

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

**Bleikonzentration im Blut von  
jugendlichen und erwachsenen Sportschützen**

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

vorgelegt von  
Alexandra Theresa Grabmann

aus  
Friedberg

2016

---

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Oliver Peschel

Prof. Dr. Ines Golly

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

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 14.01.2016

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Toxizität von Blei .....	1
1.1.1. Allgemeine Wirkungen .....	1
1.1.2. Wirkung speziell auf Kinder.....	2
1.2. Quellen der Bleiexposition.....	4
1.2.1. Vorkommen in der Umwelt und Aufnahmemengen.....	4
1.2.2. Berufliche Exposition.....	6
1.2.3. Hintergrundbelastung der Bevölkerung.....	7
1.3. Sportschießen und Bleibelastung.....	8
1.3.1. Deutscher Schießsport.....	8
1.3.2. Bleibelastung im Schießsport.....	9
<b>2. Wissenschaftliche Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1. Allgemeines zu Blei und seinen Verbindungen .....	11
2.2. Toxikokinetik .....	11
2.2.1. Absorption.....	11
2.2.2. Verteilung.....	12
2.2.3. Ausscheidung .....	13
2.3. Diagnostik .....	13
2.4. Therapie Bleivergiftung .....	15
2.5. Grenzwerte.....	17
2.5.1. Referenzwerte.....	17
2.5.2. HBM-Werte .....	18
2.5.3. Biologischer Grenzwert .....	20
<b>3. Zielsetzung.....</b>	<b>21</b>
3.1. Jugendliche .....	21
3.2. Erwachsene .....	21
<b>4. Material und Methoden.....</b>	<b>22</b>
4.1. Ethikantrag.....	22
4.2. Untersuchungskollektive .....	22
4.2.1. Jugendliche Probanden .....	22
4.2.2. Erwachsene Probanden.....	24
4.3. Rekrutierung.....	24

4.3.1. Jugendliche Sportschützen .....	24
4.3.2. Jugendliche Kontrollgruppe.....	25
4.3.3. Erwachsene .....	26
4.4. Untersuchungsablauf .....	26
4.4.1. Aufklärung.....	26
4.4.2. Einverständniserklärung.....	27
4.4.3. Fragebogen.....	27
4.4.3.1. Jugendliche Schützen.....	28
4.4.3.2. Jugendliche Kontrollgruppe .....	28
4.4.3.3. Erwachsene .....	28
4.4.4. Blutentnahme .....	29
4.4.5. Vergütung .....	29
4.5. Laborbestimmung .....	30
4.6. Ergebnismitteilung.....	30
4.6.1. Jugendliche.....	30
4.6.2. Erwachsene .....	31
4.7. Statistische Methode .....	32
<b>5. Ergebnisse .....</b>	<b>33</b>
5.1. Vergleich von Kontrollgruppe und jugendlichen Schützen .....	33
5.1.1. Bleikonzentration .....	33
5.1.2. Geschlechtsverteilung und Einfluss auf Bleiwerte im Blut.....	36
5.1.3. Altersverteilung und Einfluss auf Bleiwerte im Blut .....	37
5.2. Einflüsse auf die Bleikonzentration der jugendlichen Schützen .....	38
5.2.1. Schießgewohnheiten .....	38
5.2.2. Vereinsbezogene Auswertung .....	39
5.3. Bleikonzentration der erwachsenen Schützen und Einflussfaktoren .....	42
5.3.1. Disziplinen.....	42
5.3.2. Schießgewohnheiten .....	44
<b>6. Diskussion .....</b>	<b>47</b>
6.1. Diskussion der Methoden.....	47
6.1.1. Untersuchungskollektiv .....	47
6.1.1.1. Jugendliche.....	47
6.1.1.2. Erwachsene .....	48
6.1.2. Rekrutierung der Probanden und Fragebögen.....	48

---

6.2. Diskussion der Ergebnisse.....	50
6.2.1. Jugendliche.....	50
6.2.2. Erwachsene.....	52
6.3. Möglichkeiten der Bleireduktion im Schießsport.....	56
<b>7. Zusammenfassung.....</b>	<b>60</b>
<b>8. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>62</b>
<b>9. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>69</b>
<b>10. Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>70</b>
<b>11. Anhang.....</b>	<b>71</b>
<b>12. Danksagung.....</b>	<b>84</b>

## **1. Einleitung**

### **1.1. Toxizität von Blei**

Das Schwermetall Blei ist bereits in geringen Dosen gesundheitsschädlich für den Menschen. Die Kosten, die daraus entstehen, werden in den USA auf jährlich 43,5 Milliarden US-Dollar geschätzt [79].

