

# Zusammenfassung

## Ausgangslage

Für den Kernbereich des Kugelfangs (Bereich A, siehe Abbildung 1, Seite 5) gelten gemäss der Wegleitung Schiessanlagen<sup>1</sup> des Bundes weit reichende Bestimmungen wie Einzäunung und Entsorgung des Bodens im Falle von Nutzungsänderungen. Bezüglich des Bereichs um den Kugelfang (Bereich B resp. B+) sowie vor dem Schützenhaus hat dieselbe Wegleitung vorgeschlagen, Mensch und Tier durch Nutzungseinschränkungen zu schützen. Sie unterscheidet «gut geeignete», «bedingt geeignete» bzw. «ungeeignete» Nutzungen. Die Wegleitung lässt damit einen breiten Handlungsspielraum für die Umsetzung in der Praxis offen. Notwendigkeit und Ausmass der vorgeschlagenen Nutzungseinschränkungen werden in Schiesskreisen zudem oft hinterfragt oder bezweifelt.

Die Abteilung für Umwelt und das Kantonale Laboratorium haben daher beschlossen, kantonseigene Untersuchungen durchzuführen mit dem Ziel, folgende Aspekte zu klären:

- Konkretisierung der für den Bereich B empfohlenen Massnahmen
- Klärung, ob der Bereich B in Abhängigkeit zur Anlagengrösse modifiziert werden kann; insbesondere Klärung, ob bei kleinen Anlagen auf einen Bereich B verzichtet werden kann, ohne dass zusätzliche Untersuchungen vorzunehmen sind
- Entwicklung eines Vorschlags, wie der Flächenaspekt (Anteil «belasteter Fläche im Bereich B» zu Anteil «unbelasteter Fläche ausserhalb des Bereichs B») in die Festlegung der Nutzungseinschränkungen einbezogen werden kann

## Strategie der Untersuchungen

Insgesamt wurden zwanzig 300-m-Schiessanlagen unterschiedlicher Grösse in die Untersuchung einbezogen. Untersucht wurden Bodenbelastung und Erntegüter im Bereich B beim Kugelfang und vor dem Schützenhaus. Es wurden die Schadstoffe Blei und Antimon sowie zusätzlich vor dem Schützenhaus Quecksilber geprüft und beurteilt. Die Schwermetallgehalte der untersuchten Nahrungsmittel wurden mit Grenz- oder anderen Höchstwerten verglichen und die daraus abgeleiteten Nutzungsmassnahmen auf das Einhalten dieser Höchstwerte ausgerichtet. Da kein Blattgemüse untersucht werden konnte, wurde näherungsweise die Bleibelastung des Grases zur Beurteilung herangezogen.

Die Futtermittelbelastung durch Blei wurde mit dem diesbezüglichen, auf hofeigene Futtermittel ausgerichteten Schwellenwert verglichen und beurteilt. Da für Quecksil-

ber kein Schwellenwert besteht, wurde die Quecksilberbelastung des Futtermittels anhand des Futtermittelhöchstwerts beurteilt.

## Resultate

Die Boden- und Erntegutuntersuchungen zeigten, dass Antimon gegenüber Blei von untergeordneter Bedeutung ist und die Gefährdungsabschätzung auf Blei aufgebaut werden kann. Das Ausmass der Quecksilberbelastung vor dem Schützenhaus macht keine weiteren Nutzungseinschränkungen erforderlich, die nicht bereits aufgrund der Bleibelastungen erforderlich sind. Dies bedeutet auch, dass Blei bei Untersuchungen im Areal von Schiessanlagen als Leitelement verwendet werden kann.

Die Resultate zeigen eine deutliche Distanzabhängigkeit der Bodenbelastung in Bezug auf den Kugelfang. Aus der Bleibelastung des Bodens kann allerdings nicht auf die Belastung der unverschmutzten Erntegüter geschlossen werden.

Aufgrund dieser Untersuchungen ist davon auszugehen, dass im ganzen Bereich B und B+ des Kugelfangs sowie vor dem Schützenhaus bei einem wesentlichen Teil der Proben der Bleigrenzwert für Gemüse überschritten werden kann.

Die Belastung des unverschmutzten Futtermittels aus dem Bereich B des Kugelfangs stellt zwar keine direkte Gefahr für Nutztiere dar, aber durch die Mitaufnahme von Erde beim Mähen oder Weiden werden teilweise Bleibelastungen erreicht, die bis zum Fünffachen über dem Futtermittel-Schwellenwert liegen. Da die Bleigehalte im Boden vor dem Schützenhaus tiefer liegen, ist hier keine Gefährdung durch Mähen oder Weiden vorhanden.

Die Untersuchung bestätigt, dass Gefährdungen im Bereich B bestehen und damit auch Nutzungseinschränkungen erforderlich sind. Modifizierungen der Massnahmen in Abhängigkeit zur Anlagengrösse können nicht abgeleitet werden. Auch bei kleinen Anlagen kann auf einen Bereich B nicht verzichtet werden.

Die aus der Untersuchung und Gefährdungsabschätzung abgeleiteten Nutzungseinschränkungen sind im Kasten auf Seite 4 aufgeführt. Es zeigt sich, dass der Bereich B (Definition siehe Wegleitung Schiessanlagen) für die Mähgrasnutzung sowie für die Beweidung hinter dem Kugelfang reduziert werden kann; dies gilt allerdings nicht bezüglich der Produktion von Gemüse.

Will der Bewirtschafter diese allgemeinen Nutzungsbeschränkungen nicht direkt umsetzen, so hat er die Möglichkeit, die anlagenspezifische Gefährdung mittels Bodenuntersuchungen zu beurteilen.

<sup>1</sup> Wegleitung «Bodenschutz- und Entsorgungsmassnahmen bei 300-m-Schiessanlagen», Oktober 1997, BUWAL und Generalsekretariat EMD  
Kurzbezeichnung «Wegleitung Schiessanlagen»

## Abgeleitete Massnahmen

Die im Kasten aufgeführten Massnahmen haben zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts provisorischen Charakter. Unter Einbezug der Abteilung Landwirtschaft und der Schiessoffiziere sowie unter juristischer Begleitung sollen in der Folge die Nutzungseinschränkungen definitiv festgelegt werden.

### Vor dem Schützenhaus

#### Verbot

- Verbot des Anbaus von Gemüse auf den ersten 10 m vor dem Schützenhaus.

#### Empfehlungen

- Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, keine Nahrungsmittel auf den ersten 10–20 m vor dem Schützenhaus anzubauen.
- Die ersten 5 m vor dem Schützenhaus sollen als Rasenplatz unterhalten werden. Es empfiehlt sich, das Mähgut liegen zu lassen oder in einer Kehrlichtverbrennungsanlage zu beseitigen.

### Bereich B des Kugelfangs

#### Verbote

- Verbot des Anbaus von Gemüse im Bereich B und B+.
- Verbot der Mähgrasnutzung und der Beweidung bis 20 m hinter dem Kugelfang und bis 30 m seitlich der äussersten Scheibe. Das Gras kann bei trockenen Bodenverhältnissen konserviert werden (Dürrfutter).
- Sofern ausserhalb des Bereichs B eine vergleichbare Fläche (10-m-Streifen) für den gleichen Verwendungszweck genutzt wird und diese innerhalb derselben Parzelle liegt, gilt das Verbot der Mähgrasnutzung und Beweidung wiederum bis 20 m hinter dem Kugelfang, aber lediglich bis 20 m seitlich der äussersten Scheibe.

#### Empfehlungen

- Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, keine Nahrungsmittel im Bereich B und B+ anzubauen.
- Äusserer 10-m-Streifen des Bereichs B hinter Kugelfang (20–30 m hinter Kugelfang): Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, Mähgrasnutzung und Beweidung zu unterlassen; Gras kann bei trockenen Bodenverhältnissen konserviert werden (Dürrfutter).

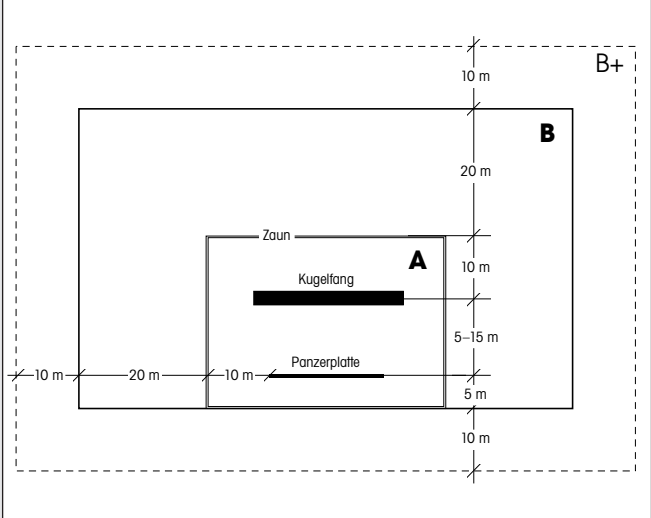
# 1. Ausgangslage

Durch jahrzehntelangen Schiessbetrieb gelangen grosse Mengen an Schwermetallen – hauptsächlich Blei – in die Böden. Neben Blei werden aber auch andere Schwermetalle, insbesondere Antimon und Quecksilber, emittiert und im Boden akkumuliert. Die generelle Belastungssituation von 300-m-Schiessanlagen ist in der Wegleitung Schiessanlagen<sup>1</sup> festgehalten. Am stärksten belastet ist der Kugelfang mit seiner Umgebung. Im Abschussbereich ist mit erhöhten Gehalten an Quecksilber, welches in der Zündkapsel der Munition vor den 60er-Jahren vorkam, zu rechnen. Die Wegleitung Schiessanlagen definiert nun verschiedene Massnahmen. Neben Massnahmen im unmittelbaren Be-

reich des Kugelfanges (Einzäunung und Nutzungsverbot des Bereichs A) werden auch solche für den anschliessenden Bereich B vorgeschlagen. Die Belastungsgrenze, innerhalb welcher der Bereich B auszuscheiden ist, liegt für Blei zwischen 300 mg/kg Boden bis 1000 mg/kg Boden. Grundsätzlich ist ein Bereich B nur bei natürlichen Kugelfängen auszuscheiden. Falls die Schiessanlage häufig benutzt wird (mehr als 100'000 Schuss pro Jahr) oder falls der Kugelfang aus hartem Material ohne Abdeckung besteht, muss der Bereich B gemäss Wegleitung Schiessanlagen um zusätzliche 10 m ausgeweitet werden (Bereich B+). Die Masse sind in Abbildung 1 dargestellt.

