Anlehnung an Anhang 2 BayBodSchVwV sog. „Stufen der Untersuchungsdringlichkeit“ zu ermitteln. Analog den Bearbeitungsprioritäten „A“, „B“ und „C“ des Katasters nach Art. 3 BayBodSchG werden die Dringlichkeitsstufen „1“, „2“ und „3“ vergeben. Gemäß § 52 BImSchG kann die KVB die Ermittlung von Immissionen in der Reihenfolge der ermittelten Dringlichkeitsstufen durchführen.

⁹ Die Zuständigkeit der KVB ergibt sich aus Art. 1 Abs. 1 Pkt. c des Bayerischen Immissionsschutzgesetzes, 08.10.1974 (GVBl. S. 499;...; 1996 S. 290)

Die folgenden Hinweise sollen die Bestimmung von Bearbeitungsprioritäten bzw. der „Dringlichkeitsstufen“ gemäß Anhang 2 BayBodSchVwV bayernweit so weit als möglich vereinheitlichen:

Anhang 2, Teil 1: Wirkungspfad Boden-Mensch

Emissionspotential: Pkt. 1.1.1.2 „Giftige Stoffe“: hohes Emissionspotential.

Transmissionspotential: Bestimmung je nach Einzelfall, i.d.R. „mittel“ (i.d.R. durchgehend bewachsen), bei vorhandener Umzäunung: „-1“, keine Umzäunung und in der Nähe von Siedlungsgebieten: „+1“

Immissionspotential: Bestimmung je nach Einzelfall, i.d.R. „niedrig“ (bei vollständig umzäunten Anlagen bzw. Anlagen, die weit von Siedlungsgebieten entfernt sind), ansonsten „mittel“ (Park- und Freizeitanlagen)

Anhang 2, Teil 2: Wirkungspfad Boden-Gewässer

Emissionspotential: Pkt. 2.1.1.: in der Regel „hoch“ (große Mengen wassergefährdender Stoffe); Prüfung einer Erhöhung bzw. Erniedrigung in Abhängigkeit von jährlichen Schusszahlen und Betriebszeiten.

Transmissionspotential: Bestimmung je nach Einzelfall

Immissionspotential: Bestimmung je nach Einzelfall

Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze:

Falls nicht nur unwesentliche Schrot- bzw. Wurfscheibenimmissionen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (ca. <1000 Schuss/Jahr) stattfinden bzw. stattfanden, sollten stillgelegte Anlagen stets in die Bearbeitungspriorität „A“ eingeordnet werden. Analog hierzu sollen in Betrieb befindliche Anlagen in die „Dringlichkeitsstufe 1“ eingeordnet werden.

13.1.1.2 Untersuchung weiterer Anlagen

Ein Ziel des „Kooperationsmodells Wurfscheibenschießanlagen“ war die Prüfung der Frage, inwieweit die Ergebnisse der modellhaften Schießplatzuntersuchungen im Hinblick auf die Neupriorisierung der Anlagen, für die Gefährdungsabschätzungen und die Empfehlungen zu weiteren Maßnahmen auch auf andere Anlagen übertragbar sind. Die Untersuchungen lieferten wertvolle Erkenntnisse für die durchzuführende Neupriorisierung aller Anlagen, mit den vorliegenden Ergebnissen wird eine rasche und fachlich fundierte Priorisierung der Anlagen ermöglicht. Die Modelluntersuchungen erbrachten weiterhin vielfältige Erkenntnisse für die zukünftig bayernweit einheitliche Durchführung, Beschreibung und Bewertung von Untersuchungen sowie im Hinblick auf mögliche Maßnahmen. Eine unmittelbare Übertragbarkeit von Ergebnissen aus der Modelluntersuchung ist bei gleichen anlagentechnischen

Voraussetzungen, bodenkundlichen und hydrogeologischen Verhältnissen und bei vergleichbarer Nutzung grundsätzlich möglich, muss aber im Einzelfall geprüft werden.

Wird aufgrund der Einstufung im Kataster nach Art. 3 BayBodSchG für eine stillgelegte Wurfschießanlage Untersuchungsbedarf gesehen, so sollte im Rahmen der Amtsermittlung gemäß Ziffer 4.1.1.3 BayBodSchVwV in einem ersten Schritt von der Kreisverwaltungsbehörde eine historische Erkundung - ggf. unter Zuhilfenahme des Fragenkatalogs in Anhang 1 - durchgeführt werden. Bestätigt sich nach Durchführung der historischen Erkundung der (Anfangs-)verdacht, so führt das örtlich zuständige Wasserwirtschaftsamt aufbauend auf den Ergebnissen der historischen Erkundung eine orientierende Untersuchung durch. Ziel der orientierenden Untersuchung ist es, den bestehenden Anfangsverdacht entweder auszuräumen oder bis zum hinreichenden Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG zu erhärten. Für diese orientierenden Untersuchungen sind die in den vorliegenden Handlungsempfehlungen beschriebenen Beprobungs- und Analysenstrategien heranzuziehen (siehe hierzu v.a. Kapitel 7 und 8 und die Anhänge 2 und 3).

Für betriebene Anlagen, bei denen aufgrund der Erkenntnisse aus der Überwachung im Vollzug des BImSchG Untersuchungsbedarf gesehen wird, sollte nach entsprechenden fachlichen Maßstäben verfahren werden.

Die Beschreibung und die Auswertung der Ergebnisse, wie sie bei den Musteruntersuchungen vorgenommen wurden, haben sich ebenfalls sehr gut bewährt, so dass auch hier auf die Handlungsempfehlungen zurückgegriffen werden sollte.

13.1.1.3 Schutzgutunabhängige Maßnahmen

Im UMK-Bericht werden in Kapitel 8 „Schlussfolgerungen und Maßnahmen“ (S. 59ff) wichtige Vorgaben für den Schießanlagenbetrieb aufgeführt. Zur Vervollständigung werden wichtige Auszüge heraus, teilweise gering modifiziert, nochmals wiedergegeben:

Es wird empfohlen,

- den Bleischroteinsatz soweit wie möglich auf **freiwilliger Basis** zu verringern. Als Ersatzstoff kommt nach derzeitigem Kenntnisstand ausschließlich Eisenschrot in Betracht,
- PAK-arme bzw. -freie Wurfscheiben zu verwenden,
- die Auswirkungen der Bleieinträge durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangvorrichtungen, Aufnahme und Verwertung in regelmäßigen Abständen, u.U. auch Restbelastung in Wallanlagen si-

chern) zu vermindern (**Anm.: die Formulierung von möglichen Schutz- und Sicherungsmaßnahmen wird Teil des im Rahmen des Kooperationsmodells noch zu erarbeitenden Leitfadens für den umweltgerechten Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen sein.**).

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass das Gefährdungspotential für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze im Gegensatz zum Wirkungspfad Boden-Grundwasser weniger von der Anlagen- und Standortcharakteristik (v.a. Betriebsdauer, Schusszahlen, hydrogeologische Gegebenheiten), sondern v. a. von den Nutzungen im Bereich der Schrot- und Wurfscheibenimmissionen abhängig ist. Der Beachtung der im UMK-Bericht aufgeführten Anforderungen an die Genehmigung neuer Anlagen (Kapitel 8.3), und hier insbesondere der Beachtung der Ausschlussflächen, kommt somit große Bedeutung zu. Die bereits 1988 in [19 (Kapitel 2)] formulierten fachlichen Empfehlungen für die Neuplanung und den Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen wurden ebenfalls voll bestätigt. Diese sind somit weiterhin zu beachten. In Ergänzung hierzu sollte für bestehende Anlagen geprüft werden, inwieweit bei Beeinflussung sensibler Nutzungen der Schießbetrieb so modifiziert werden kann (v.a. Änderung der Schießrichtung oder Auswurfwinkel der Wurfscheiben, u.U. Zu-Pacht bestimmter Bereiche durch den Betreiber), dass solche Flächen nicht mehr tangiert werden.

13.1.2 Handlungsempfehlungen für weitere Probennahmen

Die Untersuchungen zeigten, dass die Vorgaben des UMK-Berichts zur Beprobung von in Betrieb befindlichen Wurfscheibenschießanlagen praktikabel sind und es das Untersuchungsprogramm möglich macht, für eine Anlage eine Gefahr dem Grunde nach zu bestätigen bzw. auszuschließen. Der gewichtigste Unterschied zu den Vorgaben des UMK-Berichts besteht in der teilweisen Verdoppelung der Anzahl der Probennahmestellen bei Durchführung des Minimaluntersuchungsprogramms. Hier zeigte sich, dass bei Anlagen mit sehr unterschiedlicher Geländetopografie (v.a. Hangbereiche) und/oder bei Beeinflussung von sensiblen Nutzungen (v.a. Landwirtschaft) und/oder bei Vegetation, die die Schrote auskämmt, eine Erhöhung der Probennahmestellen notwendig sein kann. Bei allen anderen Anlagen ist die durch das „Minimaluntersuchungsprogramm“ vorgegebene Probennahmearzahl für eine Ersterkundung ausreichend. Die Anzahl der Probennahmepunkte sollte beim intensiveren Untersuchungsprogramm nicht starr auf 6 Probennahmepunkte festgelegt werden. 4 bis 8 Punkte dürften in den meisten Fällen ausreichend sein. Dies ist abhängig von den o.g. Gegebenheiten. Für den Bereich der Wurfscheiben ist bei Trapanlagen ein Probennahmepunkt ausreichend. Bei Skeetanlagen sollte ein Probennahmepunkt im Haupt-Immissionsbereich (links oder rechts vom Schützen) und einer auf der Winkelhalbierenden im Neben-Immissionsbereich für Wurfscheibenscherben plat-

ziert werden. Bei Jagdparcours sind die Probennahmestellen für den Wurfscheibenbereich einzelfallspezifisch nach Ortsbesichtigung festzulegen.

Bei schwierigen Untergrundverhältnissen (stark kiesige, verdichtete, u.U. auch bei tonigen Böden), die zu Kemverlusten, Schadstoffverschleppungen oder Stauchungen führen können, soll die bisherige Probennahmemethode mittels Bohrstock bzw. Rammkernsondierungen wie folgt modifiziert werden:

An jedem Probennahmepunkt für die Einzelproben wird bis unterhalb der visuell befrachteten Schichten (meistens bis 20 cm) ein Kleinschurf angelegt und hieraus durch Abstechen in den entsprechenden Tiefenstufen die Proben entnommen. Vom Grund des Kleinschurfs bis in 50 cm Tiefe wird mit dem Bohrstock beprobt.

13.1.3 Handlungsempfehlungen für weitere analytische Untersuchungen

13.1.3.1 Allgemeine Hinweise

Die auf [9] und [16] aufbauenden und im Zuge der Untersuchungen gering modifizierten Hinweise zur Probenvorbereitung und Analytik (siehe Kapitel 8) ergänzen den sehr allgemein gehaltenen Teil des UMK-Berichts [1 (Kapitel 5.2.1.3)] zu dieser Thematik.

Die entwickelten Handlungsanweisungen haben sich im Rahmen des Kooperationsmodells bewährt und sollten zukünftig bei der Untersuchung von Proben beachtet werden.

