

Aus Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

## **Schießsport und innere Bleibelastung**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Matthias Demmeler

aus  
Rosenheim

2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. D. Nowak

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Wolfgang Eisenmenger

Prof. Dr. med. Clemens von Schacky auf Schönfeld

Prof. Dr. med. Angela Schuh

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. rer. nat. R. Schierl

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.2009

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	- 5 -
1.1 Blei - Eigenschaften und Grenzwerte.....	- 5 -
1.1.1 Allgemeines.....	- 5 -
1.1.2 Chemische Eigenschaften .....	- 6 -
1.1.3 Vorkommen.....	- 6 -
1.1.4 Toxikokinetik .....	- 6 -
1.1.5 Toxizität .....	- 7 -
1.1.6 Wirkmechanismus .....	- 8 -
1.1.7 Grenzwerte .....	- 9 -
1.1.8 Belastung durch Blei in der Arbeitswelt .....	- 12 -
1.1.9 Belastung durch Blei im privaten Umfeld.....	- 13 -
1.2 Fragestellung .....	- 15 -
2. Methode.....	- 17 -
2.1 Untersuchungskollektiv.....	- 17 -
2.1.1 Rekrutierung von Schützenvereinen .....	- 17 -
2.1.2 Untersuchungskollektiv.....	- 17 -
2.1.3 Aufklärung der Probanden .....	- 18 -
2.1.4 Einverständniserklärung und Fragebogen.....	- 19 -
2.1.5 Venenpunktion .....	- 19 -
2.1.6 Ergebnismitteilung .....	- 20 -
2.2 Wischprobe an einer Waffe.....	- 21 -
2.3 Personenbezogene Luftmessungen .....	- 23 -
2.4 Untersuchungsmethoden der gewonnenen Proben .....	- 24 -
2.4.1 Bestimmung der Bleikonzentration im Blut.....	- 24 -
2.4.2 Bestimmung von Blei in Wisch- und Luftproben .....	- 24 -
2.5 Statistische Auswertungen .....	- 24 -
3. Ergebnisse .....	- 25 -
3.1 Bleikonzentration im Vollblut.....	- 25 -
3.1.1 Vergleich Schützen – Normalbevölkerung .....	- 25 -
3.1.2 Einfluss der einzelnen Schießsportarten .....	- 28 -
3.1.2.1 Übersicht .....	- 28 -
3.1.2.2 Ergebnisse für Kleinkaliberschützen.....	- 30 -
3.1.2.3 Schützen von „scharfen“ Waffen und Luftdruckwaffen im Vergleich .....	- 31 -
3.1.3 Einfluss der Schießgewohnheiten .....	- 32 -
3.1.3.1 Trainingszeit.....	- 32 -
3.1.3.2 Schusszahl .....	- 35 -
3.1.3.3 Anzahl Personen am Stand.....	- 37 -
3.2 Blei in Wischproben.....	- 39 -
3.3 Blei in einer Luftprobe .....	- 39 -
4. Diskussion .....	- 40 -
4.1 Vorteile und Nachteile der Studie .....	- 40 -
4.2 Vergleich Schützen - Normalbevölkerung .....	- 42 -
4.3 Einfluss der einzelnen Schießsportarten und der Schießgewohnheiten .....	- 45 -
4.4 Umgebungsmonitoring.....	- 48 -
4.5 Lösungsansätze und Ausblick .....	- 49 -

5. Zusammenfassung .....	- 54 -
6. Literatur .....	- 56 -
7. Anhang .....	- 61 -
7.1 Anhang 1: Aufklärungsbogen .....	- 62 -
7.2 Anhang 2: Einverständniserklärung und Fragebogen .....	- 63 -
8. Danksagung .....	- 64 -
9. Lebenslauf .....	- 65 -

# 1. Einleitung

## 1.1 Blei - Eigenschaften und Grenzwerte

### 1.1.1 Allgemeines

Der Mensch macht sich Rohstoffe seit Anbeginn seiner Existenz zu Nutze. So sind der Wissenschaft oberflächliche Abbauungen in Europa um 50.000 vor Christus bekannt. Aus dem späten 8. Jahrhundert ist ein in Gimn e, das im Westen von Frankreich anzutreffen ist, gelegenes Bleierzbergbaurevier bekannt, welches ein Ausmaß von circa 7 Hektar gehabt haben soll (Zimmermann o.J.). Die Verwendung von Blei war dem Menschen aus wirtschaftlicher und materieller Sicht sicher eine große Hilfe, so hat er sich aber auch mit den gesundheitlichen Konsequenzen auseinandersetzen müssen. Zum Teil wird spekuliert, dass neben Quecksilber oder Arsen unter anderem auch bleihaltige Nahrungsmittel bei Mozart eine Intoxikation verursacht haben sollen (Ludewig 2006). Rechtsmediziner der Universitäten Düsseldorf und Göttingen stellten die Hypothese auf, Heinrich Heine sei an einer Bleivergiftung gestorben, wobei der Neurologe Prof. Roland Schiffter eher davon ausgeht, dass Heine an einer meningovaskul ren Lues erkrankte (Klinkhammer 2005).

In der Gegenwart spielt eine akute und chronische Bleibelastung der deutschen Gesamtbevölkerung unter anderem durch Maßnahmen der Legislative praktisch keine Rolle mehr. Eine der wichtigsten Maßnahmen war die starke Reduzierung von verbleitem Benzin. Vor 1972 enthielt Benzin bis zu 5 Gramm Blei pro Liter. Danach wurde der Gehalt auf 0,4g reduziert. Am 01.01.1976 trat in Deutschland das Benzin-Blei-Gesetz in Kraft, das den Bleigehalt im Benzin auf 0,15 Gramm pro Liter begrenzte. Seit 1988 ist bleihaltiges Benzin in Deutschland verboten. Bleiadditive im Benzin, sog. „Anti-Klopfmittel“, sind auf europäischer Ebene seit dem 01.01.2000 durch die Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments nicht mehr erlaubt (UBA 2001), so dass heute die Bleiaufnahme aus der Luft in Deutschland mit einem Anteil von weniger als 5% gering ist (Becker et al 1998). In den U.S.A. wurde das bleihaltige Benzin ab den 70er Jahren immer mehr vom Markt verdrängt, und im Februar 1996 von der U.S. Environmental Protection Agency (EPA) völlig verbannt (ATSDR 2000).

### 1.1.2 Chemische Eigenschaften

Blei (Pb, lat. plumbum) ist das 82. chemische Element des Periodensystems mit einer relativen Atommasse von 207,2 g/mol. Es ist ein bläulichweiß aussehendes Schwermetall, das durch seine leichte Schmelzbarkeit (Schmelzpunkt: 327°C) aus Erzen sowie durch seinen weichen und dehnbaren Charakter gekennzeichnet ist.

### 1.1.3 Vorkommen

Anorganische Verbindungen von Blei lassen sich z.B. in Farben, Akkumulatoren, Rostschutzgrundierungen oder Chemikalien finden. Blei-Pigmente wurden und werden zum Teil noch u.a. aufgrund des günstigen Preis-Leistungs-Verhältnisses zur Produktion von Hart- und Weich-PVC-Kunststoffprodukten eingesetzt, um diese gegen Zersetzung durch Licht oder Temperatur zu schützen. Des Weiteren ermöglichen Blei-Pigmente eine gleichmäßige, gut deckende Einfärbung bestimmter Werkstoffe (Böhm 2003).

Organische Bleiverbindungen wie z.B. sog. Bleizucker ( $\text{Pb}[\text{CH}_3\text{COO}]_3$ ) wurden historisch in der Medizin verwendet. Weitere organische Verbindungen sind Bleitetraethyl ( $\text{Pb}[\text{C}_2\text{H}_5]_4$ ) als ehemaliges Antiklopfmittel in Treibstoffen und Bleitetramethyl (Aktories et al 2005).

### 1.1.4 Toxikokinetik

In der Regel wird Blei über die Atemwege und über den Gastrointestinaltrakt (GI-Trakt) aufgenommen. Es werden geschätzte 30 bis 40% des eingeatmeten Bleis in der Lunge resorbiert und gehen somit in den menschlichen Körper über. Die gastrointestinale Resorption des Schwermetalls hängt zum einen vom Alter ab. Erwachsene nehmen circa 10 bis 15% auf, während dessen Säuglinge und Kleinkinder bis zu 50% über den GI-Trakt resorbieren. In den U.S.A. wurde die Anzahl der Kinder zwischen einem und fünf Jahren mit erhöhten Blutbleiwerten ( $\geq 100 \mu\text{g/l}$ ) in den Jahren 1999 bis 2000 auf 434.000 geschätzt, wobei in den Vereinigten Staaten Bleiwerte bei Kindern von  $\geq 100 \mu\text{g/l}$  als Überschreitung des "level of concern" gelten (CDC 2004). Der andere Faktor ist der Ernährungszustand. Eisenmangel wird bei Kindern mit einem erhöhten Blutbleiwert und Calcium-Nahrungsergänzung mit erniedrigter Resorption von Blei in Verbindung gebracht. Vermehrte Aufnahme von Phosphaten, alkoholischen Getränken und Magnesium verringert die Bleiresorption, wobei

ein Mangel an Vitamin D das Gegenteil bewirkt. Gut resorbiert werden organische Bleiverbindungen aufgrund ihrer Lipophilie über die Atemwege und über die Haut.

Im Blut angekommen wird das zirkulierende Blei bis zu 99% für etwa 30 bis 35 Tage an die Erythrocytenmembran gebunden. Nur circa 1% des resorbierten Bleis kann im Plasma und im Serum nachgewiesen werden. Innerhalb der nächsten vier bis sechs Wochen nach der Aufnahme in den Blutkreislauf wird das Schwermetall zunächst ins Weichteilgewebe wie Leber, Nierencortex, Milz und Gehirn verteilt, und lagert sich anschließend zu 90% im Knochen ab. Die Halbwertszeit von Blei im Blut beträgt in etwa 20 bis 30 Tage, wohingegen die Halbwertszeit im Knochen, in dem die Hauptmenge (Bleidepot) als schwer lösliches Bleiphosphat gebunden ist, mit 20 bis 30 Jahren angegeben wird (Patrick 2006). Eliminiert wird das resorbierte Blei über die Niere, mit der Galle und in Spuren in Haaren, Nägeln, Muttermilch und Schweiß.

#### 1.1.5 Toxizität

Bei der Bleiintoxikation muss man zwischen einer akuten und einer chronischen Vergiftung unterscheiden, wobei sich typische Symptome in Abhängigkeit von der Blutkonzentration zeigen (Tabelle 1). Bei einer akuten Intoxikation liegen Koliken mit Übelkeit, Obstipation und abdominalen Schmerzen sowie einer erniedrigten Herzfrequenz und erhöhtem Blutdruck vor. Weitere akute Symptome sind u.a. Desorientierung, Schlaflosigkeit, Teilnahmslosigkeit, Aggressivität sowie Lähmungserscheinungen. Diese Symptomatik geht der Enzephalopathie voraus (Reichl 2000). Die Symptome der chronischen Intoxikation sind u.a. abdominale Schmerzen, Obstipation, Übelkeit und Erbrechen, abdominale Krämpfe, Appetitlosigkeit, Depression, Konzentrationsstörungen und Impotenz (Patrick 2006). Ein besonders empfindlicher Bereich ist das sich bei Kindern entwickelnde Nervensystem.

**Tabelle 1:** Dosisabhängige Toxizität von Blei (ATSDR 2006)

Personengruppe	Wirkung	Pb-B- $\mu\text{g/l}$
Kinder	↓ ALAD*-Aktivität	<50
	sich entwickelndes Nervensystem	<100
	sexuelle Reifung	<100
	↓ Vitamin D	>150
	↑ erythrozytäres Porphyrin	>150
	↓ Nervenleitungsgeschwindigkeit	>300
	↓ Hämoglobin	>400
Erwachsene	Kolik	>600
	↓ glomeruläre Filtrationsrate	<100
	↑ Blutdruck	<100
	↑ erythrozytäres Porphyrin (Frauen)	>200
	Proteinurie	>300
	Periphere Neuropathie	>400
	neurologisch bedingte Verhaltensänderung	>400
	↓ Fertilität	>400
↓ Hämoglobin	>500	

\* Aminolävulinsäure-Dehydratase

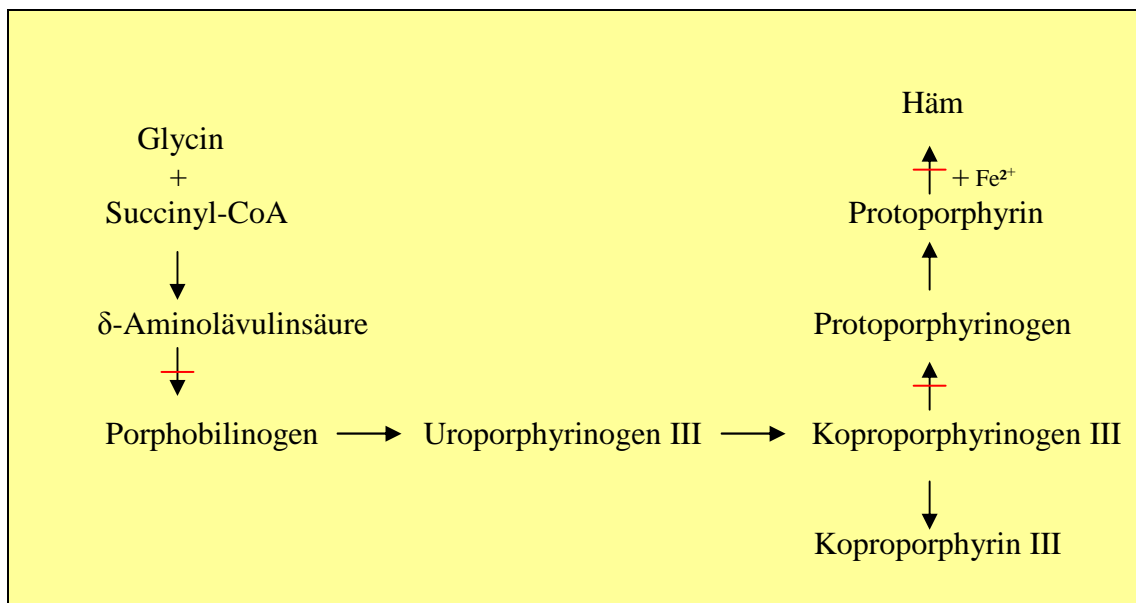
Blei und seine anorganischen Verbindungen sind als „Krebserzeugend Kategorie 2“ sowie als „Keimzellmutagen Kategorie 3A“ eingestuft (DFG 2006). Die klastogene Wirkung von Blei bei exponierten Arbeitern und die Bioverfügbarkeit in Keimzellen führt zur Einstufung in die Kategorie 3A für Keimzellmutagene (MAK- und BAT-Werte-Liste 2004). Der Mechanismus der Kanzerogenität ist zwar nicht vollständig geklärt, so sind allerdings viele Einzeleffekte des Bleis beobachtet worden, die das Entstehen von Krebs fördern können. Blei-Ionen können alle regulatorischen und katalytischen Mechanismen stören, die physiologisch unter Mitwirken von Calcium- und Zink-Ionen ablaufen. Blei-Ionen können in vielen Zellarten diese Calcium- und Zink-Ionen verdrängen und somit anormale Wirkungen entfalten. Der Austausch von Calcium durch Blei führt zu gestörten Calciumsignalen, was wiederum zu chronischer Neurotoxizität führen kann. Studien von Blei-exponierten Personen zeigen, dass die Nervenleitgeschwindigkeiten reduziert und die Effekte im Nervus medianus am stärksten ausgeprägt sind (MAK- und BAT-Werte-Liste 2000).

#### 1.1.6 Wirkmechanismus

Blei beeinflusst die Hämoglobinsynthese in mehreren Bereichen. Durch die Beeinträchtigung werden innerhalb der Biosynthese entstehende, nicht weiter verwertete Produkte im



Organismus angereichert oder mit dem Harn ausgeschieden. Blei wirkt selektiv auf das Enzym  $\delta$ -Aminolävulinsäure-Dehydratase ( $\delta$ -ALAD) und hemmt dieses, so dass vermehrt  $\delta$ -Aminolävulinsäure, ein wichtiger Diagnoseparameter, entsteht. Als zweites anfallendes Zwischenprodukt ist der braune Farbstoff Koproporphyrin III zu nennen, der den Harn und die Haut dunkelbraun verfärbt. Die dritte Stufe ist die Hemmung des Eiseneinbaus in Protoporphyrin IX. Dies führt zu einer hypochromen Anämie und zur Entstehung stark basophiler Erythrozyteneinschlüsse, die unter dem Mikroskop als basophile Tüpfelung auffällig werden können. Weiter kommt es zur Erythrozytenverformung (Aktories et al 2005).



**Abbildung 1:** Vereinfachtes Schema der Hämsynthese mit den drei Angriffspunkten von Blei

### 1.1.7 Grenzwerte

Gemäß der Empfehlung der Kommission „Humanbiomonitoring“ beim Umweltbundesamt werden die HBM-Werte „auf der Grundlage von toxikologischen und epidemiologischen Untersuchungen im Sinne eines expert judgement“ abgeleitet. Des Weiteren beschreibt das UBA die HBM-Werte als „eine wichtige Methode zur Bewertung der korporalen Schadstoffbelastung von Einzelpersonen und Bevölkerungsgruppen“. In Bezug auf den Umgang mit den HBM-Werten in der Praxis weist die Kommission darauf hin, „dass die HBM-Werte kein Niveau angeben, bis zu dem "aufgefüllt" werden kann. Bei der Anwendung der HBM-Werte sind ferner Anamnese, Symptomatik und zeitliche Zusammenhänge zu

berücksichtigen, um unter anderem Präventionsmaßnahmen nicht zu behindern“. Die HBM-Werte definiert das Umweltbundesamt wie folgt (UBA 2006):

— HBM-I:

„Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach dem Stand der derzeitigen Bewertung durch die Kommission nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist und sich somit kein Handlungsbedarf ergibt“. Für Blei im Vollblut gilt bei Kindern bis einschließlich 12 Jahren und bei Frauen bis einschließlich dem 45. Lebensjahr ein HBM-I-Wert von 100 µg/l. Für Frauen über 45 Jahren sowie für Männer gilt ein Wert von 150 µg/l.

— Werte zwischen dem HBM-I und dem HBM-II:

„Eine Überschreitung des HBM-I-Wertes und gleichzeitiger Unterschreitung des HBM-II-Wertes sollte Anlass sein, den Befund durch weitere Messungen zu kontrollieren, bei Bestätigung des Befundes nach spezifischen Belastungsquellen zu suchen und gegebenenfalls die Quelle unter vertretbarem Aufwand zu minimieren oder zu eliminieren. Für den Bereich zwischen HBM-I-Wert und HBM-II-Wert existieren aus wissenschaftlich anerkannten Studien keine sicheren Belege, weder für eine Gefährdung der Gesundheit noch für eine sichere gesundheitliche Unbedenklichkeit. Der HBM-I-Wert ist quasi als Prüf- oder Kontrollwert anzusehen“.

— HBM-II:

„Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Überschreitung nach dem Stand der derzeitigen Bewertung durch die Kommission eine als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist, so dass akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung besteht und eine umweltmedizinische Betreuung (Beratung) zu veranlassen ist. Der HBM-II-Wert ist somit als Interventions- und Maßnahmenwert anzusehen“. Für Blei im Vollblut gilt bei Kindern bis einschließlich 12 Jahren und bei Frauen bis einschließlich dem 45. Lebensjahr ein HBM-II-Wert von 150 µg/l. Für Frauen über 45 Jahren sowie für Männer gilt ein Wert von 250 µg/l.

**Tabelle 2:** Schematische Darstellung der HBM-Werte

Gesundheitsgefährdung		Handlungsbedarf	
möglich		- umweltmedizinische Betreuung - akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung	
<b>HBM-II</b>			
nicht ausreichend ausgeschlossen		- Kontrolle der Werte - Suche nach Belastungsquelle und ggf. Belastungsreduktion	
<b>HBM-I</b>			
unbedenklich		kein Handlungsbedarf	

Weitere Grenzwerte in der Arbeits- und Umweltmedizin sind die MAK-(Maximale Arbeitsplatzkonzentration)-Werte und BAT-(Biologische Arbeitsstofftoleranz)-Werte. Der Senat zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) veröffentlicht am 1. Juli jedes Jahres Vorschläge für die MAK- und BAT-Werte und übergibt sie dem Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) überprüft die Vorschläge und empfiehlt dann in der Regel diese in die Gefahrstoff-Verordnung zu übernehmen (DFG 2006).

