

WURFTAUBENSCHIESSEN: AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT

**WURFTAUBENSCHIESSEN:
AUSWIRKUNGEN
AUF DIE UMWELT**

Hannes POHLA

UBA-BE-050

Salzburg, Dezember 1995

Bundesministerium für Umwelt



Autor: Dr. Hannes Pohla (Umweltbundesamt)

in Kooperation mit: DI Dr. Johann Wimmer (OÖ Umweltschutz)

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Salzburg, Dezember 1995

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-285-9

Zusammenfassung

In Österreich existieren zur Zeit rund 66 größere Wurfscheibenschießplätze. Daneben findet vielerorts auf kleineren Anlagen oder mittels einzelner Wurfmaschinen kurzfristig (für die Dauer von einigen Tagen bis Wochen) ein entsprechender Schießbetrieb statt.

Beim Wurfscheibenschießen wird von Schießständen aus mit Schrotflinten auf speziell geformte Scheiben geschossen, wobei die Schrotladungen und Splitter der Wurfscheiben über ein größeres Areal verteilt werden. Das Maximum der Belegung mit Schrot fällt bei ebenen Anlagen in einen Bereich von 80 bis 180 m ab Wurfmaschine. Wurfscheibensplitter finden sich v.a. innerhalb von 90 m Entfernung vom Wurfgerät. Schrotpatronen enthalten kaliberabhängig meist 30-35 Gramm Schrot. In Österreich wird noch meist Bleischrot eingesetzt. Dieser Schrot besteht zu ca. 90% bis 95% aus Blei, zu etwa 3% aus Antimon und aus bis zu 1,4% Arsen. Bleischrot kann überdies mit Nickel ummantelt sein. Neben der Belegung des Bodens mit Schrot fallen Wurfscheibensplitter (oft aus Material, welches polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe enthält, u.U. mit schwermetallreichen Farbanstrichen) sowie leere Patronenhülsen mit Patronenböden aus Messing oder Weißblech sowie Kunststoffmaterialien (Schrotbecher, Kunststoffhülsen) und Filz als Rückstände an.

In Österreich wurden lt. Angaben des Statistischen Zentralamtes 1993 insgesamt rd. 453 Tonnen Schrotpatronen importiert und rd. 18 Tonnen exportiert. Der Hauptproduzent (Fa. Hirtenberger) stellte 1993 rd. 51 Tonnen Schrotpatronen her. Insgesamt ergibt dies für Österreich im Jahr 1993 einen geschätzten Verbrauch von rd. 486 Tonnen Schrotpatronen. Davon entfielen rd. 2/3 auf Schrotpatronen zum Wurfscheibenschießen. Die Verwendung von Bleischrot für Jagd- und Sportzwecke ist heute die Hauptemissionsquelle für Blei.

Fallbeispiel Wurfscheibenschießstand Allerheiligen

Bei Allerheiligen im Mühlkreis (Gemeine Perg, OÖ) befindet sich seit 1976 ein Wurfscheibenschießplatz.

Die im Auftrag der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde (DI Dr. Wimmer) 1992 durchgeführten Analysen von Bodenproben ergaben für diesen Schießplatz z.T. extrem hohe Blei-Konzentrationen: In der Humusaufgabe konnten ohne Berücksichtigung der vor der Analyse aussortierten Schrotkörner Werte bis 39000 mg Blei/kg, inklusive Schrotkörner bis rd. 400000 mg Blei/kg nach Säureaufschluß festgestellt werden (Untersuchungsbericht der BA f. Agrarbiologie vom 22. 12. 1992). Auch die Arsengehalte waren erhöht.

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes der Böden in diesem Gebiet (im Bereich von pH=4) kommt es hier zu einer vergleichsweise raschen Verwitterung der Schrotkörner (Bildung löslicher Bleicarbonate und Bleihydroxocarbonate) und damit auch zu einer erhöhten Mobilität des Bleis. Eluationsversuche an Bodenproben vom Schießplatzgelände ergaben demgemäß auch Eluatgehalte bis knapp 17000 $\mu\text{g/l}$ Blei, 1000 $\mu\text{g/l}$ Arsen und über 6 $\mu\text{g/l}$ Nickel. Die untersuchten Brunnen im Gebiet sind bislang allerdings nicht durch spezifische Schadstoffe beeinträchtigt. Da nicht nur über Schrot, sondern auch über Wurfscheiben Schadstoffe auf den Boden gelangen können, wurden zusätzlich Wurfscheiben analysiert und dabei hohe Werte eluierbarer polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH) festgestellt.

Eine Grundwassergefährdung - v.a. durch Blei - ist im Bereich des Wurscheibenschießplatzes beim gegenwärtigen Wissensstand nicht auszuschließen. Aufgrund der hohen Bleiwerte im Boden wurde das Gelände des Schießplatzes im Dezember 1992 vom Amt der O.Ö. Landesregierung als neue Verdachtsfläche gem. §13 ALSAG, Abs. 1 gemeldet.

In Anbetracht der hohen Konzentrationen von Blei und dessen pH-bedingt hoher Mobilität in den oberen Bodenbereichen ist eine Belastung der Vegetation bzw. eine Beeinträchtigung der Bodenfunktion im Gebiet des Schießplatzes anzunehmen. Die Tatsache, daß dieses Gebiet von einem allgemein zugänglichen Weg gequert wird, könnte neben der unmittelbaren Gefährdung durch den Schießbetrieb auch eine Gefährdung von Kleinkindern durch orale Aufnahme von schrothältigem Bodenmaterial miteinschließen. Auch eine Belastung von sich an der Bodenoberfläche ernährenden, körnerfressenden Vogelarten sowie von Wasservögeln durch Schrotaufnahme ist möglich. Korrodierter Schrot - und damit dessen Inhaltsstoffe Blei, Arsen und Antimon - gelangen in Nahrungsketten und damit in die Biosphäre.

Die Umweltauswirkungen von Bleischrot auf Wurfscheibenschießplätzen wurden erstmals in Dänemark 1983 umfassend untersucht. In Bayern wurde 1985 eine umfassende Studie des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz unter Mitwirkung des Bayerischen Geologischen Landesamtes sowie des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft zu Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurfscheibenschießanlagen abgeschlossen. Dabei konnte gezeigt werden, daß in offenen Gewässern im Einflußbereich solcher Anlagen hohe Konzentrationen von Blei und Nickel erreicht werden. Die Boden-Richtwerte nach KLOKE wurden für Blei und z.T. auch für Antimon und Nickel weit überschritten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen 1989 auch die Autoren einer Studie über Wurfscheibenschießplätze in Nordrhein-Westfalen.

Untersuchungen zum Gehalt der Böden an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) im Bereich von Wurfscheibenanlagen sind derzeit nur aus Deutschland (CRÖSSMANN et al. 1989) bekannt. Die Werte für verschiedene PAH bewegten sich zwischen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0.01 bis zu 3.25 mg/kg Boden für die Einzelsubstanzen. Ein ursächlicher Zusammenhang

zwischen der PAH-Konzentration und der Menge an Wurfscheibensplittern im Boden konnte von den Autoren allerdings nicht hergestellt werden.

Auf Initiative der Oberösterreichischen Umweltschutzkommission (DI Dr. Wimmer) wurde vom Umweltbundesamt die Umweltproblematik des Wurfscheibenschießens in Form einer Literaturstudie bearbeitet und das Fallbeispiel "Wurfscheibenschießplatz Allerheiligen" dargestellt. Unter Einbeziehung der Erfahrungen aus dem Ausland wurde ein Katalog fachlicher Kriterien für allfällige Genehmigungsverfahren sowie den Betrieb neuer Anlagen als Diskussionsgrundlage ausgearbeitet.

In Dänemark ist seit 1986 der Einsatz von Bleischrot in 26 Feuchtgebieten untersagt. In den Niederlanden ist die Verwendung von Bleischrot seit 1.2.1993 generell verboten. Für Österreich sind aufgrund der vorliegenden Daten ein Ersatz von Bleischrot durch Weicheisenschrot und allenfalls auch eine Sanierung besonders belasteter Schießplätze anzustreben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung - Problematik	1
2	Allgemeine Grundlagen	5
2.1	Wurfscheibenschießen	5
2.2	Wurfscheiben	6
2.3	Bleischrot: Zusammensetzung und Korrosionsverhalten	9
2.4	Alternative Schrotmaterialien	12
3	Belastungen von Wasser und Boden durch Wurfscheibenschießanlagen	14
3.1	Verteilung der Schrote und Wurfscheibensplitter	14
3.1.1	Laterale Verteilung	14
3.1.2	Vertikale Verteilung	16
3.2	Gefährdungspotential	18
3.2.1	Wassergefährdungspotential	18
3.2.2	Gefährdung des Bodens	20
4	Fallbeispiel Wurfscheibenschießstand Allerheiligen (Mühlkreis, OÖ)	28
4.1	Einleitung	28
4.2	Untersuchungen der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde	29
4.2.1	Untersuchungsgebiet	29
4.2.2	Charakterisierung der Böden	29
4.2.3	Hydrogeologische Untersuchungen	31
4.2.4	Schadstoffgehalte der Wurfscheiben	31
4.2.5	Schadstoffgehalte der Böden	33
4.2.6	Schadstoffgehalte ausgewählter Brunnen	37
4.3	Bewertung der Ergebnisse	38

5	Wurfscheibenschießanlagen in Österreich	42
6	Regelungen im Ausland	53
6.1	Deutschland	53
6.2	Schweiz	53
6.3	Holland	54
7	Fachliche Empfehlungen	55
8	Literatur	57

1 Einleitung - Problematik

Wurfscheibenschießanlagen dienen der Ausbildung und Übung der Jäger sowie dem sportlichen Schießen. Es werden Trap-, Skeet- sowie kombinierte Trap- und Skeetanalgen unterschieden. Zur detaillierten Beschreibung dieser Disziplinen, vgl. Kapitel 2.

Beim Wurfscheibenschießen wird von Schießständen aus mit Schrotflinten auf speziell geformte Scheiben geschossen, wobei die Schrotladungen, wie auch die Wurfscheibenscherben, über ein größeres Areal verteilt werden. Das Maximum der Belegung mit Schrot fällt bei ebenen Anlagen in einen Bereich von 80 bis 180 m ab Wurfmaschine. Je nach Geländemorphologie, Kalibergröße, Windgeschwindigkeit und -richtung finden sich Schrote bis zu ca. 230 m von der Wurfmaschine entfernt (LUCKS 1991). Wurfscheibensplitter finden sich v.a. innerhalb von 90 m Entfernung vom Wurfgerät (vgl. Kapitel 3.1).

Schrotpatronen enthalten kaliberabhängig meist 30-35 Gramm Schrot. Hierzulande wird noch meist Bleischrot eingesetzt. Dieser Schrot besteht zu ca. 90% bis 95% aus Blei, zu etwa 3% aus Antimon und bis zu 1,4% aus Arsen. Bleischrot kann überdies mit Nickel ummantelt sein. Daneben gibt es mittlerweile auch bleifreie Schrotsorten (vor allem Weicheisenschrot).

Neben der Belegung des Bodens mit Schrot fallen Wurfscheibensplitter, leere Patronenhülsen mit Patronenböden aus Messing oder Weißblech sowie Kunststoffmaterialien (Schrotbecher, Kunststoffhülsen) und Filz als Rückstände an. In den Bindemitteln der Wurfscheiben (Asphalt, Bitumen) finden sich unter einer Vielzahl organischer Verbindungen auch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). Überdies können die Wurfscheiben mit schwermetallhaltigen Anstrichen (meist Bleichromat) versehen sein.

Beim stationären Betrieb eines Wurfscheibenschießplatzes über einen längeren Zeitraum können erhebliche Schwermetallmengen, mit einem entsprechend hohen toxischen Potential, Boden und Grundwasser belasten. Bei größeren Anlagen, wo etwa 100000 oder mehr Schuß pro Jahr abgegeben werden, können dabei die Böden im Umfeld der Wurfmaschinen im Zeitraum eines Jahres mit über drei Tonnen Blei belegt werden. Wenngleich die Metalle - zunächst - in einer wenig verfügbaren Form vorliegen, kann in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften doch ein erheblicher Anteil dieser Metalle durch Verwitterung (Bildung wasserlöslicher Metallverbindungen) mobilisiert werden (u.a. JORGENSEN & WILLEMS 1987, CRÖSSMANN et al. 1989, TASKANEN et al. 1991) und den Weg in die Biosphäre und/oder das Grundwasser finden.

Arbeiten aus den USA betreffend die Gefahren für wildlebende Vögel durch die Verwendung von Bleischrot zeigen, daß entlang der großen Zugvogelstraßen - wo

auch gejagt wird - viele Tiere an Bleivergiftungen verenden. Davon sind v.a. Arten betroffen, die in seichtem Wasser gründeln und so Bleischrot aus dem Sediment aufnehmen können. Bereits 1976 stellte sich daher in den USA die Frage nach Ersatz für Bleischrot (KINSKY 1990). Die Gefahr der Aufnahme von Bleischrot durch Wasservögel wurde in Europa (England, Frankreich, Dänemark, Schweden, Schweiz) ab den 70er Jahren bekannt (ZUUR 1982, MUDGE 1984).

Die Umweltauswirkungen von Bleischrot auf Wurfscheibenschießplätzen wurde erstmals in Dänemark (ADSERSEN et al. 1983) umfassend untersucht. Aufgrund der Ergebnisse der dänischen Studien wurde in Dänemark 1986 der Einsatz von Bleischrot in 26 Feuchtgebieten untersagt. Auch an Enten-Aufzuchtgewässern und auf Wurfscheibenschießplätzen, deren Belastungsbereich landwirtschaftlich genutzt wird oder wo die Gefahr einer Grundwasserkontamination besteht, darf kein Bleischrot mehr eingesetzt werden (CRÖSSMANN et al. 1989).

Nach seinem Dienstantritt als Staatssekretär im Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Fischerei in den Niederlanden machte Dr. J.J.D. Gabor das Verbot der Verwendung von Bleischrot in allen Jagdgewehren mit Wirkung vom 1.2.1993 kund (LULOF 1992).

In Bayern wurde 1985 eine umfassende Studie des Landesamtes für Umweltschutz unter Mitwirkung des Geologischen Landesamts sowie des Landesamts für Wasserwirtschaft zu Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurfscheibenschießanlagen abgeschlossen (AMANN und KRAMER 1988, RUPPERT und FETZER 1988, COY und SCHMID 1988). Dabei konnte gezeigt werden, daß in offenen Gewässern im Einflußbereich solcher Anlagen hohe Konzentrationen von Blei und Nickel erreicht werden. Die Boden-Richtwerte von KLOKE (1985) wurden für Blei und z.T. auch für Antimon und Nickel weit überschritten. Im Grasbewuchs lag der Bleigehalt bei einigen Anlagen über dem Höchstgehalt der Futtermittel-Verordnung. In einem Rundschreiben der obengenannten drei Ämter an die bayerischen Vollzugsbehörden wird festgestellt, daß sich Wurfscheibenschießanlagen weder in Trinkwasserschutzgebieten noch nahe an offenen Gewässern befinden dürfen. Eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen, auf denen Schrot und Wurfscheiben niedergehen, ist zu unterlassen. Weitere Empfehlungen befassen sich mit Fragen des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Abfallbeseitigung. Eine weitere umfangreiche Studie an fünf Wurfscheibenschießanlagen in Nordrhein-Westfalen wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin durchgeführt (CRÖSSMANN 1989). Als Schadstoffe wurden dabei Blei, Nickel, Kupfer, Antimon, Arsen und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) erfaßt. Die Autoren kamen dabei zum Schluß, daß nach einjähriger Betriebszeit einer durchschnittlich frequentierten Trap- oder Skeetanlage für den Hauptbelastungsbereich eine Bleiimmission auftritt, die rechnerisch den Bodenrichtwert (KLOKE 1985) von 100 mg/kg für die oberen 30 cm um den Faktor 2 bis 3 überschreitet.

In Österreich wurden im Auftrag der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde Analysen zu Umweltbelastung für einen Schießplatz in der Gemeinde Allerheiligen im Mühlkreis (Gemeinde Perg) durchgeführt, welcher seit 16 Jahren in Betrieb ist. Dabei wurde u.a. eine zum Teil extrem hohe Konzentration an Blei im Boden festgestellt. In der Humusaufgabe konnten ohne Berücksichtigung der vor der Analyse aussortierten Schrotkörner nach Säureaufschluß Werte bis 39000 mg Blei/kg (fast 4 Gew.%), inklusive Schrotkörner bis rd. 400000 mg Blei/kg ermittelt werden. Lagerstätten mit diesen Bleikonzentrationen wären als abbauwürdig einzustufen.

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes der Böden in diesem Gebiet (im Bereich von pH=4) kommt es hier zu einer vergleichsweise raschen Verwitterung der Schrotkörner. Es bilden sich bei der Verwitterung vor allem relativ gut lösliches Bleicarbonat und Bleihydroxycarbonat (JORGENSEN und WILLEMS 1987). Bedingt durch die gute Wasserlöslichkeit der Verwitterungsprodukte kommt es zu einer erhöhten Mobilität des Bleis im Boden. Eluationsversuche an Bodenproben vom Schießplatzgelände Allerheiligen nach den Deutschen Einheitsverfahren (DEV-S4) ergaben demgemäß auch eine gute Löslichkeit mit Eluatgehalten bis über 15 mg/l Blei und bis knapp 1 mg/l Arsen. Obwohl Analysen an Brunnen im Gebiet keine erhöhten Spurenmetallgehalte ergaben (Blei lag weit unter dem Trinkwassergrenzwert), ist eine Grundwassergefährdung beim gegenwärtigen Wissensstand nicht generell auszuschließen. Aufgrund der hohen Bleiwerte im Boden wurde das Gelände des Schießplatzes im Dezember 1992 vom Amt der O.Ö. Landesregierung als neue Verdachtsfläche gem. §13 ALSAG, Abs. 1 gemeldet, wobei die Entscheidung ansteht, inwieweit von den betreffenden Flächen erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen können.

Der betreffende Wurfscheibenschießplatz wurde inzwischen als Verdachtsfläche im Sinne des ALSAG anerkannt.

Unabhängig von der Grundwassergefährdung ist in Anbetracht der hohen Konzentrationen der Schwermetalle und der pH-bedingten hohen Mobilität des Bleis in den oberen Bodenbereichen eine Belastung der Vegetation bzw. eine Beeinträchtigung der Bodenfunktion im Gebiet des Schießplatzes nicht auszuschließen. Die Tatsache, daß dieses Gebiet von einem allgemein zugänglichen Weg gequert wird, könnte neben der unmittelbaren Gefährdung durch den Schießbetrieb auch eine Gefährdung von Kleinkindern durch orale Aufnahme von Bodenmaterial miteinschließen. Auch eine Belastung von sich an der Bodenoberfläche ernährenden, körnerfressenden Vogelarten sowie von Wasservögeln wäre möglich.