Der durch den UMK-Bericht (Kapitel 5.2.1.3, Tabelle 5.2.1) vorgegebene Analysenumfang wurde in Anlehnung an die Vorgaben aus [16] um die Parameter Kupfer und Nickel für die Proben aus dem Auftreffbereich der Schrotkugeln sowie zusätzlich um die Parameter Cadmium und Chrom für Proben aus dem Auftreffbereich der Wurfscheiben verkleinert. Dies war gerechtfertigt, da es eine der Zielsetzungen der Untersuchungen war, zu prüfen, ob die durchgeführten Untersuchungen geeignet sind, eine Gefahr für die Schutzgüter dem Grunde nach zu bestätigen bzw. ausschließen zu können. Da bereits in früheren Untersuchungen [u.a. 3 - 5] nachgewiesen wurde, dass die o.g. Elemente im Vergleich zu den Hauptkontaminanten nur von untergeordneter Bedeutung sind, konnte für das Modellvorhaben auf die Bestimmung dieser Elemente verzichtet werden. Für künftige Untersuchungen ist stets einzelfallspezifisch (z. B. bei Fragen der Entsorgung) zu entscheiden, ob die o.g. Elemente in den Analysenumfang aufgenommen werden sollen. Da die Untersuchungen im Rahmen des Modellvorhabens zeigten, dass insbesondere die Kosten der Schwermetallanalytik sehr gering im Vergleich zu den Gesamtkosten sind, sollten sie bei künftigen Untersuchungen zur Abrundung des Ge-

samtbildes der Schadstoffbelastungen auf Wurfscheibenschießanlagen i.d.R. wieder mitanalysiert werden.

Im UMK-Bericht wird die Untersuchung der visuell befrachteten Schichten nur bei besonderen Fragestellungen empfohlen, da zu Recht davon ausgegangen wird, dass die Schadstoffgehalte dieser Bereiche stets über den Prüfwerten liegen. Aufgrund des Modellcharakters der vorliegenden Untersuchungen wurden jedoch stets die visuell befrachteten Schichten untersucht. Es zeigte sich, dass die potentielle Gefährdung des Grundwassers (Emissionspotential!) nur durch die Untersuchung auch der visuell befrachteten Schichten abgeschätzt werden kann, da weder das Modell zur Abschätzung des Schadstoffrückhaltevermögens nach DVWK (siehe Kapitel 9.1) noch das überprüfte Sickerwassersimulationsprogramm (siehe Kapitel 9.2) befriedigende Ergebnisse für eine Immissionsabschätzung erbrachten. Da die Mehrkosten für die zusätzlichen Analysen im Vergleich zu den Gesamtkosten von untergeordneter Bedeutung sind (siehe Kapitel 10), wird die standardmäßige Untersuchung der visuell befrachteten Schichten empfohlen. Für verlässliche Aussagen hinsichtlich der Wirkungspfade Boden-Mensch bzw. Boden-Nutzpflanzen ist die Untersuchung dieser Schichten ohnehin unabdingbar.

Weiter zeigte sich, dass die in Kapitel 8.1.1 dargestellte Probenaufbereitung durch Siebung bei 2 und 1 mm und zusätzlichem manuellem Auslesen von Bleischrot und Wurfscheibenscherben zwar sehr aufwändig, aber nicht ersetzbar ist. Theoretische Überlegungen, die Schrote und Wurfscheibenscherben nicht manuell, sondern automatisiert zu entfernen, wurden angestellt, aber als unpraktikabel bzw. zu ungenau wieder verworfen.

13.1.3.2 Handlungsempfehlungen Säulenversuche

Die mit Bodenproben von 7 Standorten gemäß der DIN-Vornorm 19736 durchgeführten Säulenversuche zeigen, dass die PAK-Konzentrationen im Säuleneluat mit abnehmender Durchflussrate und mit abnehmender Probenmasse deutlich zurückgehen. Aufgrund dieses widersprüchlichen Ergebnisses ist die gemäß der Vornorm nötige Fallunterscheidung:

- Fall a: Vorliegen der PAK-Verunreinigungen in residualer Form: gleichbedeutend mit konstanter Säulenkonzentration bei Änderung der Durchflussrate;
- Fall b: Vorliegen der PAK-Verunreinigungen in sorbierter Form: gleichbedeutend mit abnehmender Säulenkonzentration bei zunehmender Durchflussrate bzw. abnehmender Probenmasse)

nicht möglich.

Damit ist bei den durchgeführten Säulenversuchen auch eine auf der Fallunterscheidung basierende Bestimmung bzw. Berechnung der Sickerwasserkonzentration gemäß der Vornorm nicht möglich. Solche Unstimmigkeiten bei der Anwendung der Vornorm wurden bereits im Rahmen anderer Untersuchungen (u.a. Ringversuche im Auftrag des UBA) festgestellt. Die Untersuchungen für die Schießplätze bestätigen also, dass die Ergebnisse von Säulenversuchen nach der DIN-Vornorm 19736 einer fachlichen Einzelfallbewertung bedürfen und nicht einfach per Rechenverfahren in „wahre“ Sicker- oder Bodenwasserwerte umgesetzt werden können.

Da die Vornorm derzeit noch weitere gravierende Mängel aufweist, können die Ergebnisse aus den Säulenversuchen lediglich als orientierende Grundlage für eine Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Grundwasser herangezogen werden. **Die Sickerwasserprognose gemäß der BBodSchV für lipophile organische Stoffe ist in Bayern also weiterhin auf der Grundlage des Gesamtstoffgehaltes durchzuführen.** Bei den vorliegenden Untersuchungen bestätigen die Säulenuntersuchungen jedenfalls, dass auf den Schießanlagen mit deutlich erhöhten Emissionen an PAK aus den Wurfscheibenscherben zu rechnen ist.

13.1.3.3 Handlungsempfehlungen Ammoniumnitratextrakte

Die Ammoniumnitratextraktion ist nach DIN 19730:6.97 durchzuführen:

- zur Ermittlung und Bewertung der Bleigehalte beim Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität nach Anhang 2 Nr. 2.2 der BBodSchV
- zur Ermittlung und Bewertung der Arsengehalte im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen nach Anhang 2 Nr. 2.4. der BBodSchV.

13.2 Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser

Bei der Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Wasser ist gemäß BBodSchV eine Sickerwasserprognose für den Ort der Beurteilung durchzuführen. Damit ist abzuschätzen, ob die Sickerwasserkonzentration am Übergang zur gesättigten Bodenzone jetzt und zukünftig die Prüfwerte (Stufe-1-Werte) überschreitet. Die nachfolgenden Bewertungen basieren auf dieser Sickerwasserprognose, die eine Emissionsabschätzung für den Ort der Probenahme (vorhandenes Stoffpotential, Gesamtstoff- und Eluatgehalte) und eine Sickerwasserprognose (Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit u.ä.) beinhaltet.

Folgende Randbedingungen wurden bei der Sickerwasserprognose berücksichtigt:

Um die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung abschätzen zu können, ist ausgehend von der Emissionsabschätzung am Ort der Probenahme noch eine Sickerwasserprognose vorzunehmen. Dabei ist die Filter-, Abbau- und Rückhaltewirkung der ungesättigten Zone abzuschätzen.

Die Sickerwasserprognose umfasst eine stark vereinfachte Abschätzung der Rückhaltewirkung (Sorption, Filterwirkung) der wasserungesättigten Zone sowie der mikrobiologischen Abbauprozesse. Maßgeblich bei dieser Abschätzung sind:

- **Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung:**

Unter der unbelasteten Grundwasserüberdeckung wird der Bereich zwischen Unterkante des verunreinigten Bodenbereichs und der Grundwasseroberfläche bei Grundwasserhöchststand verstanden. Die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung ist gering, wenn zwischen der Unterkante des verunreinigten Bodenbereichs und der Grundwasseroberfläche bei Grundwasserhöchststand maximal 2 m liegen. Analog wird die Mächtigkeit bei 2 m bis 10 m als mittel eingestuft, über 10 m gelten als groß.

- **Durchlässigkeitsbeiwert (K_f -Wert) und Bodenart:**

Durchlässigkeitsbeiwert und Bodenart sind eng miteinander korreliert. Durchlässige und stark durchlässige Grundwasserüberdeckungen haben wegen hoher Abstandsgeschwindigkeiten des Sickerwassers eine geringe Rückhalte- und Abbauwirkung. Bei geringer lateraler Ausdehnung schwach durchlässiger Schichten oder bei zu Trockenrissen neigenden tonigen Bodenoberflächen ist deren Rückhalte- und Abbauwirkung ebenfalls als gering einzustufen. Die mechanische Filterwirkung ist wegen Größe und Verteilung der Poren in groben, gut sortierten Substraten besonders gering. Dagegen hat eine bei hohem Feinkornanteil große innere Oberfläche wegen der i. d. R. erhöhten Ionenaustauschkapazität eine hohe Rückhaltewirkung.

Die Stufen der Durchlässigkeitsbeiwerte werden wie folgt definiert:

sehr stark durchlässig	$> 10^{-2}$ m/s
stark durchlässig	10^{-2} bis 10^{-4} m/s
durchlässig	10^{-4} bis 10^{-6} m/s
schwach durchlässig	10^{-6} bis 10^{-8} m/s
sehr schwach durchlässig	$< 10^{-8}$ m/s

- **Grundwasserneubildung bzw. Versiegelung:**

In den Untergrund infiltriertes und in das Grundwasser gelangtes Wasser (Grundwasserneubil-

dung) befördert gelöste oder partikulär gebundene Stoffe. Bei hoher Grundwasserneubildung geschieht dies schnell und in hoher Menge. Rückhalte- und Abbauvorgänge können wegen geringer Verweilzeiten nicht voll wirksam werden. Bei versiegelten Böden wird die Grundwasserneubildung und damit der Transport von wassergelösten Stoffen verringert oder ganz verhindert. Dabei ist die Qualität und der Fortbestand der Versiegelung zu beachten.

- **Weitere Einflussfaktoren:**

Weitere Einflussfaktoren auf Rückhaltewirkung und Abbauprozesse in der wasserungesättigten Zone wie pH-Wert, Humus-, Wasser- und Sauerstoffgehalt, und stoffspezifische Eigenschaften wie Löslichkeit oder Wechselwirkungen zwischen gelöster und fester Phase (Verteilungskoeffizient) hinsichtlich Mobilität und Abbaubarkeit sind soweit bekannt im Einzelfall zu berücksichtigen.

Bei der Einstufung der Anlagen hinsichtlich ihrer Untersuchungsdringlichkeit sowie in der orientierenden Untersuchung werden die Einflussgrößen des Stofftransports zur Ermittlung der Sickerwasserprognose abgeschätzt. Die Sickerwasserprognose kann auf der Basis folgender gleichwertiger Grundlagen erfolgen:

- Bodenbeprobung und Untergrundansprache
- Grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse zum Schadstofftransport im Boden
- Regionale Kenntnisse zur Untergrundbeschaffenheit (Hydrogeologie) und zum Wassertransport
- Regionale Erfahrungen zur Schadstoffausbreitung aus Vergleichsfällen

Nach Maßgabe von Anhang 1 Nr. 3 BBodSchV sind bei der Sickerwasserprognose Erfahrungen aus Vergleichsfällen heranzuziehen. Die Einflussgrößen sind aufgrund allgemein vorliegender wissenschaftlicher Erkenntnisse abzuschätzen und zu bewerten. Die örtlichen Kenntnisse zur Untergrundbeschaffenheit und Schadstoffausbreitung werden ebenfalls zur Sickerwasserprognose herangezogen. Es sind also nicht für jeden Einzelfall umfangreiche Messungen oder bodenkundliche Untersuchungen für die Sickerwasserprognose notwendig. Eine annäherungsweise Abschätzung der Möglichkeit der Stoffverlagerung bis zum Ort der Beurteilung ist für die Sickerwasserprognose im Rahmen der Einstufung in eine Bearbeitungspriorität bzw. im Rahmen der orientierenden Untersuchung völlig ausreichend. Der Einsatz von Stofftransportmodellen ist bei der orientierenden Untersuchung i. d. R. nicht vorgesehen. Aufgrund lokal variierender Untergrundverhältnisse ist nach derzeitigem Kenntnisstand eine quantifizierende Prognose nicht möglich und wäre auch nicht verifizierbar. Hinweise zur Bewertung der Rückhaltewirkung des Untergrunds können auch dem Bewertungsschema in Anhang 2, Teil 2 der BayBodSchVwV, Bewertung des Transmissionspotentials, entnommen werden.