<sup>1</sup> Wegleitung «Bodenschutz- und Entsorgungsmassnahmen bei 300-m-Schiessanlagen», Oktober 1997, BUWAL und Generalsekretariat EMD  
Kurzbezeichnung «Wegleitung Schiessanlagen»

**Abb. 1: Abmessungen der Bereiche A, B resp. B+ gemäss Wegleitung**



Für Anlagen, welche vor 1960 in Betrieb genommen worden sind, ist zusätzlich eine 5 bis 10 m breite Zone vor dem Schützenhaus vorgesehen. Für diese Zonen gelten dieselben Massnahmen wie für den Bereich B.

In der Wegleitung werden für den Bereich B folgende Nutzungen bzw. Nutzungsbeschränkungen definiert:

**Für Nutzung gut geeignet:**

Blei kann weder in die menschliche noch in eine tierische Nahrungskette gelangen, deshalb keine Einschränkung für:

- Bunt- und Grünbrache, Streueflächen
- nachwachsende Rohstoffe (Raps für Treibstoffgewinnung, Chinaschilf, Kenaf, Textilpflanzen usw.)
- Produkte, die «raffiniert» werden (Speiseölraps)
- Pflanzenzucht (Zierpflanzen, Baumschulen)

**Für Nutzung bedingt geeignet:**

Futterproduktion möglich, sofern die Aufnahme von Blei aus der Staubdeposition klein ist, beispielsweise:

- Graswirtschaft für die Produktion von Heu
- Silo- oder Körnermais
- extensive Futtergetreideproduktion (Gerste, Hafer)

**Für Nutzung ungeeignet:**

Erhöhte Bleiaufnahme verursacht bei Mensch und Tier eine konkrete Gefährdung, oder Blei wird aus dem Boden in die übrige Umwelt verlagert, daher:

- kein Gemüsebau
- keine Weidewirtschaft und Mähgrasnutzung
- keine Futternutzung für Kleintiere
- keine Spielplatznutzung

Die genannten Nutzungseinschränkungen und -verbote verstehen sich nicht als abschliessende Aufzählung.



Landwirtschaftliche Nutzung um den Kugelfang

Foto: AfU

## 2. Ziele der vorliegenden Untersuchung

Die vorher skizzierten Massnahmen lassen einen gewissen Handlungsspielraum offen. Die Notwendigkeit und das Ausmass der in der Wegleitung vorgeschlagenen Massnahmen werden zudem in Schiesskreisen oft hinterfragt oder bezweifelt. Im Einzelfall haben Untersuchungen im Kanton Aargau und in anderen Kantonen tatsächlich eine geringere Ausdehnung des Bereiches B belegt.

Durch eigene Untersuchungen sollen daher die erforderlichen Massnahmen für den Bereich B konkretisiert werden. Des Weiteren sind mit der Untersuchung folgende Fragen zu klären:

- Kann der Bereich B in Abhängigkeit zur Anlagengrösse modifiziert werden?
- Können Anlagentypen zusammengefasst werden?
- Kann bei kleinen Anlagen auf einen Bereich B verzichtet werden, ohne zusätzliche Untersuchungen vorzunehmen?

Die Erkenntnisse dieser Untersuchung sollen zudem als Grundlage für eine Vollzugsanleitung zuhanden der Gemeinden dienen.

## 3. Untersuchungskonzept

Die Untersuchung fokussiert sich auf 20 ausgewählte 300-m-Schiessanlagen unterschiedlicher Grösse im Kanton Aargau. Untersucht wurden Erntegüter und Bodenbelastungen im Bereich B resp. B+ beim Kugelfang und im Bereich vor dem Schützenhaus. Es wurden die Schadstoffe Blei und Antimon sowie Quecksilber vor dem Schützenhaus betrachtet. Anhand der Resultate wurde eine Gefährdungsabschätzung durchgeführt und die nötigen Massnahmen definiert.

### 3.1 Auswahl der Schiessanlagen

Gemäss Gsponer<sup>2</sup> hängt das Belastungsmuster auf Schiessanlagen im Wesentlichen von den Betriebsfaktoren Anlagealter, Scheibenzahl, Anzahl Schüsse pro Jahr sowie den Umgebungsfaktoren Topografie, Material des Kugelfangs (Gummimatte, Sand, Holz), Verwendung eines Walls oder eines natürlichen Hanges ab. Basierend auf den Betriebsfaktoren «Scheibenzahl» und «Betriebsalter x Schusszahl» sind sämtliche 300-m-Schiessanlagen im Kanton Aargau in drei Klassen eingeteilt. Einen Überblick ergibt die Tabelle 1. Die Zahlen zu den Betriebsfaktoren stammen aus der Datenerhebung des Kantons Aargau von 1995, bei der unter anderem die Scheibenzahl und die Schussfrequenz als Durchschnitt der letzten drei Jahre erhoben wurden.

**Tab. 1: Verteilung der 300-m-Schiessanlagen im Kanton AG gemäss der Klasseneinteilung nach Gsponer**

	Anzahl 300-m-Anlagen	%-Anteil
Klasse 1	145	61
Klasse 2	44	18,5
Klasse 3	18	7,5
Nicht einteilbar*	31	13
Total	238	100

Klasse 1: Scheibenzahl < 14 und Betriebsalter 3 Schusszahl < 1,9 Mio.

Klasse 2: Scheibenzahl < 14 und Betriebsalter 3 Schusszahl > 1,9 Mio. oder Scheibenzahl > 14 und Betriebsalter 3 Schusszahl < 1,9 Mio.

Klasse 3: Scheibenzahl > 14 und Betriebsalter 3 Schusszahl > 1,9 Mio.

\* Fehlende oder mangelhafte Datengrundlage

In Tabelle 2 sind die für die Untersuchung vorgesehenen 20 Anlagen aufgelistet. Für die Untersuchung wurden aufgrund der Fragestellungen hauptsächlich kleine (Klasse 1) und grosse Anlagen (Klasse 3) berücksichtigt. Neben der Anlagengrösse war vor allem die landwirtschaftliche Nutzung im Bereich B bezüglich der Anlagenselektion massgebend. Es wurde versucht, möglichst unterschiedliche Nutzungen, insbesondere die Lebensmittelproduktion, abzudecken. Die Datenerhebung des Kantons Aargau von

<sup>2</sup> «Ursachendifferenziertes Vorgehen zur verdachtsorientierten Erkundung von Schwermetallbelastungen im Boden»;

Diss. ETH Nr. 11'862, 1996

1995 zeigt, dass bei rund der Hälfte der 300-m-Schiessanlagen der Bereich B forstwirtschaftlich genutzt wird. Eine landwirtschaftliche Nutzung im Bereich B resp. B+ und in der Zone vor dem Schützenhaus kommt im Kanton Aargau auf einer Fläche von etwa 40 bis 50 ha vor.

Um Aussagen zum Bereich vor dem Schützenhaus machen zu können, musste zusätzlich das Anlagenalter berücksichtigt werden. Im Kanton Aargau wurden weit über 100 An-

lagen vor 1960 in Betrieb genommen und erfüllen somit das Kriterium für die Ausscheidung eines Bereiches B vor dem Schützenhaus. Bei 8 dieser Anlagen wurde neben dem Kugelfang auch der Bereich vor dem Schützenhaus beprobt. Die Anlage der Gemeinde Wohlenschwil, mit Betriebsbeginn 1988, wurde im Sinne einer Kontrolle mit einbezogen.