#### **1.1.1. Allgemeine Wirkungen**

Generell wird bei Intoxikationen mit anorganischem Blei zwischen einer akuten und einer häufigeren chronischen Form unterschieden [54]. Eine Bleivergiftung kann zunächst zu wenig charakteristischen Allgemeinerscheinungen wie Kopfschmerz, Müdigkeit, Appetitverlust, Schlaflosigkeit, diffuser Muskelschwäche und unklarem Gewichtsverlust von über fünf Kilogramm führen [53, 54]. Im Verlauf werden bei Weiterbestehen der erhöhten Bleibelastung verschiedene Systeme im Körper geschädigt, wodurch es zu einer spezifischeren Symptomatik kommt [54].

Hierbei bietet das blutbildende System einen bedeutsamen Angriffspunkt: Das Schwermetall Blei hemmt unter anderem das Enzym Delta-Aminolaevulinsäure-Dehydratase ( $\delta$ -ALA-D), welches eine wichtige Rolle in der Häm-Synthese spielt [54]. Dies geschieht bereits bei relativ niedrigen Bleiwerten im Blut. So ist bei einer Bleikonzentration von über 200  $\mu\text{g}$  pro Liter Blut die ALAD-Aktivität bereits um bis zu 50 % reduziert [53]. Dies führt zu einer hypochromen, mikrozytären Anämie, die unter anderem durch eine erhöhte Ermüdbarkeit, Schwäche sowie Blässe der Haut und Schleimhäute des Patienten klinisch auffällig wird [31, 54].

Neben der Anämie kann sich eine chronische Bleiintoxikation klinisch als kolik- bzw. krampfartige Bauchschmerzen in Verbindung mit einer anhaltenden Obstipation manifestieren. Desweiteren schädigt Blei das periphere Nervensystem durch eine Lähmung von motorischen Nerven. Dabei ist in erster Linie der Nervus radialis betroffen, was zum typischen klinischen Bild der sogenannten Fallhand führt [54].

Aus diesen charakteristischen Symptomen ergibt sich die klassische, in Deutschland jedoch historische Trias der Bleivergiftung mit Anämie, Darmkoliken und Lähmung des Nervus radialis [51].

Ein weiteres Organ, das durch eine längerfristige und dauerhafte Belastung mit hohen Mengen an Blei geschädigt wird, ist die Niere. So kann es bei Erwachsenen zu einer chronischen Bleinephropathie mit Schädigung der proximalen Tubuluszellen kommen, was früh klinisch durch eine erhöhte Menge an Aminosäuren, Glukose und Phosphat im Urin auffällig wird [22]. Blutbleikonzentration von über 600 µg/l können eine chronisch interstitielle Nephritis hervorrufen [51].

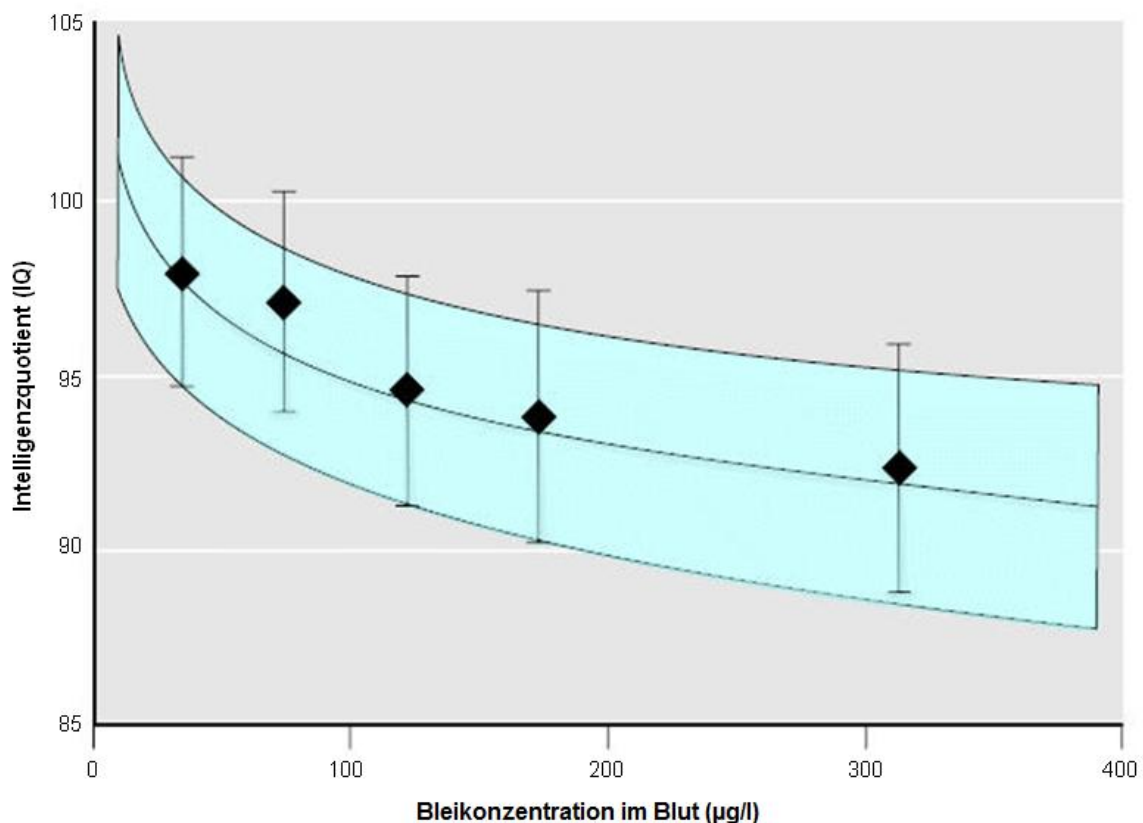
Mehrere Studien haben bewiesen, dass durch erhöhte Bleikonzentrationen im Blut die Gesamtmortalität sowie die Mortalität für Herz-Kreislaufkrankungen und Krebs steigt [45, 46, 59]. Diese Zusammenhänge konnten bereits bei niedrigen Bleikonzentrationen zwischen 50 und 90 µg/L nachgewiesen werden [59]. Die gesteigerte Mortalität für Herz-Kreislaufkrankungen resultiert unter anderem daraus, dass erhöhte Bleiwerte im Blut zu einer Erhöhung des Blutdruckes und einer Linksherzhypertrophie führen können [60].