13.2.1 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 1

Die Wurfscheibenzone ist durch eine sehr hohe PAK-Belastung im Gesamtstoffgehalt bis in eine Tiefe von 40 cm und eine hohe Belastung mit Antimon im Eluat bis in eine Tiefe von 50 cm gekennzeichnet. Die Schrotzone weist bis in eine Tiefe von 30 cm eine sehr hohe Belastung mit Blei und Antimon im Eluat auf. Eine Arsenbelastung im Eluat konnte nicht nachgewiesen werden.

Aufgrund von Zerrüttungs- und Verkarstungserscheinungen ist von einer hohen Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes auszugehen. Der Grundwasserflurabstand ist nicht genau bekannt. Eine Überschreitung der Prüfwerte am Übergang zur gesättigten Bodenzone (Ort der Beurteilung) ist aufgrund des hohen Emissionspotentials zu erwarten. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer vertieften Detailuntersuchung müssen die Belastungen auch auf der benachbarten Trap-/Skeetanlage in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter eingegrenzt und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung erkundet werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Stoffeintrag in den Boden verhindern, erforderlich sind.

13.2.2 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 2

Die Belastung durch Antimon im Eluat sowie durch PAK im Gesamtstoffgehalt beschränkt sich in der Wurfscheibenzone auf die oberen 20 cm. In der Schrotzone reichen die sehr hohen Belastungen mit Blei, Antimon und teilweise auch mit Arsen im Eluat bis in eine Tiefe von 40 bzw. 50 cm.

Der Untergrund besteht aus Ton- Mergel- und Sandsteinen des Gipskeupers. Die Ton- und Mergelsteine sind gering durchlässig, können aber lokal einen Kluftgrundwasserleiter beinhalten. In den Bereichen der in den Sandsteinen angelegten Sandgruben (Scherbenzone) ist mit unbekanntem Auffüllungen mit hohen Durchlässigkeiten zu rechnen. Bei einem Grundwasserflurabstand von ca. 10 – 20 m ist damit ein mittleres bis hohes Transmissionspotential gegeben. Eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung ist zumindest langfristig zu erwarten. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen auch auf der Trapanlage und an der Kipphasenanlage in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Dabei ist auch eine mögliche Stoffverfrachtung durch die Hanglage der Schrotzone in Richtung Vorfluter zu berücksichtigen. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.3 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 3

In der Scherbenzone reichen die PAK-Belastungen im Gesamtstoffgehalt bis in eine Tiefe von 50 cm. Antimon überschreitet den Prüfwert im Eluat ebenfalls bis in eine Tiefe von 50 cm, Blei bis 30 cm. Arsen liegt nur in der organischen Auflage in erhöhten Konzentrationen vor. In der Schrotzone übersteigt Blei bis 40 cm und Antimon bis 50 cm Tiefe den entsprechenden Prüfwert.

Der Untergrund besteht im Bereich der Schrotzone aus Sandsteinen des oberen Burgsandsteins mit hohen Durchlässigkeiten und geringer Sorptionskapazität, im Bereich der Scherbenzone liegt eine Talverebnung mit Feucht- und Quellbereichen vor, die einen direkten Stoffeintrag in Oberflächengewässer und eine Verunreinigung des abströmenden oberflächennahem Grundwassers ermöglicht. Es ist davon auszugehen, dass die Prüfwerte für Blei, Antimon und PAK auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung hat sich durch die durchgeführten Untersuchungen damit bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen auch auf der Skeetanlage und an der ehemaligen Kipphasenanlage in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.4 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 4

In der Wurfscheibenzzone wurde eine hohe Belastung mit PAK im Gesamtstoffgehalt bis in eine Tiefe von 20 cm ermittelt. Erhöhte Konzentrationen an Blei im Eluat liegen bis in eine Tiefe von 30 cm vor. Im Schrotbereich reichen die Belastungen mit Blei im Eluat ebenfalls bis in eine Tiefe von 30 cm. Antimon liegt bis in 20 cm in erhöhten Konzentrationen vor. Die Arsenbelastungen beschränken sich auf die organische Auflage.

Der Untergrund am Standort ist durch sandige Böden mit unterschiedlichem Tonanteil geprägt. Der Keupersandstein besitzt eine mittlere bis gute Wasserdurchlässigkeit bei geringem Filter- und Puffervermögen. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 5 m. Die Schießanlage befindet sich im vermutlichen Einzugsbereich eines Trinkwasserbrunnens. Eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung ist langfristig zu erwarten. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die ei-

nen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich. Die Lage der Anlage im vermutlichen Einzugsbereich einer Trinkwasserversorgung ist dabei besonders zu berücksichtigen.

13.2.5 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 5

Die PAK-Belastung im Gesamtstoffgehalt in der Wurfscheibenzone reicht bis in eine Tiefe von 60 cm. Die Säulenversuche zeigen, dass relevante Frachten an PAK aus dem Boden in Lösung gehen können. Auf die Problematik der Säulenversuche wird im Kapitel 13.1.3.2 eingegangen. Antimon weist hohe Eluatkonzentrationen bis in eine Tiefe von 40 cm auf. Die im Eluat nachgewiesenen Blei-Belastungen beschränken sich im Wesentlichen auf die oberen 10 cm. In der Schrotzone liegen massive Prüfwertüberschreitungen für Blei und Antimon im Eluat vor, die bis in eine Tiefe von mindestens 50 cm reichen. Arsen ist vor allem auf die organische Auflage beschränkt.

Der Untergrund besteht aus sehr gut durchlässigen sandigen Kiesen, der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 18 - 24 m. Eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung ist zumindest langfristig als wahrscheinlich anzusehen. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen auch auf der Trapanlage in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.6 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 6

In der Wurfscheibenzone wurde eine hohe Belastung mit PAK im Gesamtstoffgehalt und Blei im Eluat bis in eine Tiefe von 30 cm festgestellt. In den Bodeneluatn der Schrotzone reicht die Belastung mit Blei und Antimon bis in eine Tiefe von mindestens 35 cm.

Aufgrund der hohen Durchlässigkeit des Untergrundes in den quartären Schottern und des geringen Grundwasserflurabstandes von ca. 5 m ist davon auszugehen, dass die Prüfwerte für Blei, Antimon und PAK auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen auf allen drei Trap-/Skeetanlagen in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern erforderlich.

13.2.7 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 7

In der Wurfscheibenzone wurden die Prüfwerte im Eluat für Blei und Antimon bis in eine Tiefe von 20 bzw. 30 cm überschritten. Die Belastung durch PAK im Gesamtstoffgehalt reicht bis in eine Tiefe von 20 cm. Die Eluat-Gehalte für Blei und Antimon in der Schrotzone überschreiten die Prüfwerte zum Teil massiv (Antimon 20fach) bis in eine Tiefe von mindestens 30 cm. Die Arsenbelastung ist vor allem auf den organischen Auflagehorizont beschränkt.

Im Kipphasenbereich wurde im gesamten untersuchten Tiefenbereich (bis 30 cm) eine mehr als 10-fache Überschreitung der Prüfwerte für Blei, Arsen und Antimon festgestellt.

Aufgrund der hohen Durchlässigkeit und des geringen Sorptions- und Filtervermögens des Untergrundes in den Fein- und Mittelsanden der ehemaligen Sandgrube und des geringen Grundwasserflurabstandes von ca. 5 m ist davon auszugehen, dass die Prüfwerte für Blei, Antimon und PAK auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.8 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 8

In der Wurfscheibenzone wurden nur oberflächennah leicht erhöhte Antimon-Konzentrationen im Eluat festgestellt. In der Schrotzone überschreiten die Antimon-Konzentrationen im Eluat den Prüfwert im Pflughorizont bis 30 cm zum Teil deutlich.

Die Untergrundbeschaffenheit unterhalb der Brach- bzw. Ackerflächen besteht aus verwittertem Kalk- und Dolomitgestein und Lösslehm mittlerer bis geringer Durchlässigkeit. Der Grundwasserflurabstand beträgt 50-70 m. Hängende Grundwasserstockwerke werden bei einem Flurabstand von 20-30 m vermutet. Der Standort befindet sich im Einzugsgebiet eines geplanten Wasserschutzgebietes. Aufgrund des hohen Flurabstandes und der relativ geringen Durchlässigkeit der ungesättigten Bodenzone wird vom Gutachter eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung auch langfristig für unwahrscheinlich gehalten, womit sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung nicht bestätigen würde. Sofern sich die Schießanlage jedoch im Einzugsgebiet einer Wasserversorgung befindet und Hinweise für oberflächennahe Grundwasserstockwerke vorliegen, ist diese Bewertung zu überprüfen. In diesem Fall sind Maßnahmen zur weiteren Detailerkundung und gegebenenfalls Maßnahmen zur Sanierung erforderlich.

13.2.9 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 9

Im Wurfscheibenbereich wurden sehr stark erhöhte PAK-Gehalte im Gesamtstoffgehalt bis in eine Tiefe von 20 cm festgestellt. Eine Belastung mit Antimon und Arsen konnte nicht festgestellt werden, Blei liegt nur im Originalgehalt, nicht jedoch im Eluat in erhöhten Konzentrationen vor. Der Schrotbereich weist nur oberflächennah eine Belastung mit Arsen und Blei im Eluat in Konzentrationen um den Prüfwert auf. Die Antimongehalte im Eluat lagen alle unter der Nachweisgrenze, wobei die Nachweisgrenze von 10 µg/l bereits dem Prüfwert entspricht. In Untersuchungen der Fa. GEO 4 von 1998 wurden stark erhöhte Antimongehalte im Eluat festgestellt.

Im Sediment des Baggersees war der Bleigehalt mit 250 mg/kg deutlich erhöht.

Da der Untergrund aus sehr gut durchlässigen sandigen Kiesen besteht und der Grundwasserflurabstand nur 0,5 - 1 m beträgt, muss davon ausgegangen werden, dass die Prüfwerte auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung, insbesondere auch in den Sedimenten des Baggersees und im Wassergraben weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwasser messstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.10 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 10

Die Belastung der Wurfscheibenzone mit PAK im Gesamtstoffgehalt und Blei und Antimon im Eluat beschränkt sich im Wesentlichen auf die oberen 10 cm. Die Säulenversuche haben gezeigt, dass die PAK in mobilisierbarer Form vorliegen und zu deutlichen Emissionen oberhalb des Prüfwertes führen. Auf die Problematik der Säulenversuche wird im Kapitel 8.2.2 eingegangen. In der Schrotzone sind Prüfwertüberschreitungen im Eluat bis in eine Tiefe von 25 cm sowohl für Blei und Antimon als auch für Arsen feststellbar.