**Tab. 2: Zusammenstellung der für die Untersuchung ausgewählten 20 Schiessanlagen, unterteilt in 12 kleine (Klasse 1) und 8 grosse Anlagen (Klasse 2 und 3)**

Anlage	Klasse	Schusszahl	Scheibenzahl	Betriebsbeginn	Beschreibung Kugelfang
Leuggern	1	3 400	10	1915	Sand, weich
Bellikon	1	3 500	8	1887	Gummimatte, mittel
<i>Remetschwil</i>	1	5 000	10	1888	Humus, mittel
<i>Mühlau</i>	1	5 000	10	1888	Gummimatte, mittel
Rietheim	1	8 500	8		Sand, weich
Birr	1	10'500	8	1876	Sand, weich
<i>Wil</i>	1	12'200	8	1879	Sägemehl, weich
Hägglingen	1	13'000	12	1925	Holzschnitzel, hart
Gipf-Oberfrick	1	14'700	10		Gummimatte, weich
<i>Unterehrendingen</i>	1	15'000	8	1959	Gummimatte, mittel
<i>Buttwil</i>	1	30'000	10	1935	Sand, weich
Waltenschwil	1	30'000	10	1947	Gummimatte, hart
<i>Windisch</i>	2	36'000	12	1911	Gummimatte, weich
<i>Niederwil</i>	3	25'000	14	1920	Sand, weich
Untersiggenthal	3	30'000	16	1866	Sägemehl, weich
Rothrist	3	60'000	14	1953	Sägemehl, weich
Möhlin	3	100'000	30	1975	Sägemehl, weich
Oeschgen	3	120'000	18	1981	Sägemehl, weich
<i>Wohlenschwil</i>	3	130'000	18	1988	Holzschnitzel, weich
Kölliken	3	132'000	17	1974	Autoreifen, weich

Schusszahl: Durchschnitt der Jahre 1992 bis 1994

*Kursiv:* Anlagen mit zusätzlicher Untersuchung vor dem Schützenhaus



# 4. Methoden

## 4.1 Probenahme Boden

Die Bodenproben wurden sowohl beim Schützenhaus als auch im Bereich des Kugelfangs am gleichen Ort wie die Erntegüter erhoben (siehe Kap. 4.3). Sämtliche Proben wurden als Linienproben erhoben; beim Schützenhaus waren es 11 und im Bereich des Kugelfangs 109 Proben. Die Beprobung richtete sich nach der VBBo<sup>3</sup>. Pro Probe wurden 16–25 Einstiche zu einer Mischprobe vereinigt. Die Beprobungstiefe betrug 0–20 cm. Die durch die Firma AgroLab AG, Ebikon, durchgeführte Beprobung fand für die kleinen Anlagen Ende Oktober 1999 und für die grossen Anlagen im November 2000 statt.

## 4.2 Analysen der Bodenparameter

Die Analysen wurden ebenfalls durch die Firma AgroLab AG, Ebikon, durchgeführt. Die Resultate können dem Anhang 2 entnommen werden. Folgende Parameter wurden untersucht:

- Totalgehalt Blei Pb (2M HNO<sub>3</sub>)
- Totalgehalt Quecksilber Hg (2M HNO<sub>3</sub>)

Zusätzlich wurden bei einer Linienprobe pro Schiessanlage folgende Bodenbegleitparameter erhoben:

- pH (CaCl<sub>2</sub>)
- organische Substanz
- Korngrößenverteilung (Ton, Schluff, Sand)

Das Element Antimon kann im Bereich des Kugelfangs in hohen Konzentrationen auftreten. Beim Eluattest nach der Altlastenverordnung kann der zulässige Grenzwert für Antimon stark überschritten werden, was auf seine Mobilität sowie potenzielle Verfügbarkeit gegenüber Pflanzen hinweist. Daher wurden die Proben (bei den grossen Anlagen) zusätzlich auf Antimon untersucht. Da je nach Extraktionsverfahren grössere Unterschiede bei der Antimonbestimmung auftreten können, wurden drei Verfahren angewendet:

- 1) 2M HNO<sub>3</sub> (Methode nach VBBo)
- 2) 2M HNO<sub>3</sub> + 0.5M Citronensäure (10:1)  
(Empfehlung des AC-Labors Spiez)
- 3) 37% HCl (IUL-Methode)

Die Extraktion gemäss Empfehlung des AC-Labors Spiez erwies sich als deutlich wirksamer als die anderen zwei eingesetzten Methoden (Resultate siehe Anhang 1). Durchschnittlich lagen die dabei ermittelten Gehalte um den Faktor 23 über den Werten des Verfahrens mit der VBBo-Methode; Letztere ergab Werte meist unterhalb der Nachweisgrenze. Im Resultateteil dieses Berichts wird daher nur auf

die Resultate mit der Methode nach AC-Labor Spiez eingegangen.

## 4.3 Probenahme Erntegüter

### 4.3.1 Vorgehen bei der Probenahme

Zur Probenahme der Erntegüter wurde ein Skalpell eingesetzt. Die Klinge wurde nach jeder Probe sorgfältig mit Wasser gereinigt. Zur Aufbewahrung der Proben dienten 60-l-Plastiksäcke. Bei Gras, Raps und Stroh wurden 25–30 l Proben genommen, bei Getreide und Erbsen je 2–3 kg, bei Trauben 4–5 kg, bei Mais und Sonnenblumen 8–12 ganze Pflanzen und bei Randen und Futterrüben je 9 Pflanzen. Die Lagerung bis zur Analyse wurde – nach Mischen von Hand und Reduzierung der Probenmenge auf 1 kg – bei –20 °C durchgeführt. Die Beprobung der kleinen Anlagen fand im Sommer/Herbst 1999 und diejenige für die grossen Anlagen im Sommer/Herbst 2000 statt.

### 4.3.2 Bereich vor dem Schützenhaus

Vor dem Schützenhaus wurden bei 5 kleinen und 3 grossen Schiessanlagen insgesamt 15 Linienproben erhoben, nämlich 12 Gras-, 2 Weizenkörner- und 1 Weizenstrohprobe. In der Regel wurde 2 m ab Schützenhaus, mindestens aber 1 m ab Nutzungsbeginn, eine Linienprobe genommen. Bei den grösseren Anlagen war wegen fehlender Vegetation eine Probenahme erst in grösseren Abständen zum Schützenhaus möglich: eine in etwa 6 m und eine zweite in etwa 10 m ab Schützenhaus. Die genaue Lage ab Schützenhaus wurde eingemessen.

Der Abschussbereich wird unterschiedlich bewirtschaftet. Bei den in die Untersuchung einbezogenen Anlagen sieht die Nutzung wie folgt aus: Gras (45%), Rasen (25%), Getreide (15%) sowie Betonplatten, Kies und Böschung mit Sträuchern (je 5%). Die landwirtschaftliche Nutzung beginnt oft erst etwa 2 m ab Schützenhaus; in einem Fall weideten Kühe direkt vor dem Schützenhaus.

### 4.3.3 Bereich Kugelfang

Aus dem Bereich B des Kugelfangs wurden bei sämtlichen 12 kleinen und 8 grossen Anlagen insgesamt 109 Linienproben erhoben: hinter dem Kugelfang (31), seitlich des Kugelfangs (66) sowie vor der Panzerplatte (12). Die Probenahme wurde in der Regel 1 m, 10 m, 20 m und teilweise 30 m ab Zaun des Kugelfangs vorgenommen. Da der Zaun nicht immer exakt gemäss der Wegleitung positioniert war, wurden die Distanzen zur äussersten Scheibe sowie zum Kugelfang (Einschussstelle) bzw. zur Panzerplatte eingemessen und in den Resultatetabellen entsprechend angegeben.

<sup>3</sup> Verordnung über Belastungen des Bodens, 1. Juli 1998

Die beprobten 10 Lebensmittel-, 97 Futtermittel- und 2 Strohproben setzen sich wie folgt zusammen:

- jeweils essbare Anteile von Erbsen (1), Randen (2), Trauben (2) und Weizen (5)
- Gras (79), Hafer-Wicke-Erbsen-Mischung (1), Heu (2), Klee (2), Mais, ganze Pflanze (4), Futterrüben (2), Raps, 4-Blatt-Stadium (2), Sonnenblume, ganze Pflanze (1), Gerste, ganze Pflanze (4)
- Weizenstroh (2)

## 4.4 Analysen der Schwermetalle in den Erntegütern

### 4.4.1 Probenvorbereitung und -extraktion

Von den beprobten Weizen und Erbsen wurden die Körner gewonnen und untersucht. Trauben und Randen wurden sorgfältig gewaschen; die Randen wurden nach Entfernung des Krauts zusätzlich geschält.

Die Futtermittelproben wurden nicht gewaschen. Die als Futtermittel angebauten Gerste, Raps und Sonnenblumen wurden als ganze Pflanze analysiert.

Die Proben wurden fein geraspelt oder fein zerschnitten. Etwa 30 g Erntegut (Feuchtmaterial) wurden für die Blei- und Antimonbestimmung in einen Erlenmeyerkolben eingewogen und mit 130 ml 1M-Salpetersäure übergossen, unter Rühren ½ Stunde gekocht und auf 200 ml eingestellt. Im kalten Zustand wurde über einen Faltenfilter filtriert. Für die Bestimmung von Quecksilber wurde 1 g Feuchtmaterial mit 5 ml 65%-Salpetersäure und 2 ml Wasserstoffperoxyd versetzt, ein Mikrowellenaufschluss durchgeführt und auf 20 ml eingestellt. Sofern erforderlich wurde für den Aufschluss zwecks Verhinderung von Silicatniederschlägen zusätzlich 0,5 ml 40%-Flusssäure verwendet.

### 4.4.2 Quantifizierung

Die Quantifizierung von Blei und Antimon erfolgte mittels Graphitrohr-Atomabsorption (GFAAS), diejenige von Quecksilber mittels Kaltdampf-Amalgam-Verfahren (CVAAS).

### 4.4.3 Qualitätssicherung

Zur Qualitätskontrolle der Bleibestimmung wurde ein Spinatpulver (Referenzmaterial des Bundesamts für Gesundheit [BAG]) parallel zu den Proben mitanalysiert. Die Einwage betrug 3 g; sie entspricht etwa dem Frischgewicht (FG) von 30 g. Das Pulver wurde vor der Heissextraktion über Nacht bei Raumtemperatur mit der Salpetersäure verrührt. Als zweite Referenzprobe diente ein Raygras, wovon etwa 10 g Trockensubstanz (TS) eingewogen wurden.