Blei und seine anorganischen Verbindungen - mit Ausnahme von Bleichromat und Bleiarsenat - sind „als krebserzeugend für den Menschen anzusehen“ [20] und wurden deshalb von der MAK-Kommission in die krebserzeugende Kategorie 2 eingestuft. Des Weiteren zählt Blei zu den Keimzellmutagenen der Kategorie 3A. In diese Kategorie sind Stoffe eingeteilt, „für die eine Schädigung des genetischen Materials der Keimzellen beim Menschen oder im Tierversuch nachgewiesen wurde oder für die gezeigt wurde, dass sie mutagene Effekte in somatischen Zellen von Säugetieren in vivo hervorrufen und dass sie in aktiver Form die Keimzellen erreichen“ [20].

### **1.1.2. Wirkung speziell auf Kinder**

Kinder reagieren sehr sensibel auf Blei. Sie haben im Vergleich zu Erwachsenen ein erhöhtes Risiko eine Bleiintoxikation zu erleiden, da sie einen höheren Bleianteil im Körper absorbieren und eine noch unausgereifte Blut-Hirn-Schranke haben. Dadurch können größere Mengen an Blei in das zentrale Ner-

vensystem gelangen. Dort wirkt es neurotoxisch, indem unter anderem Zelladhäsionsmoleküle und die Erregungsübertragung zwischen Nervenzellen an der Synapse gestört werden, was langfristig zu Entwicklungsstörungen des ZNS führen kann [79]. In diesem Zusammenhang wurden adverse Effekte von Blei auf den Intelligenzquotienten (IQ) beobachtet, die bei Bleikonzentrationen unter  $100 \mu\text{g}$  pro Liter Blut noch nachweisbar sind und für die kein Schwellenwert angegeben werden kann [11, 35, 41, 42]. Lanphear et al. analysierten Daten von 1.333 Kindern aus sieben internationalen, longitudinalen Kohortenstudien und kamen dabei zu dem Ergebnis, dass bei einem Anstieg des Bleispiegels im Blut von  $24 \mu\text{g/l}$  auf  $100 \mu\text{g/l}$  der IQ um 3,9 Punkte sinkt [41]. Bei Bleikonzentrationen unter  $100 \mu\text{g/l}$  konnte dieser negative Zusammenhang am stärksten nachgewiesen werden (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Log-lineares Modell des Einflusses der Bleiwerte im Blut auf den Intelligenzquotienten von Kindern (modifiziert nach [41])**

Des Weiteren besteht ein relevanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Störung) und der Bleikonzentration im Blut. So kamen Braun et al. bei Untersuchungen an Kindern zwischen 4 und 15 Jahren zu folgendem Ergebnis [8]: Kinder mit Blutbleikonzentra-



tionen über 20 µg/l hatten ein 4-fach erhöhtes Risiko an ADHS zu erkranken als Kinder mit Bleikonzentrationen unter 7 µg/l.