Die Untergrundverhältnisse sind im Bereich der Scherbenzone durch Bauschuttuffüllungen in dem ehemaligen Steinbruch gekennzeichnet. In diesem heterogenen Bodenkörper muss grundsätzlich von einer Mobilität der Schadstoffe und damit von einer Verlagerung bis in die gesättigte Bodenzone ausgegangen werden. Der Untergrund im Schrotbereich ist gekennzeichnet durch kantigen Granitbruch in den Abraumhalden sowie durch den darunter anstehenden Granit/Mylonit. Aufgrund der großen Hohlräume und Klüfte ist hier mit einem raschen Versickern der Schadstoffe zu rechnen. Der

Grundwasserflurabstand beträgt bei Annahme einer hydraulischen Verbindung zum Aquifer im Kristallin ca. 6-8 m.

Aufgrund der insgesamt guten Durchlässigkeit, dem geringen Sorptions- und Filtervermögen des Untergrundes und des geringen Grundwasserflurabstandes ist davon auszugehen, dass die Prüfwerte für Blei, Antimon und PAK auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen und durch die Errichtung von Grundwassermessstellen eine möglicherweise bereits eingetretene Grundwasserverunreinigung zu erkunden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.11 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 11

Im Wurfscheibenbereich liegen stark erhöhte Werte für PAK im Gesamtstoffgehalt vor, im Schrotbereich sind sehr hohe Eluatgehalte für Blei und Antimon ermittelt worden. Die Belastungen sind auf die oberen 30 cm im landwirtschaftlich genutzten Pflughorizont begrenzt.

Der Untergrund besteht aus einer Lösslehmdecke über tertiären Sanden und Kiesen. Der Grundwasserflurabstand beträgt 35-45 m. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit, der guten Sorptionsfähigkeit der Lösslehmüberdeckung und des hohen Grundwasserflurabstandes ist mit einer Verlagerung der Schadstoffe bis in die gesättigte Bodenzone in überschaubaren Zeiträumen nicht zu rechnen. Der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung hat sich damit für den Gefährdungspfad Boden-Grundwasser nicht bestätigt. Weitere Maßnahmen sind aus der Sicht des Grundwasserschutzes derzeit nicht erforderlich.

13.2.12 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 12

In der Wurfscheibenzone wurde eine hohe Belastung mit PAK im Gesamtstoffgehalt über dem Stufe-1-Wert und Blei im Eluat über dem Prüfwert bis in eine Tiefe von 40 cm festgestellt. In der Schrotzone reichen die Blei-Belastungen im Eluat bis in eine Tiefe von 30 cm, Antimon liegt bis in eine Tiefe von 20 cm in stark erhöhten Eluat-Konzentrationen vor. Die Arsenbelastung beschränkt sich im Wesentlichen auf die organische Auflage.

Der Untergrund setzt sich zusammen aus gering durchlässigen Lösslehmdeckschichten, mittel bis gering durchlässigen Deckenschottern des Altpleistozäns und sandigem Tertiär von mittlerer Durchlässigkeit. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 60 m. Bei einer auf dem Gelände durchgeführten

Bohrung wurde nach Angabe der Betreiber bis 35 m Tiefe kein Grundwasser angetroffen. Aufgrund des hohen Grundwasserflurabstandes ist mit einer Verlagerung der Schadstoffe bis in die gesättigte Bodenzone in überschaubaren Zeiträumen nicht zu rechnen. Der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung hat sich damit für den Gefährdungspfad Boden-Grundwasser nicht bestätigt. Weitere Maßnahmen sind aus der Sicht des Grundwasserschutzes derzeit nicht erforderlich.

13.2.13 Bewertung Wurfscheibenschießanlage 13

Die Belastung der Wurfscheibenzonen mit PAK im Gesamtstoffgehalt und Blei und Antimon im Eluat beschränkt sich auf die oberen 20 cm. Im Schrotbereich liegen Prüfwertüberschreitungen für Blei, Arsen und Antimon im Eluat nur in den oberen 10 cm vor.

Der Untergrund besteht überwiegend aus aufgefüllten tonigen, braunkohlehaltigen Sanden aus einem ehemaligen Braunkohletagebau. Der Grundwasserflurabstand beträgt 4 - 7 m. Durch die heterogene Bodenbeschaffenheit muss von einem nur geringen Rückhaltevermögen für die Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone ausgegangen werden. In Verbindung mit dem nur geringen Grundwasserflurabstand ist davon auszugehen, dass die Prüfwerte für Blei, Antimon und PAK auch am Ort der Beurteilung überschritten werden. Damit hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Im Rahmen einer Detailuntersuchung sind die Belastungen auf der gesamten Anlage (Trap-, Skeet- und ehemalige Schießanlage) und im Nordsüdgraben in ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung weiter einzugrenzen. Die vorliegenden Untersuchungen an den drei am Standort bereits vorhandenen Grundwassermessstellen sind auszuwerten und gegebenenfalls weitere Grundwasseruntersuchungen durchzuführen und weitere Grundwassermessstellen zu errichten. Weiterhin sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sowie Maßnahmen, die einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in den Boden verhindern, erforderlich.

13.2.14 Prüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse und Hinweise für das weitere Vorgehen

Die Untersuchungen an den 13 ausgewählten Anlagen haben ergeben, dass sich an 11 Schießplätzen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt hat und lediglich an 2 Schießplätzen aus wasserwirtschaftlicher Sicht kein weiterer Handlungsbedarf vorliegt. An diesen beiden Standorten liegt zwar auch ein sehr hohes Emissionspotential vor, eine Grundwassergefährdung konnte jedoch aufgrund des sehr großen Grundwasserflurabstandes ausgeschlossen werden. Für zukünftige Untersuchungen von weiteren Wurfscheibenschießanlagen ergeben sich aus den im Rahmen des Kooperationsmodells gewonnenen Erfahrungen folgende Schlussfolgerungen:

13.2.14.1.1 Schlussfolgerungen für die Gefährdungsabschätzung

- Ein sehr hohes Emissionspotential an wassergefährdenden Stoffen (PAK, Blei, Antimon) kann grundsätzlich an allen Schießanlagen vorausgesetzt werden. Es kann ohne Bodenuntersuchungen aus der Recherche der jährlichen Schusszahlen und der Betriebszeit der Anlage überschlägig errechnet werden und lag bei den 13 untersuchten Standorten für Blei jeweils zwischen 8 und 164 Tonnen.
- Der Nachweis des hinreichenden Verdachts einer schädlichen Bodenveränderung im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG ist bereits dann erbracht, wenn das Emissionspotential aus historischen Recherchen nachgewiesen wurde und zu erwarten ist, dass die Konzentrationen im Sickerwasser die Prüfwerte am Ort der Beurteilung derzeit oder in überschaubarer Zukunft überschreiten. Für die Sickerwasserprognose ist vor allem der Grundwasserflurabstand und die Untergrundbeschaffenheit entscheidend. Wenn diese Faktoren bekannt sind (z.B. aus benachbarten Bodenaufschlüssen), so kann die Sickerwasserprognose auch ohne chemisch-physikalische Untersuchungen d.h. ohne Bodenprobennahmen durchgeführt werden.
- Das Minimaluntersuchungsprogramm ist i.d.R. geeignet, den Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung zu bestätigen oder auszuräumen. Für eine abschließende Gefährdungsabschätzung im Sinne einer Detailuntersuchung ist es (auch in der erweiterten Form) nicht ausreichend. Es ermöglicht jedoch eine grobe Abschätzung der Tiefenverlagerung in den Belastungsschwerpunkten.

13.2.14.2 Schlussfolgerungen für weitere Untersuchungen

- Der Vergleich der Konzentrationen an verschiedenen Probennahmestellen eines Belastungsschwerpunktes zeigt deutliche Unterschiede in der Höhe der Belastung und in der Tiefenverlagerung der Schadstoffe (sowohl im Scherben- als auch im Schrotbereich). Daraus folgt, dass für eine abschließende vertikale Abgrenzung der Belastungszonen (z.B. im Rahmen einer Sanierungsplanung) das Minimaluntersuchungsprogramm nicht ausreichend ist.
- Im Rahmen der Detailuntersuchungen können die Belastungsbereiche ggf. durch eine Kartierung der Wurfscheibenscherben und Bleischrotbelegung eingegrenzt werden und darauf aufbauend das Untersuchungsprogramm reduziert werden.
- Die Untersuchungen haben für die Mehrzahl der Anlagen eine Grundwassergefährdung ergeben. Deshalb sind an diesen Standorten Grundwassermessstellen zu errichten und das Grundwasser auf die anlagentypischen Stoffe zu untersuchen. Die hydrogeologischen Standortbedingungen sind

dabei zu berücksichtigen. An einem der untersuchten Standorte sind bereits Grundwassermessstellen vorhanden, bei denen Hinweise auf eine deutliche Grundwasserverunreinigung durch Blei vorliegen (Wiederholungsmessungen werden derzeit durchgeführt).

- In den Bleischrotzonen hat sich die Belastung durch Arsen als nachrangig herausgestellt, so dass zukünftig auf die Untersuchung dieses Stoffes als Leitparameter im Boden verzichtet werden kann.
- Deutliche Überschreitungen des Prüfwertes für Blei wurden im Eluat auch bei optisch nicht erkennbarer Schrotbelegung bis in Tiefen von 40 cm festgestellt. Im oberflächennahen Bereich und in den Auflagehorizonten übersteigen die Eluatkonzentration z.T. den 500-fachen Prüfwert. Dies zeigt, dass auch das relativ immobile Blei zu deutlichen Konzentrationen im Sickerwasser führen kann.
- Ähnlich hohe Konzentrationen im Eluat wurden für Antimon gefunden, obwohl Antimon nur zu etwa 3% im Bleischrot enthalten ist. Bis zu 6-fache Prüfwertüberschreitungen wurden bis in Tiefen von 50 cm festgestellt. Die Ergebnisse verdeutlichen die sehr gute Mobilität der aus dem korrodierten Bleischrot entstandenen Antimonverbindungen.
- Bei den PAK überwiegen die 2- und 3-Ring-Aromaten, die eine nicht zu vernachlässigende Löslichkeit aufweisen. Höher kondensierte PAK (5 und mehr Ringe) spielen nur eine untergeordnete Rolle. Die Säulenversuche zeigen teilweise eine deutliche Mobilität der PAK. Auf weitere Säulenversuche sollte jedoch vorerst verzichtet werden, bis ein DIN-Entwurf mit klar definierten Versuchsbedingungen vorliegt. Die Tiefenverlagerung in der Scherbenzone wurde mit PAK-Gesamtstoffgehalten, die den Stufe-1-Wert mehr als 25-fach überschreiten, bis in 50 cm ohne optisch erkennbare Wurfscheibenscherben nachgewiesen. Eine Gegenüberstellung der in der Fraktion < 2 mm ermittelten PAK-Gehalte (Scherben ausgesiebt) und der in diesen Proben ursprünglich enthaltenen Wurfscheibenscherben (in Gew. %) zeigt, dass bei Scherbenanteilen größer etwa 1 Gew. % grundsätzlich von PAK-Gehalten über dem Stufe-1-Wert auszugehen ist und auch in den visuell scherbenfreien Proben noch PAK-Gehalte bis zu 760 mg/kg auftreten können. Für weitere Untersuchungen kann bei Proben mit Wurfscheibenscherben über 1 Gew. % ggf. auf die PAK-Analytik verzichtet werden (von Stufe-1-Wert-Überschreitung ist auszugehen). Für die Bewertung einer Grundwassergefährdung ist darüber hinaus der Gesamtgehalt an PAK (incl. Wurfscheibenscherben) zu berücksichtigen und im Einzelfall analytisch zu bestimmen.