Im Sinne einer Qualitätssicherung bezüglich der Antimonbestimmung wurde die Grasprobe Nr. 35, die auf stark antimonhaltigem Boden (17 mg/kg TS; nach Extraktionsmethode des AC-Labors Spiez) gewachsen war, ans BAG gesandt. Im Hochdruckverascher wurde mittels Salpetersäure und Salzsäure vollständig mineralisiert. Die Bestimmung mittels ICP-MS aus dem Totalaufschluss ergab einen Wert von 0,012 mg Sb/kg FG (bzw. 0,057 mg Sb/kg 88% TS). Das Kantonale Laboratorium Aargau konnte mit der oben erwähnten anderen Methode (Extraktion, GFAAS) kein Antimon nachweisen, da die Nachweisgrenze (0,04 mg Sb/kg FG) über dem vom AC-Labor Spiez bestimmten Antimongehalt lag.

### 4.4.4 Effekt des Waschens bezüglich Antimon

Nach dem Waschen der Probe Nr. 35 erhielt das BAG einen Antimongehalt von 0,007 mg/kg FG, was rund der Hälfte des Gehalts der ungewaschenen Probe entspricht.



Analytik mit Atomabsorption

# 5. Resultate

Einen zusammenfassenden Überblick über die ermittelten Schwermetallgehalte sowie die Bodenbegleitparameter ergibt die Tabelle in Anhang 2.

## 5.1 Schwermetallbelastung des Bodens

Für die Beurteilung der Bleibelastung des Bodens hinsichtlich Nutzungseinschränkungen wird gemäss der Wegleitung Schiessanlagen der Wert 300 mg/kg herangezogen. Dadurch wird die bisherige Vollzugspraxis beibehalten. Wird mit dem tieferen Prüfwert der VBBo für Nahrungs- und Futterpflanzenanbau von 200 mg/kg verglichen, so ergeben sich keine grossen Abweichungen. In den Abbildungen ist jeweils auch die Grenze für 200 mg/kg angegeben. Als weitere Beurteilungsgrundlagen dienen die Blei- und Quecksilber-Richtwerte der VBBo.

### 5.1.1 Blei und Quecksilber vor dem Schützenhaus

Wie Tabelle 3 zeigt, betrug der höchste gemessene Wert für Blei 77,5 mg/kg. Gesamthaft überschritten 3 Proben den VBBo-Richtwert für Blei von 50 mg/kg. Lediglich eine Probe lag mit 0,76 mg/kg über dem Richtwert für Quecksilber von 0,5 mg/kg. Die übrigen Quecksilbergehalte waren alle deutlich unter dem Richtwert. Erwartungsgemäss wies die Anlage Wohlenschwil sehr tiefe Werte auf, da die Anlage erst seit 1988 offen ist. Alle anderen Anlagen sind vor 1960 in Betrieb genommen worden.



Schafe vor dem Schützenhaus

### 5.1.2 Blei im Umfeld des Kugelfangs

Der höchste gemessene Wert betrug 1052 mg/kg und der tiefste 15 mg/kg. 14 der 109 Linienproben zeigten Werte über 300 mg/kg Blei<sup>4</sup> im Boden. 5 dieser 14 Proben stammten aus dem Bereich A, da der Zaun nicht ausreichend gemäss der Wegleitung Schiessanlagen platziert worden ist. Eine Zusammenstellung der Schwermetallresultate ist im Anhang 5 zu finden. Um einen besseren Überblick über die Resultate zu erhalten, werden nachfolgend verschiedene Zusammenhänge geprüft.

Tab. 3: Schwermetallgehalte des Bodens vor dem Schützenhaus

Anlage	Betriebsbeginn	Distanz vor Schützenhaus	Pb mg/kg	Hg mg/kg
Remetschwil	1888	2 m	36,6	0,31
Mühlau	1888	2 m	<b>77,5</b>	0,07
Wil	1879	2 m	36,7	0,13
Unterehrendingen	1959	2 m	39,8	0,22
Buttwil	1935	2 m	<b>56,2</b>	0,14
Windisch	1911	7 m	38,8	<b>0,76</b>
		11 m	35,1	0,23
Niederwil	1920	2 m	<b>59,7</b>	0,04
		6 m	24,1	0,06
Wohlenschwil	1988	6 m	16,5	0,04
		10 m	16,9	0,05

**fett:** Richtwertüberschreitungen

<sup>4</sup> Unterer Wert für den Bereich B gemäss Wegleitung; Prüfwert der VBBo für Nutzung mit möglicher direkter Bodenaufnahme





Foto: AfU

Landwirtschaftliche Nutzung im Umfeld des Kugelfangs

**5.1.2.1 Zusammenhang der Bleibelastung mit anlagenabhängigen Grössen**

- Blei in Abhängigkeit mit dem Alter der Anlage:  
Ältere Anlagen zeigten im Bereich B erwartungsgemäss eine eher höhere Bleibelastung des Bodens als jüngere. Betrachtet man die Bleigehalte in einer Distanz von 5 bis 15 m ab Kugelfang resp. Panzerplatte, so zeigte sich folgendes Resultat: Bei Anlagen mit einem Alter von 80 oder mehr Jahren wiesen insgesamt 10 Werte über 300 mg/kg auf, bei Anlagen zwischen 40 und 79 Jahren 3 Werte und bei Anlagen zwischen 10 und 39 Jahren kein Wert (siehe Abbildung 2).
- Blei in Abhängigkeit mit der Schusszahl (Durchschnitt der Jahre 1992 bis 1994):  
Da die effektiv geschossene Zahl über die Betriebszeit gerechnet nicht bekannt ist, konnte ein Vergleich zwischen der Bleibelastung des Bodens im Bereich B und der Gesamtschusszahl der Anlage nicht gemacht werden. Der Vergleich der durchschnittlichen Schusszahl von 1992 bis 1994 mit der Bodenbelastung im Bereich B ergab keinen linearen Zusammenhang.

- Blei in Abhängigkeit mit dem Zustand des Kugelfangs:  
Anlagen mit harten Kugelfängen wiesen eine geringfügig höhere mittlere Belastung im Bereich B auf (156 mg/kg) als Anlagen mit weichen Kugelfängen (133 mg/kg). Zurzeit der Beprobung zeigten die meisten Anlagen einen als «weich» eingestuften Kugelfang (Gummimatten, Sand, Sägemehl, Holzschnitzel). Es ist bei den jeweiligen Anlagen nicht bekannt, inwieweit bereits in früheren Jahren weiche Kugelfänge eingesetzt wurden.

Generell muss zu diesen Vergleichen bemerkt werden, dass nur einzelne Faktoren getrennt betrachtet wurden. Die in der Regel kaum bekannte «Geschichte» einer Anlage (z. B. jährliche Schusszahl, Erdbewegungen, Präparierung des Kugelfangs) konnte nicht berücksichtigt werden.

**Abb. 2: Bleigehalte in 5-15 m seitlich und hinter dem Kugelfang in Abhängigkeit zum Alter der Anlage**

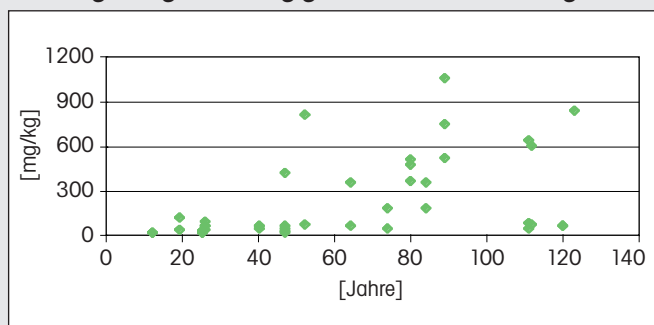


Foto: Roland Arnet

Kugelfang mit Gummimatten

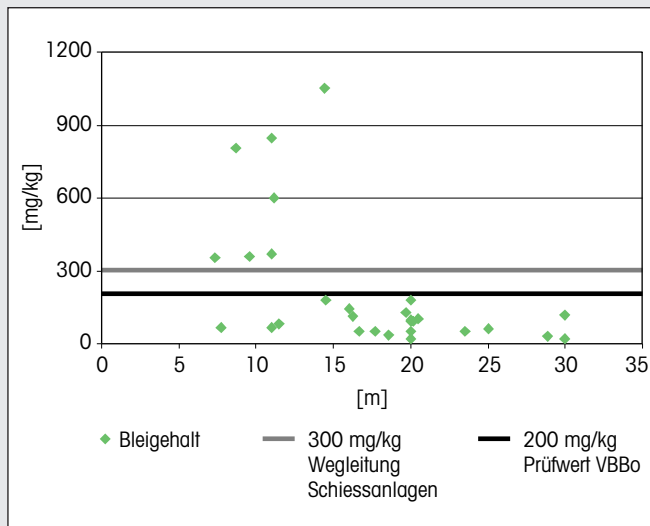
### 5.1.2.2 Zusammenhang der Bleibelastung mit der Distanz zum Kugelfang