— MAK-Wert:

„Die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel täglich achtstündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt“. MAK-Werte stellen Schichtmittelwerte dar (Nowak 2006). Der MAK-Wert für Blei wurde schon 2004 aufgrund der erwiesenen Genotoxizität aus der MAK-Liste gestrichen. Davor galt ein Wert von 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

— BAT-Wert:

„Die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Arbeitsstoffes bzw. Arbeitsstoffmetaboliten oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen

Kenntnis im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten auch dann nicht beeinträchtigt, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelhaft erzielt wird“. Somit sind BAT-Werte ein Maß für die innere Belastung (Nowak 2006). Für Frauen >45 Jahre und für Männer gilt für Blei ein Wert von 400 µg/l Blut, wohingegen der Wert für Frauen <45 Jahre bei 100 µg/l Blut festgelegt ist. Es wird heute in diesem Zusammenhang allerdings nicht mehr von BAT-Werte gesprochen, sondern vom sog. „Biologischen Leitwert“.

Die in der Liste genannten Stoffe werden zusätzlich klassifiziert nach fruchtschädigenden, keimzellmutagenen und krebserzeugenden Charakteren. Blei und seine anorganischen Verbindungen (einatembare Fraktion) wurden im Jahre 2006 von der DFG als „Krebserzeugend Kategorie 2“ eingestuft (DFG 2006). Damit gilt: „im Tierversuch eindeutig krebserzeugend unter Bedingungen, die der möglichen Exposition des Menschen entsprechen“.

#### 1.1.8 Belastung durch Blei in der Arbeitswelt

In der TRGS 505 (Technische Regeln für Gefahrstoffe 2007) sind insgesamt 24 berufliche Tätigkeiten mit bleihaltigen Gefahrstoffen aufgelistet. Dazu zählt unter anderem das Auftragen von bleihaltigen Dekorfarben auf Emaille, Glas und Keramik in Form von Paste oder von erstarrten Thermoplasten, Weichlötten mit bleihaltigen Loten, Verhütten von Bleierzen und Bleikonzentraten (Primär-Bleihütten), Recycling von bleihaltigen Abfällen und Sekundärrohstoffen (Sekundär-Bleihütten), Raffinieren von Blei, Anrichten und Einlegen von Bleiglasgemengen sowie das Auftragen von bleihaltigen Anstrichstoffen (Restaurierung) oder anderen bleihaltigen Produkten durch Spritzverfahren. Weitere Tätigkeiten sind die Verwendung von pulverförmigen Bleiverbindungen bei der Herstellung von Farben (Restaurierung), Akkumulatoren und Gegenständen aus Kunststoff bzw. das Herstellen, Transportieren und Einbauen von Ladungsträgern in der Akkumulatorenindustrie. Ein weiterer, insbesondere für den beruflichen Schützen wichtiger Punkt ist, dass auch das Verwenden von bleihaltigen Explosivstoffen (Munition und Spezialsprengmaterial) und Reinigen von Plätzen (u.a. Schießstände), auf denen diese Materialien angewandt wurden, in der TRGS 505 aufgelistet ist.

### 1.1.9 Belastung durch Blei im privaten Umfeld

Die Hauptquelle der Bleibelastung des Menschen sind Lebensmittel. Die Belastung der deutschen Erwachsenen wird zu 80% durch Nahrungsmittel hervorgerufen, wenn man von Kontaminationen im Arbeitsbereich absieht (Becker et al 1998). Die tägliche aufgenommene Bleimenge liegt beim Erwachsenen zwischen 0,5 und 30 µg/Tag (Aktories et al 2005).

Der Trinkwassergrenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) wurde am 1. Dezember 2003 von 40 µg/l auf 25 µg/l gesenkt und soll im Jahre 2013 auf 10 µg/l reduziert werden. Damit spielt das Trinkwasser als potentielle Belastungsquelle für Blei in Zukunft eine noch geringere Rolle. In diesem Zusammenhang sollte aber auf die Problematik der Verwendung von Bleirohren für die Trinkwasserversorgung hingewiesen werden. Seit 1973 werden in der Bundesrepublik Deutschland keine Rohre dieser Materie mehr für die Versorgung mit Trinkwasser eingebaut. In Süddeutschland sind sie seit mehr als 100 Jahren verboten, während dessen solche Bleirohre immer noch in 10 bis 15% der Häuser städtischer Verdichtungsgebiete außerhalb des süddeutschen Raumes in Betrieb sind. Kinder, junge Frauen, Schwangere und stillende Mütter werden in diesen Fällen angehalten, abgepacktes Wasser zu konsumieren. Sind Bleirohre als Teil der Versorgungskette bekannt, sollte Säuglingsnahrung unter keinen Umständen mit Leitungswasser zubereitet werden. Langfristig kann dieses Problem nur durch den Austausch dieser Rohre behoben werden (UBA 2003).

Es treten, wenn auch selten, Fälle von erhöhten Blutbleiwerten auf, deren Ursachen nicht durch die berufliche Tätigkeit der betroffenen Person erklärt werden können. So sind Bleiintoxikationen mit kriminellen Hintergrund aus Jugoslawien und Ungarn beschrieben (Meißner 1998). In diesen Ländern erkrankten Menschen durch den Verzehr von verunreinigtem Paprikapulver. Dem Lebensmittel wurde zur Verbesserung der Rotfärbung Mennige (bleihaltige Rostschutzfarbe) zugeführt. Ein Patient wies dadurch einen Blutbleiwert von 1000 µg/l auf. Als eine weitere Ursache für erhöhte Bleiwerte im Blut sind im Körper verbliebene bleihaltige Geschosse zu betrachten. Als Beispiel ist ein 33 Jahre alter Mann zu nennen, der unter anderem an Appetitlosigkeit, Depressionen, Nervosität und an rezidivierender Sinusitis maxillaris litt. Der behandelnde HNO-Arzt entdeckte schließlich ein sich im Sinus maxillaris befindliches Bleidiabolo, das nach 16 Jahren Verweildauer entfernt wurde. Es kam 4 Wochen nach der Entfernung zur Spontanheilung aller Symptome. Bleihaltige Salben und traditionelle Volksheilmittel können zu erhöhten Blutbleiwerten führen. Bei einem 6 Monate alten Säugling, der durch unspezifische Bauchbeschwerden und

Anämie auffällig geworden war, konnte ein Blutbleiwert von 2570 µg/l gemessen werden. Als Ursache wurde eine Salbe identifiziert, welche die Mutter zur Pflege ihrer Brüste während der Stillzeit verwendete. Die Salbe enthielt 37500 µg Blei/g. Bleivergiftungen können auch durch Einnahme von traditionellen Heilmitteln auftreten, wie der chinesischen Medizin „Hai Ge Fen“ oder der Heilmittel der indischen Heilkunst Ayurveda. Im Jahre 2003 suchte die Gesundheitsbehörde von New York City, USA nach möglichen Ursachen für den Blutbleiwert von 150 µg/l eines 12 Monate alten Kindes. Als Quelle der Bleibelastung wurde glasierte französische Keramik ausfindig gemacht, welche das Kind regelmäßig benutzte (CDC 2004). Ein Grund für erhöhte Bleiwerte im Blut von Sportschützen, insbesondere von Klein- und Großkaliberschützen, ist der in dieser Sportart weit verbreitete Gebrauch von bleihaltiger Munition.

## 1.2 Fragestellung

Schützenvereine gehören in Deutschland, insbesondere in Bayern und Niedersachsen zum festen Bestandteil vieler Städte und Gemeinden. So gehörten im Jahre 2005 dem Bayerischen Sportschützenbund BSSB e.V. 4.751 Vereine an, dem Landesverband Niedersachsen 1.680 Schützenvereine, dem Landesverband Hessen 1.125 Vereine und dem Landesverband Rheinland 1.103 Vereine, um die Verbände mit der höchsten Anzahl an gemeldeten Vereinen zu nennen. Dem Deutsche Sportschützenbund DSB e.V. waren im selben Jahr 15.124 Schützengesellschaften angehörig (Schilling o.J.).

Man kann die Vereine grob in zwei Kategorien aufteilen:

Zum einen gibt es Schützengesellschaften, die vor allem den Schießsport als Möglichkeit des Zusammenkommens und der Traditionspflege neben dem Schießen nutzen, welche auch als „Gesellschaftsvereine“ bezeichnet werden. Zum anderen gibt es Vereine, die darüber hinaus Leistungssport betreiben und somit bei möglichst vielen Trainingseinheiten und Wettbewerben, sei es auf Gauebene, auf Landesebene oder auf Bundesebene, auftreten.

Beide Arten von Schützengesellschaften haben folgendes gemeinsam:

Von der Jugend bis ins hohe Alter sind in der Regel alle Altersklassen im Verein anzutreffen. Luftdruckwaffen-Schützen, also Luftgewehr- oder Luftpistolenschützen machen in den einzelnen Landesverbänden des Deutschen Schützenbundes e.V. die Mehrzahl der Schützen aus, doch gibt es eine nicht zu vernachlässigende Anzahl an Sportschützen, die darüber hinaus oder explizit mit Kleinkaliberwaffen und/oder Großkaliberwaffen, seien es nun Lang- oder Kurzwaffen, regelmäßig trainieren und an Wettkämpfen teilnehmen. Zusätzlich muss man bedenken, dass es neben dem Deutschen Schützenbund e.V. auch noch weitere Dachverbände gibt, wie zum Beispiel den Bund Deutscher Sportschützen BDS e.V., den Bund der Militär- und Polizeischützen BDMP e.V., die Deutsche Schießsport Union DSU e.V. sowie die "International Practical Shooting Confederation" (IPSC). Die Verbände BDS e.V., BDMP e.V., DSU e.V. sowie die "International Practical Shooting Confederation" haben ihren Schwerpunkt auf das Großkaliberschießen gelegt. Die IPSC-Schützen bewegen sich mit geladener Waffe nach vorgegebenem Parcoursaufbau im Raum und verschießen dabei eine hohe Anzahl an Patronen.

Jeder Luftdruckwaffenschütze benutzt als Munition sogenannte Diabologeschosse, die er Schuss für Schuss per Hand in das Gewehr oder Pistole einlegt, wobei die Geschosse aus reinem Blei bestehen. Das „Diabolo“ wird bei Betätigung des Abzugs per Luftdruck mit weniger als 7,5 Joule durch den Lauf gepresst.

Klein- und Großkaliberschützen benutzen „scharfe“ Munition. Dabei wird durch das explosionsartige Verbrennen von Treibladungspulver, welches sich in der Patronenhülse befindet, Druck aufgebaut und damit das Projektil durch den Lauf gepresst. Um das Pulver zu entzünden, schlägt der Schlagbolzen der Waffe auf den Zünder der Patrone, der den Verbrennungsvorgang des Pulvers initiiert. Es gibt zwei Arten, wie der Zünder in die Patrone eingelassen ist: Bei der Randfeuerpatrone wird, wie der Name andeutet, der Rand des Bodens der Patrone durch den Schlagbolzen zusammengepresst und somit der Zünder zur Explosion gebracht. Diese Technik wird vor allem bei Kleinkalibermunition verwendet. Bei der Zentralfeuerpatrone schlägt der Schlagbolzen auf den zentral gelegenen Zünder des Patronenbodens. Diese Art findet bei Großkaliberpatronen Verwendung. Die unter Sportschützen gängigen Zünder sind bleihaltig.

In der Vergangenheit haben Studien mit Schützen gezeigt, dass der Gebrauch von bleihaltiger Munition zu einer erhöhten inneren Bleibelastung der Schützen führt. In Alaska konnten US-Behörden bei jungen Schulsportschützen erhöhte Blutbleiwerte feststellen (CDC 2005). In Schweden ergab eine Studie eine positive Korrelation des Blutbleiwertes von Polizisten mit der Anzahl der jährlich abgefeuerten Munition (Löfstedt et al 1999).

So stellt sich vor allem dem Umweltmediziner die Frage, ob und insbesondere wie stark die Schützen der unterschiedlichen Disziplinen, sprich Luftdruckwaffe, Kleinkaliber oder Großkaliber, von einer eventuellen Bleikontamination betroffen sind. Ziel ist es, ein Screening auf Bleibelastung im Blut bei Sportschützen durchzuführen, um eine Kontamination und deren Höhe bei Sportschützen erkennen, und diese nach den Human-Biomonitoring-(HBM)-Kriterien des deutschen Umweltbundesamtes genau einordnen zu können.



## **2. Methode**

### **2.1 Untersuchungskollektiv**

#### 2.1.1 Rekrutierung von Schützenvereinen

Da der Bayerische Sportschützenbund e.V. (BSSB e.V.) keine Auflistung über die einzelnen Vereine im Verband in Bezug auf deren tatsächlich ausgeübten Disziplinen zur Verfügung hat, sondern nur eine Liste über die dem BSSB e.V. angehörenden Schützenvereine, mussten zuerst diejenigen Gauschützenmeister angeschrieben werden, deren Gae und entsprechende Vereine in München und Umgebung liegen und somit die Mitglieder für eine eventuelle Blutentnahme in Frage kamen. Die Adressen der gesuchten Sportfunktionäre sind auf der Homepage des BSSB e.V. unter der Rubrik „Gae“ entnommen worden. Die ausgesuchten Gauschützenmeister wurden über das geplante Vorhaben schriftlich informiert und gebeten, dem Institut Adressen von Klein- und Großkalibervereinen zukommen zu lassen. Dabei wurde ihnen über auffällig hohe, im Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität gemessene Blutbleiwerte von IPSC-Schützen, welche zwischen 280 µg/l und 750 µg/l lagen, berichtet. Dem Schreiben konnten die Gauschützenmeister auch die HBM-Werte für Blei und deren Bedeutung, sowie das Vorhaben, Blut von Schützen auf Bleibelastung bei freiwilliger Teilnahme im Rahmen einer Doktorarbeit zu untersuchen, entnehmen. Des Weiteren wurde jedem Brief exemplarisch der erarbeitete Aufklärungsbogen sowie der Fragebogen beigelegt. Mit den zugeschickten Adresslisten konnte den jeweiligen Schützenmeistern oder Sportleitern telephonisch oder schriftlich das Thema erneut vorgestellt werden und nach Absprache innerhalb des Vereins bei Interesse ein Termin zur Blutentnahme vereinbart werden.

#### 2.1.2 Untersuchungskollektiv

Die Blutentnahme wurde in den jeweiligen Vereinsheimen separat vom Schützenhauptbetrieb durchgeführt. Die Termine sind so gelegt worden, dass die Entnahme während eines Schießtrainings oder Wettbewerbes erfolgte, um möglichst vielen Schützen die Teilnahme an der Untersuchung zu ermöglichen, ohne extra für die Blutentnahme zum Vereinsheim kommen zu müssen. Somit ist der Aufwand für den einzelnen Schützen minimal gehalten worden. Bei insgesamt vier Schützen erfolgte die Abnahme im Privatbereich des Probanden.

In diesen Fällen stand der Verein für die Blutentnahme nicht zur Verfügung oder es handelte sich um individuelle Termine. Insgesamt wurden 131 Personen punktiert, wobei darunter ein Vereinswart und eine Standaufsicht waren. Der Vereinswart wurde nur beim Vergleich mit der Normalbevölkerung in die Auswertung mit einbezogen. Da die Standaufsicht beim Training mit scharfen Waffen tätig war, wurde diese Person in den jeweiligen Auswertungen berücksichtigt.

**Tabelle 3:** Beschreibung des Untersuchungskollektiv

Teilnehmeranzahl	131
Anzahl Vereine	11
Anzahl Einzelabnahmen	4
Anzahl Männer	122
Anzahl Frauen	9
Durchschnittliches Alter (angegeben in Jahre)	49,4
Standardabweichung Alter (angegeben in Jahre)	13,5
Durchschnittliche Zeit der Sportausübung (angegeben in Jahre)	20,0
Standardabweichung Zeit der Sportausübung (angegeben in Jahre)	12.9

**Tabelle 4:** Aufgliederung der Schützen nach der ausgeübten Sportart

Ausgeübte Sportart	Schützen
Luftdruckwaffen	20
Rein Kleinkaliber	6
Luftdruckwaffen und Kleinkaliber	9
Kleinkaliber und Großkaliber	51
Rein Großkaliber	32
IPSC	11

### 2.1.3 Aufklärung der Probanden

Jeder Schütze, der sich für die Teilnahme interessierte, erhielt vor der Entnahme einen Aufklärungsbogen, den er für seine persönlichen Unterlagen mitnehmen konnte. Der Freiwillige hatte genug Zeit sich den Aufklärungsbogen durchzulesen und dazu Fragen zu

stellen. Darüber hinaus erhielt jeder einzelne Proband mit dem schriftlichen Bogen eine mündliche Aufklärung, die den Inhalt des Aufklärungsbogens widerspiegelte, und zwar unabhängig davon, wie gründlich der Teilnehmer den Bogen durchgelesen hatte.

Der Aufklärungsbogen „Untersuchung auf mögliche Bleibelastung im Blut durch Ausübung eines Schießsports“ beinhaltete allgemeine Informationen über die HBM-Werte des Umweltbundesamtes und den Anlass dieser Untersuchung (siehe Anhang 1). Der Proband ist auf die ärztliche Schweigepflicht und auf die anonymisierte wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse hingewiesen worden. Der Teilnehmer wurde über die zu entnehmende Blutmenge mit ausschließlicher Erhebung des Bleiwertes informiert.

#### 2.1.4 Einverständniserklärung und Fragebogen

Die Einverständniserklärung war für jeden Teilnehmer vor der Punktion obligat. Mit der datierten Unterschrift gab der Proband sein Einverständnis und erklärte, dass er den Aufklärungsbogen erhalten hat und über den Grund der Untersuchung ausreichend informiert wurde. Bei den vier minderjährigen Schützen musste zusätzlich ein Elternteil unterschreiben.

In dem Fragebogen machte der Proband im ersten Teil Angaben zur Person selbst. Es wurde der Name, der Vorname, das Geburtsdatum und diejenige Anschrift angegeben, zu der das Ergebnis der Blutanalyse gesendet werden sollte. Im zweiten Teil wurde der Schütze gebeten, Angaben zu seinem ausgeübten Schießsport zu machen. Hierbei wurde er nach der Sportart, seit wann er diese ausübt, wie oft er diese praktiziert und nach der Schussanzahl pro Trainingseinheit befragt. Weiter ist die Anzahl der sich direkt am Stand befindlichen Personen, bei Großkaliber die Art des Projektils und die pro Trainingseinheit direkt am Schießstand verbrachte Zeit eruiert worden. Der genaue Aufbau kann dem Anhang 2 entnommen werden.

#### 2.1.5 Venenpunktion

Die Punktion erfolgte ausnahmslos an der oberen Extremität in sitzender Körperhaltung. Als Hautdesinfektionsmittel fand Cutasept® F des Herstellers Bode Chemie Hamburg Verwendung. Für die Entnahme kamen Flügelkanülen (Wing-Flo™) der Firma Intermedica GmbH zum Einsatz. Weiterer Bestandteil des Entnahmebestecks waren 2,7 ml K-EDTA-

Monovetten (S-Monovette<sup>®</sup>) der Firma Sarstedt. Diese Monovetten sind speziell für die Schwermetallanalytik produziert und weisen nur vernachlässigbare Blindwerte auf.

Die Teilnehmer wurden zwei bis drei Wochen nach der Entnahme schriftlich vom Institut über den gemessenen Blutbleiwert informiert. Der Brief wurde zur Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht an die im Fragebogen angegebene Adresse und nicht an den entsprechenden Verein verschickt.

#### 2.1.6 Ergebnismitteilung

— Brief für Blutwerte unterhalb des Referenzbereichs:

Dem Probanden wurde mitgeteilt, dass sein Bleiblutwert unterhalb des Referenzwertes von 76 µg/l liegt und somit unauffällig ist. Weiter wurde erneut über die vom Umweltbundesamt festgelegten Schwellenwerte informiert, wie dies bereits im Aufklärungsbogen erfolgte.

— Brief für Blutwerte zwischen dem Referenzwert von 76 µg/l und dem HBM-I-Wert:

Der Schütze wurde darauf hingewiesen, dass sein Blutbleiwert im statistischen Vergleich mit seiner Altersgruppe (Referenzwert von 76 µg/l) etwas erhöht ist. Wiederum wurden, wie im Aufklärungsbogen, die Schwellenwerte des Umweltbundesamtes erklärt. Dem Schützen ist dargestellt worden, dass er mit seinem Wert zwischen dem Referenzwert und dem HBM-I-Wert von 150 µg/l liegt und somit kein akuter Handlungsbedarf vorliegt. Er solle sich aber überlegen, ob eine Reduzierung seiner Bleibelastung möglich ist. Auf eine eventuelle Umstellung auf Vollmantelgeschosse und auf sorgfältigen Umgang mit Munition ist hingewiesen worden. Weiter wurde dem Schützen angeboten, seinen Bleiwert zu einem späteren Zeitpunkt im Institut kontrollieren zu lassen.

— Brief für Blutwerte zwischen dem HBM-I-Wert und dem HBM-II-Wert:

Schützen, die mit ihren Blutbleiwerten zwischen dem HBM-I-Wert und dem HBM-II-Wert lagen, wurden über den gemessenen Wert informiert und darauf aufmerksam gemacht, dass der Blutwert über dem statistischen Wert der Altersgruppe liegt. Nach der erneuten kurzen Darstellung der Bedeutung der HBM-Werte des Umweltbundesamtes erfolgte der Hinweis, dass sich für den Schützen kein akuter Handlungsbedarf ergibt. Trotzdem sollte der Schütze eine Reduzierung der Bleibelastung anstreben, auf Vollmantelgeschosse umstellen sowie Munition sorgfältig handhaben. Dem Schützen wurde eine Kontrolle des Blutbleiwertes im Institut angeboten.