13.2.14.3 Schlussfolgerungen für weitere Maßnahmen

Pauschale Handlungsempfehlungen für die Art der Maßnahmen, die an Schießanlagen, an denen sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt hat, zur Gefahrenabwehr erforderlich sind, können nicht gegeben werden. Bei der Auswahl der am jeweiligen Standort sinnvollsten Maßnahmen müssen die konkreten Standortverhältnisse, die Verhältnismäßigkeit und möglicherweise land- und forstwirtschaftliche Belange berücksichtigt werden. Vorschläge für konkrete Maßnahmen sollten im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung (Variantenvergleich) von einem unabhängigen Gutachter vorgeschlagen und mit allen Beteiligten (Betreiber, Fach- und Rechtsbehörden) erörtert werden.

Weiterhin sind Maßnahmen bei nicht stillgelegten Anlagen erforderlich, um einen weiteren Stoffeintrag in den Boden zu verhindern. Hier sind z.B. Fangnetze, Versiegelungen der Oberfläche, Umstellung auf Eisenschrote, regelmäßige Räumungen von Wurfscheiben oder bestimmte bauliche Maßnahmen, wie z. B. die Umwallung von Anlagen, denkbar, die an jedem Standort gemeinsam mit den Betreibern festzulegen sind. Im Rahmen der Erstellung des Leitfadens für den umweltgerechten Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen sind die Art der Maßnahmen und die jeweiligen Randbedingungen und sinnvollen Einsatzbereiche gemeinsam mit den Kooperationspartnern darzustellen.

13.3 Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch

Die Untersuchung der Anlagen erbrachte in allen Fällen zumindest in den Hauptimmissionsbereichen teilweise hohe Prüfwertüberschreitungen für Blei, Benzo(a)pyren, Antimon und in geringerem Maße auch von Arsen. Da sich hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Mensch die notwendigen Maßnahmen für die 13 untersuchten Wurfscheibenschießanlagen nur unwesentlich unterscheiden, werden im Folgenden die Anlagen nicht einzeln aufgeführt, sondern die wichtigsten Gesichtspunkte, die allgemein **bei in Betrieb befindlichen** Wurfscheibenschießanlagen zu beachten sind, beschrieben.

In der Bekanntmachung über „Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der BBodSchV“ wird hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Mensch von folgenden Expositionsannahmen ausgegangen:

Orale Bodenaufnahme (für bis 8jährige Kinder):

Körpergewicht 10 kg

Tägliche orale Bodenaufnahme 500 mg

Aufenthaltszeit 240 d/a

Inhalative Bodenaufnahme:

Körpergewicht 10 kg

Staubkonzentration: 1 mg/m³ Luft

Atemvolumen bei mäßiger Aktivität: 15 m³/d

Spielzeit 2 h/d an 240 d/a

Diese Angaben beziehen sich auf Spielplätze. Bei Park- und Freizeitflächen wird jeweils eine um den Faktor 5 geringere Bodenaufnahme zu Grunde gelegt.

Der Aufenthalt in den Immissionsbereichen von Wurfscheibenschießanlagen, z.B. durch Arbeiten in den Belastungszonen (gärtnerische Arbeiten, Mäharbeiten, Aufsammeln von Wurfscheiben) findet in einem jedoch zeitlich nur sehr eingeschränkten Maße statt.

Bezüglich des Wirkungspfades Boden-Mensch muss deshalb sicher gestellt sein, dass auch bei Überschreitung der Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen gemäß BBodSchV gewährleistet ist, dass

- die Wurfscheibenscherben- und Bleischrotzonen nur sporadisch betreten werden,
- ein (regelmäßiger) Aufenthalt von Kindern in den Belastungszonen ausgeschlossen werden kann.

Wenn diese Punkte erfüllt sind, sind i.d.R. keine weiteren Anforderungen mehr nötig. Eine **Einzäunung des gesamten Gefahrenbereichs** gemäß den Vorschriften der Schießstands-Richtlinien [10] stellt die genannten Voraussetzungen sicher und sollte somit für jede betriebene Wurfscheibenschießanlage obligatorisch sein. Unter anderem ist auch aus diesem Grund sicherzustellen, dass sich der gesamte Immissionsbereich im Besitz bzw. in der Pacht des jeweiligen Betreibers befindet. Ist dies nicht der Fall, müssen Einzelfalllösungen gefunden werden. Falls Anlagen nicht eingezäunt sind, ist das Gefährdungspotential für den Wirkungspfad Boden-Mensch unter Beachtung der Ableitungskriterien der BBodSchV (v.a. der Frequentierung der Anlage) im Einzelfall zu prüfen. Zu prüfen ist auch, ob es eventuell ausreichend ist, lediglich die Hauptimmissionsgebiete einzuzäunen. Hierfür müssen die Schrot- und Wurfscheibenbereiche gemäß Kapitel 7.2.1 kartiert werden. Die Entscheidung,

welche Bereiche eingezäunt werden müssen, ist von der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde, u.U. in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Gesundheitsamt zu treffen.

Um das von PAK-haltigen Wurfscheibenscherben ausgehende Emissionspotential auch im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch zu minimieren (neben den Wirkungspfaden Boden-Grundwasser und Boden-(Pflanze)-Tier), sollten Anlagen, bei denen dies noch nicht geschehen ist, möglichst vollständig von diesen Scheiben gereinigt werden.

Bei (landschafts)gärtnerischen Arbeiten in den Belastungszonen ist zu beachten, dass sowohl Boden als auch Pflanzenmaterial belastet sein können. Für die Belastungszonen ist somit zu prüfen, inwieweit bei gärtnerischen Arbeiten anfallendes Pflanzenmaterial (Mähgut, Astwerk) mit PAK bzw. Arsen, Antimon oder Blei belastet ist. Für eine evtl. Entsorgung sind entsprechende Untersuchungen in Abhängigkeit vom Entsorgungsweg durchzuführen. Das Mähgut kann auch im Bereich der Wurfscheibenschießanlage liegen gelassen werden.

Falls anderweitige sensible Nutzungen im Schrot-Immissionsbereich (z.B. Golfplatz) liegen, ist die Gefährdung im Einzelfall abzuklären (v.a. die Häufigkeit und Intensität der Nutzung des Bereichs). Bei sporadischer Nutzung kann i.A. von einer vernachlässigbaren Belastung der Nutzer ausgegangen werden.

Bei **stillgelegten Anlagen** muss im Einzelfall über eine eventuelle Gefährdung von Mensch und Tier aufgrund der Anlagen- und Standortcharakteristik entschieden werden (siehe hierzu Kapitel 13.1.1.1). Grundsätzlich sollten die Informationen über die Lage der Wurfscheibenschießanlage und ihrer Immissionsbereiche bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde verwahrt werden, um bei eventuellen Umnutzungen des Geländes die der jeweiligen Nutzung angemessenen Maßnahmen treffen zu können.

13.4 Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Nutzpflanze

Von den 13 untersuchten Wurfscheibenschießanlagen waren bei 7 Anlagen landwirtschaftlich genutzte Flächen von Scherben- oder Schrotimmissionen betroffen (Anlage 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11).

Ergeben Bodenuntersuchungen auf Wurfscheibenschießanlagen eine Überschreitung von Prüfwerten nach BBodSchV im Hinblick auf die Pflanzenqualität oder auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen, ist dies ein konkreter Anhaltspunkt für den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast im Sinne von §9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG.

Der Gesetzgeber sieht bei einem hinreichenden Verdacht eine Detailuntersuchung vor, um abzuklären, ob und welche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden müssen. Die Detailuntersuchung dient auch dazu, die von der schädlichen Bodenveränderung ausgehende Gefahr räumlich ein/abzugrenzen.

13.4.1 Gesamtbewertung der Ergebnisse der einzelnen Anlagen

13.4.1.1 Wurfscheibenschießanlage Nr. 1

Auf der beprobten Ackerfläche wurde der Prüfwert für Blei bei Ackernutzung im Hinblick auf die Pflanzenqualität überschritten. Im Sinne des BBodSchG hat sich damit durch die Untersuchungen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt. Auch bei Antimon wurde der Prüfwert nach Eikman/Kloke überschritten, während für Arsen keine Belastung nachgewiesen werden konnte.

Die östlich der Schießanlage befindliche Ackerfläche wurde nicht beprobt. Aufgrund der dort festgestellten Schrotimmission ist jedoch - zumindest für die der Schießanlage zugewandten Teilfläche - ein erhöhter pflanzenverfügbare Blei-Gehalt zu erwarten.

Das Ausmaß der Gefährdung ist von den angebauten Nutzpflanzen abhängig. Bei allen Ackerflächen sind somit weitere Detailuntersuchungen erforderlich: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in den Belastungszonen sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei und Antimon.

13.4.1.2 Wurfscheibenschießanlage Nr. 2

Die Bleischrotzone liegt vor allem im Bereich der Böschung am Übergang zu den höher gelegenen landwirtschaftlichen Nutzflächen im Norden.

In der Schrotzone wurde für Blei der Maßnahmenwert bei Grünlandnutzung und der Prüfwert bei Ackernutzung im Hinblick auf die Pflanzenqualität überschritten. Die sehr hohen Blei-Gesamtgehalte im Oberboden schlagen auch in den Unterboden durch. Bei Antimon wurde der Eingreifwert nach Eikmann/Kloke überschritten und auch die Antimon-Konzentrationen im Ammonium-Nitrat-Extrakt waren stark erhöht. Im Sinne des BBodSchG hat sich damit durch die Untersuchungen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt.

Die Arsen-Gehalte lagen unter den Prüfwerten für Acker- und Grünlandnutzung.

Auf der als Grünland genutzten Fläche werden somit unmittelbar Maßnahmen erforderlich, um einen Schadstofftransfer vom Boden in das Gras sowie eine Direktaufnahme durch Nutztiere zu unterbinden. Auf den Ackerflächen ist das Ausmaß der Gefährdung von den angebauten Nutzpflanzen abhängig. Hier sind weitere Detailuntersuchungen erforderlich:

Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in den Belastungszonen sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei und Antimon.

13.4.1.3 Wurfscheibenschießanlage Nr. 3

Aufgrund der stark bis sehr stark saueren Bodenreaktion ist trotz der vergleichsweise geringen Gesamtgehalte mit einer relativ hohen Mobilität von Blei zu rechnen.

Eine Überschreitung des Prüfwertes für Blei bei der beprobten landwirtschaftlichen Nutzfläche (Acker) hat dies bestätigt. Im Sinne des BBodSchG haben die Untersuchungen damit den Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt, von einer Beeinträchtigung der Qualität der angebauten Nutzpflanzen ist auszugehen. Für Arsen und Antimon konnten keine Belastungen nachgewiesen werden.

Da das Ausmaß der Gefährdung von den angebauten Nutzpflanzen abhängt, sind weitere Detailuntersuchungen erforderlich: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in den Belastungszonen sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei.