Werden die Bleiwerte in Abhängigkeit zur Distanz zum Kugelfang betrachtet, so nahm in 52 von 58 Transekten die Bleibelastung mit zunehmender Distanz zum Kugelfang ab. Die Bleibelastung ist somit deutlich von der Distanz abhängig. Unter Berücksichtigung der Lage zum Kugelfang ergibt sich folgendes Bild:

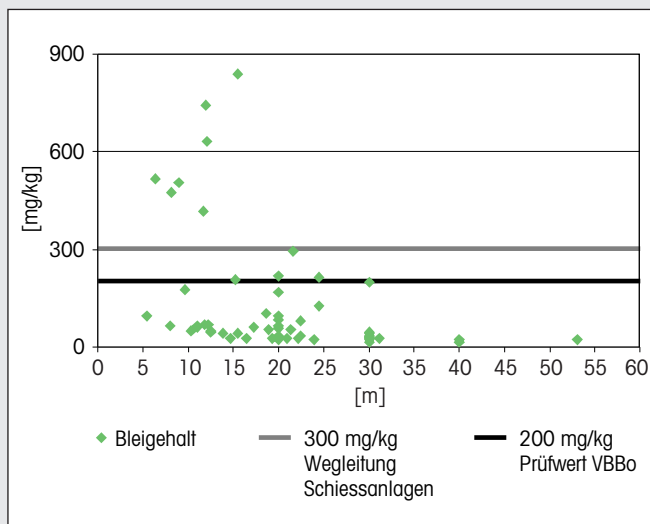
- hinter dem Kugelfang:

Der Wert von 300 mg/kg wurde ab einer Distanz von etwa 15 m ab Kugelfang unterschritten (siehe Abbildung 3). Der grösste Wert von 1052 mg/kg wurde allerdings in einer Distanz von 14,4 m nachgewiesen. Innerhalb von 15 m ab Kugelfang können somit sehr hohe Werte gemessen werden. Aus Sicherheitsüberlegungen ist es deshalb gerechtfertigt, den Bereich mit Bodenbelastungen über 300 mg/kg bis 20 m ab Kugelfang anzugeben (oder 10 m ab Zaun).

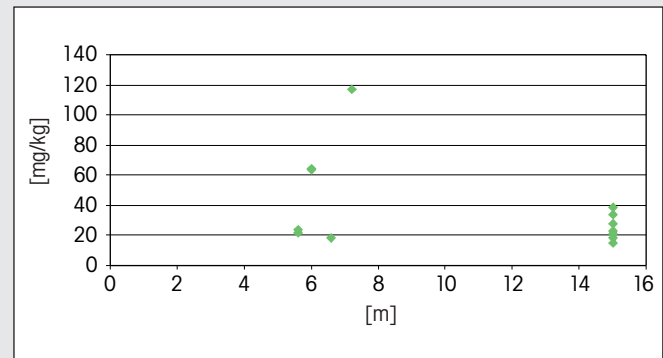
**Abb. 3: Bleigehalte hinter dem Kugelfang in Abhängigkeit zur Distanz; Distanz ab Einschussstelle Kugelfang**



**Abb. 4: Bleigehalte seitlich des Kugelfangs in Abhängigkeit zur Distanz; Distanz ab Panzerplatte resp. äusserster Scheibe**



**Abb. 5: Bleigehalte vor der Panzerplatte in Abhängigkeit zur Distanz; Distanz ab Panzerplatte**

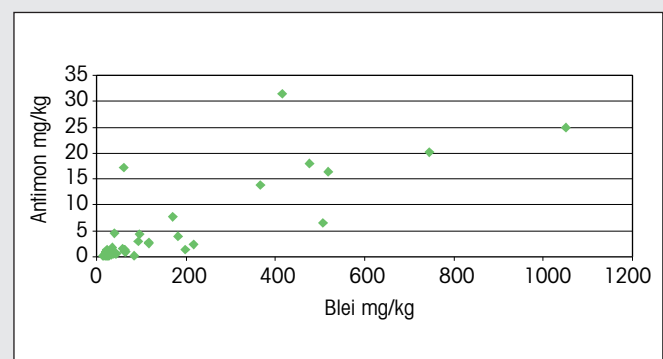


- seitlich der Panzerplatte resp. der äussersten Scheibe:  
Der Wert von 300 mg/kg wurde in einer Distanz über 20 m ab Panzerplatte nicht mehr überschritten (siehe Abbildung 4). Der grösste Wert von 837 mg/kg wurde in einer Distanz von 15,5 m gemessen.
- vor der Panzerplatte:  
Vor der Panzerplatte wurde kein Wert höher als 120 mg/kg gemessen (siehe Abbildung 5).

### 5.1.3 Antimon

Die Resultate der Antimonbestimmung können dem Anhang 1 entnommen werden. Für Antimon existieren keine Schwellenwerte in der VBBo. Nach Merian<sup>5</sup> liegt der maximal noch tolerierbare Wert bei 5 mg/kg. Nur mit der Methode nach AC-Labor Spiez wurden Werte über 5 mg/kg nachgewiesen und dies lediglich in 9 von 58 Proben. Bei 7 dieser 9 Proben betrug der Bleigehalt über 300 mg/kg. Abbildung 6 zeigt den Zusammenhang zwischen Blei- und Antimongehalten. Da ein eindeutiger Bezug zwischen Blei- und Antimongehalten existiert und Blei den Prüfwert deutlicher überschreitet als Antimon den genannten tolerierbaren Wert, steht Blei bezüglich einer potenziellen Gefährdung im Vordergrund (siehe auch Kap. 5.2.1).

**Abb. 6: Zusammenhang zwischen Blei- und Antimongehalten im Boden im Bereich B des Kugelfangs und vor dem Schützenhaus**



<sup>5</sup> Merian. E et al.; 1984. «Metalle in der Umwelt». Verlag Chemie, Weinheim

## 5.2 Nahrungs- und Futtermittel

### 5.2.1 Antimon

Die Untersuchungen zeigen, dass keine nachweisbaren Gehalte an Antimon im Erntegut enthalten sind (siehe Anhang 3 und 5). Die Nachweisgrenze lag bei 0,05 mg/kg FG bzw. 0,24 mg/kg 88 % TS oder tiefer. Mit einer zweiten, empfindlicheren Methode konnten in einer potenziell stark belasteten Probe lediglich Spuren an Antimon ermittelt werden (0,01 mg/kg FG, siehe Kap. 4). Nahrungsmittel sind somit praktisch frei von Antimon und Nutztiere werden primär durch die Aufnahme von Erde mit dem Mähgras oder beim Weiden mit Antimon belastet. Es stellt sich nun die Frage, wie bedeutsam die Gefährdung durch Antimon ist.

Höchstwerte für Antimon in Nahrungsmitteln sind uns keine bekannt. Daher soll der folgende Vergleich bezüglich Belastung und Toxizität mit Blei herangezogen werden. Die TDI-Werte (tolerable daily intake) für den Menschen sind bezüglich Antimon etwa viermal tiefer als für Blei<sup>6</sup>:

Antimon	0,86 µg/kg Körpergewicht
Blei	3,6 µg/kg Körpergewicht

Die Bleibelastungen sind aber dennoch als wichtiger zu beurteilen, da die Bleigehalte in den Nahrungsmitteln wesentlich mehr als das Vierfache über der Antimonbelastung liegen.

Höchstgehalte für Antimon in Futtermitteln sind uns keine bekannt. In Analogie zum Menschen nehmen wir an, dass die Gefährdung durch Blei und Antimon auch beim Nutztier im selben Verhältnis vorliegt. Die Belastung der Nutztiere erfolgt primär durch die Aufnahme von Erde, weshalb der Vergleich der Bodenbelastung herangezogen wird. Da Antimon im Boden durchschnittlich etwa 80-mal geringere Gehalte aufweist, ist Antimon trotz seiner etwas höheren Toxizität für die Gefährdung von Nutztieren von geringerer Bedeutung als Blei.

Wir verzichten daher auf eine weitere Gefährdungsabschätzung durch Antimon und fokussieren die nachfolgende Beurteilung primär auf die Belastung und Gefährdung durch Blei. Blei kann somit für Schiessanlagen als Leitelement dienen. Für den Bereich vor dem Schützenhaus wird allerdings zusätzlich die Gefährdung durch Quecksilber diskutiert.

### 5.2.2 Blei und Quecksilber vor dem Schützenhaus

#### 5.2.2.1 Grundlagen für die Gefährdungsbetrachtungen

Die Höchstwerte für Nahrungsmittel werden in Kasten 1 und diejenigen für Futtermittel in Kasten 2 aufgelistet. Kasten 3 beschreibt einerseits den methodischen Ansatz, wie bezüglich der Tierbelastung die Erdaufnahme berücksichtigt wurde (Mähgras und Weidesituation), und führt andererseits die verwendeten Schwellenwerte von Blei auf.