Bei der derzeit in Österreich geltenden Gesetzeslage sind zum Betrieb von Wurfscheibenschießplätzen nur für den Fall, daß auch Gebäude errichtet werden, behördliche Genehmigungen (nach dem Baurecht) einzuholen. Eine mögliche Gefährdung der Umwelt durch den Betrieb bleibt daher zur Zeit unberücksichtigt.

Auch existieren in Österreich bis dato keinerlei Bewertungsgrundlagen für bestehende und/oder geplante Wurfscheibenschießanlagen.

2. Allgemeine Grundlagen

2.1 Wurfscheibenschießen

Beim Wurfscheibenschießen wird von Schießständen aus mit Schrotflinten auf speziell geformte Scheiben (die Wurf"tauben" bzw. Wurfscheiben) geschossen. Anders als bei Schießanlagen, wo auf Zielscheiben geschossen wird und bei denen üblicherweise das Geschoß in einem Kugelfang (Sand- oder Holzwall) stecken bleibt, werden beim Wurfscheibenschießen die Schrotladungen über ein größeres Areal verteilt. Die Wurfscheiben werden von speziellen Maschinen in zufälliger Verteilung innerhalb eines bestimmten, einstellbaren Raumwinkels geworfen.

Beim Wurfscheibenschießen wird zwischen Trap- und Skeetanlagen (sowie kombinierten Anlagen) unterschieden. Bei Trapanlagen wird die Scheibe vom Schützen weg in verschiedene Richtungen und Höhen geworfen. Der Schußfeldwinkel beträgt hier maximal 80 Grad. Bei Skeetanlagen erfolgt der Auswurf der Scheiben beidseitig über den Kopf des Schützen hinweg (vgl. Abb. 1a und 1b). Beim Skeetschießen ist ein maximaler Schußfeldwinkel von 150 Grad gegeben.

Nach Schätzungen in Dänemark wurden dort zwischen 1975 bis 1982 rund 700 bis 900 Tonnen Bleischrot/Jahr und davon rund 2/3 beim Wurfscheibenschießen verbraucht. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt nach Herstellerangaben die Gesamtmenge an Blei in der Jagd- und Sportmunition pro Jahr rund 3600 Tonnen, wovon 54.7 % auf Bleischrot entfallen. Auf Wurfscheibenanlagen werden von 1700 Tonnen Bleischrot 1350 Tonnen pro Jahr verschossen, für jagdliche Zwecke 620 Tonnen (CRÖSSMANN 1989).

In Österreich wurden lt. Angaben des statistischen Zentralamtes 1993 insgesamt rd. 453 Tonnen Schrotpatronen importiert und rd. 18 Tonnen exportiert. Der Hauptproduzent (Fa. Hirtenberger) stellte nach Firmenangaben 1993 rd. 51 Tonnen Schrotpatronen her. Davon entfielen rd. 2/3 (77.8%) auf Schrotpatronen zum Wurfscheibenschießen. Insgesamt ergibt dies für Österreich im Jahr 1993 einen geschätzten Verbrauch von rd. 486 Tonnen Schrotpatronen, wovon ein Großteil vermutlich auch verschossen wurde.

2.2 Wurfscheiben

Obwohl im Zusammenhang mit dem Wurfscheibenschießen die Kontamination durch den Schrot überwiegt, sind die Wurfscheiben in Anbetracht der Menge nicht zu vernachlässigen. CRÖSSMANN et al. (1989) schätzen für größere Anlagen Werte bis ca. 1 kg Scherben/m²/Jahr. Intakte Wurfscheiben wiegen zw. 100 und 120 g. Das Scherbenmaterial weist unterschiedliche Zerkleinerungsgrade auf. Je feiner die Wurfscheibenscherben, desto größer die Angriffsflächen für die Verwitterung und den möglichen mikrobiellen Abbau. Untersuchungen zum Abbau von Wurfscheiben im Freiland liegen bisher allerdings nicht vor.

Bei Analysen von Wurfscheiben durch die Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung wurden als Hauptkomponenten Steinmehl und Bitumen festgestellt. Die Zusammensetzung der Wurfscheiben ist jedoch je nach Fabrikat und Herkunftsland sehr unterschiedlich. Steinkohlenteerpech, Asphalt und Bitumen sind neben Gesteinsmehlen die häufigsten Bestandteile. Es können aber auch bitumenähnliche Ersatzstoffe verwendet werden (CRÖSSMANN et al. 1989). Entsprechend den Gehalten an Asphalt bzw. Bitumen enthalten Wurfscheiben neben einer Vielzahl organischer Verbindungen (vgl. LANGE und EIGEN 1967 für organische Verbindungen im Steinkohlenteer) auch stark variierende Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH). Dabei variieren nicht nur die PAH-Gesamtgehalte, sondern auch die prozentuellen Anteile der einzelnen PAH.

Untersuchungen von CRÖSSMANN et al. (1989) ergaben für drei verschiedene Wurfscheibenfabrikate nach Toluol-Extraktion die in Tabelle 1 angeführten PAH-Gehalte.

Analysen der PAH-Gehalte der in Österreich verwendeten Wurfscheiben durch die Oberösterreichische Umweltschutzbehörde ergaben ebenfalls fabrikationsbedingte Unterschiede (Tabelle 7), wobei aufgrund der PAH-Eluatiionsmuster offenbar zwei Typen von Bindemitteln unterschieden werden konnten.

Durch die Wahl geeigneter Wurfscheibenfabrikate kann die Emission von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen im Rahmen des Schießsports reduziert werden.

Tabelle 1: PAH-Gehalte (ausgewählte PAH gem. "EG-Liste") nach Toluol-Extraktion (nach Daten in CRÖSSMANN et al. 1989, umgerechnet auf mg/kg Wurfscheiben)

Wurfscheiben (Herkunft)	Fluor- anthen	Benzo(k) fluoran- then	Benzo(b) fluoran- then	Benzo(a) pyren	Indeno- (1,2,3- cd)pyren	Benzo- (ghi)- perylen	Summe
	mg / kg Wurfscheiben						
I (DDR)	143	31	93	183	92	130	672
II (F)	215	27	71	148	49	280	790
III (UK)	347	44	65	85	78	109	728

Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft an unterschiedlichen Wurfscheiben zeigten, daß die gelben Farbüberzüge der Wurfscheiben überwiegend organischer Natur und in Wasser praktisch unlöslich sind. Vereinzelt wurden allerdings auch Wurfscheiben festgestellt, deren gelber Farbüberzug Bleichromat enthielt, mit Gehalten bis zu 2700 mg Blei und 640 mg Chrom pro kg Wurfscheibe. Totalaufschlüsse des von der Wurfscheiben abgekratzten Farbstoffes ergaben 46 g Blei und 5.9 g Chrom pro kg trockener Farbstoff (AMANN und KRAMER 1987).

2.3 Bleischrot: Zusammensetzung und Korrosionsverhalten

Blei hat aufgrund seines hohen spezifischen Gewichtes (11.3 g/cm³) sehr gute ballistische Eigenschaften. Aufgrund seiner Weichheit hat Blei auch einen positiven Einfluß auf die Gasdruckentwicklung. Es kommt dabei zu einem Dämpfungseffekt bei der Gasdruckentwicklung sowie zu einer besseren Anpassung an die Würgebohrung (Choke). Einen ausführlichen Überblick zur Ballistik von Jagd- und Sportwaffen geben LAMPEL und SEITZ (1983).

Bleischrotpatronen enthalten kaliberabhängig meist rd. 27-40 Gramm Schrot (RAUSCH 1980). Beim Wurfscheibenschießen werden vorwiegend Patronen des Kalibers 12/70 mit einer Schrotkörnung von 2.0 bis 2.5 mm (vgl. Tabelle 2) und Schrotvorlagen (d.h. Schrotgewichte pro Patrone) von 30-32 Gramm eingesetzt. Die Schrotvorlage beeinflusst entscheidend die "Deckung" (d.h. räumliche Verteilung der Schrote während des Fluges bzw. beim Auftreffen auf Scheibe oder Wild). Je höher das Schrotgewicht, bei sonst gleichen, die Deckung beeinflussenden Parametern, desto mehr Treffer finden sich im Ziel (desto besser die Deckung).

Tabelle 2: Verwendungsempfehlung gebräuchlicher Bleischrotstärken (nach DÜRSCH 1981)

Schrotstärke [mm] Farbe u. Nummer	2.00	2.25	2.41	2.50 grün 7	2.75	3.00 blau 5	3.50 rot 3	4.00 gelb 1
Verwendungsempfehlung (verändert nach DÜRSCH 1981)	- 9	2.25	2.41	grün 7	2.75	blau 5	rot 3	gelb 1
Wurfscheiben	■	■	■	■				
Rebhuhn				■	■			
Schnepfe				■	■			
Kaninchen				■	■			
Fasan					■	■		
Ente					■	■		
Hase					■	■	■	
Fuchs							■	■
Gans							■	

■ Verwendung empfohlen (nach DÜRSCH 1981)

Je nach Kaliber und Schrotstärke sind unterschiedlich viele Schrotkörner in einer Patrone enthalten (vgl. nachstehende Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl Schrotkugeln pro Patrone in Abhängigkeit von Schrotvorlage (Schrotgewicht) und Schrotstärke (Schrotdurchmesser) bei Bleischrot (nach DÜRSCH 1981)

Schrotgewicht [g]	Schrotdurchmesser [mm]						
	2.00	2.25	2.41	2.50	3.00	3.50	4.00
26.5	568	399	333	280	167	105	70
27.0	579	405	339	293	170	107	72
29.5	632	443	371	320	186	117	73
31.0	664	465	390	397	195	123	82
32.0	685	480	402	340	201	127	85
34.0	729	510	427	369	214	135	96
36.0	771	540	453	391	226	143	97
36.5	782	546	459	396	230	145	98
40.0	857	600	503	434	251	158	106

Bei Bleischrotpatronen für das Wurfscheibenschießen sind in einer Patrone rd. 300-600 Schrotkörner vorhanden.

Bleischrot besteht zu ca. 90% bis 95% aus Blei, zu etwa 3% aus Antimon und bis zu 1.4% aus Arsen. Auch Kupfer findet sich regelmäßig, wenn auch nur im Bereich zwischen rd. 10 und 400 ppm. Spuren von Eisen, Zink, Schwefel, Phosphor und Calcium dürften regelmäßig in Schrotkugeln zu finden sein, seltener Zinn (vgl. CRÖSSMANN et al. 1989). Die Schrotkörner können überdies mit Nickel ummantelt sein. Die Nickelummantelung führt sicher nicht zur Verbesserung der Umweltproblematik, da der Nickelüberzug beim Auftreffen an ein Hindernis (z.B. Boden) reißt, wodurch Blei wiederum korrodierenden Umwelteinflüssen ausgesetzt ist. Außerdem besitzt Nickel selbst ein entsprechend hohes Umweltgefährdungspotential, wenngleich die Nickelkonzentrationen vermutlich auch bei nickelummantelten Schroten generell gering (<1%) sind.

Zur Erfassung des Gefährdungspotentials von Schrot wurden im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Soziales in Hessen Munitionsproben der bekanntesten amerikanischen, englischen und deutschen Herstellerfirmen untersucht. Dabei wurde

jeweils die Schrotladung einer Patrone (ca. 32 Gramm) mit CO₂-gesättigtem, destilliertem Wasser ausgelaugt. Aus diesen Untersuchungen wird deutlich, daß bei der durch CO₂ im Wasser bedingten Aggressivität des Laugungsmittels ein erheblicher Anteil der Schwermetalle in Lösung geht. Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangen auch CRÖSSMANN et al. (1989). Um die Löslichkeit der Bleischrote in Abhängigkeit vom pH-Wert vergleichen zu können, wurde zerkleinerter, frischer sowie zerjkleinerter, oxidierter Bleischrot einer Extraktion gem. DIN 38414/4 mit destilliertem Wasser unterzogen. Der pH-Wert wurde dabei mittels Schwefelsäure eingestellt. Die Ergebnisse sind nachstehender Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Laugungsverhalten frischer und oxidierter Bleischrote (verändert nach CRÖSSMANN et al. 1989)

Material	Element	Lösungskonzentration in mg/l (Extraktion gem. DIN 38414/4 mit destilliertem Wasser)				
		pH-Abstufungen				
		7.0	5.5	4.5	3.5	2.5
Bleischrot, frisch	Blei	570	572	560	2110	7240
	Antimon	<0.1	1.3	2.4	13	19
	Arsen	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Nickel	<0.02	0.05	0.04	0.05	0.06
Bleischrot, oxidiert	Blei	620	750	1026	2340	3800
	Antimon	<0.1	2	7	12	22
	Arsen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Nickel	0.03	0.04	0.06	0.07	0.07

Es zeigt sich, daß mit abnehmenden pH-Wert die Konzentrationen im Eluat im wesentlichen bei allen Elementen zunehmen. Bei Blei ist besonders unterhalb pH 4.5 ein markanter Anstieg der Löslichkeit zu verzeichnen. Arsen konnte unter den gewählten Versuchsbedingungen in keinem Fall in nennenswerten Konzentrationen gelöst werden.

2.4 Alternative Schrotmaterialien

Neben Bleischrot gibt es mittlerweile auch andere Schrotmaterialien im Handel, da die Verwendung von Bleischrot aus Umwelt- und Naturschutzgründen in verschiedenen Ländern bereits eingeschränkt oder überhaupt untersagt wurde. Um zu nichttoxischen Schrotsorten zu kommen, sind in vielen Versuchen und Forschungsvorhaben mehrere Materialien als Bleiersatz in Erwägung gezogen worden. Dazu zählen vor allem Eisen-, Zink-, Wismut- und Wolframschrote. Dabei hat sich als einzig sinnvoller Kompromiß sog. "steelshot" (= Stahlschrot; richtiger: Weicheisenschrot) herausgestellt (KINSKY 1990). Auf die übrigen Alternativen wird daher hier nicht weiter eingegangen.

Damit Weicheisenschrot möglichst weich ist, wird er aus nahezu reinem Eisen (Fe-Gehalt bis 99%, C-Gehalt < 3%) hergestellt. Trotzdem ist dessen Härte im Vergleich zum Blei rd. 5 mal so hoch. Das spezifische Gewicht ist dagegen um rd. 30% niedriger (7.8 gegenüber 11.3 g/cm³).

Da Weicheisenschrot leichter ist, ist sein außenballistisches Verhalten (d.h. Geschwindigkeits- und Energieverlauf) bei gleichem Durchmesser der Schrotkugeln im Vergleich zum Blei ungünstiger (siehe Abb. 2). Um zu besseren ballistischen Eigenschaften zu gelangen, wird daher beim Eisenschrot eine größere Körnung eingesetzt, z.B. Ersatz von 2.7 mm Bleischrot durch 3.2 - 3.3 mm Eisenschrot). Durch die Vergrößerung des Fassungsvermögens der Schrotpatrone (durch Reduktion der Dämpfungszone des Zwischenmittels) wurde gleichzeitig die Anzahl der Eisenschrote erhöht, um eine mit Bleischrot annähernd vergleichbare Deckung zu erzielen. Aufgrund der ungünstigeren Gasdruckentwicklung beim Eisenschrot (geringere Dämpfung, damit steilerer Druckanstieg und höherer Maximaldruck) sollten diese Patronen aus Sicherheitsgründen nur in verstärkt beschossenen Waffen eingesetzt werden. Eine Beschädigung des Laufes durch Eisenschrot dürfte auscheiden, da die Schrotbecher der Eisenschrotpatronen so gestaltet sind, daß ein Kontakt der Schrotladung mit dem Lauf nicht stattfindet. Allerdings ist im Bereich der Würgebohrung bei Verwendung von Eisenschrot mit größeren Dehnungseffekten als beim Bleischrot zu rechnen (KINSKY 1990).

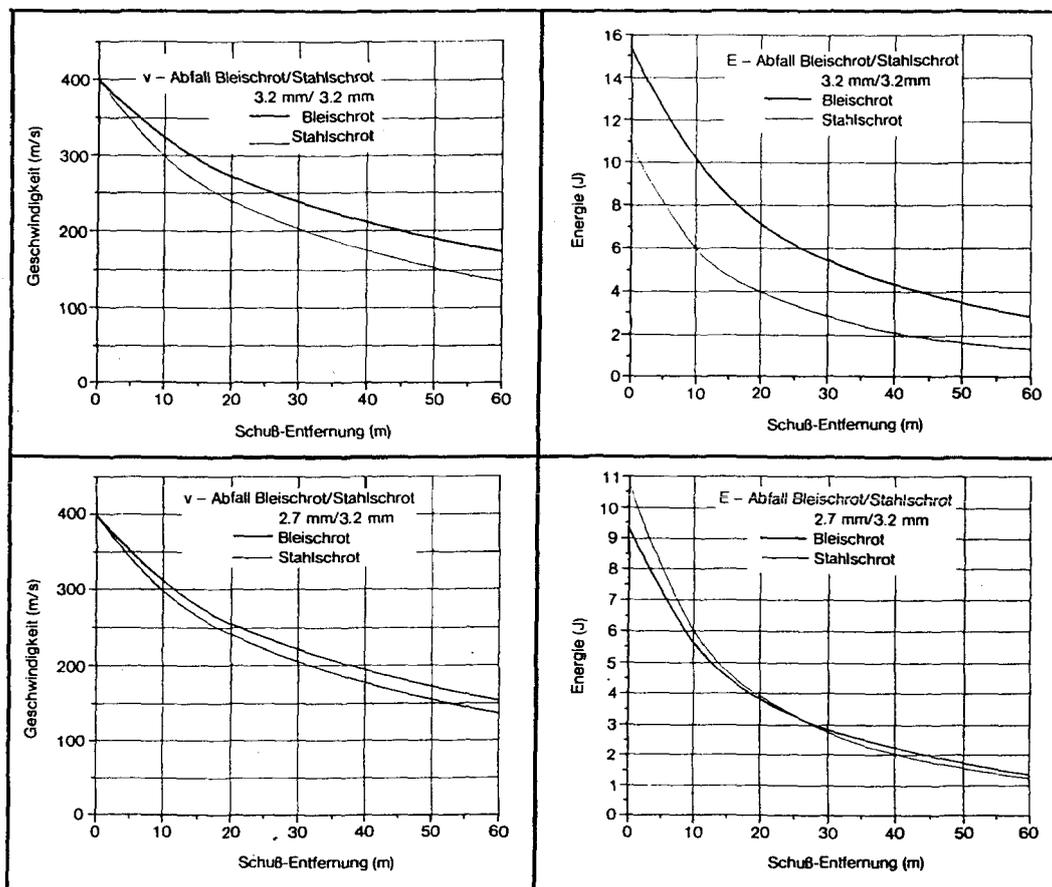
Bezüglich der Trefferleistung zeigt sich bei Eisenschrotpatronen (2.7 mm Bleischrot verglichen mit 3.3 mm Eisenschrot) der Trend, daß sie im Vergleich zu Bleischrotpatronen enger schießen (d.h. mehr Treffer im Innenkreis im Verhältnis zu Treffern im Außenkreis). Aufgrund der geringeren Anzahl Schrotkörner ist die Deckung bei den Eisenschrotpatronen geringfügig niedriger (11 bis 12 Felder gegenüber 13 Feldern bei Bleischrot) (KINSKY 1990).