Darüber hinaus ist aufgrund von Untersuchungsergebnissen im Wurfscheibenschießbereich und in der Schrotzone auf nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen von einer Überschreitung der Maßnahmenwerte in der als Grünland genutzten Fläche westlich der Schießanlage auszugehen. Zudem liegt im Süden eine Ackerfläche innerhalb der Schrotzone. Im Rahmen einer Nachuntersuchung ist zu klären, ob bei diesen Flächen eine Überschreitung des Prüf- (Acker) bzw. Maßnahmenwertes (Grünland) vorliegt und ob gegebenenfalls Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich sind.

13.4.1.4 Wurfscheibenschießanlage Nr. 7

Bei der in der Schrotzone gelegenen Ackerfläche war der Prüfwert für Blei im Hinblick auf die Pflanzenqualität überschritten. Auch Antimon lag über dem Eingreifwert von Eikmann/Kloke und zeigte auch im Ammonium-Nitrat-Extrakt stark erhöhte Konzentrationen. Im Sinne des BBodSchG hat sich

damit durch die Untersuchungen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt. Für Arsen konnte keine Belastung nachgewiesen werden.

Das Ausmaß der Gefährdung ist von den angebauten Nutzpflanzen abhängig. Weitere Detailuntersuchungen sind somit erforderlich: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in den Belastungszonen sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei und Antimon.

13.4.1.5 Wurfscheibenschießanlage Nr. 8

Die Bleischrot-Niederschlagszone liegt bei dieser Wurfscheibenschießanlage größtenteils im Bereich ackerbaulich genutzter Flächen. Die im Ammoniumnitratextrakt löslichen Blei-Gehalte lagen jedoch unter der Bestimmungsgrenze. Aufgrund der pH-Werte im neutralen bis schwach alkalischen Bereich ist Blei nur wenig mobil. Die hohe Festlegung von Blei ist außerdem bedingt durch das tonig-lehmige Substrat und den hohen Anteil an organischer Substanz. Böden mit diesen Eigenschaften besitzen ein mittleres bis hohes Filter- und Sorptionsvermögen.

In der Schrotzone wurden die Prüfwerte für Blei und Arsen im Hinblick auf die Pflanzenqualität nicht überschritten. Problematisch sind jedoch die hohen Antimonwerte, die über dem Eingreifwert von Eikmann/Kloke liegen und auch im Ammoniumnitratextrakt stark erhöhte Konzentrationen aufweisen. Von Antimon geht damit möglicherweise eine Gefährdung hinsichtlich der Pflanzenqualität aus. Das Ausmaß der Gefährdung ist von den angebauten Nutzpflanzen abhängig.

Im südlichen Bereich der Schrotzone liegt außerdem eine als Grünland genutzte Fläche, die bisher nicht untersucht wurde.

Weitere Detailuntersuchungen sind somit auf der Acker- und Grünlandfläche erforderlich: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in den Belastungszonen sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Antimon (Acker) und auf Blei und Antimon auf der Grünlandfläche.

13.4.1.6 Wurfscheibenschießanlage Nr. 9

Der Prüfwert für im Ammoniumnitratextrakt lösliches Blei wurde bei den beprobten landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht überschritten. Die Probennahmestellen liegen mit einer Entfernung von 170-190 m vom Schützen jedoch bereits im äußeren Randbereich der Schrotzone. Dagegen befinden sich im Hauptniederschlagsbereich (in Abständen von etwa 120-160 m vom Schützen) weitere, bisher nicht untersuchte landwirtschaftlich genutzte Flächen, bei denen aufgrund ihrer Lage von höheren Blei-Gesamtgehalten und pflanzenverfügbaren Blei-Gehalten auszugehen ist.

Das Ausmaß der Gefährdung ist auf diesen Flächen durch weitere Untersuchungen abzuklären: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei, Antimon und Arsen.

13.4.1.7 Wurfscheibenschießanlage Nr. 11

Die Anlage befindet sich bei einem landwirtschaftlichen Gut. Die Bleischrot-Niederschlagszone liegt vollständig im Bereich ackerbaulich genutzter Flächen.

Die Prüfwerte für Blei im Hinblick auf die Pflanzenqualität wurden bei allen in der Scherben- und Schrotzone untersuchten Ackerflächen überschritten. Die Antimon-Gehalte lagen in der Scherbenzone unter dem Prüfwert von Eikmann/Kloke, in der Schrotzone in Abhängigkeit von der Entfernung zum Schießstand über dem Eingreifwert oder Prüfwert nach Eikmann/Kloke, z.T. auch darunter. Die z.T. sehr stark erhöhten Eluat-Gehalte von Blei und Antimon im Pflughorizont weisen auf ein relativ hohes Emissionspotential dieser Schadstoffe hin. Die Arsenwerte bewegten sich unter dem Prüfwert im Hinblick auf die Pflanzenqualität.

Die PAK-Gehalte waren in der Scherbenzone im Pflughorizont stark erhöht, im Unterboden bis 50 cm Tiefe wurden nur mehr geringe Konzentrationen nachgewiesen. Der Prüfwert von Benzo(a)pyren war im Pflughorizont überschritten.

Im Sinne des BBodSchG hat sich durch die durchgeführten Untersuchungen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt.

Weitere Detailuntersuchungen sind somit erforderlich: Bodenuntersuchungen gemäß BBodSchV in der Scherben- und Schrotzone sowie die Untersuchung von Pflanzenmaterial auf Blei und Antimon, in der Scherbenzone zusätzlich auf PAK und Benzo(a)pyren.

13.4.2 Handlungsempfehlungen zur Verringerung der Belastung des Pfades Boden-Nutzpflanze und Boden-(Pflanze)-Tier

Bei 5 von 7 untersuchten Anlagen, bei denen landwirtschaftlich genutzte Flächen überwiegend im Schrotbereich der Wurfscheibenschießanlagen liegen, hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt.

Generell ist bei landwirtschaftlichen Nutzflächen im Hauptimmissionsbereich bei Schießbetrieb während der Vegetationszeit eine Schrotimmission auf Pflanzenmaterial zu befürchten, so dass Schrotkugeln und die darin enthaltenen Schadstoffe direkt in den Nahrungskreislauf gelangen können.

Es sollte daher möglichst angestrebt werden, keine Schrotimmissionen auf landwirtschaftlichen Flächen zu verursachen. U.U. kann dies bei Trapanlagen und Jagdparcours bereits durch veränderte Auswurfwinkel und -höhen geschehen.

Eine Einzäunung des gesamten Schrot-Immissionsbereiches stellt die genannten Voraussetzungen sicher und sollte daher für jede Wurfscheibenschießanlage obligatorisch sein.

Außerdem sollte sichergestellt werden, dass sich der gesamte Immissionsbereich im Besitz bzw. in der Pacht des jeweiligen Betreibers befindet.

Um das von PAK-haltigen Wurfscheibenscherben ausgehende Emissionspotential auch im Hinblick auf die Wirkungspfade Boden-Nutzpflanze und Boden (Tier)-Mensch zu minimieren, sollten landwirtschaftlich genutzte Flächen -soweit als möglich- von diesen Scherben gereinigt werden.

Falls Anlagen nicht eingezäunt sind und im Schrotbereich der Anlage landwirtschaftlich genutzte Flächen liegen, ist eine Gefährdungsabschätzung für die Wirkungspfade Boden-Nutzpflanze und Boden-(Pflanze)-Tier durchzuführen.

Bei stillgelegten Anlagen muss im Einzelfall über eine eventuelle Gefährdung des Schutzgutes Nutzpflanze und des Wirkungspfades Boden (Pflanze)-Tier aufgrund der Merkmale und Standortcharakteristika der einzelnen Anlagen entschieden werden.

Im Hinblick auf das Schutzgut Pflanze bedeutet dies, dass in den Belastungsbereichen weitere Boden- und Pflanzenuntersuchungen durchzuführen sind.

Weitere Bodenuntersuchungen

Ergänzend zu den Bodenuntersuchungen nach BBodSchV sind in den Belastungsbereichen, soweit nicht bereits erfolgt, Bodenparameter wie pH-Wert, Ton- und Humusgehalt zu bestimmen, die den Schadstoff-Transfer Boden-Pflanze wesentlich beeinflussen.

Der Transfer von Schwermetallen steigt mit sinkendem pH-Wert, bei geringen Schluff- und Tongehalten und bei niedrigen Humusgehalten der Böden an.

Pflanzenuntersuchungen

Da Nutzpflanzen Schadstoffe in unterschiedlichem Umfang akkumulieren und auch das Anreicherungsvermögen der einzelnen Pflanzenteile (vegetative, generative Organe) unterschiedlich ist, sind im

Rahmen der Detailuntersuchung die jeweils die auf den Verdachtsflächen angebauten Nutzpflanzen (Acker) bzw. der Aufwuchs (Grünland) auf den Schadstoffgehalt hin zu untersuchen.

Die Bewertung der Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen erfolgt für Schadstoffe in Lebensmitteln nach den Richtwerten des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (ZEBS-Werten), für Schadstoffe in Futtermitteln nach den Grenzwerten der Futtermittel-Verordnung.

Bei Überschreitung des einfachen Grenzwertes der Futtermittel-Verordnung darf das Futtermittel nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Bei den ZEBS-Richtwerten wird in der Praxis der Lebensmittelüberwachung eine Überschreitung der doppelten ZEBS-Werte als Grenze für die „Vermarktungsfähigkeit von Lebensmitteln“ angesetzt.

Je nach Ergebnis der Pflanzenuntersuchungen sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich. Ziel der zu ergreifenden Maßnahmen ist es, sicherzustellen, dass der Schadstofftransfer Boden-Pflanze (Tier/Mensch) auf der belasteten Fläche ein unbedenkliches Maß nicht überschreitet.

Im Vorfeld technischer Sanierungsmaßnahmen (Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen) sind auf landwirtschaftlich genutzten Flächen folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Anbau- und /oder erntetechnische Maßnahmen,
- Nutzungseinschränkungen und -änderungen.

Im Einzelnen sind dies folgende Maßnahmen:

1. Vermeidung von oberflächlichen Verschmutzungen der Pflanzen durch Anwendung schmutzreicher Ernteverfahren im Feldfutterbau, Wiesen- statt Weidenutzung.
Wegen der Gefahr einer direkten Aufnahme von Blei ist sicherzustellen, dass eine Beweidung im Bereich der Schießstände und der Immissionszone unterbunden wird.
3. Verwertung der Futterpflanzen nur auf dem eigenen Betrieb (nach Futtermittel-Verordnung bis 2,5fachen Grenzwert zulässig); Verschnitt mit weniger belasteten Futtermitteln.
4. Anbaubeschränkungen in Abhängigkeit von Umfang und Höhe der Bodenbelastung und Ergebnissen der Pflanzenuntersuchungen
 - Pflanzen-Gehalte > 1fachem < 2fachem ZEBS-Richtwert
 - Verzicht auf Anbau von Pflanzen mit hohem Anreicherungsvermögen

- Pflanzengehalte > 2fachem ZEBS-Richtwert
 - nur Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, Saatguterzeugung
 - Überdeckung von belastetem Boden mit einer unbelasteten Bodenschicht (mindestens 40 cm)

13.5 Gesamtbewertung der Ergebnisse, Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Anlagen und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Boden

Die Untersuchungen haben gezeigt, welche Bandbreite an Kontaminationen auf solchen Anlagen zu erwarten ist (siehe Anhänge 5 und 6) und unter welchen Boden- und Standortbedingungen von schädlichen Bodenveränderungen ausgegangen werden kann. Aus bodenkundlicher Sicht war dabei von besonderem Interesse, inwieweit Boden und Untergrund die Fähigkeit besitzen, Schwermetalle im Boden zu immobilisieren und damit mittelfristig den betroffenen Wirkungspfaden, vor allem dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser, zu entziehen. Insbesondere wenn im Oberboden Eluatgehalte oberhalb der Prüfwerte gefunden werden und damit von einem hohen Emissionspotential ausgegangen werden muss, kann von dem Ergebnis dieser Abschätzung die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen abhängen.