— Brief für Blutwerte über dem HBM-II-Wert von 250 µg/l:

Neben dem gemessenen Blutbleiwert wurde der Schütze informiert, dass sein Wert im statistischen Vergleich mit seiner Altersgruppe (Referenzwert von 76 µg/l) erhöht ist. Dem Schützen wurde, wie im Aufklärungsbogen, die Schwellenwerte und deren Bedeutung erklärt. Da er über dem HBM-II-Wert lag, ist er von Seiten des Institutes angehalten worden, seine Bleiexposition zu reduzieren und sich, wenn möglich, mit seinem Hausarzt in Verbindung zu setzen oder sich in der umweltmedizinischen Ambulanz des Institutes beraten zu lassen. Zudem wurde geraten, den Blutbleiwert zu einem späteren Zeitpunkt erneut kontrollieren zu lassen.

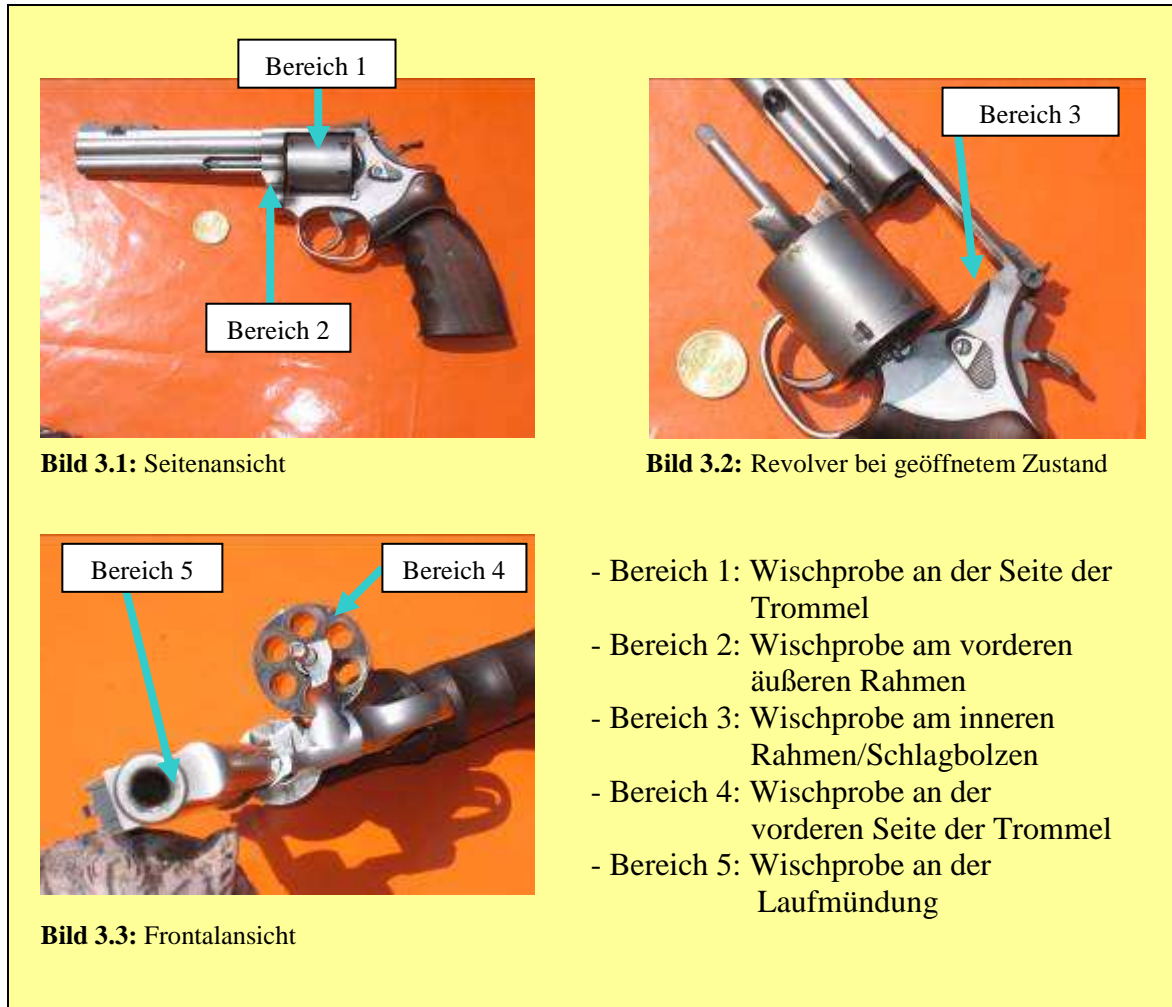
## **2.2 Wischprobe an einer Waffe**

Für die Wischprobe wurde ein Stainless-Steel Revolver der Firma Smith&Wesson<sup>®</sup> mit der Munitionsart .357 Magnum verwendet. Die Lauflänge beträgt 6 Zoll. Geschossen wurde genau eine Stunde lang bei insgesamt 80 Schuss mit der oben genannten Munitionsart .357 Magnum der Firma MachTech<sup>®</sup>. Bei den Geschossen handelte es sich ausnahmslos um Bleiprojektile (Abbildung 2).

Der Revolver wurde vor der Wischprobe gründlich von Verbrennungsrückständen befreit. Als Poliermittel wurde Flitz<sup>®</sup> Metall-Polierer und Fiberglass-Reiniger der Firma Flitz International, LTD. verwendet. Weitere Anwendung fand das Waffenöl Ballistol-Klever<sup>®</sup> der Firma F.W. Klever, Chem.-Pharm. Fabrik und das Waffenspray Rem<sup>®</sup>Oil der Firma Remington<sup>®</sup> Arms Co., Inc.. An der benutzten Waffe sind an insgesamt fünf Bereichen je eine Wischprobe durchgeführt worden (Abbildung 3).



**Abbildung 2:** Für die Wischproben verwendete .357 Magnum Munition

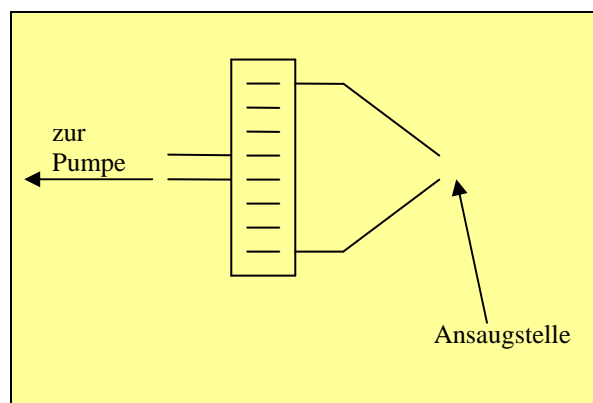


**Abbildung 3:** Darstellung der Wischprobenbereiche an der Waffe

## 2.3 Personenbezogene Luftmessungen

Eine Pumpe der Firma Gilian<sup>®</sup> wurde zur personenbezogenen Luftmessung am Gürtel des Schützen angebracht. Der Luftfilter selbst befand sich in einem Ansaugkopf, um einer ungewollten Kontamination des Filters vorzubeugen. Ohne diesen Schutz können Partikel sehr leicht vom Schützen auf den Filter gelangen. Weiter wird der Filter durch den Ansaugkopf vor Partikeln geschützt, die durch die Druckwelle von der Decke gelöst werden können. Der Filter wurde so an der Vorderseite der linken Schulter des Schützen befestigt, dass die zylinderförmige, sich nach vorne verengende Luftöffnung, in Schussrichtung zeigte. Der Ansaugkopf war über einen PVC-Schlauch mit der Pumpe verbunden (Abbildung 4).

Der Schiessbetrieb für die Luftmessung wurde genau eine Stunde bei einer Pumpenfördermenge von 4 l/min aufrechterhalten. Am Stand waren im Schnitt drei Großkaliberschützen. Der Schütze mit dem „personal sampler“ verschoss während dieser Zeit 120 Schuss. Hauptsächlich verwendete Munitionsart war .375 Magnum der Firma Machtech<sup>®</sup> mit reinem Bleiprojektile.



**Abbildung 4:** vereinfachte Darstellung des Ansaugkopfes

## **2.4 Untersuchungsmethoden der gewonnenen Proben**

### **2.4.1 Bestimmung der Bleikonzentration im Blut**

Die gewonnenen Blutproben wurden maximal fünf Tage im Kühlschrank aufbewahrt und im Anschluss zur Analytik ins Labor gebracht. Die Analyse der Bleikonzentrationen in den Blutproben erfolgte mit einem Atomabsorptionsspektrometer (5100 PC mit Graphitrohrtechnik) der Firma Perkin Elmer unter Verwendung der Zeemann-Untergrundkompensation im Standardadditionsverfahren. Als Kontrollproben wurden Referenzmaterialien Firma Recipe (ClinChek-Kontrollblut) verwendet. Zur externen Qualitätskontrolle wurde seit Jahren erfolgreich an Ringversuchen teilgenommen.

### **2.4.2 Bestimmung von Blei in Wisch- und Luftproben**

Bei den Wischproben kamen S & S Blaubandfilter 589/ 90mm zur Anwendung. Der Aufschluss der Wischprobenfilter erfolgte mit 65%-iger Salpetersäure. Die Säureextrakte wurden mit Reinstwasser verdünnt und die Bleikonzentrationen analog der oben beschriebenen Methode bestimmt.

## **2.5 Statistische Auswertungen**

Die statistischen Auswertungen erfolgten über das Programm SPSS 12.0 für Windows. Da die Daten nicht normal verteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden Mediane, Perzentile und Boxplots berechnet.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Bleikonzentration im Vollblut

##### 3.1.1 Vergleich Schützen – Normalbevölkerung

Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) hat zuletzt im Jahre 1998 unter anderem die Kennwerte für Blei im Blut der deutschen Bevölkerung untersucht (Becker et al 1998). Dabei wurde in einem Kollektiv von 4646 Personen, unterschiedlichen Geschlechts und Alters, ein Median von 31 µg/l festgestellt. Bei den 131 Personen konnte ein Median von 92 µg/l ermittelt werden, wobei der maximale Blutbleiwert bei 521 µg/l lag. Damit liegen die Schützen um 61 µg/l höher als die deutsche Normalbevölkerung im Jahre 1998. Der maximale Wert, den das UBA ermitteln konnte, lag bei 380 µg/l und somit um 141 µg/l geringer als der Maximalwert der Schützen.

Auch bei den anderen Perzentilen sind im Vergleich zur Normalbevölkerung höhere Blutbleiwerte der Schützen zu erkennen. Das 10. Perzentil lag bei den Schützen bei 31 µg/l und bei der Normalbevölkerung bei 16 µg/l. Das 90. Perzentil der Schützen ist mit 227 µg/l und das 95. Perzentil mit 314 µg/l errechnet worden. Das UBA hat für diese Werte 58 µg/l bzw. 71 µg/l angegeben.

Das Umweltbundesamt hat die 4646 Personen in unterschiedliche Altersgruppen aufgeteilt. Betrachtete man das 50. Perzentil dieser Gruppen, kann man von Altersgruppe zu Altersgruppe einen kontinuierlichen Anstieg beobachten (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Innere Bleibelastung der 18- bis 69-jährigen deutschen Bevölkerung (Becker et al 1998)

Lebensalter	N	P10	P50	P90	MAX	GM
18-19	179	11 µg/l	21 µg/l	38 µg/l	73 µg/l	20 µg/l
20-29	774	12 µg/l	25 µg/l	47 µg/l	380 µg/l	25 µg/l
30-39	1086	16 µg/l	30 µg/l	53 µg/l	307 µg/l	30 µg/l
40-49	941	17 µg/l	34 µg/l	60 µg/l	322 µg/l	33 µg/l
50-59	890	19 µg/l	37 µg/l	66 µg/l	192 µg/l	36 µg/l
60-69	776	18 µg/l	34 µg/l	64 µg/l	179 µg/l	34 µg/l

N = Stichprobenumfang  
P = Perzentile

MAX = Maximaler Wert  
GM = Geometrische Mittel

Die Gruppe der „60-69“ Jährigen zeigt allerdings wieder geringere Werte und unterbricht damit diese Kontinuität.

Vergleicht man aber diese Werte mit dem 50. Perzentil der entsprechenden Altersgruppen der Schützen (Tabelle 6), fallen durchgehend höhere Werte der Schützen auf. So hat z.B. die Schützengruppe der „40-49“ Jährigen, mit insgesamt 41 Personen ein Median von 96 µg/l, wohingegen die gleichaltrige Normalbevölkerung, hier wurden 941 Personen dieser Gruppe zugeordnet, bei 34 µg/l im Jahre 1998 lag.

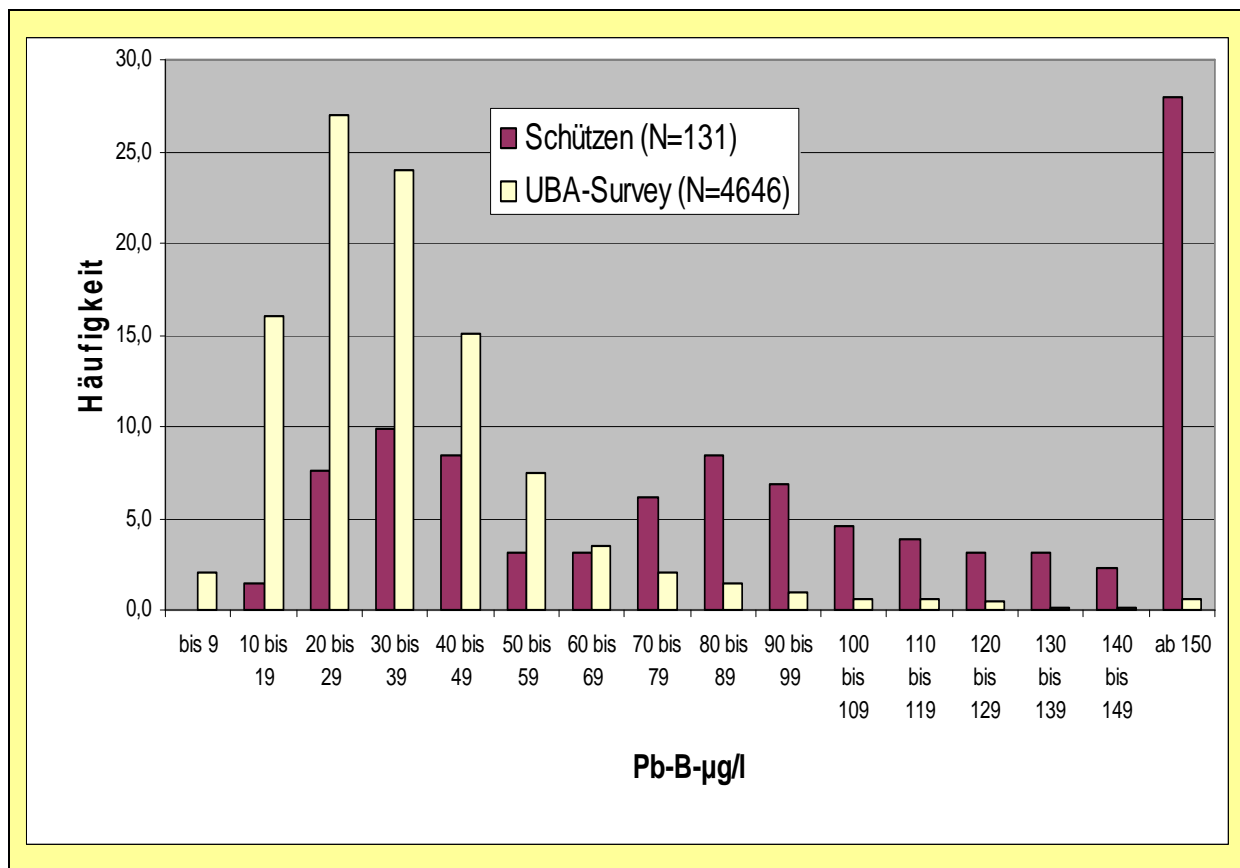
**Tabelle 6:** Innere Bleibelastung der Sportschützen

Lebensalter	N	P10	P50	P90	MAX	GM
bis 19	6	21 µg/l	73 µg/l	-	182 µg/l	69 µg/l
20-29	5	29 µg/l	83 µg/l	-	126 µg/l	65 µg/l
30-39	17	28 µg/l	57 µg/l	291 µg/l	373 µg/l	75 µg/l
40-49	41	21 µg/l	96 µg/l	298 µg/l	375 µg/l	83 µg/l
50-59	30	56 µg/l	110 µg/l	250 µg/l	521 µg/l	116 µg/l
60-69	26	36 µg/l	93 µg/l	192 µg/l	314 µg/l	91 µg/l
70-79	6	31 µg/l	78 µg/l	-	229 µg/l	81 µg/l

N = Stichprobenumfang  
P = Perzentile

MAX = Maximaler Wert  
GM = Geometrische Mittel

Ein entsprechend ähnliches Bild bieten die Häufigkeitsverteilungen der inneren Bleibelastung von Schützen und der deutschen Normalbevölkerung. Betrachtet man die Abbildung 5, liegt der Peak der Häufigkeitsverteilung der Normalbevölkerung bei einem inneren Bleiwert zwischen 20 und 29 µg/l. Bei einem Teil der Schützen zeigt sich ein ähnliches Bild. Der größere Teil hat jedoch eine hohe Belastung. Das Kollektiv der Schützen überschreitet zwar erst ab einer inneren Bleibelastung von 150 µg/l die 10%-Marke, man kann aber keinen einzelnen Spitzenwert erkennen, sondern mehrere Peaks. Ein Peak liegt bei einer Blutbleibelastung von 30 bis 39 µg/l, ein Zweiter bei 80 bis 89 µg/l und ein dritter Peak bei einer Belastung ab 150 µg/l. Weiter auffällig ist, dass der prozentuale Anteil der Normalbevölkerung bis zu einem Blutbleiwert von 69 µg/l stets über dem Anteil der Sportschützen liegt. Ab 70 µg/l verhält sich dies genau anders herum, so dass der prozentuale Anteil der Sportschützen ständig über dem Anteil der Normalbevölkerung anzutreffen ist.

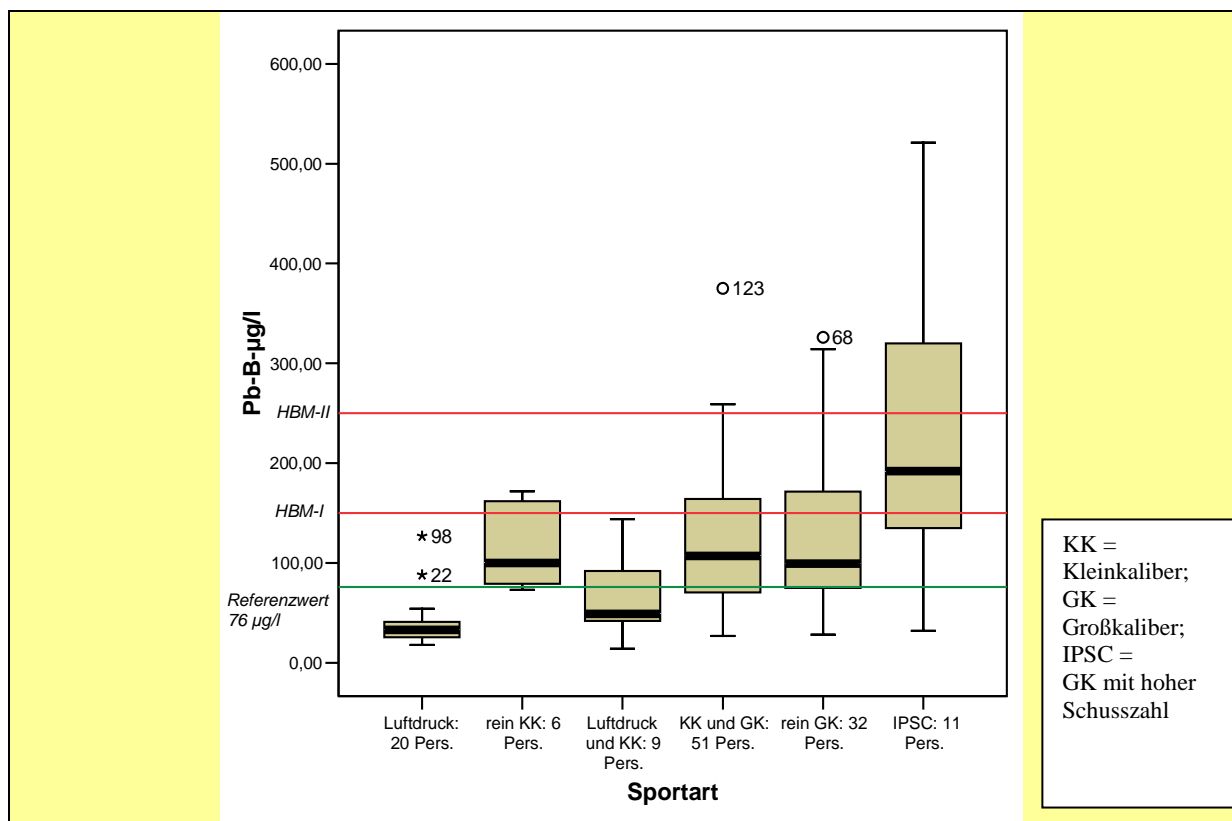


**Abbildung 5:** Häufigkeitsverteilung der inneren Bleibelastung der deutschen Normalbevölkerung (Becker et al 1998) und der Sportschützen

### 3.1.2 Einfluss der einzelnen Schießsportarten

#### 3.1.2.1 Übersicht

Man darf nicht davon ausgehen, dass pro Person immer nur eine bestimmte Waffenart geschossen wird. Es liegt häufig der Fall vor, dass ein Schütze z.B. Luftpistole und Kleinkaliber oder Kleinkaliber und Großkaliber schießt. Deshalb wurden zur Auswertung sechs Gruppen gebildet, welche in Abbildung 6 dargestellt sind.