Hinsichtlich Sicherheit schneiden die Eisenschrotpatronen aufgrund ihrer Härte schlechter als Bleischrote ab. Die Gefahr von Abprallern ist bei der Verwendung von Eisenschrot deutlich größer (KINSKY 1990).

Die Kosten für Eischrotpatronen sind geringfügig höher als für Bleischrot. Im Vergleich zu den Kosten für eine Sanierung bleikontaminierter Böden ist dies allerdings nicht wirklich ein Nachteil.

Trotz der geringfügig ungünstigeren Eigenschaften im Vergleich zum Bleischrot, stellt Weicheisenschrot zweifelsohne eine brauchbare Alternative dar.

Abbildung 2: Außenballistisches Verhalten (Geschwindigkeits- und Energieabfall) der Blei- und Weicheisenschrote in Abhängigkeit von der Korngröße (aus: KINSKY 1990)



3 Belastungen von Wasser und Boden durch Wurfscheibenschießanlagen - Literaturübersicht

3.1 Verteilung der Schrote und Wurfscheibensplitter

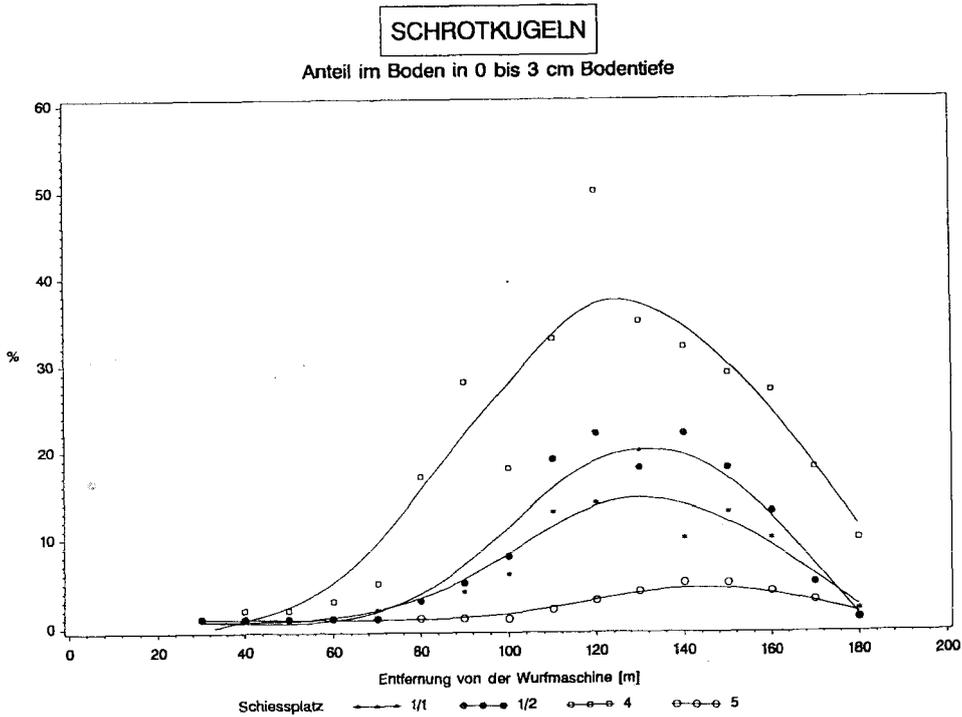
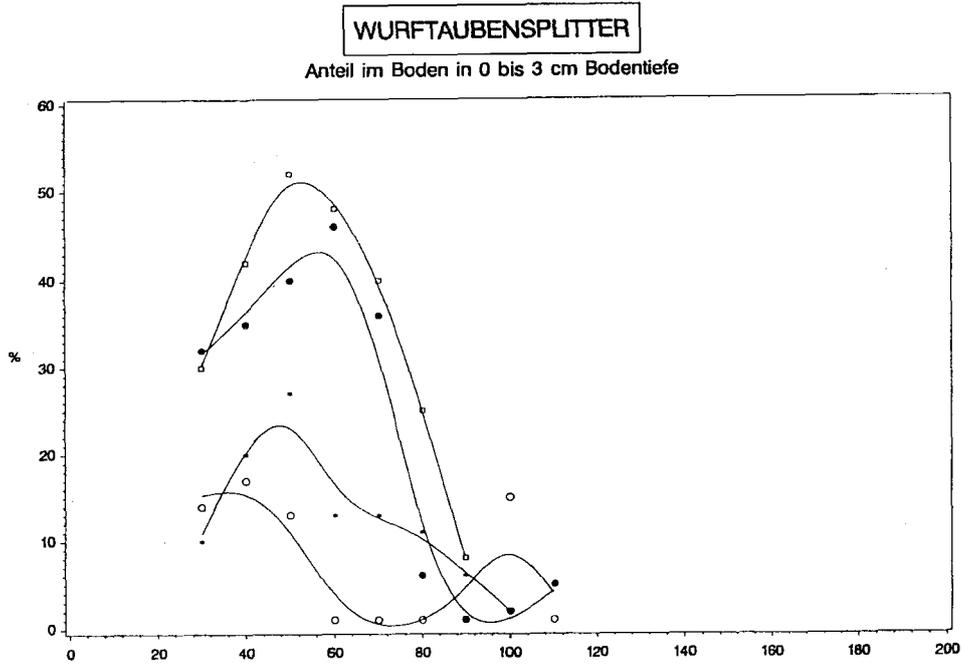
Die Verteilung von Schrotkörnern, z.T. auch der Wurfscheibensplitter in den Böden verschiedener Schießanlagen wurden u.a. von RUPPERT und FETZER (1987), CRÖSSMANN et al. (1989) in Deutschland sowie von JORGENSEN und WILLEMS (1987) und TASKANEN et al. 1991 in Skandinavien untersucht. RUPPERT und FETZER (1987) analysierten die laterale Verteilung der Schrotkörner und Wurfscheibensplitter in den obersten 3 cm des Bodens in Abhängigkeit von der Entfernung zur Wurfmaschine sowie die vertikale Verteilung der Schrotkörner im Bodenprofil. Die folgenden Ausführungen in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 basieren großteils auf dieser Studie.

3.1.1 Laterale Verteilung

Die Wurfscheibensplitter finden sich gehäuft im wesentlichen innerhalb der ersten 90 m (Abb. 3). Bei ansteigendem oder abfallendem Gelände wären entsprechende Verkürzungen bzw. Verlängerungen der Abstände der Maxima zu erwarten. In ebenem Gelände ist eine maximale Belegung der Bodenoberfläche mit Schrotkörnern in einem halbkreis- bis bananenförmigen Bereich in etwa 80 bis 180 m Entfernung von der Wurfmaschine festzustellen, mit einem Schwerpunkt zwischen 120 und 140 m (RUPPERT und FETZER 1987) (Abb. 4). Zum gleichen Ergebnis gelangen auch ADSESEN et al. (1983) und HAHN (1988). Nach LUCKS (1991) sind Schrote je nach Kaliber, Geländemorphologie, Bewuchs, Windgeschwindigkeit und -richtung bis zu ca. 230 m von der Wurfmaschine entfernt im Boden aufzufinden. In einigen Fällen finden sich Schrote auch in mehr als 250 m Entfernung vom Schießstand (HOPPE 1986).

Abbildung 3 (oben): Laterale Verteilung der Wurfscheibensplitter (berechnet nach Daten in RUPPERT und FETZER 1987)

Abbildung 4 (unten): Laterale Verteilung der Schrotkugeln (berechnet nach Daten in RUPPERT und FETZER 1987)



3.1.2 Vertikale Verteilung

Die Hauptmasse der Schrotkörner findet sich in der Regel in den obersten Bodenhorizonten und nimmt nach unten rasch ab (Abb. 5, vgl. auch Tab. 6, Kapitel 3.2.2). Die Vertikalverteilung wird dabei durch verschiedene Bodenparameter beeinflusst:

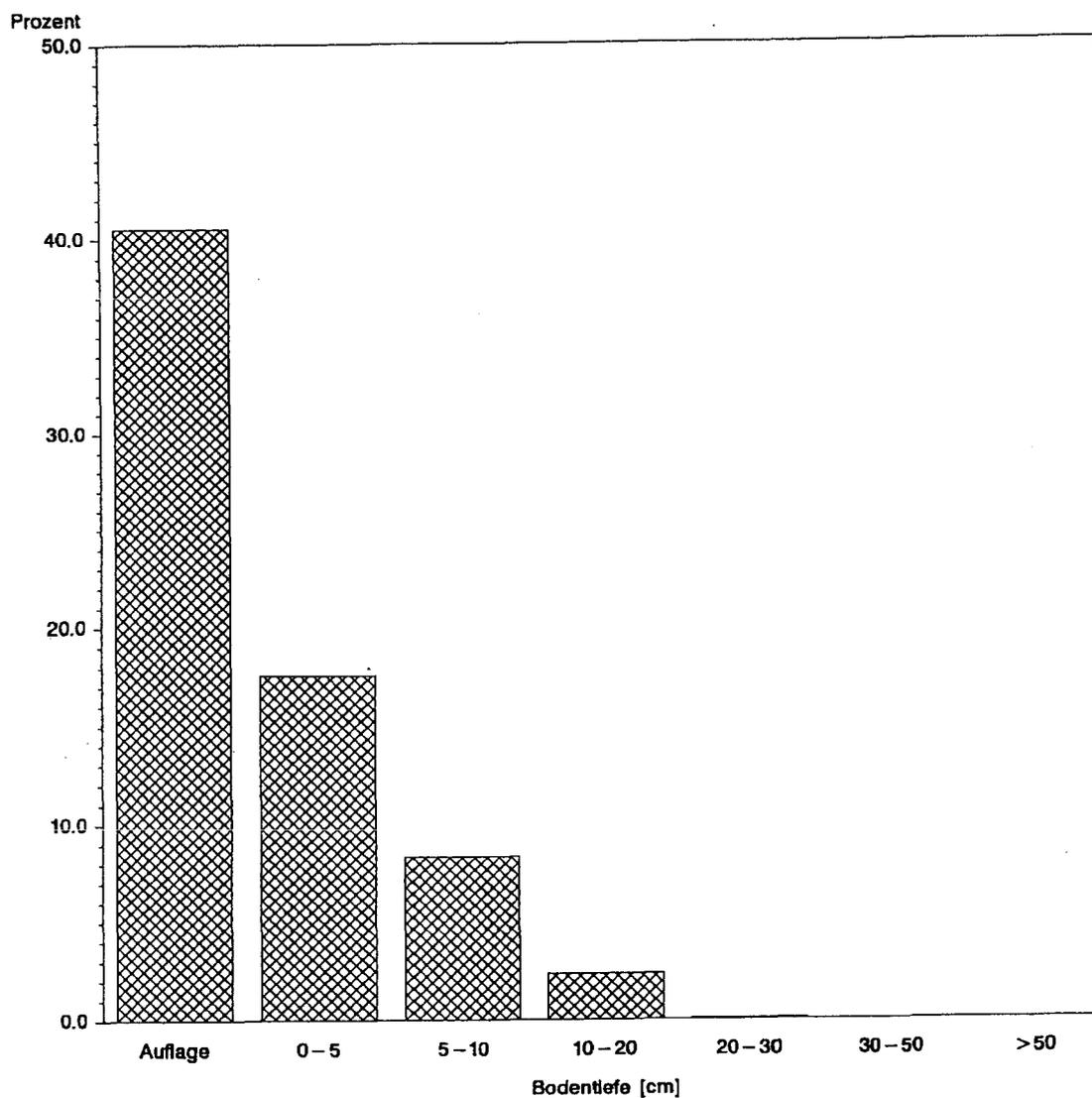
- * Bei höheren Humusgehalten gelangen die Schrotkörner in größere Tiefen als bei Mineralböden
- * Durch Bioturbation (Vermengung durch wühlende Bodenorganismen, etwa durch Regenwürmer) werden ebenfalls Schrotkörner in größere Tiefen verfrachtet
- * die Lockerheit und der Steingehalt bestimmen den Vertikaltransport der Schrotkörner mit. Ton- und Schluffkomponenten wirken dabei einer Verlagerung entgegen.

In einem humusreichen Niedermoor wurde in den obersten 7 cm eine relativ homogene Verteilung der Schrotkörner festgestellt. Die Autoren (RUPPERT und FETZER 1987) führen dies auf die hohe Bioturbation und die Lockerheit des organischen Materials zurück. Unterhalb von 10 cm Bodentiefe waren meist nur mehr wenige Schrotkörner (Ausnahme: lockere Böden, wie das erwähnte Niedermoor) zu finden. Die maximale Tiefe, wo noch Schrot gefunden wurde, lag bei 20 cm.

Untersuchungen in Dänemark (JORGENSEN und WILLEMS 1987) erbrachten ein ähnliches Ergebnis. Schrotkörner wurden bei vier verschiedenen Standorten bis in 9, 14, 20 bzw. 25 cm Bodentiefe angetroffen. Eine Tiefe von 25 cm wurde an einem regelmäßig gepflügten Standort erreicht (Tab. 6, Kapitel 3.2.2). Auch die Untersuchungen in Österreich (Schießstand Allerheiligen) zeigen, daß Schrotkugeln in der obersten Bodenschicht akkumulieren.

In Flachwassersedimenten wurde der überwiegende Teil der Schrotkugeln ebenfalls in 0-5 cm Tiefe angetroffen (MUDGE 1984), wo sie für Wasservögel erreichbar sind. Tatsächlich wurden in den Mägen von Wasservögeln in verschiedenen Ländern Bleischrotkugeln festgestellt (z.B. BELLROSE 1951, CAITHNESS 1974, ZUUR 1982).

Abbildung 5: Vertikalverteilung von Schrotkugeln auf Wurftaubenschießplätzen in Bayern (Daten bzw. Mittelwerte von 1 bis 3 Schießplätzen aus RUPPERT und FETZER 1987)



3.2 Gefährdungspotential

Die Bewertung des Gefährdungspotentials von Wurfscheibenschießanlagen ist eng mit dem Korrosions- bzw. dem Auslaugungsverhalten der Schrote und verwendeten Wurfscheiben verknüpft. Im Falle der Gefährdung von Organismen kommt artspezifisches Verhalten im weitesten Sinne hinzu.

3.2.1 Wassergefährdungspotential (Grundwasser, Oberflächenwässer)

3.2.1.1 Spurenelemente

Zur Bewertung des Wassergefährdungspotentials von Wurfscheibenschießanlagen wurden vom Wasserwirtschaftsamt Nürnberg und dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft unter anderem Laugungsversuche mit Bodenproben im Bereich verschiedener Schießanlagen durchgeführt (AMANN und KRAMER 1987). Eine umfassende Untersuchung zum Problem der Boden- und Grundwasserbelastung durch Bleischrot liegt in Form eines Forschungsberichtes des Umweltbundesamts Berlin vor (CRÖSSMANN et al. 1989). Das Korrosionsverhalten von Bleischrot analysierten u.a. CRÖSSMANN et al. (1989), JORGENSEN und WILLEMS (1987) sowie LIN et al. (1995).

Bodenproben von der Oberfläche sowie aus 30 und 60 cm Bodentiefe in Bereichen starker Schrotbelegung einer Wurfscheibenschießanlage wurden nach den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV S4) eluiert (AMANN und KRAMER 1987). Dabei zeigt sich, daß durch deionisiertes Wasser Blei in beachtenswerten Mengen gelöst werden kann. In Eluat aus schrotreicher oberster Bodenschichten ("einige cm Dicke") erreichten die Bleikonzentrationen Werte bis in den mg/l-Bereich, wie sie auch in Österreich (Schießgelände Allerheiligen) festgestellt wurden. In Bodenproben aus 30 und 60 cm Bodentiefe waren im Eluat hingegen nur Konzentrationen bis zu wenigen μg Blei/l festzustellen.

Bei Nickel wurden in der obersten Bodenschicht erhöhte Werte festgestellt, wobei die Nickelkonzentrationen in Eluat aus den unteren Bodenschichten deutlich höher lagen als jenes des Bleis. Auf Basis ihrer Untersuchungen gelangen AMANN und KRAMER (1987) daher zum Schluß, daß bei Einwirkung von Wasser auf Schrotkugeln geringe Metallmengen, insbesondere Blei und ggf. auch Nickel, in Lösung gehen können. Im konkreten Fall der untersuchten Böden waren die Metalle, insbesondere das Blei, in den obersten Bodenschichten festgelegt, sodaß eine Grundwasserverunreinigung im Sinne einer Überschreitung der für Trinkwasser zulässigen Grenzwerte (0.04 mg Blei/l lt. Trinkwasserverordnung vom 22. Mai 1986) nicht nachgewiesen werden konnte. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, daß in Anbetracht der hohen Schwermetallfrachten sowie der guten Wasserlöslichkeit verschiedener Blei- und Nickelverbindungen, wie sie durch

Korrosionsprozesse entstehen, langfristig die Sorptionsfähigkeit der Böden so beansprucht werden kann, daß Grundwassergefährdungen längerfristig nicht mehr auszuschließen sind.

JORGENSEN und WILLEMS (1987) extrahierten auf vier Schießplätzen Böden im Hauptniederschlags-gebiet der Schrotkugeln mittels EDTA und stellten dabei ebenfalls hohe Bleikonzentrationen fest (Tab. 6, Kapitel 3.2.2). Die Werte sind aufgrund der komplexierenden Eigenschaften des EDTA höher und nicht mit den Werten aus Bayern oder Österreich, wo die Laugung mittels Wasser erfolgte, vergleichbar. Diese Werte zeigen jedoch, daß durch komplexierende Substanzen, wie sie in Böden natürlich vorkommen, größere Mengen an Blei mobilisiert werden können und so ihren Weg in das Grundwasser und/oder die Biosphäre finden.