Bodeneigenschaften können räumlich sehr variabel sein, wie zum einen der Vergleich verschiedener untersuchter Schießplatzstandorte, aber auch der Vergleich der Beprobungsstellen einzelner Schießplatzstandorte zeigt. Zudem sind die Sorptionsmechanismen und Verlagerungsprozesse im Boden sehr komplex. Um die Vergleichbarkeit zweier Standorte in Bezug auf deren Bodeneigenschaften und damit der Fähigkeit, Schwermetalle zu immobilisieren, zu begründen, sind daher in jedem Fall Untersuchungen der Bodeneigenschaften notwendig, wie sie bei den Modellstandorten durchgeführt wurden. In den meisten Fällen wird sich aufgrund der räumlichen Inhomogenität von Böden und Untergrund eine Vergleichbarkeit im Hinblick auf die Sorptions- und Verlagerungseigenschaften der Böden ohne diese Untersuchungen nicht herstellen lassen.

Es kann jedoch aufgrund der Boden- und Untergrundeigenschaften eine weitergehende Priorisierung der Schießplätze im Hinblick auf mögliche Maßnahmen durchgeführt werden (s. hierzu Kapitel 13.1.1.1 und 13.2). Die Boden- und Untergrundeigenschaften sollten immer dann besondere Beachtung finden, wenn die Eluatgehalte im Boden die Prüfwerte der BBodSchV überschreiten und damit von einem hohen Emissionspotential durch mobile Stoffgehalte ausgegangen werden kann. Von den

untersuchten Schießplätzen ist dies bei allen Anlagen der Fall, so dass auf vergleichbaren Schießplätzen von mobilen Schadstoffgehalten oberhalb der Prüfwerte ausgegangen werden muss.

Eine hohe Priorisierung in Bezug auf Maßnahmen wird vorgeschlagen, wenn folgende Gegebenheiten angetroffen werden:

- Böden und Untergrund sind in Bezug auf die Bodeneigenschaften kleinräumig sehr variabel.
- Böden und Untergrund sind anthropogen überprägt und beinhalten ein unbekanntes Schadstoffpotential (z.B. Deponiekörper).

Sind die Bodeneigenschaften natürlicherweise oder durch anthropogene Überprägung kleinräumig variabel oder beinhalten die Böden ein vom Betrieb des Schießplatzes unabhängiges Belastungspotential, müssen für eine abschließende Beurteilung die genauen Boden- und Untergrundverhältnisse erkundet werden, um damit das Gefährdungspotential abschätzen zu können.

Eine hohe Priorisierung in Bezug auf Maßnahmen sollte außerdem erfolgen, wenn:

- Böden und Untergrund bis zum mittleren Grundwasserspiegel durchgehend stark skeletthaltig oder grobporös sind (z.B. Schotterböden oder reine Sandböden),
- Böden und Untergrund sehr tonreich sind und eine ausgeprägte Quellungs- und Schrumpfdynamik aufweisen,
- pH-Werte $< 4,0$ angetroffen werden,
- der Untergrund aus grobporösem, stark geklüftetem oder verkarstungsfähigem Gestein (z.B. Sandstein, oder Kalkstein) besteht und von keiner oder einer nur geringmächtigen Deckschicht überlagert wird,
- Böden hydromorph stark überprägt sind und/oder einen niedrigen Grundwasserflurabstand aufweisen.

In den o.g. Fällen müssen eine Schadstoffverlagerung und eine drohende Kontamination des Grundwassers befürchtet werden. Es werden daher Maßnahmen vorgeschlagen, um unter dem Gesichtspunkt der Vorsorge einen umweltverträglichen Weiterbetrieb der Schießanlagen bis zur Durchführung eventueller Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen gewährleisten zu können. Es wird vorgeschlagen, auf den jeweiligen Schießplätzen in den Bereichen mit den höchsten zu erwartenden mobilen

Stoffgehalten Dauerbeobachtungseinrichtungen mit Saugkerzen zur Entnahme von Sickerwasser in definierten Tiefenstufen zu installieren. Die Tiefenstufen sollten sowohl den Bereich mit den erhöhten Eluatgehalten als auch den Bodenbereich unterhalb dieser Zone erfassen. Damit kann sichergestellt werden, dass auch bei Weiterbetrieb der Anlage eine Schadstofftiefenverlagerung erkannt und die Gefahr einer Grundwasserkontamination ausgeschlossen werden kann.

Die Vorsorgewerte für Blei, PAK und BaP werden auf allen Schießplätzen unabhängig von der Bodenart und dem Humusgehalt in den obersten Bodenschichten erheblich überschritten. Die höchsten Gehalte wurden in den Humusauflagen gefunden, wobei allerdings die Vorsorgewerte der BBodSchV bei Humusauflagen keine Anwendung finden. Mit dem Überschreiten der Vorsorgewerte besteht laut BBodSchV die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung. Unabhängig von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind daher Vorkehrungen zu treffen, um weitere Schadstoffeinträge zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies im Hinblick auf die Nutzung verhältnismäßig ist.

Für den weiteren Betrieb von Schießanlagen sollten in Zusammenarbeit mit den Schießplatzbetreibern technische Maßnahmen zur wirksamen Verminderung der Einträge erörtert werden. Die Umstellung auf PAK-arme oder PAK-freie Wurfscheiben ist wahrscheinlich auf allen Schießplätzen bereits erfolgt. Mögliche Maßnahmen wie Fangzäune, austauschbare Bodenbeläge oder die Verwendung alternativer Schrote können hierbei in Betracht kommen. Die notwendigen Maßnahmen müssen stets auf den Einzelfall bezogen von Schießstands-Sachverständigen in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden entwickelt werden.

14 Zusammenfassung

Das Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, der Bayerische Sportschützenbund und der Bayerische Landesjagdverband haben 1999 ihre Zusammenarbeit mit dem Ziel verstärkt, Umweltbelastungen auf Wurfscheibenschießanlagen zu untersuchen. In diesem landesweiten Kooperationsprojekt sollten in einem ersten Schritt typische Umweltbelastungen durch die Untersuchung und Bewertung von 13 in Betrieb befindlichen Wurfscheibenschießanlagen ermittelt werden. Hauptziel der Untersuchungen war zu prüfen, ob die Ergebnisse der durchgeführten Schießplatzuntersuchungen, die Gefährdungsabschätzungen und die Empfehlungen für weitere Maßnahmen auf andere Anlagen übertragbar sind. Weiterhin sollte die Grundlage für einen Leitfaden zum umweltgerechten Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen geschaffen werden.

Hierzu wurden 13 repräsentativ ausgewählte Anlagen in enger Anlehnung an den UMK-Bericht „Bodenbelastungen auf Schießplätzen“ untersucht, wobei die Vorgaben des UMK-Berichts teilweise modifiziert werden mussten (Auswahlkriterien und Beschreibung der einzelnen Anlagen siehe in den Kapiteln 4 und 5). Nach einer ausführlichen Diskussion der chemischen und toxikologischen Eigenschaften der Schießanlagen-relevanten Parameter in Kapitel 6 und der Beschreibung der durchgeführten Probennahmen in Kapitel 7 werden in Kapitel 8 die angewandten Probenvorbereitungs- und Analysenverfahren dargestellt. Zur Überprüfung der Mobilität der PAK wurden an ausgewählten Standorten Säulenversuche durchgeführt. Die Untersuchungen bestätigten, dass auf Schießanlagen mit Emissionen an PAK aus den früher verwendeten Wurfscheibenscherben zu rechnen ist. Eine Beschreibung der Versuchsdurchführung sowie die Auswertung der Ergebnisse finden sich in den Kapiteln 8.1.2, 8.2.2 und 13.1.3.2.

In Kapitel 9 ist die Anwendbarkeit zweier Simulationsmodelle zur Abschätzung der Schadstoffmobilität, das DVWK-Modell zur „Beurteilung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen“ sowie die Sickerwasserprognose für Blei und Benzo(a)pyren durch eine „Sickerwassersimulation mit dem EDV-Modul SISIM“ des UBA beschrieben. Die Prüfungen zeigten, dass mit beiden Modellen keine abschließende Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser möglich ist.

Kapitel 10 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Kosten bei der Untersuchung von Wurfscheibenschießanlagen, in Kapitel 11 wird beispielhaft die Inhaltsangabe eines sachlich alle Voraussetzungen erfüllenden Gutachtens aufgeführt. In Kapitel 12 werden die Bewertungsgrundlagen beschrieben, die auch für weitere Bewertungen herangezogen werden sollen.

Kapitel 13 enthält eine Gesamtbewertung der Ergebnisse. Hier zeigte sich wie bereits in früheren Untersuchungen, dass sich der Hauptanteil der Kontaminationen auf die obersten 20 – 30 cm beschränkt. Durch die teilweise gute Löslichkeit der Kontaminanten muss jedoch im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser in vielen Fällen eine Überschreitung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung besorgt werden. Auch auf den betroffenen landwirtschaftlichen Nutzflächen wurden teilweise Prüfwertüberschreitungen festgestellt, die weitere Maßnahmen erfordern.

Ebenfalls in Kapitel 13 werden die durch die Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse im Hinblick auf notwendige weitergehende Maßnahmen zusammengefasst. Hierbei wird unterschieden zwischen den

- **Schutzgutunabhängigen Handlungsempfehlungen:** Es zeigte sich, dass aufgrund der schießbetriebsimmanenten hohen Schadstoffbelastungen für alle Wurfscheibenschießanlagen (auch für stillgelegte) weiterer Handlungsbedarf besteht, wobei dieser Handlungsbedarf jedoch nicht generell mit der Notwendigkeit von Untersuchungen gleichgesetzt werden darf. Es müssen vielmehr in einem ersten Schritt unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieses Berichtes die Bearbeitungsprioritäten (bzw. „Dringlichkeitsstufen“) gemäß BayBodSchVwV neu bestimmt werden. Eventuell notwendige Untersuchungen weiterer Anlagen sollten sich eng an die Vorgaben der vorliegenden Handlungsempfehlungen anlehnen. Des Weiteren wird in Anlehnung an den UMK-Bericht „Bodenbelastungen auf Schießplätzen“ empfohlen,
 - den Bleischroteinsatz soweit wie möglich auf **freiwilliger Basis** zu verringern. Als Ersatzstoff kommt nach derzeitigem Kenntnisstand ausschließlich Eisenschrot in Betracht.
 - PAK-arme bzw. -freie Wurfscheiben zu verwenden,
 - die Auswirkungen der Bleieinträge durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangvorrichtungen (siehe hierzu auch Kapitel 13.1.1)) zu vermindern,
 - die im UMK-Bericht „Bodenbelastungen auf Schießplätzen“ aufgeführten Anforderungen sowie die Empfehlungen der Landesämter von 1988 an die Genehmigung neuer bzw. an den Betrieb bestehender Anlagen zu beachten (Anm.: diese Anforderungen werden im noch zu erstellenden Leitfaden über den umweltgerechten Schießbetrieb fortgeschrieben (voraussichtliche Veröffentlichung Anfang 2002)).
- **Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser:** In der Zusammenfassung der Ergebnisse und einer Gefährdungsabschätzung für die einzelnen Anlagen in Kapi-

tel 13.2 wird u.a. ausgeführt, dass sich an 11 Schießplätzen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt hat; lediglich an 2 Schießplätzen liegt aus wasserwirtschaftlicher Sicht kein weiterer Handlungsbedarf vor. Hieraus ergeben sich u.a. die folgenden Schlussfolgerungen für die Gefährdungsabschätzung:

- Ein sehr hohes Emissionspotential an wassergefährdenden Stoffen (PAK, Blei, Antimon) kann grundsätzlich an allen Schießanlagen vorausgesetzt werden.
- Der Nachweis des hinreichenden Verdachts einer schädlichen Bodenveränderung im Sinne des §9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG ist bereits dann erbracht, wenn das Emissionspotential aus historischen Recherchen nachgewiesen wurde und zu erwarten ist, dass die Konzentrationen im Sickerwasser die Prüfwerte am Ort der Beurteilung derzeit oder in überschaubarer Zukunft überschreiten.