**Abbildung 6:** Übersicht der einzelnen Sportarten bzw. Kombinationen

Die Luftdruckwaffen-Schützen (N=20), also Schützen von Luftgewehr und/oder Luftpistole, lagen mit der Bleibelastung im Vollblut im Median bei einem Wert von 33 µg/l (Range: 18 bis 127 µg/l). Im Vergleich zu den Daten des UBA bezüglich der Normalbevölkerung (Becker et al 1998) ist dieser Wert nur um 2 µg/l höher. Sobald man aber die innere Bleibelastung von Sportschützen analysiert, die mit „scharfer“ Munition schießen, sei es Kleinkaliber- oder Großkalibermunition, kann man im Vergleich zu den Luftdruckwaffen-Schützen deutlich höhere Werte feststellen. So lag die Gruppe derjenigen Schützen (N=6), die nur mit Kleinkaliberwaffen trainieren, im Median bei 100 µg/l (Range: 73 bis 172 µg/l) und Schützen (N=9), die neben Kleinkaliber zusätzlich Luftdruckwaffen schießen, bei 49 µg/l (Range: 14 bis 144 µg/l). Bei den Personen, die im Großkalibertraining involviert sind, verhalten sich die

Werte wie folgt: Sportschützen (N=51), die Klein- und Großkaliberwaffen einsetzen, lagen bei 107 µg/l (Range: 27 bis 375 µg/l) und reine Großkaliberschützen (N=32) bei 100 µg/l (Range: 28 bis 326 µg/l). Die IPSC-Schützen (N=11), welche eine spezielle Form des Bewegungsschießens betreiben und mit geladener Waffe in vorgegebenen Parcours Schüsse abfeuern, gehören zu der Gruppe, die sich deutlich mit den Werten von den anderen Schützen unterscheiden. So ist hier ein Median von 192 µg/l (Range: 32 bis 521 µg/l) festgestellt worden (vgl. Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Blutbleiwerte von Schützen der unterschiedlichen Disziplinen

Sportart	Schützen	Minimum [µg/l]	Median [µg/l]	Mittelwert [µg/l]	Maximum [µg/l]
LDW	20	18	33	40	127
Rein KK	6	73	100	114	172
LDW & KK	9	14	49	69	144
KK & GK	51	27	107	121	375
Rein GK	32	28	100	127	326
IPSC	11	32	192	136	521

LDW = Luftdruckwaffen; KK = Kleinkaliber; GK = Großkaliber; IPSC = International Practical Shooting Confederation

Betrachtet man die HBM-Werte, lagen 100% der reinen Luftdruckwaffen-Schützen und 100% der Schützen der dritten Gruppe („Luftdruck und KK“) unter dem HBM-I-Wert von 150 µg/l. Bei den reinen Kleinkaliberschützen traf dies nur auf 67% zu. Die vierte Gruppe („KK und GK“) wies einen Anteil von 71% unter dem HBM-I-Wert auf, die reinen Großkaliberschützen hingegen einen 66 %igen Anteil. Fasst man die letzten beiden Gruppen zusammen, betrachtet man also die Großkaliberschützen außer den IPSC-Schützen als eine Gruppe, so liegt ein Wert von 70% vor. Die auffälligste Disziplin umfasst, wie schon oben beschrieben, das IPSC-Sportschießen. Hier sind nur 27% der Schützen unter dem HBM-I-Wert anzutreffen (vgl. Tabelle 8).

**Tabelle 8:** Gruppierung der inneren Bleibelastung nach unterschiedlichen Disziplinen

Sportart	Schützen	<76 µg/l	Zwischen 76 - 150 µg/l	Zwischen 150 - 250 µg/l	>250 µg/l
LDW	20	18	2	-	-
Rein KK	6	1	3	2	-
LDW & KK	9	5	4	-	-
KK & GK	51	15	21	12	3
Rein GK	32	8	13	5	6
IPSC	11	1	2	3	5

LDW = Luftdruckwaffen; KK = Kleinkaliber; GK = Großkaliber; IPSC = Internation Practical Shooting Confederation

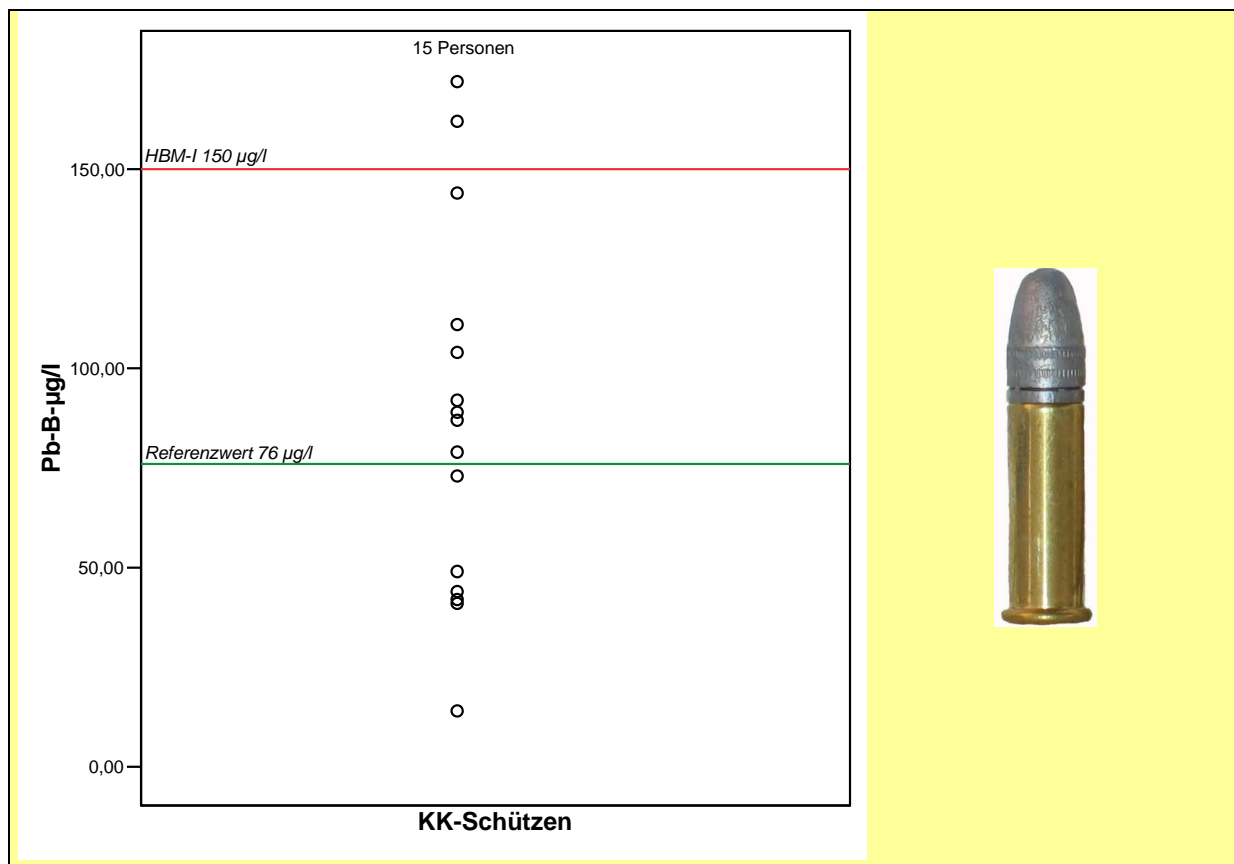
### 3.1.2.2 Ergebnisse für Kleinkaliberschützen

Fasst man die Gruppe der reinen Kleinkaliberschützen („rein KK“) und die Gruppe derjenigen Schützen, die zusätzlich Luftdruckwaffen schießen („Luftdruck und KK“) zusammen, kommt man, wie aus Tabelle 9 ersichtlich, auf eine Anzahl von 15 Personen, die einen Median von 87 µg/l aufwiesen (Range: 14 bis 172 µg/l), wobei insgesamt 87% mit ihren Blutbleiwerten unter dem HBM-I von 150 µg/l lagen. Der HBM-II-Wert von 250 µg/l wurde in dieser Gruppe nicht überschritten.

**Tabelle 9:** Innere Bleibelastung der Kleinkaliberschützen

Anzahl	<76 µg/l	Zwischen 76 - 150 µg/l	Zwischen 150 - 250 µg/l	>250 µg/l
15	6	7	2	-

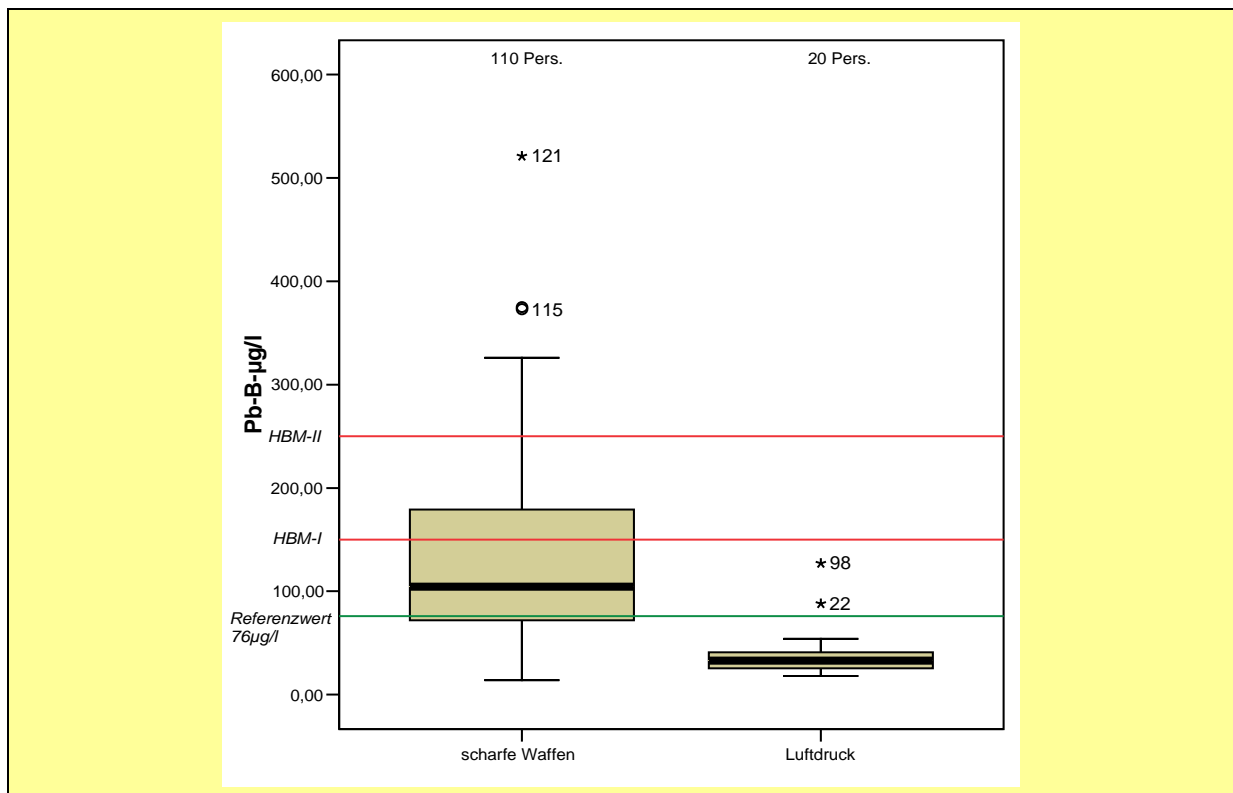
In der Abbildung 7 sind die Blutbleiwerte dieser 15 Schützen als Streudiagramm zusammengefasst. Bei dem rechten Bild handelt es sich um eine gängige Kleinkaliberpatrone.



**Abbildung 7:** Innere Belastung der Kleinkaliberschützen

### 3.1.2.3 Schützen von „scharfen“ Waffen und Luftdruckwaffen im Vergleich

Fasst man alle Schützen, die „scharf“ schießen (Klein- und Großkaliber) und die Luftdruckwaffen-Schützen in je eine Gruppe zusammen, kann man in Bezug auf den Blutbleiwert einen deutlichen Unterschied erkennen, wie dies in Abbildung 8 dargestellt ist.



**Abbildung 8:** Vergleich der „scharf“ schießenden Schützen mit Luftdruckwaffen-Schützen

Die erste Gruppe mit insgesamt 110 in die Wertung genommenen Personen hat einen Median von 105 µg/l (Range: 14 bis 521 µg/l). Im Vergleich zum Median der Luftdruck-Waffenschützen liegt eine Differenz dieser Werte von 72 µg/l vor. Betrachtet man die Mittelwerte so nimmt die Differenz einen Wert von 91 µg/l an (vgl. Tabelle 10).

**Tabelle 10:** Blutbleiwerte von Schützen mit „scharfen“ Waffen und Luftdruckwaffen

Sportart	Schützen	Minimum [µg/l]	Median [µg/l]	Mittelwert [µg/l]	Maximum [µg/l]
Scharfe Waffen	110	14	105	131	521
Luftdruckwaffen	20	18	33	40	127

In der ersten Gruppe lagen 69% unter dem HBM-I-Wert, wohingegen die Luftdruckwaffen-Schützen wie im Kapitel 3.1.2 erwähnt, mit 100% unter 150 µg/l anzutreffen sind (vgl. Tabelle 11).

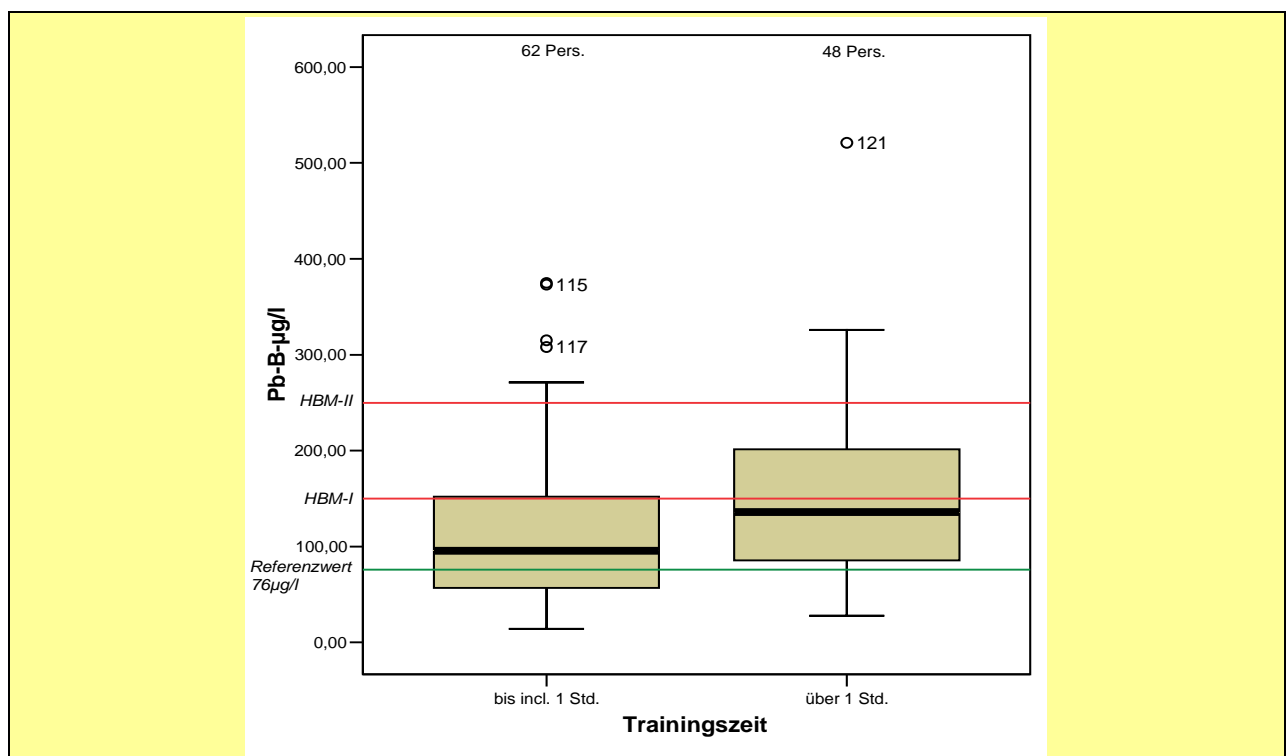
**Tabelle 11:** Gruppierung der inneren Bleibelastung nach unterschiedlicher Schießsportart

Sportart	Schützen	<76 µg/l	Zwischen 76 - 150 µg/l	Zwischen 150 - 250 µg/l	>250 µg/l
Scharfe Waffen	110	30	46	23	11
Luftdruckwaffen	20	18	2	-	-

### 3.1.3 Einfluss der Schießgewohnheiten

#### 3.1.3.1 Trainingszeit

Schützen, die mit „scharfen“ Waffen trainieren, wurden hinsichtlich der Expositions- bzw. Trainingszeit in zwei gleiche Gruppen aufgeteilt. Unter Trainingszeit versteht man die Zeit, die pro Trainingseinheit direkt am Schießstand und nicht in abgetrennten Räumen verbracht wurde. Insgesamt haben 62 Personen eine Trainingszeit bis inklusive einer Stunde angegeben und 48 Personen eine Trainingszeit über einer Stunde (vgl. Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Innere Belastung bei unterschiedlicher Expositionszeit



Der Median der ersten Gruppe (bis inkl. 1 Std.) lag bei 96 µg/l (Range: 14 bis 116 µg/l) wohingegen bei der zweiten Gruppe (über 1 Std.) ein Wert von 136 µg/l (Range: 28 bis 521 µg/l) gemessen wurde. Daraus ergibt sich eine Differenz von 40 µg/l (vgl. Tabelle 12).

**Tabelle 12:** Blutbleiwerte von Schützen mit unterschiedlicher Trainingszeit

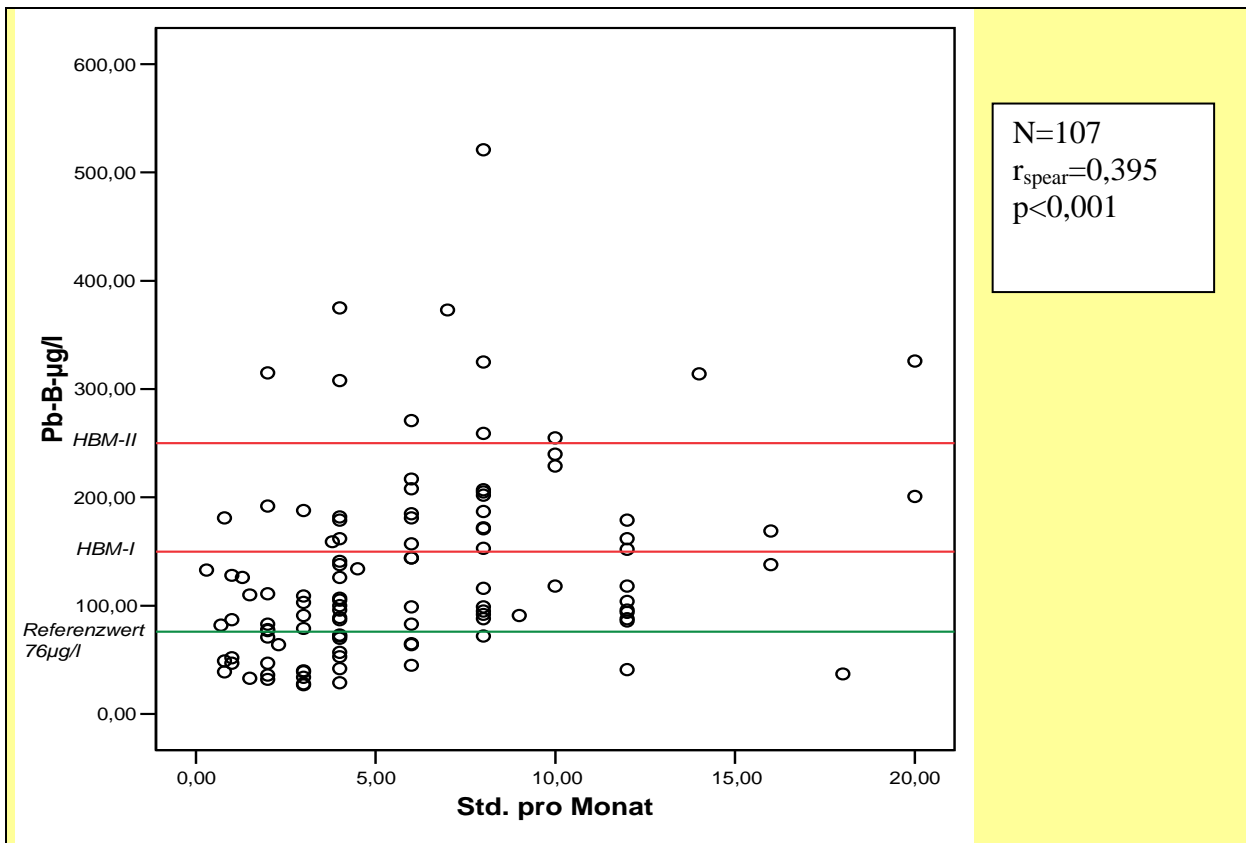
Trainingszeit	Schützen	Minimum [µg/l]	Median [µg/l]	Mittelwert [µg/l]	Maximum [µg/l]
Bis inkl. 1 Stunde	62	14	96	116	375
Über 1 Stunde	48	28	136	150	521

In der ersten Gruppe lagen insgesamt 74% der Schützen unter dem HBM-I-Wert. Bei der zweiten Gruppe errechnet sich diesbezüglich ein 56%iger Anteil (vgl. Tabelle 13). Damit zeigt sich, dass die Expositionszeit pro Trainingseinheit eine Rolle bei der Höhe des Blutbleiwertes spielt.