Neben dem Auslaugungsverhalten von Böden untersuchten AMANN und KRAMER (1987) auch Wasserproben aus Pegeln, Brunnen und Bohrlöchern im Nahbereich verschiedener Wurfscheibenschießanlagen. Wenn Blei nachweisbar war, dann in sehr geringen Konzentrationen (weit unter 0.04 mg/l). Die Elemente Arsen, Antimon, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink erreichten ebenfalls die Grenzkonzentrationen nach der Trinkwasserverordnung der EG-Richtlinie vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch nicht, sondern unterschritten diese meist bei weitem. Auch bei den in Österreich im Nahbereich einer Wurfscheibenschießanlage (Allerheiligen) untersuchten Brunnen konnten bisher keine erhöhten Spurenelementgehalte festgestellt werden.

Anders als bei den Grundwasserproben, fanden AMANN und KRAMER (1987) bei einigen kleinen Weihern, Tümpeln und Pfützen der untersuchten Wurfscheibenschießanlage deutlich höhere Spurenelementgehalte. In einem seichten (max. 60 cm tiefen) Tümpel in moorigen Gelände im Hauptaufschlagsgebiet waren bis zu 5.7 mg Blei/l gelöst, mit Nickelgehalten bis zu mehreren µg/l.

3.2.1.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

PAH sind vor allem im Zusammenhang mit der Altlastendiskussion und Verbrennungsprozessen (KFZ-Verkehr, kalorische Kraftwerke, etc.) in das öffentliche Interesse gerückt. Es handelt sich dabei um eine umfangreiche Stoffgruppe mit unterschiedlichen Eigenschaften und unterschiedlicher toxikologischer Relevanz (z.B. GRIMMER 1983, YANG und SILVERMAN 1988). Am besten untersucht ist Benzo(a)pyren, nicht zuletzt aufgrund seiner kanzerogenen Eigenschaften. Da auch heute noch Wurfscheiben mit Bitumen oder Asphalt als Bindemitteln hergestellt werden, erhebt sich die Frage, inwieweit aus den Scherben der Wurfscheiben PAH in Grund- und Oberflächenwässer gelangen können.

Aus der Gruppe der PAH werden gewöhnlich ausgewählte Leitsubstanzen analysiert, darunter meist die in der Tabelle 5 angeführten Verbindungen. Angaben über die Eluierbarkeit (gemäß DIN 38414/4 mit destilliertem Wasser) liegen bei CRÖSSMANN et al. (1989) vor. Dabei handelt es sich um die in Tabelle 1 verwendeten Wurfscheiben-Proben.

Tabelle 5: Eluierbare PAH-Gehalte (ausgewählte PAH gemäß "EG-Liste" bzw. ÖNORM S2072) für drei unterschiedliche Wurfscheibenfabrikate (nach CRÖSSMANN et al. 1989)

Wurfscheiben (Herkunft)	Fluor- anthen	Benzo(k) fluoran- then	Benzo(b) fluoran- then	Benzo(a) pyren	Indeno- (1,2,3- cd)pyren	Benzo- (ghi)- perylen	Summe
	µg / l Eluat						
I (DDR)	385	97	183	542	127	89	1423
II (F)	542	68	111	189	210	66	1186
III (UK)	288	75	127	347	153	12	1002

Den höchsten Anteil weisen auch im Wasserauszug bei allen drei Fabrikaten Fluoranthren und Benzo(a)pyren auf.

Die Eluierung erfolgte an feinvermahlenden Material, wie es in der Natur nicht anzutreffen ist. Es überwiegen dort größere Scherben. Über deren Abbau im Laufe der Zeit gibt es allerdings keine konkreten Vorstellungen. Nach dem Übergang in die Bodenphase werden die gelösten PAH rasch im Boden gebunden, sodaß eine Verlagerung in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser sowie eine Aufnahme durch Organismen nur in sehr geringem Ausmaß möglich sein wird.

Zur Gefährdung von Grund- und Oberflächenwasser durch die in Wurfscheiben enthaltenen polyzyklischen Kohlenwasserstoffe sind derzeit keine spezifischen Freilanduntersuchungen an Brunnen oder Oberflächenwässern bekannt.

3.2.2 Gefährdung des Bodens

3.2.2.1 Spurenelemente

Ein umfangreiches Untersuchungsprogramm über die Spurenmetallbelastungen von Böden durch Wurfscheibenschießanlagen wurden vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München, durchgeführt. Die Autoren (RUPPERT und FETZER 1987) führten ihre Untersuchungen unter anderem mit dem Ziel durch, eine Risikoabschätzung der Belastungen zu geben. Dazu wurden neben einer Analyse der

lateralen und vertikalen Verteilung von Schrotkugeln und Wurfscheibensplittern (siehe Kap. 3.1) auch die Gehalte ausgewählter Elemente unter Einbeziehung verschiedener bodenkundlicher Parameter bei insgesamt 6 Schießplätzen auf verschiedenen Böden analysiert.

Zur Bewertung der Umweltbelastung durch Wurfscheibenschießanlagen gab das Umweltbundesamt Berlin eine Forschungsarbeit (CRÖSSMANN et al. 1989) in Auftrag. Dabei wurden 5 Wurfscheiben-Schießstände in Nordrhein-Westfalen untersucht. Neben den Schwermetallen Blei, Nickel und Kupfer wurden u.a. auch Antimon und Arsen analysiert.

Eine detaillierte Aufstellung über Spurenelementgehalte (Blei, Nickel, Arsen, Antimon) auf Wurfscheibenschießplätzen gibt Tabelle 6 (folgende Seiten). Die z.T. außerordentlich hohe Belastung, vor allem mit Blei, ist evident.

Tabelle 6: Kontamination von Böden durch Blei, Nickel, Arsen und Antimon auf ausgewählten Wurfscheibenschießplätzen in Europa.

Autor Land Ort	Standort	Bodentiefe [cm]	pH (0.01M CaCl ₂)	C _{org} (1,2,3) bzw. Humus (4) [%]	Schrot (1,2) in [g/m ²] (3,4) in [%]	Blei		Nickel		Arsen		Antimon	
						gesamt [mg/kg]	löslich (E) = EDTA (A) = H ₂ O (1) [µg/kg] (4) [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (keine Daten!)
(1) Dänemark Stenlille		0-5 5-10 10-15 15-20 20-25 25-35 35-50 50-65	5.5 (0-20 cm)	2.4 (0-20 cm)	370 454 462 421 105 0 0 0		E: 1000000 965000 965000 715000 15000 4000 5000 4000						
(1) Dänemark Holstebro		0-9 9-15 15-20 20-25 25-35 35-50 50-65	3.5 (0-20 cm)	5.5 (0-20 cm)	531 0 0 0 0 0 0		E: 274000 <1000 <1000 3000 2000 <1000 <1000						
(1) Dänemark Parup A		0-8 8-14 14-20 20-27 27-35 35-50	5.5 (0-20cm)	38.1 (0-20 cm)	830 52 0 0 0 0		E: 615000 138000 28000 20000 7000 4000						
(1) Dänemark Parup C		0-20	7.4 (0-20 cm)	44.6 (0-20 cm)	1380		E: 395000						
(2) Finland Viikinmaki	P1	0-7 7-12 12-17 17-22 22-27	k.A.	k.A.	k.A.	10300 6100 254 235 250		152 36.0 30.9 34.7 36.2		255 51.6 43.3 47.2 59.3		21.9 6.4 6.4 7.2 8.8	
(2) Finland Viikinmaki	P3	0-5 5-15 15-20 20-25 25-30 30-40 50-60	k.A.	k.A.	k.A.	10300 1020 70 45 22 21 21		17.3 17.2 14.1 12.0 7.0 9.8 7.8		148 58.6 45.4 41.2 15.7 12.5 16.3		29.9 8.7 7.1 6.7 3.0 3.7 3.2	

Tab. 6 (Fortsetzung): Kontamination von Böden durch Blei, Nickel, Arsen und Antimon auf ausgewählten Wurf Scheibenschießplätzen in Europa.

Autor Land Ort	Standort	Bodentiefe [cm]	pH (0.01m CaCl ₂)	C _{org} (1,2,3) bzw. Humus (4) [%]	Schrot (1,2) in [g/m ²] (3,4) in [%]	Blei		Nickel		Arsen		Antimon	
						gesamt [mg/kg]	löslich (E) = EDTA (A) = H ₂ O (1) [µg/kg] (4) [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (keine Daten)
(2) Finland Viikinmaki	P8	0-5	k.A.	k.A.	k.A.	40300		29.9		51.8		14.6	
		5-10				1710		28.3		47.2		4.9	
		10-15				1500		25.7		35.4		5.0	
		15-20				1130		27.6		38.6		5.3	
		20-25				1120		26.6		47.6		5.4	
		25-35				810		8.3		26.1		4.5	
		35-40				208		8.5		20.4		2.7	
(2) Finland Viikinmaki	P10	0-5	k.A.	k.A.	k.A.	11900		12.0		6.9		9.8	
		5-10				11900		11.3		16.2		7.2	
		10-15				11800		17.1		20.3		3.2	
		15-20				527		16.4		27.2		3.5	
		20-25				153		16.7		27.2		5.2	
(3) Deutschland Lemgo im Weserberg- land	AT8	Auflage 1			707	-	-	-	-	-	-	-	-
		5			160	6400	11.0	124	200	0.13			
		10			(0-2 cm)	126	9.0	4.25	0.56				
		20			45.7	8.0	4.94	0.23					
		30			16.3	11.0	3.08	0.21					
		40			13.6	12.0	3.63	0.14					
		50			11.2	14.0	3.65	0.16					
7.9	13.0	4.10	0.16										
(3) Deutschland Lemgo im Weserberg- land	AT10	Auflage 1	3.46	8.8	2360	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	(AT15, 0-4 cm)	(AT15, 0-4 cm)	100	16600	8.0	80.6	120	1.52			
		10			870	8.0	7.09	0.84					
		20			246	11.0	6.08	0.27					
		30			156	11.0	4.24	0.35					
		40			70.8	11.0	5.34	0.24					
		50			11.9	12.0	6.48	0.19					
10.0	13.0	6.51	0.19										
(3) Deutschland Havixbeck im Münsterland	BS2	1	5.47 (0-10 cm)	4.68 (0-10 cm)	670	3060		10.0		15.9		20.6	
		5			(0-2 cm)	4390	12.0	30.9	57.5				
		10			890	11.0	16.4	28.2					
		20			(5 cm)	132	11.0	8.36	2.47				
		30			137	10.0	7.15	3.01					
		40			75.7	14.0	13.5	1.90					
		50			19.8	-	14.2	0.60					
		60			17.4	-	12.7	0.40					
		70			14.7	-	11.5	0.44					
		80			8.6	-	8.7	0.50					

Tab. 6 (Fortsetzung): Kontamination von Böden durch Blei, Nickel, Arsen und Antimon auf ausgewählten Wurfsehbenschießplätzen in Europa.

Autor Land Ort	Standort	Boden- tiefe [cm]	pH (0.01m CaCl ₂)	C _{org} (1,2,3) bzw. Humus (4) [%]	Schrot [1,2] in [g/m ²] [3,4] in [%]	Blei		Nickel		Arsen		Antimon	
						gesamt [mg/kg]	löslich (E) = EDTA (A) = H ₂ O (1) [µg/kg] (4) [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (keine Daten!)
(3) Deutschland Havixbeck im Münsterland	BS4	1	6.15 (0-27 cm)	1.63 (0-27 cm)	2060 (0-27 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5				-	-	-	-	-	-	-	
		10				520	-	-	8.75	-	9.83	-	
		20				696	-	-	11.4	-	14.2	-	
		30				294	-	-	7.33	-	6.09	-	
		40				15.2	-	-	8.82	-	0.76	-	
		50				14.1	-	-	8.27	-	0.50	-	
		60				13.4	-	-	8.54	-	0.52	-	
70	13.8	-	-	6.60	-	0.25	-						
80	13.0	-	-	8.22	-	0.31	-						
(3) Deutschland Havixbeck im Münsterland	BT1	1			4200 (0-27 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5				-	-	-	-	-	-	-	
		10				2730	-	-	31.3	-	63.4	-	
		20				3030	-	-	33.3	-	74.4	-	
		30				2500	-	-	41.7	-	60.1	-	
		40				10.4	-	-	12.6	-	0.46	-	
50	9.0	-	-	5.88	-	0.43	-						
(3) Deutschland Havixbeck im Münsterland	BT2	1			8330 (0-27 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5				-	-	-	-	-	-	-	
		10				6220	-	-	58.9	-	156	-	
		20				6080	-	-	57.1	-	147	-	
		30				3830	-	-	34.9	-	114	-	
		40				18.0	-	-	3.18	-	0.76	-	
50	14.2	-	-	2.86	-	0.60	-						
(3) Deutschland Ascheberg im Münsterland	CT14	1	5.49 (0-38 cm)	2.73 (0-38 cm)	2410 (0-30 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5				-	-	-	-	-	-	-	
		10				490	-	-	16.8	-	8.80	-	
		20				670	-	-	23.0	-	12.1	-	
		30				421	-	-	14.3	-	7.32	-	
		40				10.4	-	-	2.02	-	0.23	-	
		50				5.8	-	-	1.63	-	0.25	-	
		60				5.1	-	-	32.1	-	0.11	-	
70	-	-	-	-	-	-	-						
80	3.7	-	-	17.8	-	0.20	-						

Tab. 6 (Fortsetzung): Kontamination von Böden durch Blei, Nickel, Arsen und Antimon auf ausgewählten Wurfsechenschießplätzen in Europa.

Autor Land Ort	Standort	Bodentiefe [cm]	pH (0.01m CaCl ₂)	C _{org} (1,2,3) bzw. Humus (4) [%]	Schrot (1,2) in [g/m ²] (3,4) in [%]	Blei		Nickel		Arsen		Antimon	
						gesamt [mg/kg]	löslich (E) = EDTA (A) = H ₂ O (1) [µg/kg] (4) [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (keine Daten!)
(4) Deutschland nördliche Münchener Schotter- ebene	WTA1 belastet	0-1	7.1	11.4	13.1%	2300		40		11		-	
		1-3	7.2	9.2	22.3%	2810		48		11		-	
		3-5	7.2	8.8	16.3%	3340		50		13		-	
		5-7	7.2	8.1	4.4%	1370		32		10		-	
		7-10	7.3	7.0	0.6%	497		23		6.0		12	
		10-14	7.3	6.1	0.4%	303		21		5.5		9	
		14-19	7.3	5.3	<0.1%	97		21		5.0		3	
		19-28	7.3	4.0	?	585		16		5.6		12	
		28-40	7.4	2.3	0	13		12		2.9		0.6	
		40-60	7.7	-	0	7		6		1.4		0.3	
		>60	7.6	-	0	10		6		1.5		0.3	
(4) Deutschland Mittel- fränkisches Keuper- becken	WTA4 belastet	4-3	3.5	86.0	14.4%	9120		52		0.9		16	
		3-0	4.1	63.6	66.6%	28600		117		3.5		17	
		0-1	3.8	7.8	16.4%	5110		28		8.5		11	
		1-3	3.9	3.1	1.8%	1080		14		6.0		3.2	
		3-5	4.0	2.9	0.5%	326		12		5.6		1.6	
		5-7	3.9	3.3	0.1%	238		11		5.2		1.4	
		7-9	3.8	3.9	<0.1%	153		11		5.7		1.3	
		9-14	3.8	2.5	0	85		13		6.8		1.0	
		14-19	3.9	1.6	<0.1%	23		10		7.1		0.5	
		19-24	3.9	1.8	<0.1%	17		10		6.9		0.5	
		26-29	3.8	0.6	0	13		18		10.9		0.5	
		29-50	3.7	0.6	0	15		22		7.2		-	
		50-75	3.7	-	0	9		12		5.7		-	
75-90	3.7	-	0	4		7		3.7		-			
>90	3.9	-	0	2		2		1.5		-			
(4) Deutschland Altmoränen- landschaft Alpenvorlan- d Niedermoor	WTA6 belastet	0-1	6.1	48.1	26.9%	8290		32		15.7		-	
		1-3	6.0	46.7	31.9%	8520		23		11.5		-	
		3-5	5.9	43.6	28.9%	13100		21		7.9		-	
		5-7	5.9	44.3	29.0%	15400		21		9.2		-	
		7-9	6.0	41.7	15.7%	15100		20		8.5		-	
		9-14	6.1	40.3	8.9%	13500		20		8.8		-	
		14-20	6.1	37.9	4.5%	9340		19		8.8		-	
		20-30	6.3	52.6	0.1%	520		15		-		-	
		30-50	6.5	69.5	0	66		10		-		-	
		50-70	6.6	48.8	0	52		22		-		-	
70-90	7.4	-	0	13		26		-		-			
>90	7.4	-	0	9		25		-		-			

Tab. 6 (Schluß):
Kontamination von Böden durch Blei, Nickel, Arsen und Antimon auf
ausgewählten Wurfscheibenschießplätzen in Europa.