#### Kasten 1:

#### Höchstwerte für Nahrungsmittel

<b>Quecksilber</b>	Toleranzwert für Zuchtpilze (Schweiz)	0,5 mg/kg TS
	Grenzwert für verschiedene Fische (Schweiz)	1,0 mg/kg FG
	Richtwert für diverse Blattgemüse (Deutschland) (Das Bundesamt für gesundheitlichen Verbraucherschutz BgVV hat die Richtwerte für Schwermetalle in Lebensmitteln im Jahr 2000 zugunsten der EU-Höchstwerte zurückgezogen)	0,05 mg/kg FG
<b>Blei</b>	Grenzwert für Getreidekörner, Hülsenfrüchte (Schweiz)	0,2 mg/kg FG
	Grenzwert für Blattgemüse, Kohlarten (Schweiz)	0,3 mg/kg FG
	Grenzwert für übriges Gemüse (Schweiz)	0,1 mg/kg FG
	Höchstgehalt für Blattgemüse, Kohlgemüse (EU)	0,3 mg/kg FG
	Höchstgehalt für geschälte Kartoffeln und übriges Gemüse (EU)	0,1 mg/kg FG

#### Kasten 2:

#### Höchstwerte für Futtermittel

Anhang 8 der Futtermittelbuchverordnung legt folgende Höchstwerte fest:

<b>Quecksilber</b>	Einzelfuttermittel	0,1 mg/kg 88 % TS
	Ergänzungsfuttermittel («Krafftutter»)	0,2 mg/kg 88 % TS
<b>Blei</b>	Grünfutter einschliesslich Weidegras und Rübenblätter, Grünfuttersilage, Heu	40 mg/kg 88 % TS
<b>Antimon</b>	keine Regelung im Schweizer Futtermittelrecht	–

<sup>6</sup> Auskunft BAG, Feb. 2001 (Hr. Zoller)

### Kasten 3:

#### Konzept der Risikobetrachtung beim Mähgras und beim Weiden

Aufgenommenes Mähgras kann gemäss der Wegleitung Gefährdungsabschätzung<sup>7</sup> bei schadstoffbelasteten Böden 0–20 % Erde enthalten. Auch beim Weiden nehmen Tiere Erde in bedeutendem Masse mit dem Futtermittel auf: Kühe 1–10 % und Schafe 10–30 %.

Die Schadstoffbelastung des konsumierten Futtermittels (Mähgras bzw. Beweidung) lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$[\text{Schwermetall}]_{\text{Konsum}} = \text{Anteil Erde} * [\text{Schwermetall}]_{\text{Erde}} + (1 - \text{Anteil Erde}) * [\text{Schwermetall}]_{\text{Pflanze}}$$

Für die Berechnungen im Rahmen dieses Berichts werden für den Erdanteil die in der Wegleitung Gefährdungsabschätzung genannten Maximalwerte eingesetzt:

Mähgras	20 %
Weiden durch Kühe	10 %
Weiden durch Schafe	30 %

Die Wegleitung Gefährdungsabschätzung bewertet die Belastung von Futter, das auf dem Hof produziert und konsumiert wird, in der Regel anhand von so genannten **Schwellenwerten**. Diese sind definiert als derjenige Wert, der für ein bestimmtes Schwermetall nicht überschritten werden darf, da ansonsten Abweichungen vom normalen Stoffwechsel auftreten können oder ein Tierprodukt den lebensmittelhygienischen Anforderungen nicht mehr entspricht. Die **Schwellenwerte für Blei** betragen:

Milchkuh	25–30 mg/kg TS
Schaf	15–30 mg/kg TS
Schwein	15–30 mg/kg TS

Bei den Gefährdungsabschätzungen im vorliegenden Bericht wird für alle Betrachtungen der obere Schwellenwert von 30 mg Blei/kg TS herangezogen. Dies kann durchaus verantwortet werden, da beim Erdanteil die höchsten Werte berücksichtigt wurden.

Da es für **Quecksilber** keinen Schwellenwert gibt, wird für die diesbezügliche Gefährdungsabschätzung der Futtermittelhöchstwert herangezogen.

#### 5.2.2.2 Quecksilber

##### Nahrungsmittel

Der Quecksilbergehalt lag bei allen Proben unterhalb der Nachweisgrenze von 0,03 mg/kg FG bzw. 0,16 mg/kg 88 % TS (siehe Anhang 3). Ein Quecksilbergehalt über dem (bis vor kurzem geltenden) deutschen Richtwert für Blattgemüse konnte somit in keiner Probe festgestellt werden. Die EU kennt lediglich für Fische und Fischprodukte Quecksilber-Höchstgehalte, die für einen Vergleich aber nicht sinnvoll herangezogen werden können.

##### Futtermittel, Mähen und Weiden

Der Quecksilbergehalt lag bei allen unverschmutzten Futtermitteln unterhalb der Nachweisgrenze von 0,03 mg/kg FG bzw. 0,16 mg/kg 88 % TS (siehe Anhang 3). Somit lie-

gen keine nachweisbaren Werte über dem Höchstwert für Einzelfuttermittel.

Durch die Erdverunreinigung lässt sich für Mähgras gemäss Kasten 3 eine Quecksilberbelastung von maximal 0,13 mg/kg 88 % TS berechnen (siehe Anhang 4). Sämtliche berechneten Werte liegen unter dem Höchstgehalt für Ergänzungsfuttermittel und teilweise lediglich knapp über demjenigen für Einzelfuttermittel.

Weidende Kühe und Schafe erhalten durch die Erdaufnahme eine Quecksilberbelastung im konsumierten Gras, die unterhalb des Höchstwerts für Einzelfuttermittel liegt (siehe Anhang 4). Lediglich ein Wert liegt etwas höher, aber nicht über dem Höchstwert für Ergänzungsfuttermittel. Quecksilber stellt somit vor dem Schützenhaus für die Nutzung durch Tiere keine Gefährdung dar.

<sup>7</sup> «Wegleitungsentwurf, Gefährdungsabschätzung bei schadstoffbelasteten Böden», Juli 2001, Hrsg. BUWAL, Autor Markus Hämman. Kurzbezeichnung Wegleitung Gefährdungsabschätzung





Foto: Roland Arnet

Grasstreifen vor Schützenhaus

### 5.2.2.3 Blei

#### Nahrungsmittel

In den zwei Weizenkörner-Proben wurden Bleigehalte ermittelt, die das Zehnfache unter dem Schweizer Grenzwert lagen (siehe Anhang 3).

Da kein Gemüse bzw. Blattgemüse beprobt werden konnte, wird stellvertretend Gras in die Gefährdungsabschätzung einbezogen. Durchschnittlich weist das untersuchte Gras aus dem Bereich 2–12 m vor dem Schützenhaus 0,8 mg Blei/kg FG auf. Vergleicht man die Bleibelastung des Grasses mit dem Schweizer Grenzwert für Blattgemüse, so wird ersichtlich, dass ungefähr die Hälfte der Proben höhere Gehalte aufweist. Auch in 10 m Distanz vor dem Schützenhaus sind Bleigehalte festzustellen, die noch knapp über dem Grenzwert liegen.

#### Futtermittel, Mähen und Weiden

Die Bleibelastung im Gras vor dem Schützenhaus liegt bei allen 11 Proben um mindestens den Faktor 2 unterhalb des Futtermittel-Höchstwerts (siehe Anhang 3).

Durch die Erdverunreinigung steigt die Bleibelastung im Mähgras auf maximal 25 mg/kg TS und liegt somit bezüglich aller Proben unterhalb des Schwellenwerts (siehe Kasten 3). Auch bei der Beweidung durch Kühe oder Schafe wird der Schwellenwert nicht überschritten. Die berechneten Werte können dem Anhang 6 A entnommen werden.

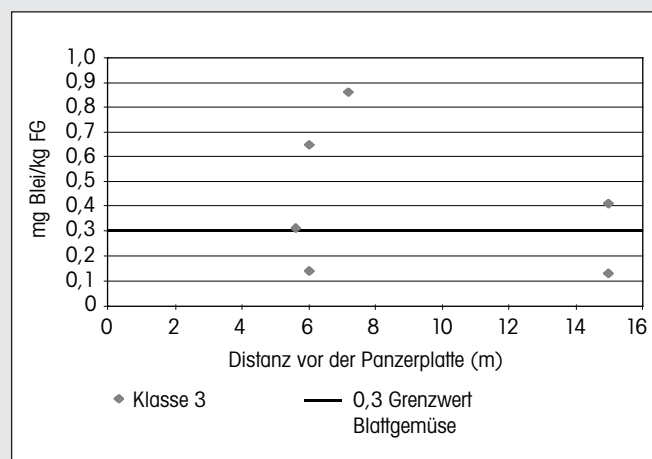
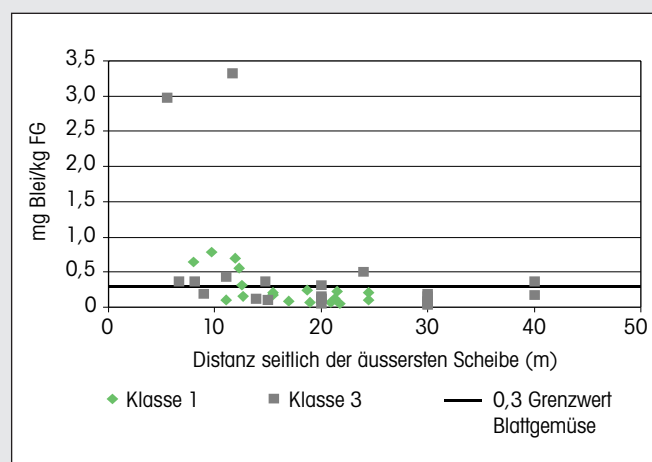
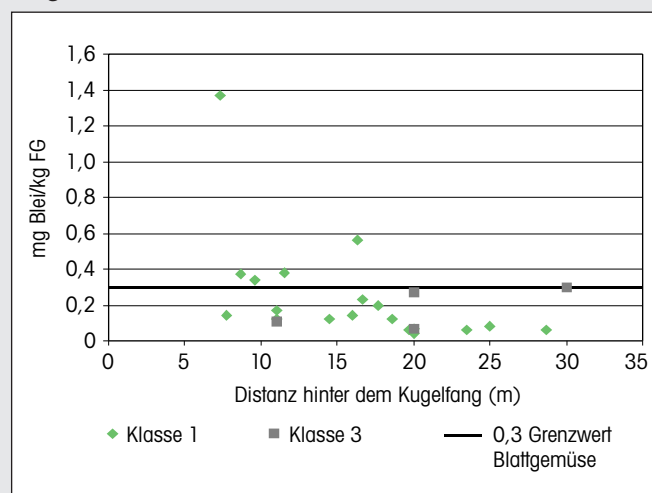
### 5.2.3 Blei im Umfeld des Kugelfangs

#### Nahrungsmittel

Die untersuchten Nahrungsmittel Weizen, Randen, Erbsen und Trauben enthalten maximal 0,02 mg Blei/kg FG (siehe Anhang 5). Diese Gehalte liegen um mindestens den Faktor 10 unter den Schweizer Grenzwerten. Bei den untersuchten Nahrungsmitteln handelt es sich allerdings um Produkte, die durch eine Bleibelastung der Luft nicht allzu stark kontaminiert werden können.