**Tabelle 13:** Zusammenstellung der inneren Bleibelastung nach unterschiedlicher Trainingszeit

Trainingszeit	Schützen	<76 µg/l	Zwischen 76 - 150 µg/l	Zwischen 150 - 250 µg/l	>250 µg/l
Bis inkl. 1 Stunde	62	22	24	10	6
Über 1 Stunde	48	9	18	14	7

Betrachtet man die Abbildung 10, stellt man bei Klein- und Großkaliberschützen eine Abhängigkeit der Bleiwerte im Vollblut von den pro Monat direkt am Stand verbrachten Stunden fest. Diese steigende Tendenz sowie die statistisch signifikante Abhängigkeit sind in der vorliegenden Abbildung veranschaulicht.



**Abbildung 10:** Korrelation der inneren Bleibelastung mit der monatlichen Trainingszeit

### 3.1.3.2 Schusszahl

Die Schützen unterscheiden sich neben den verwendeten Waffen bzw. Waffenkombinationen und der Expositionszeit auch in der monatlichen Schusszahl. Analysiert wurde die Bleikonzentration im Vollblut im Vergleich zur verbrauchten „scharfen“ Munition. Die Luftdruckwaffen-Schützen sind in dieser Statistik nicht berücksichtigt worden. Ausgewertet wurden die Daten von insgesamt 107 Schützen. Die Gesamtschusszahl ist in Quartile aufgeteilt worden, so dass vier gleiche Gruppen zum Vergleich stehen (Abbildung 11). Das erste Quartil umfasst eine Schusszahl von weniger als 200 Schuss (N=27 Schützen), das zweite Quartil umfasst eine Anzahl zwischen 200 und 399 Schuss (N=28 Schützen), das dritte Quartil zwischen 400 und 680 Schuss (N=29 Schützen) und das vierte Quartil eine Gesamtschusszahl von mehr als 680 Schuss (N=23 Schützen). Betrachtet man diese vier Gruppen, kann man eine steigende Tendenz der Blutbleiwerte erkennen.

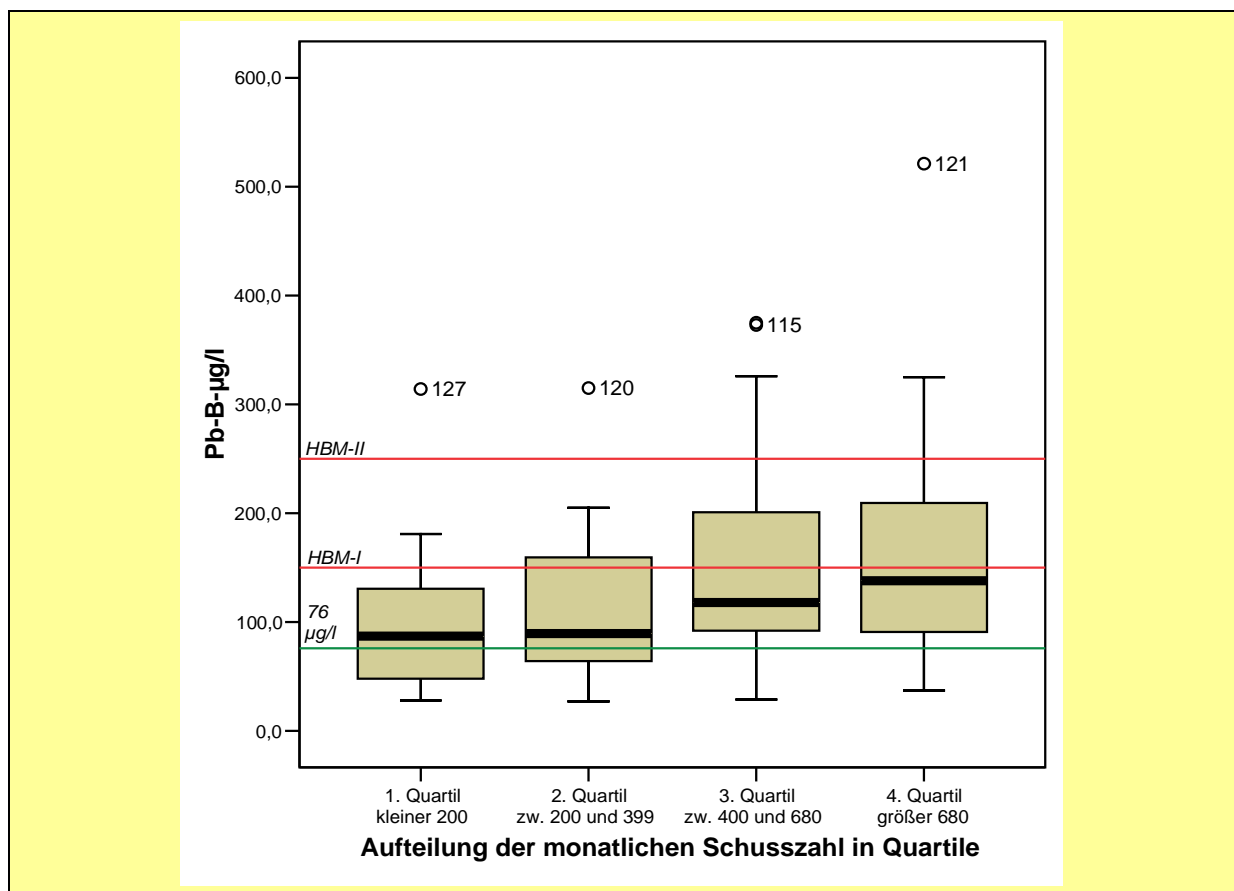


Abbildung 11: Innere Bleibelastung bei unterschiedlichem monatlichem Munitionsverbrauch

Diesbezüglich bedeutet dies das Folgende: Die 27 Schützen des ersten Quartils lagen mit dem Median bei 87 µg/l (Range: 28 bis 314 µg/l), die 28 Schützen des zweiten Quartils lagen bei 90 µg/l (Range: 27 bis 315 µg/l). Zwischen dem zweiten Quartil und dem dritten Quartil liegt ein größerer Sprung als zwischen dem Ersten und dem Zweiten. So wurde für das dritte Quartil ein Median von 118 µg/l (Range: 29 bis 375 µg/l) berechnet. Das vierte Quartil weist einen Median von 138 µg/l (Range: 37 bis 521 µg/l) auf. Betrachtet man die Differenzen der Medianwerte der monatlichen Schusszahl, liegt zwischen dem ersten und dem zweiten Quartil eine Differenz von 3 µg/l, zwischen dem zweiten und dem dritten Quartil eine Differenz von 28 µg/l, und zwischen dem dritten und vierten Quartil eine Differenz von 20 µg/l vor (vgl. Tabelle 14).

**Tabelle 14:** Innere Bleibelastung im Vergleich zur monatlichen Schusszahl

Schuss pro Monat	Schützen	Minimum [µg/l]	Median [µg/l]	Mittelwert [µg/l]	Maximum [µg/l]
<200	27	28	87	100	314
zw. 200 und 399	28	27	90	112	315
zw. 400 und 680	29	29	118	152	375
>680	23	37	138	168	521

In der ersten Quartile lagen bei dieser Auswertung 81%, in der zweiten Quartile 71%, in der dritten Quartile 59% und in der vierten Quartile 61% der Schützen unter dem HBM-I-Wert (vgl. Tabelle 15).

**Tabelle 15:** Zusammenstellung der inneren Belastung nach der monatlichen Schusszahl

Schuss pro Monat	Schützen	<76 µg/l	Zwischen 76 - 150 µg/l	Zwischen 150 - 250 µg/l	>250 µg/l
<200	27	10	12	4	1
zw. 200 und 399	28	9	11	7	1
zw. 400 und 680	29	6	11	8	4
>680	23	3	11	4	5

Eine erkennbare Korrelation der Blutbleiwerte im Vollblut mit der monatlichen Schusszahl zeigt die Auswertung der Daten der elf IPSC-Schützen (vgl. Abbildung 12). Die minimale

monatliche Schusszahl wurde von einem Schützen mit 150 Schuss angegeben, die maximal verbrauchte monatliche Schusszahl ebenfalls von einem Schützen mit 1000 Schuss.

Dazwischen lagen drei Personen mit 200 Schuss, drei Personen mit 300 Schuss, ein Schütze mit 525 Schuss und zwei Schützen mit einer Angabe von 800 monatlich abgefeuerten Patronen. Die Person mit der geringsten Schusszahl lag mit ihrem Blutbleiwert bei 32 µg/l. Bei den Schützen mit 200 Schuss pro Monat lies sich ein Median von 88 µg/l (Range: 77 bis 117 µg/l) errechnen. Wesentlich höher lag dieser Wert mit 192 µg/l (Range: 182 bis 315 µg/l) bei den drei Schützen mit 300 Schuss im Monat. Des Weiteren wurde bei dem Schützen mit 525 Schuss ein Blutbleiwert von 373 µg/l festgestellt und die zwei Personen mit 800 Schuss lagen im Median bei 415 µg/l (Range: 308 bis 521 µg/l). Der Schütze mit 1000 Schuss im Monat wies einen Blutbleiwert von 325 µg/l auf.

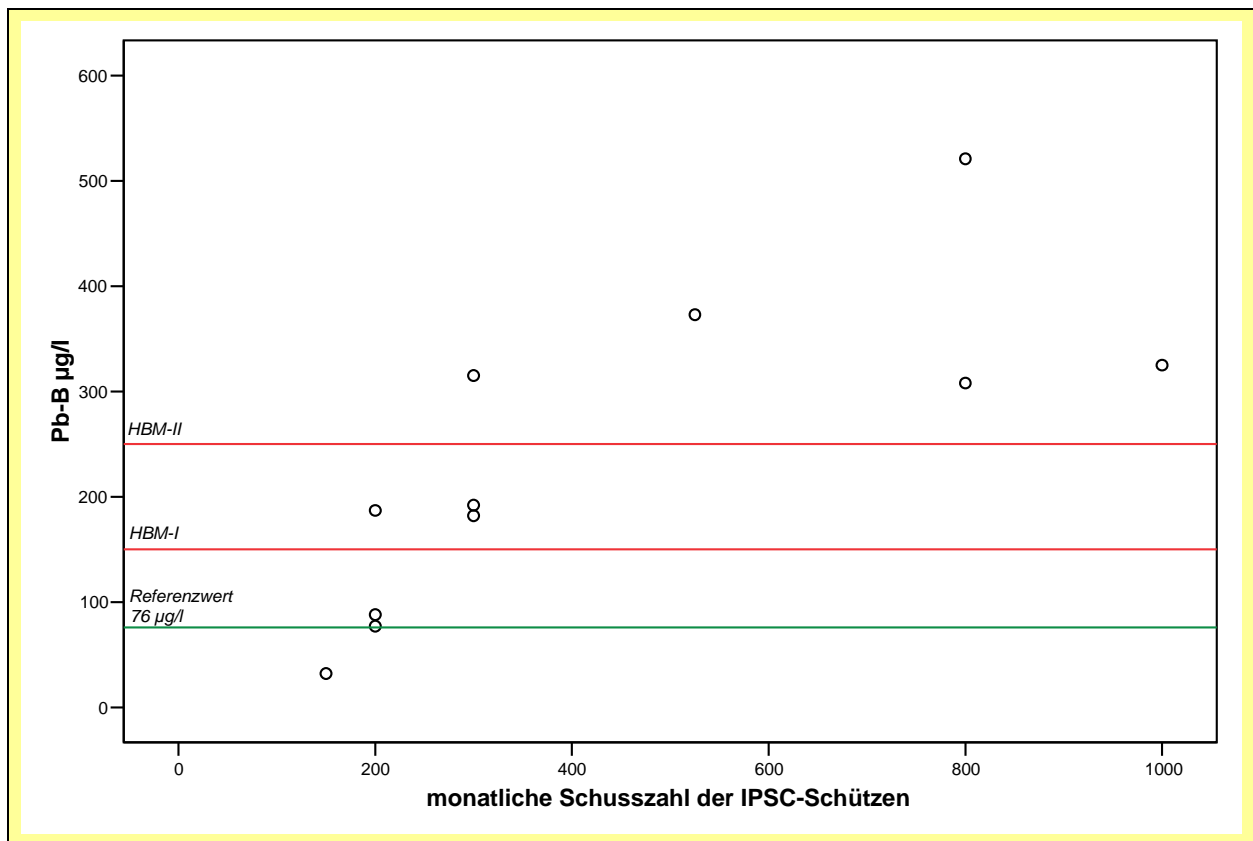
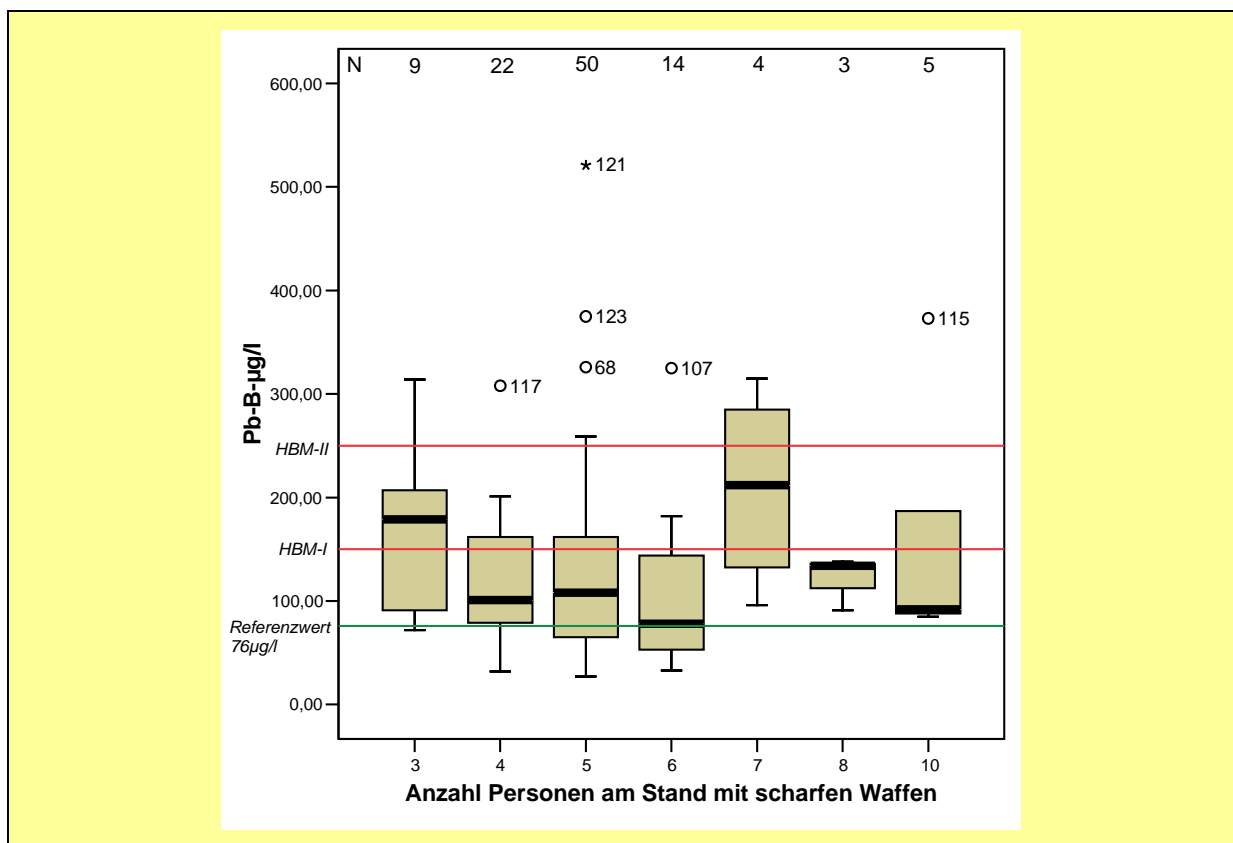


Abbildung 12: Innere Bleibelastung der IPSC-Schützen bei unterschiedlicher monatlicher Schusszahl

### 3.1.3.3 Anzahl Personen am Stand

Auf den meisten Ständen schießen im Training mit „scharfen“ Waffen vier bis sechs Personen zur gleichen Zeit. Diesbezüglich wurden folgende Angaben gemacht: 9 Schützen haben angegeben, dass 3 Personen gleichzeitig trainieren, 22 Schützen haben 4 Personen, 50 Schützen 5 Personen, 14 Schützen 6 Personen, 4 Schützen 7 Personen, 3 Schützen 8 Personen und 5 Schützen haben 10 Personen angegeben. Der Hauptteil der IPSC-Schützen trainiert mit insgesamt vier bis sechs Schützen zeitgleich. Dies ist insofern wichtig zu wissen, da gerade diese Schützen hohe Blutbleiwerte aufwiesen. Es stellt sich allerdings heraus, dass es im Gegensatz zu den oben aufgeführten Auswertungen keine Korrelation zwischen dem gemessenen Blutbleiwert und der Anzahl gleichzeitig trainierender Personen gibt (vgl. Abbildung 13).



**Abbildung 13:** Innere Bleibelastung bei unterschiedlicher Personenzahl am Schießstand

Die Gruppe mit 3 Personen am Stand hatte einen Median von 179 µg/l (Range: 72 bis 314 µg/l), mit 4 Personen 101 µg/l (Range: 32 bis 308 µg/l), mit 5 Personen 108 µg/l (Range: 27 bis 260 µg/l), mit 6 Personen 78 µg/l (Range: 33 bis 185 µg/l), mit 7 Personen 212 µg/l (Range: 96 bis 315 µg/l), mit 8 Personen 134 µg/l (Range: 91 bis 138 µg/l) und die Gruppe mit 10 Personen am Stand einen Median von 92 µg/l (Range: 85 bis 373 µg/l). So liegt eine

wie auch in Tabelle 16 ersichtliche „bunte“ Verteilung bzw. ein „buntes“ Bild vor, dass keine Aussagen über Korrelationen zulässt.

**Tabelle 16:** Vergleich der inneren Bleibelastung bei unterschiedlicher Personenzahl am Schießstand

Personen am Stand	Schützen	Minimum [µg/l]	Median [µg/l]	Mittelwert [µg/l]	Maximum [µg/l]
3	9	72	179	173	314
4	22	32	101	117	308
5	50	27	108	129	521
6	14	33	78	106	325
7	4	96	212	209	315
8	3	91	134	121	138
10	5	85	92	165	373

### 3.2 Blei in Wischproben

Wie im Methodenteil (Kap. 2.2) beschrieben, wurde nach gründlicher Reinigung die Kontamination der Waffe untersucht. Nach den 80 Schuss konnte bei der Laufmündung (Abb. 3, Bereich 5) die geringste Bleimasse mit 0,08 mg ermittelt werden. Der Bereich mit der zweitniedrigsten Bleimasse war der Bereich 2 (äußerer Rahmen vor der Trommel) mit 0,1 mg. Im Bereich 1 (seitlicher Trommelabschnitt) lag das Schwermetall Blei mit einer Masse von 0,22 mg vor. Der Bereich 4, dem frontalen Trommelabschnitt - hier tritt das Projektil aus der Trommel aus und geht in den Lauf über - wies eine Masse von 0,24 mg auf. Der Bereich 3, das Areal um den Schlagbolzen am inneren Rahmen, hatte von allen überprüften Bereichen mit Abstand die meiste Bleimasse. Es konnten hier 0,97 mg an Blei nachgewiesen werden.