Autor Land Ort	Standort	Boden- tiefe [cm]	pH (0.01m CaCl ₂)	C _{org} (1,2,3) bzw. Humus (4) [%]	Schrot (1,2) in [g/m ²] (3,4) in [%]	Blei		Nickel		Arsen		Antimon		
						gesamt [mg/kg]	löslich (E) = EDTA (A) = H ₂ O (1) [µg/kg] (4) [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (A) = H ₂ O [µg/l]	gesamt [mg/kg]	löslich (keine Daten)	
(4) Österreich Allerheiligen im Mühlkreis	I/1	Auflage 0-5 5-10 10-20	3.8	24.8	16.5%	25100	A: 13750	9	A: 1.60	107	A: 9.71			
			4.4	8.1	0.6%	1110	1330	12	0.93	12.1	21.3			
			4.1	4.7	-	396	280	12	0.55	10.3	8.7			
			4.2	4.8	-	188	140	12	1.20	7.4	7.0			
(5) Österreich Allerheiligen im Mühlkreis	II/1	Auflage 0-5 5-10 10-20	4.9	75.0	42.8%	28550	A: 16650	22	A: 6.32	41.5	A: 801			
			4.3	15.4	9.4%	12200	6650	19	4.43	42	211			
			3.9	2.0	-	252	222	8	1.26	5.0	5.6			
			3.8	1.4	-	85	50	7	0.55	2.3	1.5			
(5) Österreich Allerheiligen im Mühlkreis	II/2	Auflage 0-5 5-10 10-20	4.8	27.6	23.0%	24900	A: 12050	12	A: 2.75	38	A: 796			
			3.8	4.4	0.04%	588	480	5	0.74	5.3	5.5			
			3.8	1.8	-	93	70	4	<0.50	2.5	1.8			
			3.8	1.1	-	23	<40	4	<0.50	1.5	<1.0			
(5) Österreich Allerheiligen im Mühlkreis	III/3	Auflage 0-5 5-10 10-20	4.3	30	10.0%	39000	A: 14100	17	A: 2.48	217	A: 959			
			4.2	12	4.1%	23800	9500	16	2.36	213	347			
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
(5) Österreich Allerheiligen im Mühlkreis	IV/3	Auflage 0-5 5-10 10-20	4.1	12.8	15.0%	16500	A: 6920	8	A: 1.26	74	A: 255			
			3.7	2.9	0.7%	1650	1600	6	0.77	24	25.0			
			3.9	1.8	-	123	120	7	0.65	3.2	3.1			
			3.9	1.2	-	21	<40	6	<0.50	1.7	<1.0			

(1) JORGENSEN & WILLEMS 1987

(2) TASKANEN, KUKKONEN & KAIJA 1991

(3) CRÖSSMANN et al. 1989

(4) RUPPERT & FETZER 1987

(5) WIMMER pers. Mitt. 1994, 1995 (ausgewählte Standorte)

k.A. keine Angaben

3.2.2.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Untersuchungen zum PAH-Gehalt der Böden im Bereich von Wurfscheibenanlagen sind derzeit nur von CRÖSSMANN et al. (1989) bekannt. Dabei wurden jeweils zwei verschiedene Bodentiefen an drei Schießanlagen berücksichtigt. Die Bodenproben wurden mittels Toluol extrahiert, sichtbare Scherben zuvor aussortiert. Erwartungsgemäß konnten mit Ausnahme von Benzo(ghi)perylen alle anderen in der Tabelle 5 angeführten PAH nachgewiesen werden. Die Werte bewegten sich zwischen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0.01 mg/kg Boden bis zu 3.25 mg/kg Boden für die Einzelsubstanzen.

Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der PAH-Konzentration und den Wurfscherbenkonzentrationen im Boden konnte von den Autoren allerdings nicht hergestellt werden.

4. Fallbeispiel Wurfscheibenschießstand Allerheiligen

4.1 Einleitung

Bei Allerheiligen im Mühlkreis (Gemeine Perg) befindet sich seit 1976 ein Schießplatz mit der Möglichkeit auf Wurfscheiben zu schießen. Da im Zuge der Ausübung des Wurfscheibenschießsports überwiegend Bleischrot zum Einsatz kommt stellte sich für die OÖ Umweltschutzbehörde die Frage nach der Umweltbelastung durch das Wurfscheibenschießen. Im Auftrag der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde durchgeführte Analysen von insgesamt 16 Bodenproben im Juni 1992 ergab tatsächlich für dieses Schießplatzgelände z.T. extrem hohe Konzentrationen an Blei nach Säureaufschluß: In der Humusaufgabe konnten ohne Berücksichtigung der vor der Analyse aussortierten Schrotkörner Werte bis 39000 mg Blei/kg (fast 4 Gew.%), inklusive Schrotkörner bis rd. 400000 mg Blei/kg festgestellt werden (Untersuchungsbericht der BA f. Agrarbiologie vom 22. 12. 1992). Neben Bleikonzentration und Schrotanteil wurden dabei auch Arsen- und Nickelkonzentrationen (jeweils nach Säureaufschluß) sowie der pH-Wert (in CaCl_2) und der Humusanteil in Auflagehorizont sowie in den Tiefenstufen 0-5, 5-10 und 10-20 cm bestimmt. Zur Feststellung der Tiefenverteilung verschiedener Parameter erfolgten weitere Probenahmen auch in größeren Tiefen bis einschließlich der C-Horizonte.

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes der Böden im Untersuchungsgebiet (im Bereich von $\text{pH}=4$) kommt es hier zu einer vergleichsweise raschen Verwitterung der Schrotkörner (vor allem Bildung löslicher Bleicarbonate und Bleihydroxycarbonate - als Cerrusit und Hydrocerrusit in der Mineralogie bekannt, wahrscheinlich auch zur Bildung von Bleisulfat = Anglesit) und damit - bedingt durch die relativ gute Wasserlöslichkeit dieser Verwitterungsprodukte - auch zu einer erhöhten Mobilität des Bleis. Zur Abschätzung der Mobilität von Blei, Arsen und Nickel wurden daher Eluationsversuche an Bodenproben vom Schießplatzgelände nach den Deutschen Einheitsverfahren (DEV-S4) durchgeführt.

Ergänzend dazu wurden Analysen an fünf Brunnen im Gebiet durchgeführt, um einen ev. stattgefundenen Eintritt der Schwermetalle in das Grundwasser feststellen zu können.

Eine genauere Charakterisierung des Untersuchungsgebietes ermöglicht ein hydrogeologisches (Analyse von Aufbau und Mächtigkeit der obersten Bodenschichten, Bestimmung von Durchlässigkeits-beiwerten) sowie ein bodenkundliches Gutachten.

Weiters wurde der Versuch einer Verdachtsflächenbewertung (Vorläufige Bewertung für das Schutzgut Grundwasser) unternommen.

Da nicht nur über Schrot, sondern auch über Wurfscheiben Schadstoffe (PAH, Schwermetalle) in den Boden gelangen können, wurden zusätzlich Wurfscheiben analysiert.

Zur weiteren Abschätzung und Bewertung der von der genannten Schießplatzanlage ausgehenden Umweltgefährdung werden im Auftrag der OÖ Umweltschutzbehörde mittels Saugkerzen an Profilgruben die Eindringtiefen der Spurenmetalle in den Boden überprüft.

Die Ergebnisse werden in der Folge kurz vorgestellt.

4.2 Untersuchungen der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde

4.2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (Schießplatz der Wurfscheibenanlage des Jagd- und Wurftaubenclub Perg) liegt in Allerheiligen im Mühlkreis (Gemeinde Perg) auf einer durchschnittlichen Seehöhe von 350 m.

Das Schießgelände ist am Südrand der Böhmisches Masse situiert und gegen die Molassezone bzw. das Machland treppenförmig abgestuft. Das tiefste Schichtglied ist Mauthausener Granit, ein massiger, fein- bis mittelkörniger, hell- bis blaugrauer Biotitgranit. Dieser wird von einer weniger als ein bis mehrere Meter dicken Gruszone (Verwitterungsschicht) überlagert. Im Süden des Untersuchungsgebietes wird das Kristallin von einer eiszeitlichen Decklehmschicht überlagert (BAUMGARTNER 1993).

4.2.2 Charakterisierung der Böden

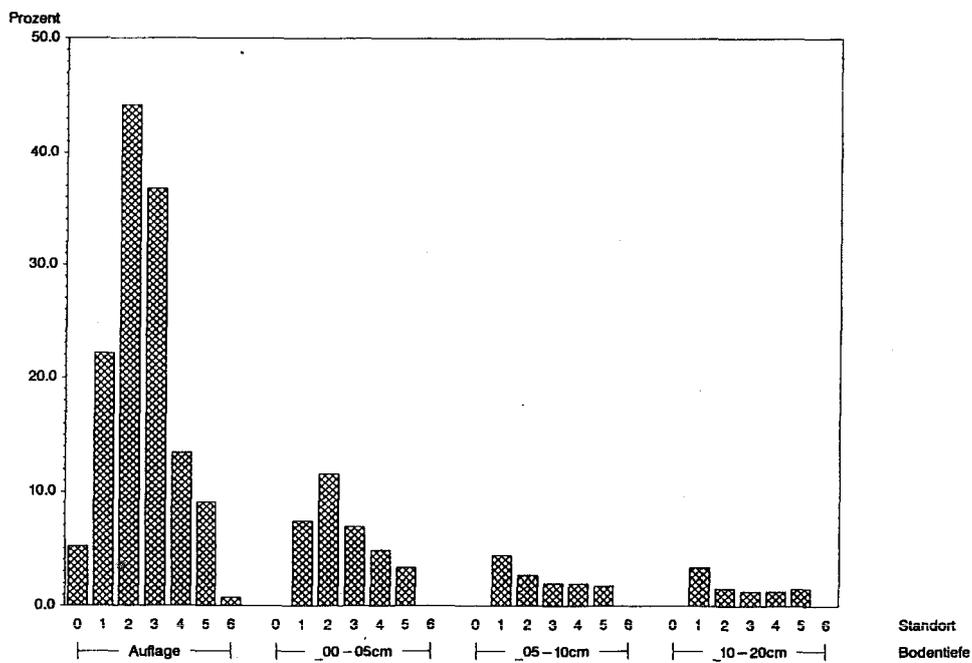
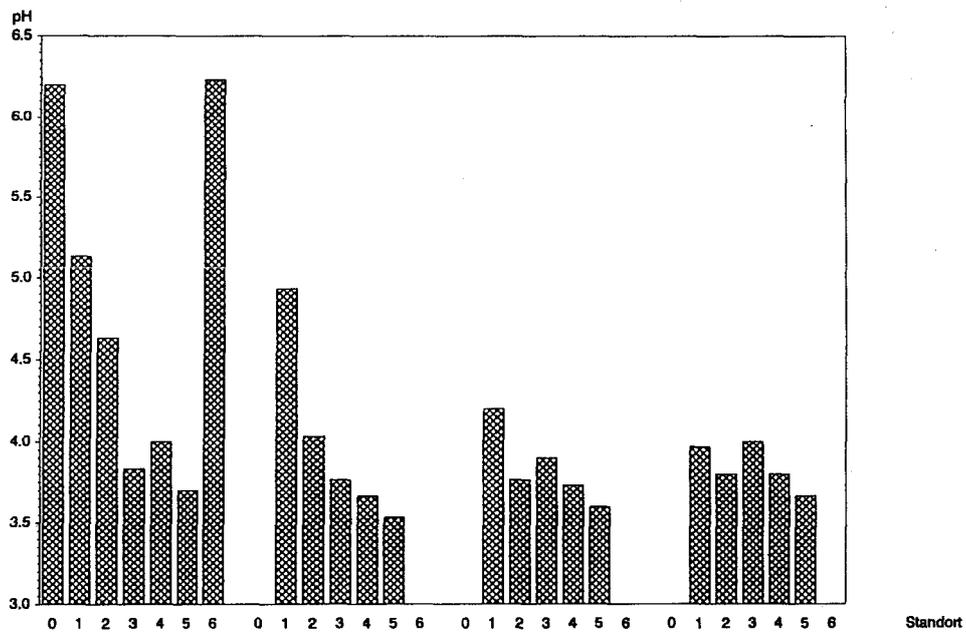
Der Mauthausener Granit und seine Flinschicht bilden eine kalkfreie Felsbraunerde als oberste Bodenschicht. Bei Überdeckung durch den eiszeitlichen Lehm entstand eine kalkfreie Lockersedimentbraunerde.

Die pH-Werte der Böden liegen zwischen 3.6 und 6.2 und somit im sauren Bereich (vgl. Abb. 6).

Die Humusgehalte (Abb. 7) unterscheiden sich zwischen den einzelnen Standorten beträchtlich.

Abbildung 6 (oben): pH-Werte (in CaCl₂) der Böden im Untersuchungsgebiet (nach Daten der OÖ Umweltschutzbehörde)

Abbildung 7 (unten): Humusgehalte der Böden im Untersuchungsgebiet (nach Daten der OÖ Umweltschutzbehörde)



4.2.3 Hydrogeologische Untersuchungen

Die von BAUMGARTNER (1993) ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) ergaben für die oberen Bodenschichten relativ geringe Durchlässigkeiten von 10^{-8} m/s. Die darunter liegende Flinzschicht weist eine etwas höhere Durchlässigkeit (10^{-7} m/s) auf.

Im Süden des Schießgeländes, im Bereich der dem Granit auflagernden Lehmdecke, erfolgt ein Abfluß von Oberflächengewässern in einem kleinen Seitengraben. Der Boden ist hier sehr dicht. Der Rücken, auf dem sich der Kugelfang befindet, trägt unter einer mit Wurfscheibensplintern angereicherten Humusaufgabe einen ebenfalls gering durchlässigen Boden. Oberflächenwässer versickern hier in die Flinzschicht und strömen langsam nach Norden bzw. Nordosten ab (BAUMGARTNER 1993).

Den in verschiedenen Bodenprofilen angetroffenen lehmigen Gesteinshorizonten kommt eine Barrierewirkung gegen das Eindringen belasteter Oberflächenwässer in das Grundwasser zu. Das Grundwasser ist daher (noch) nicht von der Schadstoffbelastung betroffen. Eine gewisse abschirmende Wirkung hat auch ein vergleyter Verwitterungshorizont in ca. 70 cm Tiefe (BAUMGARTNER 1993).

4.2.4 Schadstoffgehalte der Wurfscheiben

Eine Analyse der Gesamtgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) der in Österreich hauptsächlich verwendeten Wurfscheibenfabrikate ergaben für die nach der "EG-Liste" bzw. ÖNORM S2072 ("Eluatklassen von Abfällen" vom 1.12.1990 ausgewählten 6 PAH Werte zwischen rd. 500 und 4000 mg/kg. Die Gehalte im Wasserauszug (Eluat) sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: PAH-Gehalte (ausgewählte PAH gem. "EG-Liste") nach Extraktion mit Wasser gem. Deutsche Einheitsverfahren DEV S4 (nach Daten der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde 1995, in $\mu\text{g/l}$)

Wurfscheibenyp	Fluor-anthen	Benzo(k)fluoranthen	Benzo(b)fluoranthen	Benzo(a)pyren	Indeno-(1,2,3-cd)pyren	Benzo-(ghi)perylen	Summe
	$\mu\text{g} / \text{l}$						
Sivia rot	5	2	3	5	1	3	19
Sivia grün	5	2	3	5	1	2	18
Sivia Rabbit	4	3	4	7	2	3	23
Sivia gelb	5	3	4	8	2	4	26

CIP orange	186	261	242	130	235	180	1234
CIP gelb	86	48	75	45	74	65	393
Nimrod schwarz	381	502	473	166	278	266	2066
Laporte gelb	31	11	13	9	11	9	84
CIP hellorange	69	39	59	36	61	55	319

Bei der Betrachtung der Analysendaten fällt auf, daß zwei Klassen von Fabrikaten zu unterscheiden sind, wobei sich die Fabrikate *CIP*, *Nimrod* und *Laporte* durch wesentlich höhere Gesamtgehalte und Gehalte im Eluat auszeichnen.

Bei den in Österreich verwendeten Wurfscheiben konnten bei zwei von neun untersuchten Fabrikaten erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt werden. Dabei dürfte Bleichromat als farbgebendes Pigment verwendet worden sein. Die höchsten Gehalte wurden im Fabrikat *CIP-gelb* mit 560 mg Blei und 117 mg Chrom pro kg Wurfscheibe analysiert.

4.2.5 Schadstoffgehalte der Böden

Schrotgehalte sowie Gesamtgehalte und "mobile" Anteile (Eluierung gemäß Deutsche Einheitsverfahren, DEV-S4) der Spurenelemente Blei, Nickel und Arsen sind zusammengefaßt den Abbildungen 8 bis 11 zu entnehmen.

In Auflage und obersten Bodenschichten sind die "Sanierungswerte" nach EIKMANN und KLOKE (1993) für Blei und Arsen z.T. beträchtlich überschritten.

Abbildung 8: Wurftaubenschießstand Allerheiligen: Schrotgehalt [Gew.-%] in Auflage und 0 bis 20 cm Bodentiefe (nach Daten der OÖ Umweltschutzbehörde)

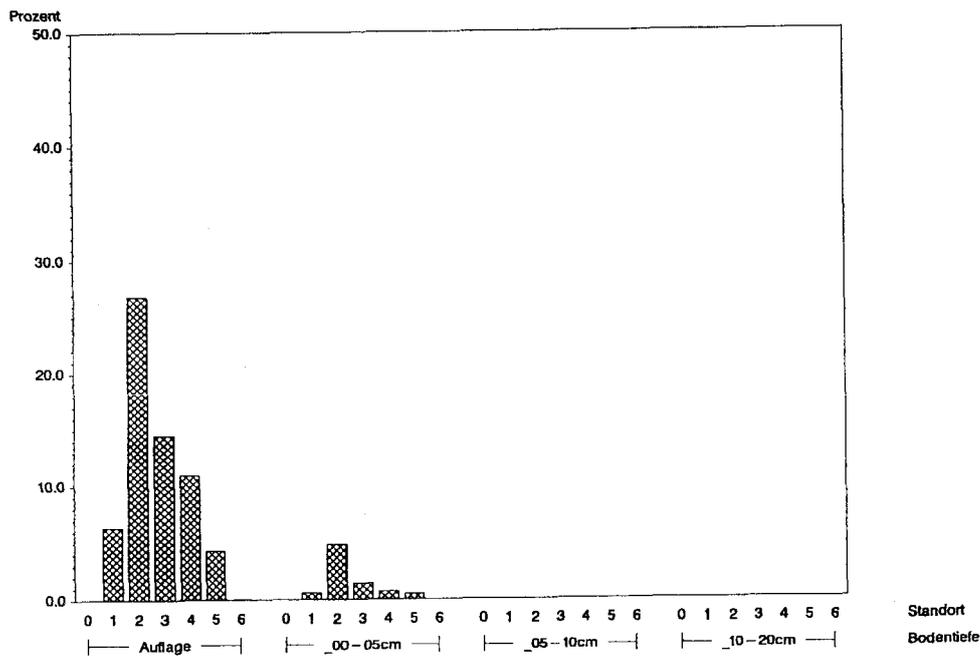


Abbildung 9: Wurftaubenschießstand Allerheiligen: Bleibelastung in Auflage und 0 bis 20 cm Bodentiefe (nach Daten der OÖ Umweltschutzbehörde). Oben: Gesamtgehalt, unten: Eluat (Wasserauszug). BW III = "Sanierungswert" nach EIKMANN und KLOKE (1993)