Am kritischsten hinsichtlich der Bleibelastung dürfte wegen seiner grossen Oberfläche Blattgemüse zu beurteilen sein. Weil keine Schiessanlagen mit Blattgemüse-Anpflanzung gefunden und untersucht werden konnten, werden stellvertretend Grasproben zur Beurteilung beigezogen. Die untersuchten ungewaschenen Grasproben enthielten 0,03–3,3 mg Blei/kg FG (siehe Anhang 6 B). In Abbildung 7 sind die Resultate grafisch dargestellt. Rund je 1/3 der Proben hinter bzw. seitlich des Kugelfangs enthalten Bleigehalte über dem Grenzwert für Blattgemüse. Die meisten

Abb. 7: Bleigehalt des Grasses in Abhängigkeit der Distanz vom Kugelfang; hinter dem Kugelfang, seitlich des Kugelfangs und vor Panzerplatte



dieser Proben liegen im Bereich des zwei- bis dreifachen Grenzwerts. Im Bereich B (10–30 m hinter Kugelfang, 10–30 m seitlich der äussersten Scheibe) fallen die Bleigehalte der Pflanzen gegen den äusseren Bereich hin auf das Niveau des Grenzwerts.

Proben aus Anlagen der Klasse 3 enthalten teilweise höhere Bleigehalte als diejenigen aus Anlagen der Klasse 1. Die Bleigehalte fallen bei Ersterer gegen den äusseren Rand des vergrösserten B-Bereichs (B+ 10–40 m hinter Kugelfang, 10–40 m seitlich der äussersten Scheibe, 5–15 m vor Panzerplatte) ebenfalls ungefähr auf das Niveau des Grenzwerts für Blattgemüse. Auch vor der Panzerplatte können die Bleigehalte in Anlagen der Klasse 3 den Grenzwert für Blattgemüse überschreiten.

#### Futtermittel, Mähen und Weiden

Der Bleigehalt in den untersuchten Futtermitteln liegt um mindestens das Fünffache unter dem Futtermittel-Höchstwert (siehe Anhang 5). Die untersuchten Futterrüben weisen die geringsten Bleibelastungen auf.

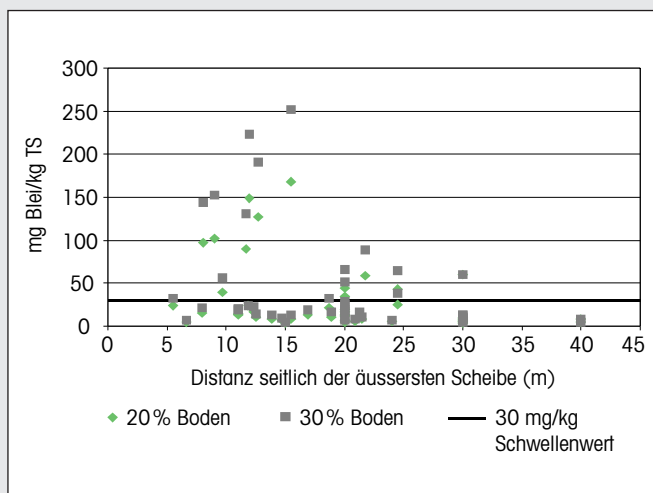
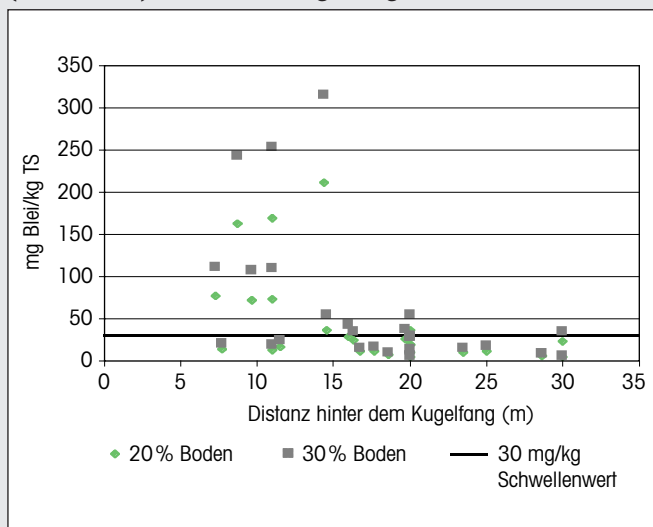
In Anhang 6 B sind die verschiedenen Anteile an Erdverunreinigungen berechnet und in Abbildung 8 grafisch dargestellt. Bei der berechneten Mähgrasbelastung (Erdanteil 20%) erreichen 25% der Proben Gehalte über dem Schwellenwert. Bis 17 m hinter dem Kugelfang bzw. 32 m seitlich der äussersten Scheibe kann durch die erdige Verunreinigung der Schwellenwert für Blei an einem Teil der Standorte überschritten werden.

Beim Weiden durch Kühe wird an 15% der Standorte der Schwellenwert überschritten. Solche Belastungen wurden bis etwa 17 m hinter dem Kugelfang bzw. etwa 20 m seitlich der äussersten Scheibe ermittelt. Für die Beweidung durch Schafe akzentuiert sich diese Beurteilung noch etwas. An 35% der Standorte wird nun der Schwellenwert überschritten und dies bis 22 m hinter dem Kugelfang bzw. bis 35 m seitlich der äussersten Scheibe. Im Bereich B vor der Panzerplatte (ab 5 m) wurde lediglich an einem Standort beim Weiden durch Schafe eine Belastung über dem Schwellenwert erhalten.

### 5.3 Vergleich des Bleigehaltes in Boden und Pflanzen

Die Gegenüberstellung des Bleigehaltes im Boden mit demjenigen der Pflanze zeigt, dass keine erkennbare Abhängigkeit zwischen den beiden besteht (siehe Abbildung 1 und 2 im Anhang 7). Für diesen Vergleich wurden die Resultate von allen untersuchten Grasproben verwendet. Auch unter Berücksichtigung der Bodenkenngrössen pH-Wert und organische Substanz kann kein Zusammenhang zum Pflanzengehalt erkannt werden. Die Datengrundlage beschränkt sich allerdings auf 17 Grasproben, für die der pH-Wert und die organische Substanz bestimmt wurden (siehe Abbildung 3 im Anhang 8). Wir gehen davon aus, dass Zeitpunkt und Intensität des Schiessbetriebs oder weitere Faktoren (z. B. Alter der beprobten Pflanzen, aktuelle Witterungsverhältnisse) einen wesentlichen Einfluss auf die Bleibelastung der Pflanzen haben.

**Abb. 8: Bleibelastung durch die Erdverunreinigung beim Mähgras (20% Boden) bzw. Weiden durch Schafe (30% Boden); hinter dem Kugelfang und seitlich**



# 6. Gefährdungsabschätzung

## 6.1 Beurteilung aus Sicht der Bodenbelastung

### 6.1.1 Bereich B vor dem Schützenhaus

Die Bleigehalte im Boden vor dem Schützenhaus liegen alle weit unter dem Wert von 300 mg/kg (Kriterium für Bereich B). Für Quecksilber existieren keine Prüfwerte gemäss VBBo. Die Werte liegen aber mit einer Ausnahme sogar unter dem Richtwert. Weder die gemessenen Bleibelastungen noch die Quecksilberbelastungen im Boden stellen eine direkte Gefährdung für Mensch und Tier dar. Massgebend für die Risikobeurteilung ist die Einschätzung aus Sicht der Nahrungs- und Futtermittel (siehe Kapitel 6.2.1).

### 6.1.2 Bereich B im Umfeld des Kugelfangs

Für die Ausdehnung der Belastung ist vor allem die Anlagengeschichte (Alter der Anlage, Wartung des Kugelfangs, Gesamtschusszahl usw.) entscheidend. Generell kann der Bereich B gegenüber der Wegleitung des Bundes hinter dem Kugelfang etwas verringert werden, nämlich auf 20 m ab Kugelfang. Für Anlagen mit mehr als 100'000 Schuss kann ein Bereich B+ nicht bestätigt werden. Auch im Um-

feld des Kugelfangs ist allerdings die Gefährdungsabschätzung aus Sicht der Nahrungs- und Futtermittel entscheidend (siehe Kapitel 6.2.2).