### 3.3 Blei in einer Luftprobe

Eine exemplarische Messung der Luftbleibelastung (siehe Kap. 2.3) zeigte einen Wert von 12 mg Blei pro Kubikmeter Luft. Für den Grenzwert der einatembaren Fraktion galt bis zum Jahre 2005 der in der rechtlich bindenden TRGS 900 (Technische Regeln für Gefahrstoffe 2006) festgelegte Wert von 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Vergleicht man diesen Wert mit dem am Schießstand gemessenen Wert, bedeutet dies eine 120fache Überschreitung des bis 2005 geltenden Grenzwertes.

## **4. Diskussion**

### **4.1 Vorteile und Nachteile der Studie**

Die Auswahl der untersuchten Schützengesellschaften ist zufällig. Die Vereine wurden nicht nach bestimmten Kriterien ausgesucht und kontaktiert. Allerdings wurden nur mit denjenigen Schützengesellschaften Termine vereinbart, deren Mitglieder sich für die Studie interessierten. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Vereine des Bayerischen Sportschützenbundes e.V. (BSSB e.V.). Zu beachten ist auch, dass sich bei keinem der Termine alle aktiven Schützen des jeweiligen Vereins Blut abnehmen ließen. Das bedeutet, dass die Ergebnisse weder die Situation der inneren Bleibelastung des entsprechenden Vereins widerspiegeln, noch die gesamte Situation in Bayern repräsentieren, da nur bei einem geringen Teil der zahlreichen Vereine in Bayern diese Studie durchgeführt werden konnte. Weiter muss man bedenken, dass sich mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit hauptsächlich Schützen an der Studie beteiligten, die sich schon vorher der Bleiproblematik bewusst waren. Allerdings kann man auch argumentieren, dass es genau solche Bedenken waren, welche andere Schützen von der Untersuchung abhielten, da sie durch die Ergebnisse der Studie ihr Hobby in Gefahr sahen. So fielen auch ablehnende Worte wie: „wissen Sie eigentlich in welches Wespennest Sie stechen?“ oder: „Wir wollen nicht, dass sich das Image der Schützen verschlechtert!“. Die Durchführung der Blutentnahmen war bei den teilnehmenden Vereinen allerdings gut organisiert. Sachliches Interesse und eine freundliche Atmosphäre begleitete die einzelnen Termine.

Es sei auch darauf hingewiesen, dass die vorliegende Arbeit nicht die technische Einrichtung der Schießstände berücksichtigt. Sie beschäftigt sich nicht mit der Architektur der Lüftungsanlagen und deren Lüftungsleistungen sowie der Bauart der Schießstände und der Kugelfänge, wie z.B. Kettengeschossfang oder Sandfang. Unabhängig von allen technischen Unterschieden will die Studie einen Überblick über die momentane innere Belastung der Sportschützen mit Blei aufzeigen. Anzumerken ist, dass es Meinungen gibt, man müsse in dieser Untersuchung unter anderem zwischen offenen und geschlossenen Ständen unterscheiden. Geschlossene Schießstände sind vollständig in einem Gebäude integriert. In diesen Anlagen kann es nur über Lüftungsanlagen zu einer Frischluftzufuhr bzw. Entfernung der kontaminierten Luft kommen. Offene Stände älteren Baujahrs sind aus Gründen des Lärmschutzes zum Teil mit Schallschutzwänden ergänzt worden. Dadurch kann die kontaminierte Luft nicht mehr ungestört in die Umgebung entweichen und sogar bei



schlechten Windbedingungen in die Richtung des Schützen zurückgelangen (Kinsky 2005). Viele Schützen, die auf offenen Ständen schießen, trainieren oft zusätzlich in einem Zweitverein mit geschlossenem Stand, weshalb eine Unterscheidung innerhalb dieser Studie wenig sinnvoll ist.

Der Klein- und Großkaliberschütze muss für den Erwerb einer Waffenbesitzkarte neben der Mitgliedschaft in einem Schützenverein unter anderem ein polizeiliches Führungszeugnis, einen Bedürfnisnachweis sowie eine Waffensachkundeprüfung nachweisen können. Es steckt viel Aufwand dahinter, um als Schütze mit „scharfen“ Waffen umgehen zu können und diese seitens der Behörden erwerben zu dürfen. So sollte auch jeder Schütze das Recht haben, über eine mögliche innere Bleibelastung und die damit verbundenen gesundheitlichen Gefahren durch Ausübung eines Schießsports aufgeklärt zu werden. An Hand der durch diese Studie gewonnenen Daten kann diese Aufklärung erarbeitet und z.B. fester Bestandteil von Vorbereitungskursen auf die Waffensachkundeprüfung werden. Des Weiteren muss die gewonnene Erkenntnis auch integraler Bestandteil von langfristigen Lösungsansätzen sein, um den sonst sehr sicheren Schießsport aus medizinischer Sicht weiter zu verbessern.

Wie oben beschrieben, spiegeln alle gewonnenen Daten die innere Bleibelastung zum Zeitpunkt der einmalig durchgeführten Blutentnahme wieder. Nachuntersuchungen bzw. Verlaufskontrollen sind bei den Schützen nicht durchgeführt worden. Mit der vorliegenden Arbeit ist es somit nicht möglich, Aussagen über den zeitlichen Verlauf der inneren Belastung der Sportschützen zu treffen. Ebenso können die Werte für den Ausschluss außersportlicher bzw. beruflicher Confounder nicht mit den Blutbleiwerten einer Kontrollgruppe, wie z.B. Familienangehörige, verglichen werden. Diese Vergleiche waren bei einer Untersuchung auf Bleibelastung im Blut bei jungen Sportschützen in Alaska im Zeitraum von 2002 bis 2004 möglich. Auch bei dieser Untersuchung der US-Behörden wurde ein Einwirken von Confoundern als unwahrscheinlich betrachtet. Bei 21 von insgesamt 23 Schützen, die zusätzlich bei der Nachuntersuchung auf Blei im Vollblut teilgenommen hatten, wurden geringere Werte als bei der Erstuntersuchung nachgewiesen. Die Familienangehörigen der Schützen wiesen keine Auffälligkeiten bezüglich Blei im Blut auf. Zwischen Erst- und Nachuntersuchung lag ein Intervall von drei schießfreien Monaten (CDC 2005). Auch in Schweden wurden die Blutbleiwerte von Pistolenschützen, die „scharfe“ Munition verwendeten, untersucht. Dazu wurde jedem Schützen vor der Wintersaison und am Ende jeweils venöses Blut entnommen. Die untersuchten Schützen verlegten ihr Training mit

Beginn der Wintersaison von Freiluftschießanlagen in geschlossene Stände. Die Pistolenschützen zeigten im Vergleich zur ersten Blutentnahme eine signifikante Erhöhung ( $P = 0,0001$ ) ihrer Blutbleiwerte. Die Blutentnahme vor Beginn der Wintersaison ergab einen Median von  $106 \mu\text{g/l}$  mit einem Range von 32 bis  $176 \mu\text{g/l}$ . Die Blutproben nach der Wintersaison ergaben einen Median von  $138 \mu\text{g/l}$  mit einer Range von 69 bis  $288 \mu\text{g/l}$ . Bei der Kontrollgruppe mit Luftdruckwaffenschützen, die auch mit Beginn der Wintersaison ihr Training in geschlossene Räume verlegten, konnte keine Erhöhung der Bleiblutwerte festgestellt werden (Svensson et al 1992). In einer weiteren schwedischen Studie, bei der Polizisten auf Blei im Blut untersucht wurden, konnte eine positive Korrelation des Blutbleiwertes mit der Anzahl der jährlich abgefeuerten Munition nachgewiesen werden (Löfstedt et al 1999), was auch durch diese Arbeit bestätigt wurde. Dies belegt eindeutig, dass das Schießen mit „scharfer“ Munition eine Quelle für erhöhte Blutbleiwerte ist.

Der Fragebogen für die bayerischen Sportschützen enthielt schießsportspezifische Fragen. Nach Confoundern wie Raucherstatus, berufliche Exposition oder außerberufliche Aktivitäten, bei denen Blei eine Rolle spielen könnte, wurde nicht gefragt, da diese minimalen Erhöhungen im „Grundrauschen“ untergehen. Es hätten bei der Auswertung damit mehr als nur die sportbezogenen Punkte beachtet werden müssen, was bei 131 Blutproben zu keinem aussagekräftigen Ergebnis geführt hätte. Bei einer Studie mit höherer Schützenanzahl sollten diese Einflussgrößen allerdings in Betracht gezogen werden. Es wurde zwar das hauptsächlich verwendete Projektil ermittelt und im Fragebogen festgehalten, dies fand aber in der Auswertung insofern keine Beachtung, da an einem Stand in der Regel mehrere Schützen gleichzeitig trainieren und sich damit die Schadstoffe in der Luft vermischen und von allen am Training Beteiligten eingeatmet werden. Der Blutbleigehalt ist neben dem Zünder im Wesentlichen vom verwendeten Projektil abhängig, wie dies eine australische Studie aufzeigte (Gulson et al 2002). Beim Gebrauch von Kupfer-Vollmantelgeschossen zeigte der untersuchte Schütze geringere Blutbleiwerte auf, als bei der Verwendung von reinen Bleigeschossen, wobei in der verwendeten Munition immer der gleiche Zünder benutzt wurde.

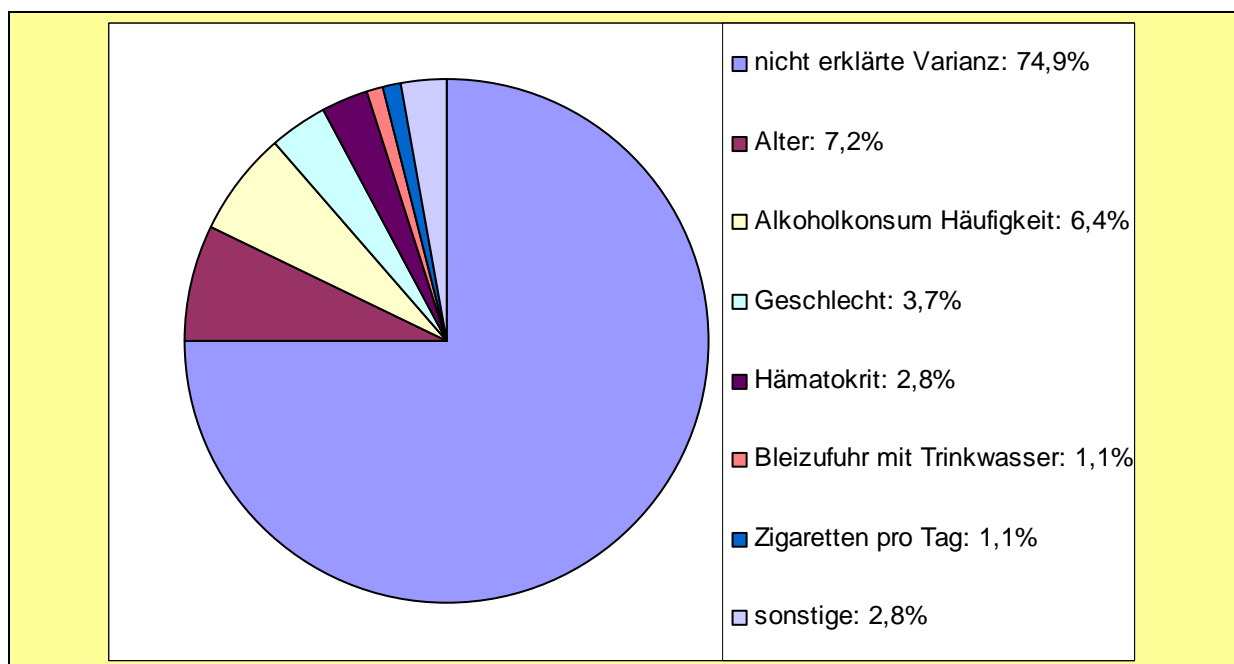
#### **4.2 Vergleich Schützen - Normalbevölkerung**

Das Umweltbundesamt hat zur Bewertung der inneren Bleibelastung von 4646 Personen einen Fragebogen erarbeitet, der es ermöglichen sollte, detaillierte Unterschiede bezüglich der

inneren Bleibelastung zu erkennen. Gemäß dem Umwelt-Survey von 1998 nimmt der mittlere Bleigehalt im Blut der 18- bis 59- jährigen stetig zu. Bei den 60- bis 69- jährigen zeigt sich dann wieder ein geringerer Wert. Auch wurde das Geschlecht aufgrund des unterschiedlichen Hämatokritwertes beim Mann und bei der Frau berücksichtigt. Es korreliert ein Anstieg der inneren Bleibelastung mit einem zunehmenden Hämatokritwert. Da Männer in der Regel einen höheren Hämatokrit aufweisen als Frauen, haben sie auch einen höheren Bleigehalt im Blut. Des Weiteren hat der Konsum von Wein, Sekt, Obstwein oder Bier einen Einfluss auf den mittleren Bleigehalt im Blut, wobei der mittlere Gehalt mit der Häufigkeit des Konsums steigt. Der Bleigehalt des Trinkwassers und die damit verbundene Zufuhr mit Blei hängen signifikant mit dem mittleren Bleigehalt zusammen. Weiteren Einfluss hat der Raucherstatus. Bei Personen, die noch nie Zigaretten geraucht haben, liegt der mittlere Gehalt niedriger als bei Personen, die rauchen oder geraucht haben. Auch spielt die Gemeindegröße eine Rolle. Bewohner von Gemeinden über 100.000 Personen sollen laut dem Umweltbundesamt einen höheren Blutbleigehalt haben als Einwohner kleinerer Gemeinden (32,5 µg/l gegenüber 29,9 µg/l). Sogar die Jahreszeit hat einen Einfluss auf den mittleren Bleigehalt im Blut der deutschen Bevölkerung. So findet sich nach Angaben des Umweltbundesamts in der Zeit zwischen Oktober und April ein höherer Gehalt vor als in der restlichen Zeit eines Jahres (31,7 µg/l gegenüber 28,9 µg/l). Personen, die in den alten Bundesländern wohnen, haben einen geringeren mittleren Bleigehalt im Blut als Bewohner der neuen Bundesländer. Selbst Personen, die in ihrer Wohnung einen Einzelofen mit Holz oder Kohle betreiben, haben einen höheren mittleren Gehalt als Personen, die alternative Wärmequellen nutzen (33,4 µg/l gegenüber 30,2 µg/l). Detaillierte Angaben zur Belastung am Arbeitsplatz wurden aus organisatorischen und haushaltstechnischen Gründen im Jahre 1998 nicht ermittelt. Das Umweltbundesamt hat darüber hinaus festgestellt, dass der mittlere Bleigehalt im Blut der 25- bis 69-jährigen deutschen Bevölkerung zwischen den Jahren 1990/92 und 1998 um circa 30% abgenommen hat. Im Jahre 1985/86 lag der mittlere Bleigehalt im Blut der oben genannten Altersgruppe in den alten Bundesländern noch bei 62 µg/l. 1990/92 wurde ein rückgängiger Wert von 45,5 µg/l ermittelt und 1998 wurde dieser rückläufige Trend mit einem Wert von 31,5 µg/l bestätigt. Eine ähnliche Tendenz wurde in anderen Ländern ebenfalls festgestellt. Weitere wichtige Studien sind die sog. NHANES-Studien (National Health and Nutrition Examination Surveys), die seit den späten 70er Jahren in den U.S.A. durchgeführt werden. So konnte durch diese Studien eine mittlere Reduzierung des Bleigehaltes im Blut der Normalbevölkerung in den U.S.A. im Zeitraum zwischen dem 1988 bis 1992 durchgeführten Survey und dem von 1991 bis 1994 durchgeführten Survey um 6 µg/l festgestellt werden. Der

Blutbleigehalt der Allgemeinbevölkerung fiel während dieser Zeit von 29 µg/l auf 23 µg/l (Becker et al 1998). Im Rahmen der 1991 bis 1994 durchgeführten NHANES-Studie wurden bei 2,2% der US-Amerikanischen Bevölkerung Blutbleiwerte über 100 µg/l festgestellt. In einer weiteren, zwischen 1999 und 2002 durchgeführten NHANES-Studie konnte nur noch bei 0,7% der Gesamtbevölkerung in den U.S.A. Blutbleiwerte über 100 µg/l ermittelt werden, was eine Reduzierung von 68% bedeutet (CDC 2005). In Italien, Spanien, Schweden oder auch Japan zeigten kleinere Studien ebenfalls eine abfallende Tendenz seit den frühen 80er Jahren (Becker et al 1998).

Betrachtet man nun die Varianzaufklärung für Blei im Blut stellt man fest, dass die aufgeklärte Varianz der inneren Bleibelastung der deutschen Normalbevölkerung 25,1% beträgt (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Varianzaufklärung für Blei im Blut (Benemann et al 1998)

Dies bedeutet, dass das Umweltbundesamt die nicht erklärte Varianz mit 74,9% angibt und damit der Hauptanteil der inneren Bleibelastung nicht bestimmten Ursachen bzw. Einflussgrößen zugeschrieben werden kann. Die aufgeklärte Varianz setzt sich aus folgenden Prädiktoren zusammen: Das Alter macht mit einem prozentualen Anteil von 7,2% den größten Anteil an den 25,1% aus, gefolgt vom Geschlecht mit 3,7% und dem Hämatokrit mit 2,8%. Weitere Prädiktoren sind der Alkoholkonsum mit einem Anteil von 6,4%. Dieser setzt sich aus dem Weinkonsum (3,4%) und dem Bierkonsum (3,0%) zusammen. Weiter

angegeben sind die Bleizufuhr mit dem Trinkwasser sowie die pro Tag gerauchten Zigaretten mit 1,1%. Sonstige Prädiktoren sind mit 2,8% angegeben (Benemann et al 1998).

Diese Daten wollte das Umweltbundesamt mit der größtmöglichen Genauigkeit erfassen und auswerten und damit die Problematik mit Blei umfangreich darstellen. Dies scheint zwar gelungen zu sein, allerdings wurde in dem Umwelt-Survey ein für die Ermittlung des Bleigehaltes im Vollblut äußerst wichtiger Einflussfaktor außer Acht gelassen. Die 4646 Personen wurden in dem Fragebogen des Umweltbundesamtes nicht nach der Ausübung eines Schießsports befragt. Damit konnte nicht abgeklärt werden, mit welcher Häufigkeit einzelne in der Studie aufgeführte Personen in ihrer Freizeit einem Schießsport nachgehen. Folglich konnte in dieser Studie auch nicht die Frage abgeklärt werden, mit welchen Waffen die einzelnen Personen schießen und wie oft sie diese verwenden. Eventuell hätte man so auffallend hohe Blutbleiwerte - so lagen 2% der insgesamt 4646 Personen über einem Wert von 94 µg/l - mit dem Ausüben eines Schießsports erklären können. Ebenso hätte wahrscheinlich der maximal gemessene Wert (380 µg/l) einem Sportschützen zugeordnet werden können. Unter diesem Gesichtspunkt wäre auch die Varianzaufklärung für Blei im Blut anders berechnet worden. Der prozentuale Anteil der nicht erklärten Varianz müsste nach unten korrigiert werden und der Prädiktor „Sportschütze“ in die Varianzaufklärung aufgenommen werden, so dass die aufgeklärte Varianz der inneren Bleibelastung mit einem höheren Prozentsatz ausfallen würde. In Zukunft sollte deshalb das Umweltbundesamt die Frage nach dem Ausüben eines Schießsports als festen Bestandteil des Fragebogens aufnehmen, um die Blutbleiwerte der kommenden Umwelt-Surveys oder ähnlicher Untersuchungen noch genauer interpretieren zu können.