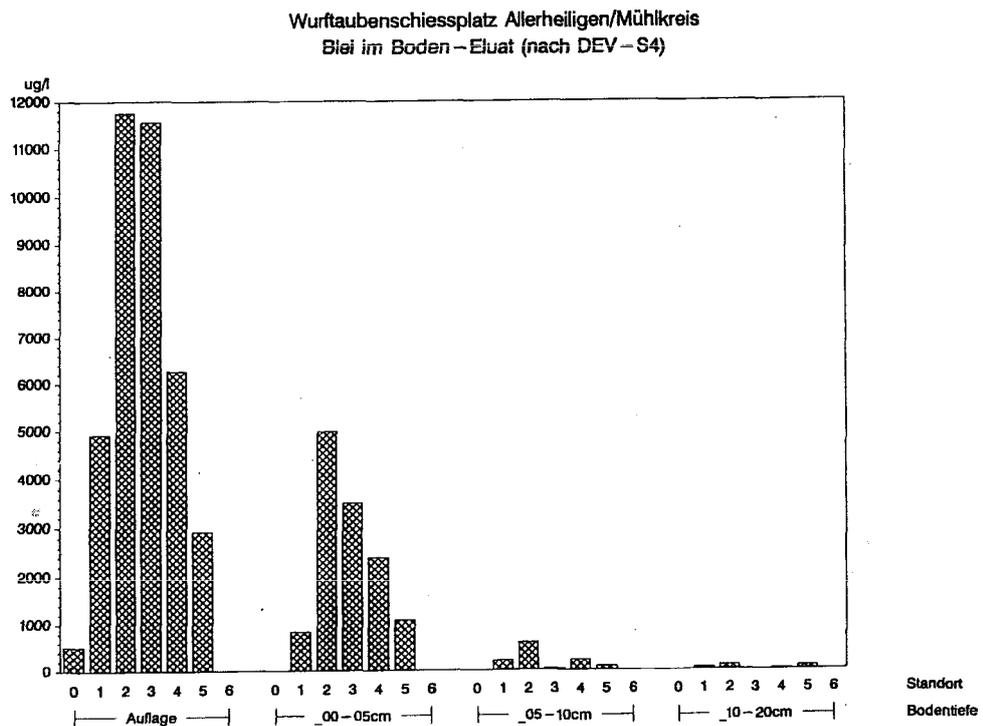
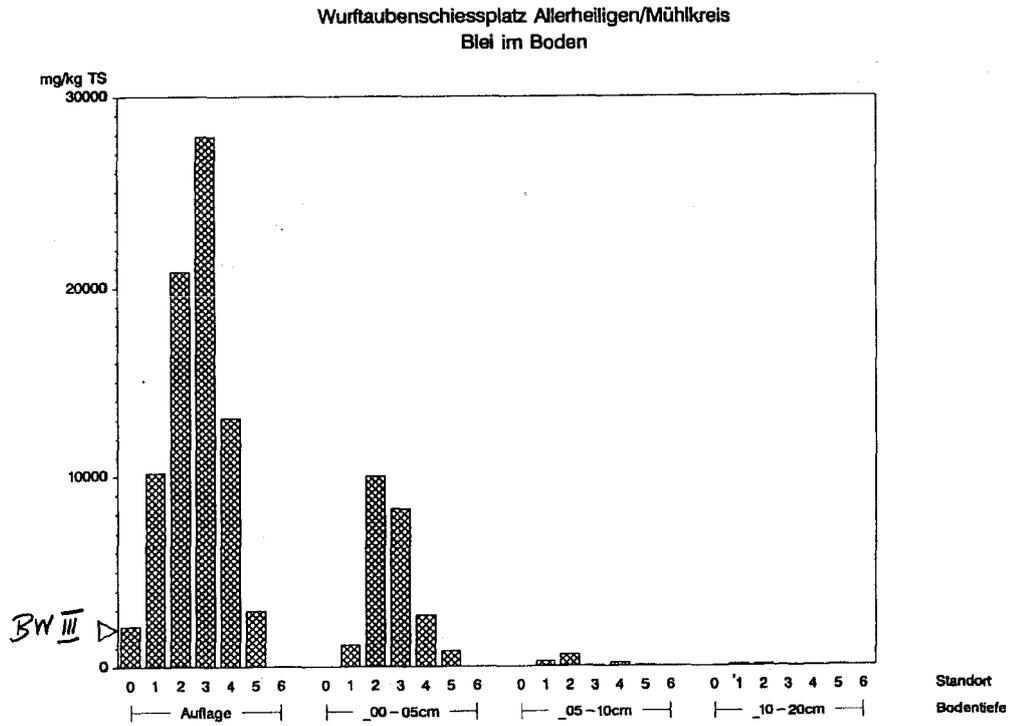


Abbildung 10: Wurftaubenschießstand Allerheiligen: Arsenbelastung in Auflage und 0 bis 20 cm Bodentiefe (nach Daten der OÖ Umweltschutzbehörde). Oben: Gesamtgehalt, unten: Eluat (Wasserauszug). BW III = "Sanierungswert" nach EIKMANN und KLOKE (1993)

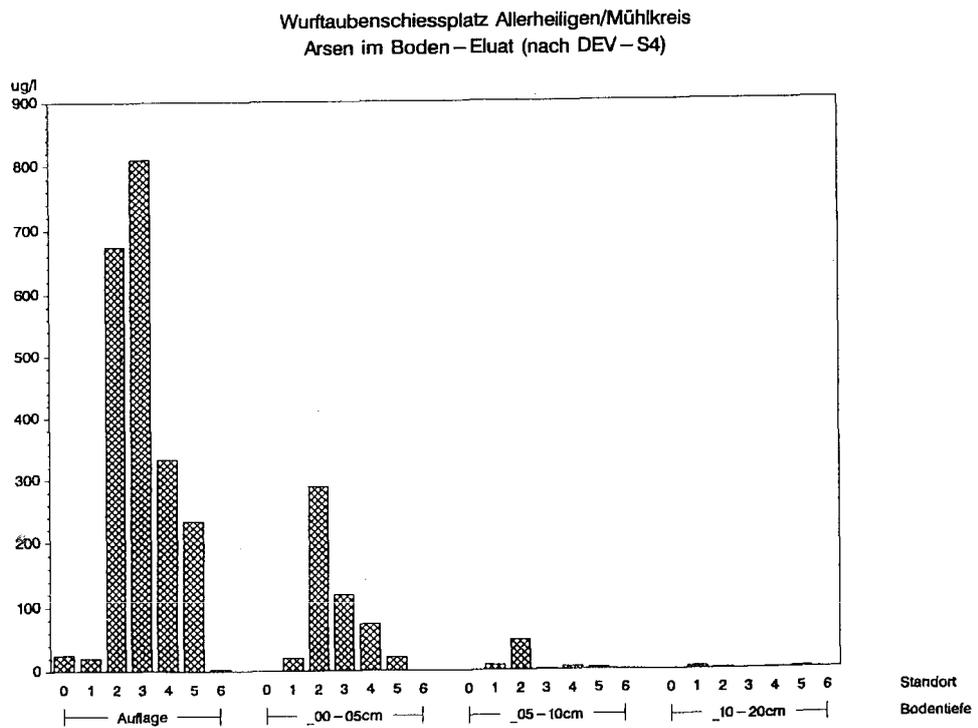
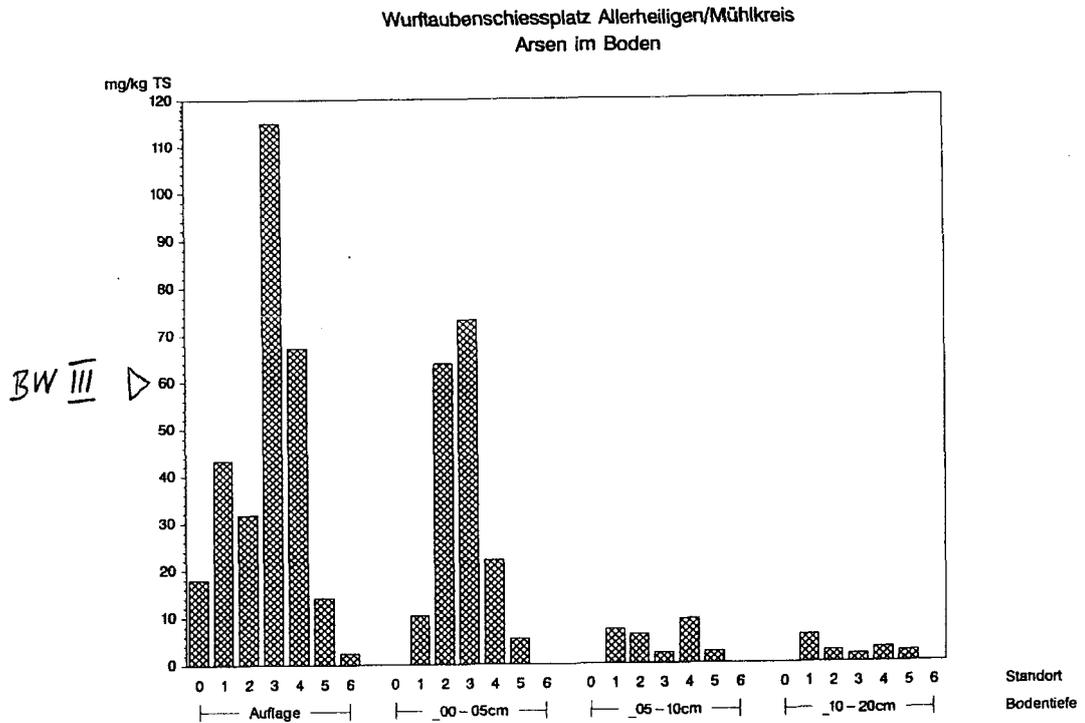
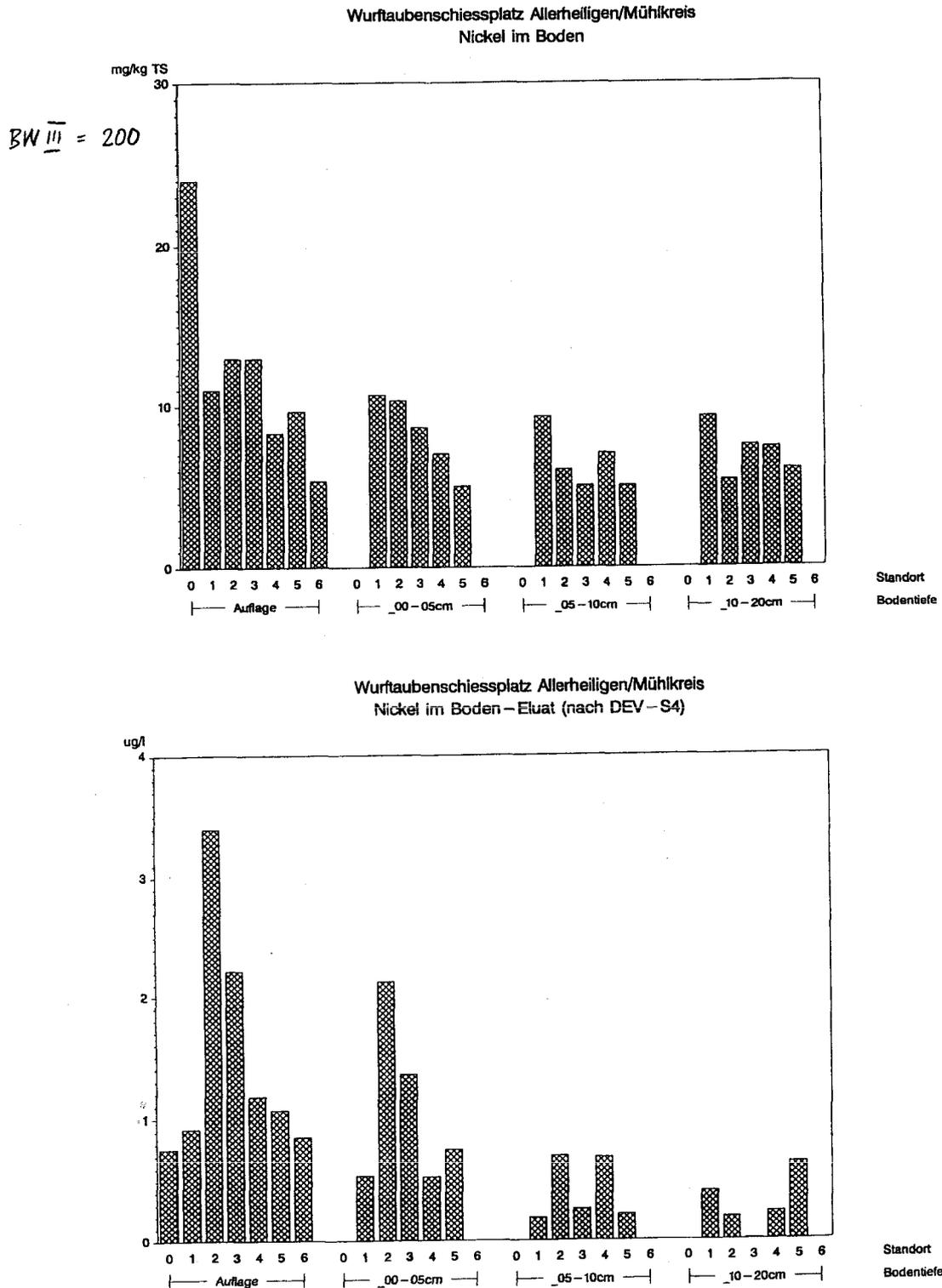


Abbildung 11: Wurftaubenschießstand Allerheiligen: Nickelgehalt in Auflage und 0 bis 20 cm Bodentiefe (nach Daten der OÖ Umweltanwaltschaft). Oben: Gesamtgehalt, unten: Eluat (Wasserauszug). BW III = "Sanierungswert" nach EIKMANN und KLOKE (1993)



4.2.6 Schadstoffgehalte ausgewählter Brunnen im Gebiet

Insgesamt wurden vier Brunnen und ein Hangabfluß im Bereich der Schießanlage auf spezifische Schadstoffe hin analysiert. In den Brunnen lag die Konzentration von Blei lag zwischen 0.0004 und 0.001 mg/l, von Arsen und Antimon bei <0.001, von Nickel zwischen 0.001 und 0.002 mg/l. Bis dato wurden also in den Brunnen keine erhöhten Werte für die analysierten Schadstoffe festgestellt.

Erhöhte Werte wurden im Hangabfluß gemessen:

Blei:	0.1 mg/l
Arsen:	0.002 mg/l
Antimon:	0.034 mg/l
Nickel:	0.006 mg/l

4.3 Vorläufige Bewertung der Ergebnisse

4.3.1 Spurenelemente

Für eine Bewertung der Spurenelementebelastungen (Blei, Arsen, Nickel) können die nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden nach EIKMANN und KLOKE (1993) herangezogen werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte [mg/kg Boden] für die im Zusammenhang mit dem Wurfscheibenschießsport relevanten Elemente Antimon, Arsen, Blei und Nickel nach EIKMANN und KLOKE (1993)

Schutzgut Mensch					
Nutzungsart	Bodenwert	Antimon	Arsen	Blei	Nickel
Multifunktionale Nutzungsmöglichkeit	BW I	1	20	100	40
Kinderspielplätze	BW II	2	20	200	40
	BW III	10	50	1000	200
Haus- und Kleingärten	BW II	4	40	300	80
	BW III	10	80	1000	200
Sport- und Bolzplätze	BW II	2	35	200	100
	BW III	5	90	1000	250
Park- und Freizeitanlagen	BW II	4	40	500	100
	BW III	20	80	2000	250
Industrie- und Gewerbeflächen	BW II	10	50	1000	200
	BW III	50	200	2000	500
Andere Schutzgüter					
Nutzungsart	Bodenwert	Antimon	Arsen	Blei	Nickel
Multifunktionale Nutzungsmöglichkeit	BW I	1	20	100	40
Landwirtschaftliche Nutzflächen, Obst- und Gemüseanbau	BW II	5	40	500	100
	BW III	25	50	1000	200
nicht agrarische Ökosysteme	BW II	5	40	1000	100
	BW III	25	60	2000	200

Legende, siehe folgende Seite

Legende zu Tabelle 8:

- BW I:** **Referenzwert** (Oberer geogen und pedogen bedingter Istwert natürlicher Böden ohne wesentliche, anthropogen bedingte Einträge)
- BW II:** **Prüfwert** (Sanierungszielwert; schutzgut- und nutzungsbezogener Gehalt im Boden, der trotz dauernder Einwirkung auf die jeweiligen Schutzgüter deren "normale" Lebens- und Leistungsqualität auch langfristig nicht negativ beeinträchtigt)
- BW III:** **Eingreifwert** ("**Sanierungswert**"; Gehalt im Boden, bei dem Schäden an Schutzgütern wie Pflanze, Tier und Mensch sowie an Nutzungen und Ökosystemen erkennbar werden)

Das Schießplatzgelände Allerheiligen ist als nichtagrarisches Ökosystem einzuordnen. Für diese Nutzungsart ergeben sich für Blei Prüf- (BW II) und Eingreifwerte (BW III) von 1000 bzw. 2000 mg/kg Boden. Für Arsen liegen diese Werte bei 40 bzw. 60 mg/kg Boden. Die Werte sind dabei als Durchschnittswerte im Oberboden (also je nach Bodenprofil bis in unterschiedliche Tiefen) zu verstehen.

Die vielfach für Bewertungen ebenfalls herangezogene "Niederländische Liste, Stand 1993" gibt als Interventionswerte (entsprechend dem Eingreifwert) Gehalte von 600 mg/kg für Blei und 50 mg/kg für Arsen an. Letztere Werte beziehen sich auf die Durchschnittskonzentration in einem Standardboden (25% Tongehalt, 10% organische Substanz) in einem Areal von 50 m² und einer Tiefe von 0 bis 0,5 m.

Der Eingreifwert (BW III) nach EIKMANN und KLOKE stellt eine Grenze dar, ab der Schäden an Schutzgütern möglich sind. Bei Pflanzen sind dabei wirtschaftlich nicht mehr vertretbare Ertragsminderungen möglich, wie auch die Überschreitung von Schadstoffgehalten in Pflanzen, sodaß diese ein toxikologisch bedenkliches Maß erreichen. Bei Tieren und Menschen können bei Überschreitung des BW III gesundheitliche Schäden und/oder Leistungsminderungen nachgewiesen werden. Bei Ökosystemen sind Veränderungen in der Zusammensetzung der ortsüblichen Pflanzengesellschaften und wahrscheinlich auch der Tiergesellschaften nachweisbar (EIKMANN und KLOKE 1993).

Beim gegenständlichen Schießplatzgelände Allerheiligen sind die genannten "Sanierungs"-Richtwerte für Blei und Arsen z.T. beträchtlich überschritten, wobei ein Areal von rd. 2 ha als belastet betrachtet werden muß. Nickel ist erwartungsgemäß unauffällig; für Antimon liegen keine Daten vor.

Obwohl Analysen an Brunnen im Gebiet (noch) keine erhöhten Spurenmetallgehalte ergaben (Blei lag weit unter dem Trinkwassergrenzwert), ist eine Grundwassergefährdung beim gegenwärtigen Wissensstand nicht prinzipiell auszuschließen. Die Böden liegen im sog. Aluminiumpufferbereich, d.h. das Bindungspotential für Kationen ist gering. Zudem wird durch fortschreitende

Korrosion der Bleischrote auch bei sofortigem Stopp des Bleieintrags der Anteil mobiler Anteile noch zunehmen. Die hohen Bleigehalte im Eluat unterstützen diese Annahme. Trotz der geringen Durchlässigkeitsbeiwerte der Böden im Gebiet ist daher ein "Durchschlagen" in das Grundwasser nicht prinzipiell auszuschließen.