## 6.2 Beurteilung aus Sicht der Nahrungs- und Futtermittel

### 6.2.1 Bereich B vor dem Schützenhaus

Nahrungsmittel wie Getreide oder Randen stellen eine geringe Gefährdung dar. Falls aber Blattgemüse direkt vor dem Schützenhaus angepflanzt würde, so wäre damit zu rechnen, dass zumindest auf den ersten 10 m ein wesentlicher Teil der Proben den Bleigrenzwert für Blattgemüse überschreitet. Neben Schwermetallen dürfte die Vegetation in diesem Bereich zudem auch durch organische Rückstände belastet werden (Verbrennungsrückstände aus Treibladung und Gewehrfett).

Die Schwermetall-Belastung der untersuchten Futtermittel ist nicht problematisch. Durch die Aufnahme von Erde mit dem Mähgras und beim Weiden entstehen zwar erhöhte Schwermetall-Belastungen, aber keine über den Schwellenwerten oder Futtermittel-Höchstwerten (siehe Kasten 2 und 3).



Weidende Kühe vor dem Bereich B

Foto: AfU

## 6.2.2 Bereich B im Umfeld des Kugelfangs

### Nahrungsmittel

Die Bleibelastung der untersuchten Nahrungsmittel aus dem Bereich B des Kugelfangs stellt keine Gefahr für den Menschen dar. Falls aber Blattgemüse oder andere Pflanzen mit grosser Oberfläche (z. B. Zichoriengewächse, Küchenkräuter) angepflanzt würden, so wäre davon auszugehen, dass im ganzen Bereich B und B+ des Kugelfangs ein wesentlicher Teil der Proben den Bleigrenzwert für Gemüse überschreiten würde.

Eine Untersuchung des Kantonalen Laboratoriums Bern<sup>8</sup> wies in Kartoffeln aus einem ehemaligen Schiessgelände Bleigehalte nach, die über dem Schweizer Grenzwert lagen. Wurzel- und Knollengemüse sind wegen des Bodenkontakts des essbaren Teils somit potenziell ebenfalls gefährdet.

Bei hohen Bleigehalten im Boden ist auch die Wahrscheinlichkeit gross, dass das Erntegut belastet ist. Direkt abgeschätzt werden kann die Belastung der Nahrungsmittel aufgrund des Bleigehaltes im Boden jedoch nicht. Offensichtlich haben neben dem Boden auch andere Faktoren einen grossen Einfluss (Schiessbetrieb, Witterungsverhältnisse).

### Futtermittel, Mähen und Weiden

Die Belastung der unverschmutzten Futtermittel aus dem Bereich B des Kugelfangs stellt keine Gefahr für Nutztiere dar. Durch die Mitaufnahme von Erde beim Mähen oder Weiden werden aber teilweise Bleibelastungen erreicht, die bis zum Fünffachen des Futtermittel-Schwellenwerts betragen. Allerdings betrifft dies bei der Beweidung durch Kühe nur den inneren Teil des Bereichs B (siehe Tabelle 4). Beim Mähen und bei der Beweidung durch Schafe muss allerdings in grösseren Teilen des Bereichs B mit Schwellenwert-Überschreitungen gerechnet werden.

Bei trockenen Witterungsverhältnissen sind die Schwermetall-Belastungen deutlich geringer, da dann mit Mähen bzw. Weiden wesentlich weniger Erde mit aufgenommen wird. Unter solchen Bedingungen treten in der Regel keine Bleibelastungen über dem Schwellenwert auf. In der Praxis dürfte es allerdings schwierig sein, das Weiden verbindlich auf die trockene Witterung einzugrenzen.

**Flächenaspekt:** Deutliche Schwellenwert-Überschreitungen (200% des Schwellenwerts) treten je nach Nutzung bis max. 17 m hinter dem Kugelfang bzw. 20–25 m seitlich der äussersten Scheibe auf. Wir schlagen vor, dass derjenige Teil des Bereichs B mit Bleigehalten bis max. 200% des Schwellenwerts für Tiere ebenfalls genutzt werden darf, sofern ausserhalb des Bereichs B für die gleiche Nutzung eine zusätzliche Fläche derselben Grösse zur Verfügung steht.

Tab. 4: Ausmass der Fläche mit möglicher Schwellenwert-Überschreitung

Erdanteil (%)	Ant. Proben über Höchstwert (%)	Überschreitung Schwellenwert		Überschreitung 200% des Schwellenwerts	
		hinter Kugelfang	seitlich Scheibe	hinter Kugelfang	seitlich Scheibe
1	0	–	–	–	–
10	15	17 m	20 m	17 m	20 m
20	25	17 m	32 m	17 m	23 m
30	35	22 m	35 m	17 m	25 m

<sup>8</sup> Jahresbericht des Kantonalen Laboratoriums Bern, Januar 2000, S. 68–69



# 7. Folgerungen

## 7.1 Massnahmen für die Nutzung

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde gezeigt, dass eine Gefährdung durch die Nutzung des Bereichs B besteht und daher Nutzungseinschränkungen erforderlich sind. Allgemein gültige Modifizierungen der Massnahmen in Abhängigkeit zur Anlagengrösse können nicht abgeleitet werden. Auch bei kleinen Anlagen kann auf einen Bereich B nicht verzichtet werden. Folgende Konkretisierungen bezüglich der Nutzungseinschränkungen wurden entwickelt:

*Die im Kasten aufgeführten Massnahmen haben zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts provisorischen Charakter. Unter Einbezug der Abteilung Landwirtschaft und der Schiessoffiziere sowie unter juristischer Begleitung sollen in der Folge die Nutzungseinschränkungen definitiv festgelegt werden.*

### Vor dem Schützenhaus

#### Verbot

- Verbot des Anbaus von Gemüse auf den ersten 10 m vor dem Schützenhaus.

#### Empfehlungen

- Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, keine Nahrungsmittel auf den ersten 10–20 m vor dem Schützenhaus anzubauen.
- Die ersten 5 m vor dem Schützenhaus sollen als Rasenplatz unterhalten werden. Es empfiehlt sich, das Mähgut liegen zu lassen oder in einer Kehrlichtverbrennungsanlage zu beseitigen.

### Bereich B des Kugelfangs

#### Verbote

- Verbot des Anbaus von Gemüse im Bereich B und B+.
- Verbot der Mähgrasnutzung und der Beweidung bis 20 m hinter dem Kugelfang und bis 30 m seitlich der äussersten Scheibe. Das Gras kann bei trockenen Bodenverhältnissen konserviert werden (Dürrfutter).
- Sofern ausserhalb des Bereichs B eine vergleichbare Fläche (10-m-Streifen) für den gleichen Verwendungszweck genutzt wird und diese innerhalb derselben Parzelle liegt, gilt das Verbot der Mähgrasnutzung und Beweidung wiederum bis 20 m hinter dem Kugelfang, aber lediglich bis 20 m seitlich der äussersten Scheibe.

#### Empfehlungen

- Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, keine Nahrungsmittel im Bereich B und B+ anzubauen.
- Äusserer 10-m-Streifen des Bereichs B hinter Kugelfang (20–30 m hinter Kugelfang): Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, Mähgrasnutzung und Beweidung zu unterlassen; Gras kann bei trockenen Bodenverhältnissen konserviert werden (Dürrfutter).

## 7.2 Wie soll der Bewirtschafter vorgehen?

1. Umsetzung der Massnahmen gemäss Kap. 7.1 **oder**
2. Einzelfallabklärung

Falls Einzelfallabklärungen bevorzugt werden, sind folgende Punkte zu beachten:

### **Abzuraten ist...**

- Die Analyse von Lebensmitteln oder Futtermitteln auf Schwermetalle ist aufgrund von stark variabel einwirkenden Grössen (Schiessverhalten auf der Anlage, Witterung, Art und Alter der Pflanzen) nicht sinnvoll.
- Die Analyse von «geschützten» Nahrungsmitteln (Erbsen, Getreide, Traubensaft) macht wenig Sinn, da keine hohen Schwermetall-Belastungen zu erwarten sind.
- Bodenuntersuchungen vor dem Schützenhaus sind kaum sinnvoll, da in diesem Bereich die unter 7.1 aufgeführten Massnahmen nicht weiter konkretisiert werden können.

### **Sinnvoll ist...**

- Blei soll als Leitelement selektioniert werden.
- Sinnvoll ist die genaue Kenntnis der Bodenbelastung im Bereich B des Kugelfangs; Probenahme und Analytik müssen durch ein anerkanntes Bodenlabor erfolgen.
- Es gelten folgende Nutzungseinschränkungen<sup>1)</sup>:  
über 200 mg Blei/kg TS → Verbot für Mähgrasnutzung und Beweidung.
- Für Nahrungsmittel gelten die unter Kap. 7.1 aufgeführten Massnahmen.
- Vor dem Schützenhaus gelten die unter Kap. 7.1 aufgeführten Massnahmen.

<sup>1)</sup> Gemäss den Daten des vorliegenden Berichts werden die Schwellenwerte für Blei ab folgenden Bodengehalten überschritten: Beweidung durch Kühe bei 300 mg/kg TS, Mähgrasnutzung bei 150 mg/kg TS und Beweidung durch Schafe bei 100 mg/kg TS. Da diese Werte teilweise unter dem Prüfwert der VBBo liegen, wurde für die Festlegung der Nutzungseinschränkungen der etwas höher liegende Prüfwert der VBBo herangezogen.