#### **4.3 Einfluss der einzelnen Schießsportarten und der Schießgewohnheiten**

Laut dem Deutschen Schützenbund (DSB) e.V. können gemäß dem deutschen Waffengesetz Luftdruck-, CO<sub>2</sub>- und Federdruckwaffen sowie Armbrüste ab dem 18. Lebensjahr erlaubnisfrei erworben werden. Schusswaffen bis zu einem Kaliber von 5,6 mm lfb (lang für Büchse) mit Randfeuerpatronen und einer Mündungsgeschwindigkeit von maximal 200 Joule bzw. Einzellader-Langwaffen mit glattem Lauf bis Kal. 12 können, sofern diese nach der Sportordnung zugelassen sind, mit Vollendung des 18. Lebensjahres nach Genehmigung erworben werden. Bei allen anderen Waffen liegt die Altersgrenze für den Erwerb bei 21 Lebensjahren. Darüber hinaus sind im Waffengesetz auch die Altersbeschränkungen für die

Teilnahme am Schießbetrieb geregelt. Ab dem 12. Lebensjahr darf mit Luftdruck-, CO<sub>2</sub>-, und Federdruckwaffen geschossen werden. Mit dem 14. Lebensjahr darf mit sonstigen Waffen geschossen werden, sofern der Erziehungsberechtigte anwesend ist oder eine schriftliche Einverständniserklärung vorliegt und eine zur Jugendarbeit geeignete Person das Training beaufsichtigt. Ab 16 Jahren darf uneingeschränkt geschossen werden. Eine Ausnahme von dem Erfordernis des Mindestalters kann erteilt werden, wenn durch eine ärztliche Bescheinigung die physische und psychische Eignung sowie die sportliche Begabung von Seiten des Vereins glaubhaft gemacht wird. Dies bedeutet, dass mit entsprechender Ausnahmeregelung schon frühzeitig mit der Förderung von Jugendlichen begonnen werden kann, wobei es sich dabei vor allem um Jungschützen von Luftdruckwaffen handelt. Umso wichtiger ist die Erkenntnis, dass die Bleibelastung im Vollblut bei Luftgewehr- und Luftpistolenschützen mit einem Median von 33 µg/l zwar leicht erhöht lag, aber klar unter dem HBM-I-Wert. Wäre dies nicht der Fall gewesen und es wären höhere Werte gemessen worden, hätte dies vor allem im Bereich der Förderung von jungen Luftdruckwaffen-Schützen zu Konsequenzen führen müssen, um Kinder und Jugendliche vor einer erhöhten Bleibelastung zu schützen. Betrachtet man aber die Blutbleiwerte der Kleinkaliberschützen, der Median lag bei 87 µg/l, sollten Kinder und Jugendliche ihr Grundtraining möglichst oft mit dem Luftgewehr oder der Luftpistole durchführen, ohne allerdings ganz auf das Kleinkalibertraining verzichten zu müssen. Obwohl der Median unter dem HBM-I-Wert liegt, sollten auch die erwachsene Schützen ihr Basistraining mit Luftdruckwaffen durchführen, da ein möglichst niedriger Bleiwert im Blut aufgrund der erwiesenen Kanzerogenität von Blei immer anzustreben ist.

Der Hauptanteil des Untersuchungskollektivs sind Schützen, die mit Großkaliberwaffen trainieren. So sind es vor allem diese Schützen, die bei der Untersuchung bezüglich der inneren Bleibelastung besonders auffällig geworden sind, wobei insbesondere die IPSC-Schützen gesundheitlich bedenkliche Blutbleiwerte aufweisen. Auf ein Effekt-Monitoring wurde bei diesem Screening verzichtet, wäre aber bei einer weitergehenden Studie sinnvoll. Bei den nachgewiesenen Blutbleikonzentrationen kann aber unter anderem mit einer Beeinträchtigung des hämatopoetischen Systems gerechnet werden (Wilhelm, Ewers 1993). Eine Inhibition des Enzyms  $\delta$ -Aminolävulinsäure-Dehydratase in den Erythrozyten ist bei einer Blutbleikonzentration von 100-200 µg/l nachweisbar. Ab einem Blutbleigehalt von 350-450 µg/l lässt sich eine vermehrte renale Ausscheidung der Substrate  $\delta$ -Aminolävulinsäure und Koproporphyrin feststellen. Weitere Parameter wie die Verkürzung der Lebensdauer von

Erythrozyten und Abnahme der Hämoglobinkonzentration sprechen erst ab einem Blutbleiwert von  $>400 \mu\text{g/l}$  an. Dies würde somit eventuell nur auf einen Schützen zutreffen. Weiter müssen bei den gemessenen Bleiwerten subklinische Wirkungen auf das periphere Nervensystem in Betracht gezogen werden. Elektrophysiologische Effekte lassen sich ab Blutbleikonzentrationen von  $300\text{-}700 \mu\text{g/l}$  nachweisen. Weitere mögliche bleibedingte Effekte können eine verringerte glomeruläre Filtrationsrate sowie ein erhöhter Blutdruck sein. Dies kann bei Blutbleiwerten  $<100 \mu\text{g/l}$  der Fall sein (ATSDR 2006). Die Ursache für auffällige Blutbleiwerte bei Großkaliberschützen liegt zum einem am Projektil und zum anderen am Zünder von Großkalibermunition. Das Projektil einer .357 Magnum Patrone, eine gängige Revolvermunition, hat eine Mündungsgeschwindigkeit von etwa  $400 \text{ m/s}$  und eine Anfangsenergie von circa  $800 \text{ Joule}$ . Dies bedeutet, dass auf jedes abgefeuerte Geschoss starke physikalische Kräfte in der Waffe, im freien Flug und beim Aufprall am Geschossfang einwirken. Blei verdampft, sofern das Geschoss nicht vollständig mit Kupfer ummantelt ist, am ungeschützten Projektilboden aufgrund der heißen Verbrennungsgase des Patronenpulvers. Während das Projektil durch den Lauf gepresst wird, kommt es vor allem bei reinen Bleigeschossen zum Abrieb des Schwermetalls. Nicht „schadstoffreduzierte“ Zünder enthalten unter anderem Blei, welches bei der Explosion des Anzündsatzes in die unmittelbare Umgebung des Schützen freigesetzt wird (Knappworst 2005). Die Schadstoffe verbleiben während eines Trainings je nach Qualität der Lüftung unterschiedlich konzentriert in der Luft, die vom Schützen eingeatmet wird. Damit lässt sich die im Vergleich zu Luftdruckwaffen-Schützen hohe Bleibelastung von Großkaliberschützen und die Abhängigkeit der inneren Belastung von der Trainingszeit sowie von den monatlich abgefeuerten Patronen erklären. Da die IPSC-Schützen Bewegungsschießen mit hoher Schusszahl betreiben und keinen statischen Schießsport, wie dies beim Bayerischen Sportschützenbund der Fall ist, atmen diese Schützen entsprechend mehr Blei mit der Luft ein als reine Präzisionsschützen. Dies erklärt vermutlich, warum die Spitzenwerte von Blei im Blut bei IPSC-Schützen zu finden sind. Darüber hinaus sollte man die Wiederladertätigkeit mancher Großkaliberschützen nicht außer Acht lassen. Schützen mit einem sog. Sprengstoffschein sind zum Erwerb von Treibladungspulver berechtigt. Sie dürfen gebrauchte Patronen erneut laden und diese damit zu funktionsfähiger Munition aufbereiten. Bei den „Wiederladern“ sollte diese Tätigkeit als weitere potentielle Expositionsquelle in Betracht gezogen werden.

Ein etwas überraschendes Ergebnis zeigt die Auswertung der Blutbleiwerte nach der Personenanzahl am Schießstand. Man hätte annehmen können, dass, je mehr Schützen zur gleichen Zeit schießen und damit umso mehr Schadstoffe pro Zeiteinheit in die Luft geraten, desto höher die innere Belastung ausfällt. Da dies nicht gezeigt werden konnte, sind die wichtigen Einflussgrößen auf die innere Belastung mit Blei die verwendete Waffe, die Trainingszeit und die monatliche Gesamtschusszahl.

#### **4.4 Umgebungsmonitoring**

Am Revolver zeigten Wischproben, wie viel Blei an der Waffe nach deren Benutzung vorhanden ist. Es war nicht das Ziel, die Kontamination der Waffe bei Gebrauch von unterschiedlichen Projektilen oder bleifreien Zündern vergleichen zu können. Es sollte nur exemplarisch nachgewiesen werden, in welcher Größenordnung Verunreinigungen an der Waffe auftreten. Dass die Laufmündung die geringste Bleimasse aufwies, kam eher überraschend, da gerade der Lauf die Stelle der Waffe ist, bei der das Projektil durchgepresst werden muss. Unter diesem Aspekt ist auch die Luftmessung an einem Schießstand durchgeführt worden. Man darf das Ergebnis der Bleibelastung der Luft, es wurden  $12 \text{ mg/m}^3$  gemessen, nicht auf andere Schießstände übertragen, bzw. davon ausgehen, dass dies die generelle Situation widerspiegelt. Wäre der Schießstand allerdings ein offizieller Arbeitsplatz, könnte der Arbeitgeber gemäß der seit dem 1. Januar 2005 gültigen Gefahrstoffverordnung die Arbeit erst nach einer Gefährdungsbeurteilung und nachdem entsprechenden Schutzmaßnahmen getroffen worden sind, aufnehmen lassen. In der Gefahrstoffverordnung ist ein Schutzstufenkonzept mit insgesamt vier aufeinander aufbauenden Stufen verankert. Bei der Schutzstufe 4 (§11) handelt es sich um „ergänzende Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen“. Bei Arbeiten mit Blei gilt die Schutzstufe 4. Dadurch müssen neben den Maßnahmen der anderen Schutzstufen die Gefahrenbereiche abgegrenzt, Messungen der Stoffe durchgeführt und jede technische Schutzmaßnahme ausgeschöpft werden. Ist die Möglichkeit einer beträchtlichen Erhöhung der Exposition vorherzusehen, muss zusätzlich adäquate persönliche Schutzausrüstung gestellt und die Arbeit auf ein erforderliches Mindestmaß beschränkt werden (Gefahrstoffverordnung 2004). Die TRGS 505 (Technischen Regeln für Gefahrstoffe 2007) für Blei, welche im Februar 2007 erschienen ist, betrachtet unter anderem eine Gefährdungsbeurteilung bei „Verwenden von bleihaltigen Explosivstoffen (Munition und Spezialsprengmaterial) und Reinigen von Plätzen (u.a. Schießstände), auf denen diese



Materialien angewendet wurden“ als erforderlich. Gemäß diesen Bestimmungen würden auf den Schießstandbetreiber u.a. umfangreiche technische Veränderungen zukommen. Weiter ist zu bedenken, dass der Filter der Luftmessung nur auf Blei untersucht wurde und nicht auf weitere beim Schießen entstehende Luftschadstoffe, wobei Blei und Kohlenstoffmonoxid die Leitkomponenten der Luftbelastung sind. Im Zünder sind neben Blei auch Antimon, Kupfer, Zink und Barium vorhanden. Weiter sollte beachtet werden, dass beim Verbrennen des Pulvers in der Patrone neben Kohlenstoffmonoxid auch Kohlenstoffdioxid und Stickoxide entstehen (Holl o.J.). Somit müsste in Zukunft auch geklärt werden, in welchem Ausmaß der Schütze die genannten Schadstoffe aufnimmt und diese bei ihm nachzuweisen sind.

#### **4.5 Lösungsansätze und Ausblick**

Um das Problem der inneren Bleibelastung bei Klein- und Großkaliberschützen in den Griff zu bekommen, gibt es wenig Alternativen. Eine sofort umsetzbare Möglichkeit ist es, konsequent am Stand mit sogenannter „schadstoffreduzierter“ Munition zu schießen. Eine weitere Studie müsste allerdings klären, wie weit sich die innere Bleibelastung der Schützen bei sonst gleichgebliebenen Bedingungen am Stand ändert und ob dies zu Blutbleiwerten führt, die medizinisch gesehen als unbedenklich eingestuft werden können. „Schadstoffreduzierte“ Munition ist allerdings – derzeit noch – teurer als handelsübliche Munition und findet damit keine breite Anwendung. Mit einer Aufklärung über Bleibelastung beim Sportschießen kann evtl. dazu beigetragen werden, den finanziellen Aspekt in den Hintergrund zu drängen und somit die Bereitschaft zu erhöhen, „schadstoffreduzierte“ Munition zu erwerben und ausnahmslos zu verwenden. Eine weitere Lösung ist es, insbesondere die Lüftungsanlage auf den neuesten Stand der Technik zu bringen. Das Problem hierbei ist der enorme Kostenaufwand. Tausende von Euros wären in einen Standumbau zu investieren. So sagte der Sprecher der Schießstandsachverständigen in Bayern gegenüber der Süddeutschen Zeitung, dass ein Umbau bis zu 100.000 Euro kosten würde. Insbesondere Vereine mit geringem finanziellem Spielraum können sich dies nicht ohne entsprechend hohe finanzielle Förderung der öffentlichen Hand leisten (Lohr 2006). Bleibt aber die Frage offen, welche Variante im Laufe der Jahre die billigere ist: Ständig mehr Geld in „schadstoffarme“ Munition zu investieren, oder einmalig auf die anfallenden Kosten eines Umbaus zu sparen und diesen auszuführen. Für den Schießsport wäre die Kombination aus beiden Lösungsansätzen, also der Einsatz von Munition mit Kupfer-Vollmantelgeschosse und bleifreien Zündern in einer modern belüfteten Schießstätte am vernünftigsten (Gulson 2002).

Es muss auch von Seiten der unterschiedlichen Verbände an einer flächendeckenden und problemorientierten Lösung gearbeitet werden, da es nicht sein darf, dass vor allem Schützen, die mit „scharfen“ Waffen trainieren, zum Teil gesundheitsgefährdende Blutbleiwerte aufweisen, der mittlere Bleigehalt im Blut der deutschen Allgemeinbevölkerung, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, seit vielen Jahren hingegen eine rückläufige Tendenz aufweist.

Am 01. Juli 2006 trat der § 5 Absatz 1 Satz 1 des Gesetzes „über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten“, welches die europäische Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte sowie die europäische Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten umsetzt, in Kraft (ElektroG 2005):

„Es ist verboten, neue Elektro- und Elektronikgeräte in Verkehr zu bringen, die mehr als 0,1 Gewichtsprozent Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl (PBB) oder polybromierten Diphenylether (PBDE) je homogenem Werkstoff oder mehr als 0,01 Gewichtsprozent Cadmium je homogenem Werkstoff enthalten.“

Dieses Gesetz hat also die Reduzierung des Schadstoffgehalts der Geräte und somit eine möglichst geringe Belastung für Umwelt und Gesundheit zum Ziel. Der Gesetzgeber hat es geschafft, Blei und weitere Gefahrstoffe aus elektronischen Alltagsgegenständen fast vollständig zu verbannen. Es stellt sich nun die Frage, warum sich der Gesetzgeber nicht auch zum Schutze der Schützen mit der Bleiproblematik im Schießsport auseinandersetzt und gemeinsam mit der betroffenen Industrie nach Lösungen sucht.

Ein weiterer Bestandteil jeder Lösung, also unabhängig von Munition und Schießstandtechnik, muss die richtige und regelmäßige Reinigung sein. Laut Patterson (2005) trägt die Reinigung mit Besen und Schaufel zur Rezirkulation des am Boden befindlichen Bleistaubes bei. Folglich sollte nach jedem Training nass gewischt und die Verwendung von nicht geeigneten Staubsaugern unbedingt vermieden werden. In den USA werden seit 1979 Richtlinien von der Occupational Safety and Health Administration (OSHA) erarbeitet, die unter anderem ein schriftlich festgehaltenes Protokoll für die Schießstandwartung, Durchführung einer feuchten bzw. nassen Reinigung, die Verwendung von Staubsaugern mit speziellen Filtern, sog. HEPA-(high-efficiency particulate air)-Filtern, und den Einsatz von Kupfer-Vollmantel-Geschossen vorsehen. Diese Regeln wurden allerdings zum Schutz von Arbeitnehmern erstellt, und nicht speziell für Schützen. So konnte bei der schon in Kapitel 4.1 erwähnten Untersuchung auf innere Bleibelastung bei Schulsportschützen der US-Behörden

in Alaska die niedrigste Belastung bei Schützen festgestellt werden, welche auf einem kommerziell betriebenen Schießstand mit adäquater Lüftung trainierten. Der Stand konnte tägliche, wöchentliche, halbjährliche und jährliche Wartungsmaßnahmen mit feuchter Reinigung und Verwendung von speziellen Saugern nachweisen (CDC 2005). In der Niederschrift des im September 2005 in Rom abgehaltenen „Workshop on Indoor Shooting Ranges“ ist sogar von der Verwendung persönlicher Schutzausrüstung während der Standreinigung die Rede (Compton 2005).

Um die Situation in Deutschland nachhaltig verbessern zu können, sind weitere medizinische Studien im Bereich des Standbaus und der Lüftungstechnik nötig. Es gibt in Deutschland Architekten, die sich vor allem mit der Entwicklung neuer Lüftungstechniken auseinandersetzen und darin viel Zeit investieren. Allerdings muss die Effizienz neuer Techniken durch die Bestimmung der inneren Bleibelastung von Schützen, die ausschließlich auf Ständen mit neuester Belüftungstechnik schießen, belegt werden, um die Ergebnisse mit der inneren Belastung von Schützen, die auf Ständen mit veralteter Technik und gleichem Übungsaufwand trainieren, vergleichen zu können. Ohne derartige Untersuchungen kann sich beim Einsatz hochmoderner Be- und Entlüftungstechniken ohne den medizinischen Nachweis der Effizienz das Gefühl einer aus medizinischer Sicht falschen Sicherheit entwickeln.

Die Ergebnisse sollten den in der Gesundheitspolitik tätigen Politikern Anlass sein, Druck auf die Munitionshersteller auszuüben, mehr in die Entwicklung neuer Munitionstechnik zu investieren und ein Verbot der herkömmlichen bleihaltigen Munition in Erwägung zu ziehen. Das Waffengesetz könnte so geändert werden, dass bereits entwickelte Munition auch im zivilen Bereich Verwendung finden kann. Der Firma Metallwerk Elisenhütte GmbH (MEN) wurde am 2. März 2004 vom Beschussamt Ulm des Landes Baden-Württemberg bescheinigt, dass „die Munition mit der Bezeichnung 9mm x 19 MEN, PTP /s die Forderungen an Patronen mit Übungsgeschossen gemäß Technische Richtlinie (TR) "Patrone 9mm x 19, schadstoffreduziert" (Stand: September 2001) des Unterausschusses Führungs- und Einsatzmittel (UA FEM) des Arbeitskreises II "Innere Sicherheit" der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Länder erfüllt“ (MEN 2004). Diese Polizei-Trainings-Patrone (PTP) hat kein herkömmliches Projektil, sondern ein Geschoss aus einer Zink-Kupfer-Legierung. Trifft ein herkömmliches Bleigeschoss auf einen „harten“ Geschossfang, zerfällt dieses und setzt erhebliche Mengen an Bleistaub frei, was durch das Tombak-Geschoss vermieden werden soll. Bei Luftmessungen an einem Modellgeschossfang setzte die PTP-Munition im

Vergleich zu bleihaltiger Munition beim Aufprall 15- bis 25-mal weniger Staub bzw. Schwermetalle frei als das getestete bleihaltige Projektil. Bei dem bleihaltigen Projektil kam mit über 90% vor allem Blei als Inhaltsstoff der untersuchten Schwermetalle im freigesetzten Staub vor. Beim PTP-Geschoss ergab die Luftmessung nach dem Aufprall bei einem Schuss 6 mg Blei pro Kubikmeter Luft und nach drei Schuss 37 mg/m<sup>3</sup>. Die Luftmessung ergab für das bleihaltige Geschoss nach einem Schuss 478 mg/m<sup>3</sup> und nach drei Schuss sogar 1096 mg/m<sup>3</sup> (Wurster et al 2006). Nach Angaben der herstellenden Firma ist diese Legierung allerdings für den zivilen Bereich zu hart und darf damit gemäß dem deutschen Waffengesetz bei Sportschützen keine Verwendung finden.

Im Jahre 2001 schrieb das Land Hamburg europaweit für sich und weitere Bundesländer vier Millionen Schuss Übungsmunition für die Beschaffung aus, ohne die oben genannte Technische Richtlinie zu beachten. Durch den Einspruch der deutschen Polizeigewerkschaft (GdP) musste die Ausschreibung zurückgezogen werden (Dicke 2001). Ein weiterer Fall zeigt, wie ernst mit der Bleiproblematik im öffentlichen Dienst umgegangen wird. Die Polizei des Landes Baden-Württemberg verwendet für den realitätsnahen Gebrauch von Dienstwaffen sogenannte Farbmarkierungsmunition (FM-Munition). Diese Munition wird unter anderem in geschlossenen Übungsräumen ohne technische Lüftung verwendet. Sie kann auch aufgrund des Kunststoffprojektils und der geringen Treibladung wirklichkeitsgetreu gegen Personen angewendet werden. Da die Patronen allerdings einen bleihaltigen Anzündsatz enthalten, wurden im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung Luftmessungen während Übungseinheiten mit FM-Munition durchgeführt. Die Messungen ergaben, dass pro Schuss bis zu 1 mg Bleistaub in die Luft abgegeben wird. Nach 32 Schüssen im Trainingsraum konnte eine Bleikonzentration von 0,26 mg/m<sup>3</sup> (Schütze, personengetragen) ermittelt werden. Die Herstellungsfirma wurde daraufhin von der Polizei aufgefordert, in Zukunft FM-Munition mit bleifreiem Zünder anzubieten. Nachdem Erprobungen mit bleifreien Anzündsätzen erfolgreich waren und damit die Munition dem Stand der Technik entspricht, sicherte die Firma die ausschließliche Verwendung von bleifreien Zündern in FM-Munition ab dem Jahr 2007 zu (Wurster et al 2006).

Eine der größten Herausforderungen an die Munitionshersteller ist der hohe Präzisionsanspruch der Sportschützen an die Munition. Zünder, die kein Blei enthalten können im Vergleich zu Munition mit bleihaltigen Anzündsatz nur kürzer gelagert werden und sind weniger zuverlässig. Projektilen mit neuen Legierungen müssen die gleiche

Flugeigenschaft haben, als die zurzeit verwendeten Geschosse (Patterson 2005). Darüber hinaus muss neu entwickelte Munition für den Breitensport bezahlbar bleiben.