Unabhängig von der möglichen Grundwassergefährdung ist in Anbetracht der hohen Konzentrationen der Schwermetalle und der pH-bedingten hohen Mobilität des Bleis in den oberen Bodenbereichen eine Belastung der Vegetation bzw. eine Beeinträchtigung der Bodenfunktion im Gebiet des Schießplatzes anzunehmen. Analysen von Vegetation und ausgewählten Bodenorganismen (z.B. Regenwürmern), wie auch die Durchführung bodenenzymatischer Analysen könnten hier Klarheit schaffen.

Die Tatsache, daß dieses Gebiet von einem allgemein zugänglichen Weg gequert wird, könnte neben der unmittelbaren Gefährdung durch den Schießbetrieb auch eine Gefährdung von Kleinkindern durch orale Aufnahme von Bodenmaterial miteinschließen. Auch eine Belastung von sich an der Bodenoberfläche ernährenden, körnerfressenden Vogelarten sowie von Wasservögeln ist nicht auszuschließen.

4.3.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Während bei den Spurenelementen die Bodengehalte analysiert wurden, liegen für die PAH Gesamt- und Eluatgehalte der in Österreich hauptsächlich verwendeten Wurfscheiben vor. Die Analysen der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde ergaben dabei je nach Fabrikat Gesamt- bzw. Eluatgehalte (Summe PAH lt. "EG-Liste") von 500 bis 4000 mg/kg bzw. 20 bis 2100 µg/l.

Zur Einstufung des Gefährdungspotentials von Abfällen steht die ÖNORM S2072 ("Eluatklassen, Gefährdungspotential von Abfällen", 1.12.1990) zur Verfügung. Alle untersuchten Wurfscheibenfabrikate wiesen Gesamtgehalte über 100 mg/kg Trockensubstanz (Summe PAH nach "EG-Liste") auf. Auch die Eluatgrenzwerte der Eluatklasse IIIb von 5 µg/l wurde von allen Fabrikaten deutlich (z.T. bis 400-fach) überschritten. Unabhängig von einer formalen Diskussion, inwieweit es sich bei den Wurfscheiben um Abfälle im Sinne der ÖNORM handelt, gelangen die Wurfscheiben nach dem Schuß meist mehr oder minder zerkleinert, jedenfalls aber als unbrauchbares Material (als Abfall im landläufigen Sinne) auf und in den Boden.

Bei Annahme einer Bodendichte von 1000 kg/m³ ergibt sich damit für das Fabrikat *Nimrod schwarz* (Fabrikat mit den höchsten PAH-Gehalten) bei einem Eintrag von 1 Wurfscheibe/m² eine Aufstockung von 0.43 mg Benz(a)pyren (BaP) oder 3.9 mg Summe PAH lt. "EG-Liste" pro kg Boden (Oberösterreichische Umweltschutzbehörde).

Für die multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit des Bodens wird von EIKMANN und KLOKE (1993) für BaP ein Richtwert von 1 mg/kg Boden vorgeschlagen. Je nach Nutzungsart werden als "Sanierungswert" 5 bis 10 mg BaP/kg Boden angeführt. Unter der Annahme einer ausreichenden Zerkleinerung und Verwitterung der Wurfscheiben würden somit bereits wenige Wurfscheiben/m² ausreichen, um den Richtwert für eine multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit des Bodens zu überschreiten.

Inwieweit nun eine konkrete Gefährdung durch die Belegung des Bodens mit Wurfscheibensplittern gegeben ist, kann beim derzeitigen Wissensstand kaum beantwortet werden. PAH verhalten sich im Boden, insbesondere bei einem hohen Anteil organischer Substanz, sehr immobil. PAH werden daher kaum von Pflanzen aufgenommen und auch kaum in tiefere Bodenschichten oder das Grundwasser verlagert. Die Mechanismen der Verwitterung (physikalisch-chemischer und biologischer Abbau) im Freiland sind bisher nicht untersucht. Analysen von CRÖSSMANN et al. (1989) erbrachten jedenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Dichte der Wurfscheibensplitter und den PAH-Gehalten im Boden. Es ist daher davon auszugehen, daß keine unmittelbare Gefährdung der Umwelt und/oder des Menschen gegeben ist. Im Sinne eines vorbeugenden Umweltschutzes sollte jedoch davon unabhängig auf die Verwendung PAH-reicher Wurfscheibenfabrikate verzichtet werden.

5. Wurfscheibenanlagen in Österreich

Derzeit sind in Österreich zumindest die in den nachfolgenden Listen angeführten Schießanlagen in Betrieb. Neben diesen größeren Anlagen existieren vielerorts kleine und oder für einen beschränkten Zeitraum (oft nur wenige Tage bis Wochen im Jahr) aufgestellte, einzelne Wurfscheibenanlagen. Auf deren Erfassung mußte jedoch aufgrund des hohen Recherche-Aufwandes für den vorliegenden Bericht verzichtet werden. Als Anhaltspunkt zur Abschätzung der Wurscheibenschießanlagen insgesamt mag die Aufstellung der im Land Oberösterreich derzeit bekannten Anlagen durch die OÖ-Umweltanwaltschaft dienen. Dabei sind insgesamt rd. 130 Schießanlagen aufgeführt wovon rd. 30 Schießplätze auch dem Wurfscheibenschießsport dienen.

In der nachstehenden Tabelle 9 sind neben den Wurfscheiben- auch andere Schießdisziplinen inkludiert. Die verwendeten Abkürzungen können nachfolgender Legende entnommen werden.

Legende zu den in Tabelle 9 verwendeten Abkürzungen

Flintendisziplinen

KH	Kipphase
RH	Rollhase
WT	Wurfscheibenanlage

Büchsen- und andere Disziplinen

FF	Faustfeuerwaffen
JK	Jagdkugel
JP	Jagdparcours
JT	Jagdturm
KK	Kleinkaliber
LK	Laufender Keiler

Quellen: Mitteilungen der Landesjagdverbände und "Hubertus Jahrbuch" (Ausgabe 1994)

BURGENLAND					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
Neusiedl /See	Jagd- und Sportschützen- verein Burgenland Nord Schießanlage Mauth	Bezirksschießreferent: OFö. Ing. Anton Weinseiss, Eisenstädterstraße 58, 7100 Neusiedl/See Obmann: Georg Hoffmann, Untere Hauptstraße 9, 8093 Jois (Tel. 02160/345)	WT RH	JK KK JP	
Matters- burg	Verein d. Jagd- u. Sportschützen des Bezirks Mattersburg Schießplatz Mattersburg	Bezirksschießreferent: Harald Emmelschuh, Hirtengasse 53/1/11, 7210 Mattersburg Obmann: Erwin Fischak, Neugasse 25, 7210 Mattersburg (Tel. 02626/62725)	WT RH	KK JK	
Jenners- dorf	Südburgenlän- discher Jagd- und Sportschützen- verein Schießplatz Eltendorf	Bezirksschießreferenten: Anton Müller, 7562- Zahling 136 (Tel. 03384/2479); Eduard Zotter, 8380-Neumarkt/ Raab 156 (Tel. 03154/6000) Obmann: Bezirksjägermeister-Stv. Franz Buchas, 8383- St.Martin/Raab 130 (Tel. 03154/6948)	WT RH	KK JK JP	
	Schießstätte Pinkafeld	Dir. Hans Weltler 7434 Bernstein, Riegel 15 (Tel. 03354/6751)	WT	JP JK FF	DO + SA ab 13:00
	Steinbrunn	Ludwig Franta 7035 Steinbrunn, Arbeitergasse 5 (Tel. 02688/2978)	WT RH	JP KK FF	SA,SO, Feiertage
	Schießplatz Dörfl	Hermi Kurt 0663/010029	WT	JP KK	

KÄRNTEN					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
	Jagdschützen- verein St. Hubertus Schießstätte Packein bei Grafenstein	Albin Reiterer, Bahnhofstraße 26, 9020 Klagenfurt	WT KH	KK JK JP	
	Jagdschützen- verein Schießstätte Heiligengeist bei Villach	Obmann: Oskar Mossier, Damschach 5, 9241 Wernberg	WT KH	KK JK	
	Jagd- und Sportschützen- verein Hasslacher- Pittsberg Schießstätte Gailberg	Fa. Franz Hasslacher, 9640 Kötschach	WT	KK JK	
	Jagdschützen- verein Gradisch Schießstätte Radweg bei Feldkirchen	Hans Valent, Schwambach, 9555 Glanegg	WT KH	KK JK	
	Kärntner Jägerschaft, Bezirksgruppe St.Veit/Gl. Schießstätte St. Georgen a.L.	Sebastian Grojer, Gut Möselhof, 9374 Wieting	WT	KK JK	
	Kärntner Jägerschaft, Bezirksgruppe Wolfsberg Schießstätte Johannesberg bei St.Paul i.L.	HRL Ofö. Franz Smoliner, Andretschweg 10, 9470 St.Paul i.L.	WT	KK JK	

	Gut Sonnhalber	Mag. Werner Kunauer Krankenhausstraße 16, 9400 Wolfsberg (Tel. 04352/4262)	WT		2.SA im Monat ab 5 Personen
	Radweg	Hans Vallent 9555 Glanegg, Schwammbach (Tel. 04277/29302)	WT	JK KH	
	Kärntner Jägerschaft, Bezirksgruppe Völkermarkt Schießstätte Bleiburg	HRL Ofö. Ing. Philip Janschek, Mießtalerstraße 8, 9150 Bleiburg	WT	KK JK	

NIEDERÖSTERREICH					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
Baden	Schießstätte Merkenstein	Johann Zwittkowitzsch, Breitegasse 43, 2540 Bad Vöslau	WT	KK JK JP FF	
Gänserndorf	Schießstätte Lasse	Hubert Fitzthum, Untere Hauptstr. 38, 2291 Lasse, Tel. 02213/2314	WT	KK	
Gänserndorf	Schießstätte Marchegg	Ing. Dieter Kowarowsky, 2294 Schloßhof, Tel. 02285/6267 oder 6271	WT	KK JK JP FF	
Gänserndorf	Schießstätte Prottes	Alois Stadlbauer, Gartengasse 7, 2251 Ebenthal, Tel. 02283/2676	WT	KK	
Gänserndorf	Schießstätte Zistersdorf	Johann Trost, Spitalgasse 37, 2225 Zistersdorf, Tel. 02532/80122	WT		
Horn	Schießstätte Zogelsdorf	Günter Havranek, Zogelsdorf 41, 3730 Eggenburg, Tel. 02984/20853	WT		

Horn	Schießstätte Greilenstein	Josef Thell, 3580 Mödring 65, Tel. 02982/3484	WT	KK LK	
Hollabrunn	Schießstätte Hollabrunn	Wolfgang Mecsery, Badhausgasse 13a, 2020 Hollabrunn, Tel. 02952/20863	WT RH	KK JK JP JT	
Korneuburg	Schießstätte Niederfella-brunn	HRL Ferdinand Zinsberger, 2004 Niederfella-brunn 53, Tel. 02269/2282	WT	KK	
Lilienfeld	Schießstätte Eschenau	Leopold Karner, Laimergraben 4, 3153 Eschenau, Tel. 02746/7334	RH	KK JK	
Mistelbach	Schießstätte Mistelbach	Herbert Wunsch, 2165 Steinabrunn 118, Tel. 02572/2501	WT RH	KK JK JP JT FF	
Scheibbs	Schießstätte Wiesel-burg	BJM D.-I. Günther Hilscher, Quergasse 2, 3250 Wieselburg, Tel. 07416/2280	WT	KK	
Tulln	Schießstätte Wagram am Wagram	Josef Obenaus, Seebarnstraße 25, 3484 Grafenwörth, Tel. 02738/2449	WT RH	KK JK	
Waidhofen /Thaya	Schießstätte Dobersberg	Alois Redl, Karlsteinerstraße 18, 3843 Dobersberg, Tel. 02843/2202	WT RH	KK JK LK JT FF	
	Hirtenberg	Ing. Helmut Protzner 2552 Hirtenberg, Am Lindenberg (Tel. 02256/82315)	WT	JK FF	DI-SO
	Klein Otten/ Groß Globnitz	Ignaz Wurz 3910 Niederglobnitz 3 (Tel. 02823/206)	WT	JK KK FF	SA ab 14:00
	Langau	Werner Resel 2091 Langau (Tel. 02912/424)	WT	JK KK JP FF	

	Lichtenegg	Franz Beisteiner 2811 Wiesmath Wiener Neustätter Straße 30 (Tel. 02645/27002)	WT	KK	Voranmeldung
	Mannsdorf/ Donau	Gerhard Windisch 2304 Mannsdorf Hauptstraße 5	WT	-	
	Schrick	Franz Schütz 2191 Schrick Johannesgasse 34 (Tel. 02574/2100)	WT	JP JK FF	
	Tattendorf	Fritz Aichinger 2523 Tattendorf, Raiffeisenplatz 13 (Tel. 02253/81250)	WT	JP	
	Untersieben- brunn	Wilhelm Pachmann 2284 Untersiebenbrunn Wiesengasse 4 (Tel. 02246/2805)	WT		
Sommer- ein	Schulungs- zentrum des Wiener Landesjagd- vereins Sommerein	Manfred Hechtel, 2453 Sommerein (Tel. 0222/8474393)	WT	JK JP KK	
Wiener Neustadt	Schießzentrum des NÖ Landesjagd- verbandes Am Luckerberg	Schießstandleiter: Ernst Bayer (Tel. 02639/2204)	WT	JP JT LK JK KK FF	

OBERÖSTERREICH					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
	JWC Linz - St. Magdalena Schießstand Außertreffling	Rainer Thurnher, Bahrgasse 5, 4020 Linz Verwalter: Hubert Messner, Mozartstraße 7, 4020 Linz (Tel. 0732/279800)	WT		gem. Programm

Braunau	Jagdklub St. Hubertus Braunau Wurftaubenstand St. Hubertus	Prim. Dr. Clemens Mahringer, Ringstraße 13, 5280 Braunau SW: Hans Daniel, Palmstraße 11, 5280 Braunau (Tel. 07722/2683)	WT		III bis Mitte X, jeden Samstag ab 13:00 Uhr
	Club der OÖ JWS Ansfelden Wurftauben- und Kugelstand Haid/Ansfelden	Verwalter: Oskar Eidenberger, Traunuferstraße 253, 4053 Haid (Tel. 07229/87367)	WT	JK KK	Ende III bis Mitte X, jeden Mittwoch ab 13:00 Uhr, weitere Schießen auf Anfrage
	JWC Perg Schießstand Perg-Kuchlmühle	Verwalter: Erich Eichler, Naarnerstraße 3, 4320 Perg (Tel. 07262/2572)	WT	JK	gem. Programm
	Jagdklub Enns Schießstätte Enns/Kottingrath	Christian Prameshuber, 4483 Hargelsberg Nr.16 Verwalter: Otto Spann, Ennsberg 8, 4470 Enns (Tel. 07423/5650)	WT		auf Anfrage
	Schützenfreunde der 3 Jagdgesellschaften Peuerbach, Bruck und Steegen	Rudolf Schmid, Kremplstraße 6, 4020 Linz (Tel. 0732/48120)	?	JP	auf Anfrage
	Kottingrath	Otto Spann 4470 Enns, Ennsberg 8 (07722/2683)	WT	-	
	Kuchlmühle	Erich Eichler 4320 Perg Naarner Straße 3 (Tel. 07262/2572)	WT	JK KK	
Linz	St. Magdalena	Hubert Messner 4020 Linz Kremplstraße 6 (Tel. 0732/7798)	WT	-	MI + FR

	JWC Aistersheim Schießstand Aisterheim "Weihböder Schloßschotter- grube"	Verwalter: Franz Kroiß, 4676 Aistersheim 43 (Tel. 07734/2802)	?	JP	gem. Programm
--	--	---	---	----	------------------

SALZBURG					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
Abtenau	Schießstätte Abtenau	Ofö. Ing. Leopold Putz, Abtenau, Pichl 64, Tel. 06243/26 47	?	JK KK	
Salzburg- Stadt Salzburg	Landeshaupt- schießstand am Saalachspitz	OSM Ekkehard Leobacher, Goldschneiderhofweg 54, 5020 Salzburg, Tel. 0662/854430	?	JK KK FF Arm- brust	
Mautern- dorf	Schießstätte Mauterndorf	OSM Siegfried Kaiser, 5570-Mauterndorf 342	?	JK KK	Mittwoch, Samstag
Mittersill	Schießstätte Mittersill	OSM Karl Schmiedl, Sepp Bacher Straße 2, 5730-Mittersill, Tel. 06562/223	?	JK KK	
Wagrain	Schießstätte Wagrain	Anton Hermaier, 5602 Wagrain, Holzmarkt 8, Tel. 06413/8516	?	JK KK FF	
Weitwörth	Schießstätte Weitwörth	Komm.R Edgar Laber, 5110 Oberndorf, Tel. 06272/7133	WT KH	-	Freitag, Samstag

STEIERMARK					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	

Arnfels	Steir. Jagdschutzverein Arnfels Schießanlage Eichberg-Trautenburg	Helmut Insupp, Eichberg 6, 8454 Arnfels, Tel. 03455/7772	WT	JK	auf Anfrage
Stainz	Steir. Jagdschutzverein Stainz Schießanlage Stainz	Dir. Johann Uhl, Bad Gamsersstraße 18, 8510 Stainz, Tel. 03463/2920	WT	KK	WT auf Anfrage jeden 2. Samstag von IV-IX, KK jeden Samstag von 14:00-18:00 Uhr von IV-VIII
Weiz	Steir. Jagdschutzverein Weiz	Ing. Johann Häusler Postfach 84, 8160 Weiz	?	JK	
Gamlitz	Südsteir. WSV Gamlitz Wurftaubenstand Gamlitz	Wilfried Hack, Eckberg 64, 8462 Gamlitz, Tel. 03454/303	WT	-	gem. Programm
Gnas	Jagd- u. Sportschützenverein Gnas Schießstätte Obergnas b. Gnas	Komm.R Hans Roth, 8342 Gnas, Tel. 03151/2251-0	WT	-	gem. Programm
Zehndorf	Steir. Wurftaubenklub Schießanlage Zehndorf	Dr. Jürgen Siegert, Münzgrabenstraße 81, 8010 Graz, 0316/848184	WT	-	auf Anfrage
Murau	Murauer Schützenverein Schießstand Murau-Buckelhube	BM Walter Kern, Laßnitz 81, 8850 Murau, Tel. 03532/3520	?	JK KK FF	gem. Programm