Aufgrund dieser Einschätzung werden in Kapitel 13.2.14.1.1 Schlussfolgerungen für weitere Untersuchungen und in Kapitel 13.2.14.3 für weitere Maßnahmen aufgeführt.

Handlungsempfehlungen im Hinblick auf die Schutzgüter und Wirkungspfade

Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden- (Pflanze) - Tier: Kapitel 13.3 und 13.4 enthalten eine Gesamtbewertung der Ergebnisse im Hinblick auf die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-(Pflanze)-Tier. Im Einzelnen werden die von den jeweiligen Anlagen ausgehenden Gefährdungen für die verschiedenen Wirkungspfade und Schutzgüter diskutiert und Maßnahmen zur Minimierung der Belastungen durch Wurfscheibenschießanlagen vorgeschlagen. Bei 5 von 7 untersuchten Anlagen mit landwirtschaftlicher Nutzung im Immissionsbereich hat sich der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund von Prüfwertüberschreitungen bei Blei bestätigt. Generell ist bei landwirtschaftlichen Nutzflächen im Hauptimmissionsbereich bei Schießbetrieb während der Vegetationszeit eine Schrotimmission auf Pflanzenmaterial zu befürchten, so dass Schrotkugeln und die darin enthaltenen Schadstoffe direkt in den Nahrungskreislauf gelangen können.

Es sollte daher möglichst angestrebt werden, keine Schrotimmissionen auf landwirtschaftlichen Flächen zu verursachen. Es ist sicherzustellen, dass in den Immissionszonen keine Beweidung erfolgt. Für den Wirkungspfad Boden - Mensch wurde u.a. festgestellt, dass bei Prüfwertüberschreitungen im Einzelfall die den Ableitungskriterien des BBodSchG zugrunde liegenden Annahmen überprüft werden müssen.

- **Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Boden:** Die Handlungsempfehlungen in Kapitel 13.5 enthalten insbesondere Hinweise, wie die Bodeneigenschaften bei einer erneuten Priorisierung der Wurfscheibenschießanlagen zu berücksichtigen sind. Weiter werden auch aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes Maßnahmen zur Überwachung bzw. Verringerung der Belastungen (z.B. Fangzäune, austauschbare Bodenbeläge oder die Verwendung alternativer Schrote) vorgeschlagen, wobei die notwendigen Maßnahmen stets auf den Einzelfall bezogen von Schießstandssachverständigen in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden entwickelt werden müssen.

15 Ausblick

Die exemplarische Untersuchung der 13 Wurfscheibenschießanlagen ergab, dass für alle Wurfscheibenschießanlagen aufgrund ihrer durch den Schießbetrieb bedingten Schadstoffgehalte im Oberboden (v.a. Blei, Antimon und PAK) weiterer Handlungsbedarf besteht. Vordringlich ist in einem ersten Schritt eine unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorliegenden Berichts durchzuführende Neupriorisierung aller Anlagen. Die Betreiber sind aufgerufen, bei der Ermittlung der notwendigen Daten für die Neupriorisierung möglichst eng mit den Behörden zusammen zu arbeiten. Für jede Anlage ist nach der Ermittlung aller erhältlichen Standort- und Anlagendaten und der darauf basierenden Neupriorisierung das Ob und Wie von Untersuchungen durch die zuständigen Behörden (Kreisverwaltungsbehörde, Wasserwirtschaftsamt, u.U. Amt für Landwirtschaft und Ernährung) zu prüfen.

Unmittelbarer Handlungsbedarf besteht stets bei Beeinflussung einer landwirtschaftlichen Nutzfläche. Hierfür sind die Vorgaben aus Kapitel 13.4 „Gesamtbewertung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf das Schutzgut Nutzpflanze“ heranzuziehen. Voraussetzung, um eine Beeinflussung landwirtschaftlicher Flächen zu erkennen, ist jedoch auch hier die bereits angeführte vertiefte Ermittlung der Standortdaten und Erfassung der Nutzung.

Vom Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen wird nun in Zusammenarbeit mit den bereits am vorliegenden Bericht beteiligten Verbänden und Ämtern ein Leitfaden für den umweltgerechten Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen erstellt. Der Leitfaden wird vor allem Anforderungen für die Bereiche Bodenschutz, Lärmschutz, Gewässerschutz, Abfallentsorgung und Naturschutz sowie sicherheitstechnische Aspekte beinhalten. Es werden darin Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltbeeinträchtigungen von der Errichtung einer Anlage und während ihres Betriebs bis hin zu möglichen Sanierungsmaßnahmen enthalten sein.

Abschließend sei den Betreibern der untersuchten Modellstandorte für die Erlaubnis, auf ihren Anlagen die Untersuchungen durchführen zu dürfen und für ihre sonstige Unterstützung nochmals herzlich gedankt. Ohne sie wäre die Durchführung des Kooperationsmodells nicht möglich gewesen!

16 Literaturverzeichnis

1. UMK-AG: GEMEINSAME ARBEITSGRUPPE DER BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (LABO), LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA), LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA) UND DEM LÄNDERAUSSCHUß FÜR IMMISSIONSCHUTZ (LAI) (1998): Bodenbelastungen auf Schießplätzen
2. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (März 1998): Minimaluntersuchungsprogramm für die Untersuchung von Wurfscheibenschießanlagen (Trap- und Skeetanlagen), München (Anmerkung: in Anhang 2 des vorliegenden Abschlussberichts ist die im Mai 2001 aktualisierte Version enthalten).
3. AMANN, W., KRAMER, W. (1987): Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurftaubenschießanlagen. Ber. aus dem Bayer. Landesamt für Umweltschutz
4. COY, K., SCHMID, H. (1987): Schwermetallbelastungen des Bewuchses durch Wurftaubenschießanlagen. Ber. aus dem Bayer. Landesamt für Umweltschutz
5. RUPPERT, H., FETZER, K.D. (1987): Schwermetallbelastungen von Böden durch Wurftaubenschießanlagen. Ber. aus dem Bayer. Landesamt für Umweltschutz
6. CRÖBMANN, G., FAHRENHORST, C., KLÖTHER, G., RENGER, M., SIMON, J. WEIß, J. (1989): Die Belastung von Böden auf Sportschießplätzen durch Bleischrot und Wurftauben. UBA-Texte 35/89
7. FAHRENHORST, C. (1993): Retardation und Mobilität von Blei, Antimon und Arsen im Boden am Fallbeispiel von Schrotschießplätzen
8. UMWELTMINISTERIUM BADEN - WÜRTTEMBERG (1995): Bodenbelastungen im Bereich von Wurftaubenschießanlagen
9. UMWELTMINISTERIUM BADEN - WÜRTTEMBERG (1995): Heft 38: Schadstoffbelastung der Böden und des Aufwuchses im Bereich von Wurftauben-Schießanlagen
10. DEUTSCHER SCHÜTZENBUND E. V. (DSCHB) (1995 bzw. jeweils aktualisierte Fassung): Richtlinien für die Errichtung, die Abnahme und das Betreiben von Schießständen (Schießstand-Richtlinien)
11. BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1998): Schießanlagen in Bayern - Auswertung der Umfrage von 1996
12. KALBERLAH, F. (1999): Blei und Verbindungen D134.- Bericht zum F+E-Vorhaben 103 40 114 "Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten mit Ableitung von toxikologisch begründeten tolerierbaren resorbierten Körperdosen (TRD-Werten)"

13. UMWELTBUNDESAMT (1989): Die Belastung von Böden auf Sportschießplätzen durch Bleischrot und Wurftauben. Forschungsbericht 107 01 014, UBA-FB 89-100.- Berlin
14. HASSAUER, M. UND KALBERLAH, F. (1999): Arsen und Verbindungen D095.- Bericht zum F+E-Vorhaben 103 40 114 "Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten mit Ableitung von toxikologisch begründeten tolerierbaren resorbierten Körperdosen (TRD-Werten)"
15. AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl.
16. BUNDESVERBAND SCHIEßSTÄTTEN E.V (1997): Entwurf: Untersuchung und Bewertung von Trap- und Skeetschießanlagen - Boden - Grundwasser - Oberflächengewässer, Leitfaden für Betreiber und Behörden
17. DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212/1988, Bonn
18. UMWELTBUNDESAMT (1999): Ableitung und Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten, Berlin
19. BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, BAYER. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, BAYERISCHE GEOLOGISCHES LANDESAMT (1988): Anschreiben an die Kreisverwaltungsbehörden zum Bericht: Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurftaubenschießanlagen
20. BERGMANN, D., DOETSCH, P. UND GRÜNHOF, D. (1998): SISIM, Sickerwassersimulation. UBA-F&E-Vorhaben 203 40823 „Validierung des Schadstofftransfers kontaminierter Böden/Altlasten - Grundwasser“
21. EIKMANN UND A. KLOKE: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. In: D: Rosenkranz, G. Einsele, H.-M. Harres (Hrsg.), Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1988, 14. Lfg. X/93, Kennzahl 9305
22. BAYER. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Ermittlung des Gefährdungspotentials von Untergrundverunreinigungen für den Wirkungspfad Boden-Wasser, Slg LfW, Teil 3(Merkblätter 3.8-3, 3.8-6 und 3.8-10 (bzw. ab voraussichtlich 2001 3.8-1))
23. BACHMANN, G., BANNICK, C-G., GIESE, E., GLANTE, F., KIENE A., KONIETZKA, R. U.A. (1997): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Bodenschutz 24. Lfg. IX/97, 3500
24. BUNDESINSTITUT FÜR GESUNDHEITLICHEN VERBRAUCHERSCHUTZ UND VETERINÄRMEDIZIN (1997): Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsbl. 5/97, 182-184

25. FUTTERMITTEL-VERORDNUNG: In der Fassung der Bekanntmachung vom 19.22.1997, Bgbl. I Nr. 77 vom 24.11.1997-S.2714, zuletzt geändert durch 1.VO zur Änderung futtermittelrechtlicher und tierseuchenrechtlicher Vorschriften. BGBl I Nr. 10 vom 5.3.1999, S.242-278