Käme es in Deutschland zu einem gesetzlichen Verbot von bleihaltiger Munition, wäre dies seitens der Medizin zu begrüßen. Im Gegenzug würde ein solches Verbot allerdings mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit das Ende des internationalen Schießsports in Deutschland bedeuten. Es gibt zurzeit keine alternative Munition, die in derselben Preislage liegt und dieselbe Präzision aufweist wie bleihaltige Munition. Da Schützen aus anderen Ländern nicht auf die hohe Präzision und die damit verbundene hohe Leistung verzichten wollen, bestünde seitens der Schützen für internationale Wettkämpfe in Deutschland wenig Interesse.

Ein Verbot hätte auch für die deutschen Schützen weitreichende Konsequenzen. Da sie nicht mit der international herkömmlichen Munition trainieren könnten, würde dies ein Verzicht auf Spitzenplätze bedeuten. Folglich würde das Verbot umgangen werden, indem das gesamte Schießtraining in das benachbarte Ausland verlegt werden würde, um damit weiter im internationalen Schießsport erfolgreich sein zu können.

## 5. Zusammenfassung

Akute und chronische Bleibelastungen spielen in der deutschen Bevölkerung praktisch keine Rolle mehr, wobei Lebensmittel als Hauptbelastungsquelle, wenn man von einer Kontamination im Arbeitsbereich absieht, zu betrachten sind. In der Vergangenheit zeigten Studien immer wieder auf, dass der Gebrauch von bleihaltiger Munition zu einer erhöhten inneren Bleibelastung von Schützen führt. Da es in Deutschland zahlreiche Schützengesellschaften gibt, klärt diese Studie, in welchem Ausmaß Schützen von Luftdruckwaffen, von Kleinkaliberwaffen und von Großkaliberwaffen mit einer inneren Bleibelastung betroffen sind.

Es wurde bei insgesamt 130 aktiven Schützen Blut entnommen und der Blutbleiwert mit der Atomabsorptionsspektrometrie bestimmt. Weiter wurde exemplarisch eine Wischprobe von einer gebrauchten Waffe genommen sowie eine exemplarische personenbezogene Luftmessung an einem Schießstand durchgeführt.

Die Studie zeigt, dass die innere Bleibelastung von Luftdruckwaffen-Schützen mit einem Median von 33 µg/l leicht erhöht ist, aber deutlich unter dem HBM-I-Wert von 150 µg/l (Kinder und Frauen bis einschließlich 45 Jahren: 100 µg/l) liegt. Sobald man aber das Blut von Schützen, die mit „scharfer“ Munition trainieren, untersucht, stellt man zum Teil gesundheitsgefährdende Werte fest. Bei Kleinkaliberschützen konnte zwar kein Schütze mit einem Blutbleiwert über dem HBM-II-Wert von 250 µg/l (Kinder und Frauen bis einschließlich 45 Jahren: 150 µg/l) ermittelt werden, diese Schützen liegen aber mit einem Median von 87 µg/l über dem Median der deutschen Normalbevölkerung und damit auch über dem Referenzwert von 76 µg/l. Großkaliberschützen liegen mit ihrem Median um 100 µg/l und grenzen sich damit klar von der deutschen Allgemeinbevölkerung ab. Die IPSC-Schützen, welche eine spezielle Art des Bewegungsschießens betreiben und dabei eine hohe Anzahl an Patronen verbrauchen, bilden die auffälligste Gruppe mit einem Median von 192 µg/l. Weiter zeigt die Arbeit, dass die innere Bleibelastung bei Sportschützen, die „scharfe“ Munition verwenden, zum einen von der Trainingszeit, und zum anderen von den pro Monat verschossenen Patronen abhängt. Die exemplarische Wischprobe ergab bis zu 0,97 mg Blei an einer Waffe. Die Messung der Luftbleibelastung ergab 12 mg/m<sup>3</sup> und damit eine 120fache Überschreitung des bis 2005 geltenden Grenzwertes.

Mit den durch diese Arbeit gewonnenen Erkenntnissen muss intensiv an Lösungen gearbeitet werden, um die innere Bleibelastung von Schützen insbesondere von „scharfen“ Waffen deutlich zu reduzieren. Die Kombination aus dem Gebrauch von „schadstoffreduzierter“ Munition, moderner Stand- und Lüftungstechnik sowie adäquaten Reinigungsmaßnahmen ist zwar kostspielig, aber in Anbetracht der teilweise gesundheitsgefährdenden inneren Blutbleiwerte eine nötige Konsequenz aus den erhobenen Daten.

## 6. Literatur

Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR (2000)  
Case Studies in Environmental Medicine (CSEM): Lead Toxicity – Exposure Pathways  
URL: [http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/lead/exposure\\_pathways.html](http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/lead/exposure_pathways.html)  
(abgerufen am 01.09.2006)

Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR (2006)  
ToxFAQs™: Chemical Agent Briefing Sheets (CABS) - Lead  
URL: [http://www.atsdr.cdc.gov/cabs/lead/leadcabs\\_effect.html](http://www.atsdr.cdc.gov/cabs/lead/leadcabs_effect.html)  
(abgerufen am 01.09.2006)

Aktories K, Förstermann U, Hofmann F, Starke K  
Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie  
München, Urban & Fischer Verlag, 9. Auflage, 2005: 1015-1017

Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, Seifert B (1998)  
Human-Biomonitoring – Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland  
Umwelt-Survey 1998 Band III

Benemann J, Bromen K, Lehmann N, Marr A, Jöckel KH (1998)  
Arsen, Schwer- und Edelmetalle in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland –  
Belastungsquellen und -pfade  
Umwelt-Survey 1998 Band VII: 38-52

Böhm E (2003)  
Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe. Teil 5.3: Pigmente und Stabilisatoren  
URL: [http://www.umweltdaten.de/umweltvertraegliche-stoffe/Teil5\\_3.pdf](http://www.umweltdaten.de/umweltvertraegliche-stoffe/Teil5_3.pdf)  
(abgerufen am 18.10.2006)

Centers for Disease Control and Prevention – CDC (2004)  
Childhood Lead Poisoning from Commercially Manufactured French Ceramic Dinnerware –  
New York City, 2003  
Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) 53(26): 584-586

Centers for Disease Control and Prevention – CDC (2005)  
Lead Exposure from Indoor Firing Ranges Among Students on Shooting Teams – Alaska,  
2002-2004  
Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) 54(23): 577-579

Centers for Disease Control and Prevention – CDC (2005)  
Blood Lead Levels – United States, 1999-2002  
Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) 54(20): 513- 516

Compton FS (2005)  
Control of Lead Dust and Unburnt Propellant in Indoor Ranges  
Workshop on Indoor Shooting Ranges: Responsible Care of Range Environment –  
Proceedings of the workshop on indoor shooting ranges; September 16-17, 2005/Rome, Italy:  
157-162



Deutsche Forschungsgemeinschaft (2006)  
Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe  
URL: [http://www.dfg.de/dfg\\_im\\_profil/struktur/gremien/senat/kommissionen\\_ausschuesse/senatskommission\\_pruefung\\_arbeitsstoffe/index.html](http://www.dfg.de/dfg_im_profil/struktur/gremien/senat/kommissionen_ausschuesse/senatskommission_pruefung_arbeitsstoffe/index.html)  
(abgerufen am 20.10.2006)

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2006)  
Liste aller Änderungen und Neuaufnahmen in der MAK- und BAT-Werte-Liste 2006  
URL: [http://www.dfg.de/aktuelles\\_presse/reden\\_stellungnahmen/download/mak2006.pdf](http://www.dfg.de/aktuelles_presse/reden_stellungnahmen/download/mak2006.pdf)  
(abgerufen am 20.10.2006)

Dicke W (2001)  
Polizeimunition: GdP-Intervention stoppt bedenkliche Munitionsbeschaffung  
URL: [http://www.gdp.de/gdp/gdpcms.nsf/id/dp0110/\\$file/0110\\_08.pdf](http://www.gdp.de/gdp/gdpcms.nsf/id/dp0110/$file/0110_08.pdf)  
(abgerufen am 14.11.2006)

Elektrogesetz (2005)  
Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG)  
BGBl. I 2005: S. 762-774

Gefahrstoffverordnung (2004)  
Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen – Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)  
BGBl. I 2004: S. 3758 ff

Gulson BL, Palmer JM, Bryce A (2002)  
Changes in blood lead of a recreational shooter  
Sci Total Environ 293: 143-150

Holl G (o.J.)  
Thema III – Be- und Entlüftung von geschlossenen Schießständen  
URL: [http://www.schuetzenbund.de/pdf/umweltrecht/Umweltbroschuere%20Nr.\\_6-Gerhard\\_Holl.pdf](http://www.schuetzenbund.de/pdf/umweltrecht/Umweltbroschuere%20Nr._6-Gerhard_Holl.pdf)  
(abgerufen am: 30.08.2006)

Kinsky H (2005)  
A General Overview of Indoor Shooting Ranges in Germany  
Workshop on Indoor Shooting Ranges: Responsible Care of Range Environment –  
Proceedings of the workshop on indoor shooting ranges; September 16-17, 2005/Rome, Italy:  
41-44

Klinkhammer G (2005)  
Heinrich Heine: „Sie küsste mich krank“  
Dtsch Arztebl 102(11): A 767

Knappworst J (2005)  
Gas Residues and Unburnt Propellant in Indoor Shooting Ranges  
Workshop on Indoor Shooting Ranges: Responsible Care of Range Environment –  
Proceedings of the workshop on indoor shooting ranges; September 16-17, 2005/Rome, Italy:  
67-75

Löfstedt H, Seldén A, Storéus L, Bodin L (1999)  
Blood lead in swedish police officers  
Am J Ind Med 35: 519-522

Lohr B (2006)  
Behörden erlassen strenge Auflagen – Luft in Schützenheimen zu bleihaltig  
Süddeutsche Zeitung – Ausgabe Süd (25./26.02.2006), Nr. 47, S. R1

Ludewig R (2006)  
Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791): Genaue Todsursache bleibt unerkant  
Dtsch Arztebl 103(4): A 172-176

MAK- und BAT-Werte-Liste (2000)  
Blei und seine anorganischen Verbindungen, außer Bleiarsenat und Bleichromat  
Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen  
Forschungsgemeinschaft. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim: 1-37

MAK- und BAT-Werte-Liste (2004)  
Blei und seine anorganischen Verbindungen (einatembare Fraktion)  
Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen  
Forschungsgemeinschaft. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim: 1-9

Meißner D (1998)  
Die Bleivergiftung in der klinischen Praxis  
Management & Krankenhaus 3: 20-21

Metallwerk Elisenhütte GmbH (MEN) (2004)  
Beschussamt Ulm – Staatliche Prüf- und Zertifizierungsstelle für Waffen- und  
Sicherheitstechnik/Zertifikat Nr. M 03 0110 / Z  
URL: [http://www.elisenhuette.de/de/neu/dokumente/Zertifikat\\_PTP.pdf](http://www.elisenhuette.de/de/neu/dokumente/Zertifikat_PTP.pdf)  
(abgerufen am 07.09.2006)

Nowak D  
Arbeitsmedizin  
München, Urban & Fischer Verlag, 1. Auflage, 2006: 40-41

Patrick L (2006)  
Lead Toxicity, A Review of the Literature – Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment  
Altern Med Rev 11(1): 2-22

Patterson R (2005)  
Keeping Indoor Ranges Open to Serve Society  
Workshop on Indoor Shooting Ranges: Responsible Care of Range Environment –  
Proceedings of the workshop on indoor shooting ranges; September 16-17, 2005/Rome, Italy:  
35-38

Reichl FX  
Taschenatlas der Umweltmedizin  
Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 2000: 80-81

Schilling (o.J.)

URL: <http://www.schuetzenbund.de/pdf/downloads/Mitgliedsvereine.pdf>  
(abgerufen am 13.09.2006)

Svensson BG, Schütz A, Nilsson A, Skerfving S (1992)

Lead exposure in indoor firing ranges  
Int Arch Occup Environ Health 64: 219-221

Technische Regeln für Gefahrstoffe: Blei  
(TRGS 505), Ausg.2/2007 GMBI. Nr. 12: S. 254

Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte  
(TRGS 900), Ausg. 1/2006, BArbBl.: S. 41-55

Umweltbundesamt (2001)

Blei-Benzin-Gesetz

URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/benzin-blei-gesetz.htm>  
(abgerufen am 16.10.2006)

Umweltbundesamt (2003)

Grenzwert für Blei im Trinkwasser gesenkt

URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/presse-informationen/pd03-119.htm>  
(abgerufen am 17.10.2006)

Umweltbundesamt (2006)

Kommission Human-Biomonitoring - Aufgabenbeschreibung

URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/monitor/index.htm>  
(abgerufen am 01.09.2006)

Umweltbundesamt (2006)

Kommission Human-Biomonitoring – Definitionen zu HBM- und Referenzwerten

URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/monitor/definitionen.htm>  
(abgerufen am 15.10.2006)

Wurster U, Fleig E, Ludwig F, Ott G (2006)

Gefahrstoffbelastung durch bleihaltige Zünder beim Training mit Farbmarkierungsmunition  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 66(11/12): 469-473

Wilhelm M, Ewers U (1993)

Metalle/Blei, VI-3

Hrsg.: Wichmann, Schlipköter, Fülgraff. Handbuch der Umweltmedizin, 1. Erg. Lfg. 6/93,  
Ecomed-Verlag: 1-24

Wurster U, Ebert H, Fleig E, Ott G (2006)

Reduzierung der Gefahrstoffbelastung in Raumschießanlagen durch Verwendung bleifreier  
Trainingsmunition  
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 66(7/8): 295-299

Zimmermann U (o.J.)  
Mittelalterlicher Bergbau auf Eisen, Blei und Silber – begrenzte Mittel und zahlreiche  
Veränderungen  
URL: <http://www.ufg.uni-freiburg.de/d/publ/zimm1.html>  
(abgerufen am 16.10.2006)

## **7. Anhang**

## 7.1 Anhang 1: Aufklärungsbogen

Klinikum der Universität München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und  
Umweltmedizin – Innenstadt  
Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig \_\_\_\_\_  
Maximilians –  
Universität \_\_\_\_\_  
München \_\_\_\_\_

Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

München, Januar 2006

Unser Zeichen	Ansprechpartner	Telefon	Telefax	E-Mail
Schi	Herr Dr. Schierl	089/5160-2463	089/5160-3957	Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de

### Untersuchung auf mögliche Bleibelastung im Blut durch Ausübung eines Schießsports

#### Aufklärungsbogen

##### 1.) Worum geht es?

Die Umweltbelastung mit dem Schwermetall Blei ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Es gibt jedoch immer wieder einzelne Personen, die aufgrund beruflicher oder privater Exposition erhöhte Belastungen aufweisen. Vom Umweltbundesamt wurden deshalb Grenzwerte festgelegt. Liegt der Blutbleiwert unterhalb von 150 µg/l (Kinder und Frauen unter 45 Jahren: 100 µg/l), so sind nach derzeitigem Wissen keinerlei Gesundheitsgefährdungen zu erwarten. Übersteigt der Blutbleiwert hingegen einen Wert von 250 µg/l (Kinder und Frauen unter 45 Jahren: 150 µg/l), so sind Gefährdungen nicht mehr auszuschließen. Eine kürzlich durchgeführte Untersuchung von Pistolenschützen wies überraschenderweise stark erhöhte Werte von 200 bis 700 µg/l auf. Es sollte deshalb geklärt werden, ob das nur Einzelfälle betrifft oder ob Bleibelastungen bei Schießsport weiter verbreitet sind, als bisher angenommen. Dies soll Herr cand. med. Matthias Demmeler, der selber Pistolenschütze ist, im Rahmen einer Doktorarbeit abklären.

##### 2.) Was kommt auf Sie zu?

Um es für Sie möglichst einfach zu gestalten, wird Herr Demmeler oder ein Arzt unserer Klinik die Blutentnahme (nur ca. 2 ml) in der Schießstätte im Anschluss an ein Training durchführen. Das Blut wird ausschließlich auf Blei untersucht und danach ordnungsgemäß entsorgt. Andere Blutwerte werden nicht erhoben. Außerdem möchten wir Sie bitten, einen kleinen Fragebogen auszufüllen. Selbstverständlich unterliegen alle Angaben der ärztlichen Schweigepflicht und werden entsprechend vertraulich behandelt. Eine wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse erfolgt streng anonymisiert.

##### 3.) Was haben Sie davon?

Innerhalb von ca. zwei Wochen nach Blutabnahme erhalten Sie von uns ihr Ergebnis mit einer Bewertung schriftlich mitgeteilt, falls nötig, auch mit der Empfehlung ihren Hausarzt zu konsultieren. Wenn Ihr Blutbleiwert im normalen Bereich liegt, haben Sie die Gewissheit, dass Sie den Schießsport auch weiterhin ohne Gefährdungen durch Blei betreiben können. Selbstverständlich sind die Analysen für Sie kostenlos.

Fragen können Sie jederzeit an Herrn Dr. Rudolf Schierl (s.o.) oder Herrn Matthias Demmeler (089-43579684 oder 08035-5939 bzw. [Matt.De@web.de](mailto:Matt.De@web.de)) richten.

##### 4.) Studienteilnahme:

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile Ihre Einwilligung zurückziehen.

## 7.2 Anhang 2: Einverständniserklärung und Fragebogen

Klinikum der Universität München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und  
Umweltmedizin – Innenstadt  
Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

Unser Zeichen	Ansprechpartner	Telefon	Telefax	E-Mail
Schi	Herr Dr. Schierl	089/5160-2463	089/5160-3957	Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de

\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig \_\_\_\_\_  
Maximilians-  
Universität \_\_\_\_\_  
München \_\_\_\_\_

Untersuchung auf mögliche Bleibelastung im Blut durch Ausübung eines  
Schießsports

### Einverständniserklärung

Ich habe den Aufklärungsbogen erhalten, wurde über den Grund der Untersuchung  
ausreichend informiert und erkläre mich mit der Teilnahme einverstanden.

\_\_\_\_\_  
....., den .....

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Probanden

### Fragebogen

Datum der Blutprobe: ..... Probennummer: .....

Name: ..... Vorname: .....

Geschlecht: ..... Geburtsdatum: .....

Anschrift: .....

#### Angaben zum Schießsport:

Welche Sportart: .....

Seit wann ausgeübt: .....

Wie oft: .....

Anzahl Schuss pro Trainingseinheit: .....

Wieviele Personen sind direkt am Stand: .....

Bei Großkaliber: Art des Projektils (z.B. Vollmantel, Teilmantel): .....

Zeit, die am Stand pro Training verbracht wird (nicht im Aufenthaltsraum): .....

*Selbstverständlich werden alle Angaben vertraulich behandelt und nicht weitergegeben!*

## **8. Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. Dennis Nowak danke ich für die Möglichkeit diese Doktorarbeit in Institut und Poliklinik für Arbeit- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität durchzuführen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. rer. nat. Rudolf Schierl für die Überlassung des Themas dieser Doktorarbeit, vor allem seiner ständigen Hilfsbereitschaft und den vielen Anregungen die für das Gelingen dieser Arbeit von großer Bedeutung waren.

Ich danke Herrn Stefan Gröbmair für die fachkundige Auswertung der Proben im Labor.

Ich danke meinen Eltern, die mich bei der Durchführung meiner Promotionsarbeit ständig unterstützt haben.

Ich danke allen Schützen, die sich an dieser Studie beteiligt haben. Mein besonderer Dank gilt meinem Verein, SG Eichenlaub-Stamm Raubling.

Herrn Andreas Kellermeyer danke ich für die hilfreiche Unterstützung im Umgang mit den verwendeten Softwareprogrammen.



## **9. Lebenslauf**

### ***Persönliche Daten***

Name: Demmeler  
Vorname: Matthias  
Geburtsort: Rosenheim  
Geburtsdatum: 19.07.1980

### ***Schullaufbahn***

1987-1991: Grundschule in Raubling  
1991-2000: Finsterwalder Gymnasium Rosenheim mit Schüleraustausch nach Vichy, Frankreich; Fairibault, Minnesota; Greendale, Wisconsin  
30.06.2000: Erwerb der allgemeinen Hochschulreife

### ***Wehrdienst***

01.11.2000-31.08.2001: Grundwehrdienstleistender beim Sanitätsdienst der deutschen Bundeswehr  
30.01.2002: Eintritt in die Reserve des Sanitätsdienstes der deutschen Bundeswehr

### ***Freiwilliger Dienst beim U.S. National Park Service***

04.07.2000-11.10.2000:  
02.08.2001-30.09.2001: freiwilliger Park Ranger im Yellowstone Nat'l Park  
11.08.2004-09.09.2004:

### ***Studium***

10/2001: Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München  
04/2004: Ärztliche Vorprüfung an der Ludwig-Maximilians-Universität München  
11/2008: Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

### ***Wissenschaftliche Tätigkeit***

2006 bis 2008: Doktorarbeit in Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München unter Leitung von Prof. Dr. D. Nowak