Zeltweg	Schützenverein Aichfeld- Murboden Schießanlage Authal b. Zeltweg	OFö Ing. Karl Zenz, Mitterweg 64, 8761 Pöls, Tel. 03579/8222	WT	-	jeden Samstag 13:00-18:00 Uhr von III-X
Aich- Assach	Steir. Jagdschutz- verein Schladming Schießstand Aich-Assach	Anton Fischbacher, M.Luthergasse 31, 8970 Schladming, Tel. 03687/22938	?	JK	auf Anfrage
Wildon	Steir. Jagdschützen- verein Wildon	Franz Scherr, Hauptplatz 59, 8410 Wildon, Tel. 03182/7278	WT	KK	1.u.3. Mittwoch 13:00-19:00 Uhr von IV - Ende IX
Donners- bach	Schützenverein Donnersbach	Ing. Herwig Falk, Gaußgasse 7, 8570 Voitsberg, Tel. 03142/22797	WT	-	auf Anfrage
Vorau	Jagd- und Sportschützen- klub Vorau	OFö. Franz Gruber, 8250 Vorau 319, Tel. 03337/2367	WT	-	auf Anfrage
Puchegg	Schießstätte Puchegg	Peter Kerschbaumer 8250 Vorau 136 (Tel. 03337/3324)	WT RH	KK	
Voitsberg	Europa- Schießplatz	DI. Siegfried Karasek 8570 Köflach Rathausplatz 7 (Tel. 03144/2511107)	WT	JP JK KK FF	
St.Veit am Vogau	Steir. Jagdschutz- verein Ortsstelle St.Veit am Vogau	Adolf Kohlberger, Lind 51, 8423 St. Veit am Vogau, Tel. 03453/3333 od. 2231	WT	-	1 x im Monat, weitere Schießen auf Anfrage

TIROL					
Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	

Ginzling/ Zillertal		Max Huber, Umfahrungsstraße 683, 6290 Mayrhofen, Tel. 05285/8154	WT		
Innsbruck- Arzl		Ing. Siegfried Böck, Tel. Schießstätte: 0512/262325	WT		
Kufstein		Ing. Helmut Schwentner, 6341 Ebbs, Waidach 25	WT		

VORARLBERG

Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
<p>Lt. Schreiben vom 26.6.94 (Zahl II-06/01-1994) existieren derzeit in Vorarlberg keine genehmigten Wurftaubenschießstände.</p>					

WIEN

Bezirk Gemeinde	Betreiber Schießstätte	Kontakt	Ausstattung		Betriebszeiten
			Flinte	andere	
Wien	Exelberg	Friedrich Köpf 1160 Wien Wilhelminenstraße 39/1 (Tel. 0222/454147)	WT	KK	
Wien	Landeshaupt- schießstand Wien, 1210 In der Gabrissen	Oberst Wolfgang Langecker, 1070 Wien, Stiftgasse 2a (Tel. 0222/395147)	WT	JK	JK: MI,DO,SA T: MI ab 12:00

6. Regelungen im Ausland

6.1 Deutschland

In der Bundesrepublik Deutschland existiert derzeit kein generelles Verbot von Bleischrot. Jedoch ist es untersagt auf Bundeswehrplätzen mit Bleischrot zu schießen (es darf dort nur Eisenschrot verwendet werden). Einige Wurfscheibenplätze wurden im Zusammenhang mit der Erweiterung von Trinkwasserschutzgebieten gesperrt (mündl. Mitt.: Fa. Frankonia, Würzburg, 7.12.94).

Nach CRÖSSMANN et al. (1989) sind in Deutschland Schießplätze und Schießstände für Handfeuerwaffen im vereinfachten Verfahren gem. § 19 BImSchG genehmigungsbedürftig und gem. §5 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, daß:

1. schädliche Umweltauswirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können,
2. Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung, und
3. die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Reststoffe ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder, soweit dies technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht vertretbar ist, als Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden.

Die Länder haben Verwaltungsvorschriften zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens nach dem BImSchG und zur Regelung von Zuständigkeiten auf diesem Gebiet erlassen.

Darüberhinaus regelt auch das Waffengesetz (WaffG, Neufassung vom 8.3.1976) im § 44 den Betrieb von Schießstätten, indem diese einer Erlaubnis bedürfen. Diese kann mit Auflagen verbunden sein, wobei diese Auflagen auch nachträglich erteilt werden können.

6.2 Schweiz

Nach Auskunft durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) vom 20. Dezember 1994 existieren in der Schweiz weder im Gewässerschutz- noch im Umweltschutzrecht direkt auf Schießanlagen bezogene und anwendbare normative Vorschriften. Solche Normen können allerdings aus

emissionsbegrenzenden generellen Vorschriften - Artikel 9 und 10 der "Stoffverordnung" (Verordnung über umweltgefährdende Stoffe, StoV, vom 9.6.1986), Artikel 4 der "Technischen Verordnung über Abfälle" (TVA, vom 10.12.1990) sowie den Artikeln 3 und 6 des "Gewässerschutzgesetzes" (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer, GSchG, vom 24.1.1991) hergeleitet werden. Immissionsseitig gelangt die "Verordnung vom 9.6.1986 über Schadstoffe im Boden, (VSBo)" zur Anwendung, wenn es um die Beurteilung der Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit im umfassenden Sinn geht.

6.3 Holland

1991 hat der niederländische Staatssekretär für Landwirtschaft, Naturschutz und Fischerei beschlossen, die Verwendung von Bleischrotpatronen zu verbieten. Dieses Verbot trat mit Wirkung vom 1.2.1993 in Kraft.

Es waren im wesentlichen zwei Gründe - Schutz der Umwelt und Schutz der Tierwelt - die das Landwirtschaftsministerium bewogen haben, die Verwendung von Bleischrot zu verbieten:

In den Niederlanden werden jährlich etwa 6 bis 7 Millionen Schrotpatronen verschossen, wodurch Boden und Wasser mit rd. 200 Tonnen Blei belastet werden. Aufgrund der negativen Auswirkungen des Blei auf den Menschen hat die niederländische Regierung beschlossen, seinen Eintrag in die Umwelt soweit als möglich zu reduzieren. Ein Teil des Schrots wird von Vögeln mit der Nahrung aufgenommen, wobei hier v.a. Wasservögel betroffen sind. Durch die Säureeinwirkung im Magen kommt es zu Bleiintoxikationen mit nicht selten letalem Ausgang. Der Verzehr bleivergifteter Vögel durch andere Tiere kann auch letztere gefährden (Niederländisches Staatssekretariat für Landwirtschaft, Naturschutz und Fischerei, 1992).

7. Fachliche Empfehlungen für allfällige Genehmigungsverfahren und den Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen (vorläufige Fassung)

Es steht heute außer Zweifel, daß Wurfscheibenschießanlagen eine erhebliche Belastung der Umwelt bedeuten. In der Regel werden wohl bei größeren Anlagen im Hauptniederschlagsgebiet der Schrotkörner generell die Boden-Richtwerte nach EIKMANN-KLOKE (1993) für Blei, wahrscheinlich auch oft für Arsen und Antimon weit überschritten. Die im Auftrag der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde durchgeführten Analysen haben dies bei einem Schießplatzgelände auch für Österreich eindeutig bewiesen (vgl. Kapitel 4).

Wegen des vermutlich zunehmenden Schießbetriebs und der zeitabhängigen Korrosion der Schrotkugeln ist damit zu rechnen, daß ohne Ersatz des Bleischrots die Umweltrelevanz solcher Anlagen weiterhin steigen wird. Dabei gilt es auch zu bedenken, daß selbst bei sofortiger Einstellung der Verwendung von Bleischrot die Konzentration im Boden noch über Jahre hinaus aufgrund zunehmender Korrosion (und der damit verbundenen zunehmenden Mobilisierung) steigen wird. CRÖSSMANN et al. (1989) schätzen für Anlagen, die etwa 20 bis 30 Jahre in Betrieb sind, daß die Schwermetallgehalte des Bodens nach vollständiger Korrosion etwa 3 bis 10 mal höher als heute sein werden. Es ergibt sich somit ein dringender Bedarf die Umweltauswirkungen bestehender Anlagen möglichst rasch zu reduzieren und Neuanlagen nur unter bestimmten Voraussetzungen zu genehmigen. Allerdings sieht das Umweltbundesamt derzeit keine Bundeskompetenz für eine Genehmigungspflicht für Schießplätze. Möglicherweise könnte diese auf Länderebene realisiert werden.

Das Geologische Landesamt, das Landesamt für Umweltschutz und das Landesamt für Wasserwirtschaft in Bayern erarbeiteten ein gemeinsames Rundschreiben mit verschiedenen Empfehlungen für Wurfscheibenschießanlagen in Bayern. Ergänzend dazu geben CRÖSSMANN et al. (1989) auf Basis ihrer Untersuchungen in einigen Punkten Ergänzungen zu diesen fachlichen Empfehlungen an. Aufbauend auf diese beiden Werke und in Hinblick darauf, daß mittlerweile Weicheisenschrot eine praktikable (und in den Niederlanden bereits seit 1993 per Verordnung verankerte) Alternative darstellen, sind folgende fachliche Empfehlungen zu geben:

"Kernpunkte":

- * **Grundsätzlich ist ehestmöglich Bleischrot durch Weicheisenschrot zu ersetzen, da nur so der Ursache der zunehmenden Umweltbelastung durch Blei, Arsen und Antimon begegnet werden kann.**
- * **Bei den Wurfscheiben sollten nur mehr solche verwendet werden dürfen, deren Farbüberzug schadstofffrei ist und deren Bindemittel nur einen**

geringen Anteil eluierbarer polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH) enthalten.

"Begleitende" Empfehlungen für Altanlagen:

- * Anlagen in Trinkwasserschutzgebieten und Anlagen mit Schroteintrag in offene Gewässer sind zu schließen oder sofort auf die ausschließliche Verwendung von Weicheisenschrot umzustellen
- * Anlagen mit einem Schroteintrag in Böden mit einem pH-Wert kleiner 4.5 sollten hinsichtlich der Verfügbarkeit von Blei, Arsen und Antimon untersucht werden (Laugungsverfahren mit destilliertem Wasser gem. DEV S4). Im Falle daß erhöhte Werte an diesen Spurenelementen festgestellt werden, wäre nach bodenkundlich-geologischer Untersuchung zwecks Reduktion der Mobilisierbarkeit des Bleis ev. eine Kalkung vorzunehmen
- * Die Böden im Schroteintragsbereich sollten zumindest bei größeren, stärker frequentierten Anlagen auf ihre Durchlässigkeit (Wasserleitfähigkeit) hin überprüft werden, um das Risiko einer Grundwasserkontamination abzuschätzen
- * Im Bereich der Schroteintragsgebiete sind weder Acker- noch Grünlandnutzung vertretbar. Ausgenommen ev. Wiesennutzung bei weniger frequentierten Anlagen, sofern keine erhöhten Blei-, Arsen- und/oder Antimongehalte im Bewuchs festgestellt werden. Entsprechende Analysen des Bewuchs wären zumindest im 5-Jahreszyklus zu wiederholen
- * Kleinkinder sollten auch außerhalb der Schießzeiten keinen Zugang zum Schießgelände haben, um die Aufnahme von Blei hintanzuhalten

Empfehlungen für Neuanlagen:

Neuanlagen sollten generell nur dann genehmigt werden, wenn die oben angeführten Kernpunkte realisiert sind, da ein leicht vermeidbarer weiterer Eintrag von Blei und anderen im Zusammenhang mit Wurfscheibenschießen relevanten Umweltschadstoffen aus der Sicht des Umweltschutzes nicht toleriert werden kann. Dies umsomehr, als in Form von Weicheisenschrot und schadstoffärmeren Wurfscheiben brauchbare Alternativen vorliegen und im Handel erhältlich sind.

8. Literatur

- ADSERSEN, H., S.S. JORGENSEN, H.F. PETERSEN, M. WILLEMS (1983): Bly forurening omkring flugtskydningsbaner. In: MILJOMINISTERIET (Hrsg.) Miljø-Projekter, København, 48 (zit. nach CRÖSSMANN et al. 1989)
- AMANN, W. und W. KRAMER (1987): Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurftaubenschießanlagen. I. Wassergefährdung durch Wurftaubenschießanlagen. Ber. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 78: 31-32
- BAUMGARTNER, P. (1993): Hydrogeologische Erstuntersuchung und Beurteilung des Standortes der Wurftaubenschießanlage vom Jagd- und Wurftaubenclub Perg. Traunkirchen, 2.12.1993.
- BELLROSE, F.C. (1951): Effects of ingested lead shot upon waterfowl populations. Trans. N.Amer. Wildlife Conf. 16: 125-135 (zitiert nach ZUUR 1982)
- CAITHNESS, T.A. (1974): Lead poisoning in waterfowl. Wildlife - A Review 5: 16-19 (zitiert nach ZUUR 1982)
- COY, K. und H. SCHMID (1987): Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurftaubenschießanlagen. III. Schwermetallbelastungen des Bewuchses auf Wurftaubenschießanlagen. Ber. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 78: 46-51
- CRÖSSMANN, G., C. FAHRENHORST, G. KLÖTHER, M. RENGER, J. SIMON, J. WESS (1989): Die Belastung von Böden auf Sportschießplätzen durch Bleischrot und Wurftauben. Forschungsbericht 107 01 014 des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Umweltbundesamt (Berlin) UBA-FB 89-100
- EIKMANN, T. und A. KLOKE (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe im Boden. 2. überarbeitete und erweiterte Fassung. In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., EINSELE, G. und HJ.-M. HARRESS (Hrsg.): *Bodenschutz*. E. Schmidt Verlag Berlin.
- GRIMMER, G. (1983): Environmental Carcinogens: Polycyclic aromatic hydrocarbons. Chemistry, Occurrence, Biochemistry, Carcinogenicity. CRC Press: Boca Raton. 261 pp.
- HAHN, R. (1988): Bleibelastung von Boden und Grundwasser durch Wurftaubenschießanlagen. Wasser und Boden 1: 32-36.
- HOPPE, A. (1986): Untersuchungen von Wasser- und Bodenbelastungen durch Schießplätze in Wasserschutzgebieten, Hagen (unveröffentlicht). zitiert nach CRÖSSMANN et al. 1989.
- JORGENSEN, S.S. und M. WILLEMS (1987): The fate of lead in soils: The transformation of lead pellets in shooting-range soils. Ambio 16: 11-15
- KINSKY, H. (1990): Stahlschrotpatronen - Eine Alternative für die Jagd?. Wild und Hund 3/1990: 18-24.
- KLOKE, A. (1985): Richt- und Grenzwerte zum Schutz des Bodens vor Überlastungen mit Schwermetallen. Forschungen zur Raumentwicklung 14: 13-24.

- LAMPEL, W. und G. SEITZ (1983): Jagdballistik. 3. Auflage. Verlag J. Neumann-Neudamm: Melsungen, Berlin, Basel, Wien.
- LANG, K.F. und I. EIGEN (1967): Im Steinkohlenteer nachgewiesene organische Verbindungen. Fortschritte der chemischen Forschung 8: 91-170
- LIN, Z., B. COMET, U. QVARFORT und R. HERBERT (1995): The chemical and mineralogical behaviour of Pb in shooting range soils from central Sweden. Environ. Pollut. 89: 303-309
- LUCKS, U.-J. (1991): Boden- und Grundwasserkontamination durch Bleischrot von Wurfscheibenschießanlagen und Substitutionsmöglichkeiten. Z. Umweltchem. Ökotox. 3: 92-94 (1991)
- LULOF, Z.W.G. (1992): Loodhagel van de baan (Aus für Bleischrot). De Jager 20/1992: 717
- MUDGE, G.P. (1984): Densities and settlement rates of spent shotgun pellets in British wetland soils. Environ. Pollut., Ser. B, 8: 299-318
- Nederlandse Vereniging voor de Wapenhandel, Voorzitter: H. KETELAAR (Niederländische Vereinigung der Waffenhändler, Vorsitzender: H. KETELAAR) (ohne Datum): Alternative hagelsoorten voor de jacht in Nederland (Alternative Schrotsorten für die Jagd in den Niederlanden). 1 Seite.
- RUPPERT, H. und K.-D. FETZER (1987): Schwermetallbelastungen von Wasser, Boden und Bewuchs durch Wurftaubenschießanlagen. II. Schwermetallbelastungen von Böden durch Wurftaubenschießanlagen. Ber. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 78: 33-45
- Statssecretaris van Landbouw, Naturbeheer en Visserij (Niederländisches Staatssekretariat für Landwirtschaft, Naturschutz und Fischerei) (1992): Schieten met ijzerhagel (Schießen mit Eisenschrot). Informationsbroschüre vom Sept. 1992
- TASKANEN, H., I. KUKKONEN und J. KAIJA (1991): Heavy metal pollution in the environment of a shooting range. Geological Survey of Finland, Special Paper 12: 187-193.
- TULP, M. (1992a): Beschikbare staalpatronen (Verfügbare Stahlpatronen). De Jager 20/1992: 718-719
- TULP, M. (1992b): Druk veroorzaakt door staalhagelpatronen (Druck, der durch Stahlschrot verursacht wird). De Jager 21/1992: 762-765
- TULP, M. (1992c): Staalhagel en choke (Stahlschrot und Choke-Bohrung). De Jager 22/1992: 798-799
- TULP, M. (1992d): Vervang nooit staalhagel door loodhagel (Stahlschrot nicht durch Bleischrot ersetzen!). De Jager 23/1992: 831
- TULP, M. (1992e): Meer over Bismut (Mehr über Wismut). De Jager 24/1992: 888-889
- TULP, M. (1993a): Zinkhagel: het vierde alternatief (Zinkschrot: die vierte Alternative). De Jager 1/1993: 10-11

- TULP, M. (1993b): Staalhagel en roest (Stahlschrot und Rost). De Jager 3/1993: 92-93
- DÜRSCH, W. (1981): Waffen für die Jagd. Landbuchverlag GmbH: Hannover. pp. 92-114
- RAUSCH, W. (1980): Alles über Munition und Jagdwaffen in Theorie und Praxis. Motorbuchverlag: Stuttgart. pp. 134-165
- YANG, S.K. und B.D. SILVERMAN (1988): Polycyclic aromatic hydrocarbon carcinogenesis: Structure-Activity relationships, Vol. I,II. CRC Press: Boca Raton. 213 + 210 pp.
- ZUUR, B. (1982): Zum Vorkommen von Bleischrotkörnern im Magen von Wasservögeln am Untersee. Der Ornithologische Beobachter 79: 97-103