Das endokrine System stellt einen weiteren Angriffspunkt für Blei dar. So können erhöhte Bleispiegel im Blut einen verzögerten Pubertätsbeginn bedingen [63, 80]. Dies bestätigten Williams et al. in ihrer Untersuchung an 489 russischen Jungen aus dem Jahr 2010. Sie berichten, dass Buben mit einer Blutbleikonzentration über 50 µg/l im Schnitt sechs bis acht Monate später in die Pubertät eintraten, als Jungen mit niedrigeren Werten [78].

All dies macht deutlich, dass die Bleispiegel im Blut von Heranwachsenden möglichst gering gehalten werden sollten, um gesundheitsschädigende Effekte zu vermeiden.

## **1.2. Quellen der Bleiexposition**

### **1.2.1. Vorkommen in der Umwelt und Aufnahmemengen**

Blei kommt mit einer relativ geringen Konzentration von 20 mg/kg auf natürliche Weise in der Erdkruste vor [47]. Menschen machten sich diese Bleiquelle deshalb bereits früh zu Nutze. So diente dieses Metall etwa im Römischen Reich zur Herstellung von Rohrleitungen und Geschirr [77].

Innerhalb der letzten 300 Jahre hat sich das Schwermetall durch menschliches Einwirken um mehr als das 1000-fache in der Umwelt erhöht. Vor allem zwischen 1950 und 2000 kam es durch die weltweite Verwendung von verbleitem Benzin zu einer erhöhten Umweltbelastung mit Blei [1].

In Deutschland wurde 1971 durch das Benzinbleigesetz der Bleigehalt von Benzin auf 0,15 Gramm pro Liter begrenzt, woraufhin im Jahr 1988 das landesweite Komplettverbot von verbleitem Benzin folgte [4]. Als unmittelbare Folge gingen deutschlandweit von 1985 bis 1995 die atmosphärischen Bleiemissionen um bis zu 65 % zurück [69]. Dies führte dazu, dass die Belastung der Umwelt mit Blei deutlich abnahm [64].

Heutzutage sind die drei größten Belastungsquellen für Blei Nahrungsmittel, Luft und Trinkwasser [55, 62]. Einen Überblick über die ungefähren täglichen Aufnahmemengen aus diesen Medien gibt Tabelle 1. Daraus lässt sich eine Gesamtaufnahme von ca. 1,1 mg Blei pro Woche ableiten, wovon etwa 120 µg Blei im menschlichen Körper resorbiert werden [62].

**Tabelle 1: Bleiaufnahme durch Nahrungsmittel, Trinkwasser und Luft (modifiziert nach [47, 62])**

Belastungsquellen	Tägliche Aufnahmemenge	Resorbierter Anteil
<b>Nahrungsmittel</b>	~ 125 µg	8% (~ 10 µg)
<b>Trinkwasser</b>	~ 20 µg (bei 9 µg/l)	10% (~ 2 µg)
<b>Luft</b>	~ 15 µg (bei 1 g/m <sup>3</sup> )	35% (~ 5 µg)

#### **Lebensmittel:**

Gegenwärtig stellen Lebensmittel die größte Belastungsquelle an Blei für die Allgemeinbevölkerung dar [3]. Dabei liefern Getreideprodukte, Kartoffeln und Leitungswasser den größten Beitrag zur Bleiexposition [26]. Auf großblättrigen Pflanzen wie Spinat lagert sich viel bleihaltiger Staub ab, was einen hohen Bleigehalt von bis zu 20 mg pro kg zur Folge haben kann. Diese Pflanzen werden unter anderem als Futter verwendet, wodurch auch Tiere vermehrt bleibelastet werden, was insbesondere auf Innereien von Schlachttieren zutrifft [47].

Die Höhe der Bleiaufnahme hängt nicht nur von der Art der Lebensmittel, sondern auch von anderen Faktoren, wie dem Alter und den Ernährungsgewohnheiten des Konsumenten, ab. So nehmen Vegetarier im Vergleich zur Gesamtbevölkerung eine höhere Menge an Blei über Nahrungsmittel auf [3]. Untersuchungen zeigten, dass dies auch auf Kinder zutrifft. In Europa beträgt die tägliche Bleiaufnahme aus Lebensmitteln für 2-jährige Kinder etwa 1,31 µg pro Kilogramm Körpergewicht, wohingegen 14-jährige mit etwa 0,55 µg/kg KG ca. 50 Prozent weniger Blei aus Lebensmitteln aufnehmen [26].

**Trinkwasser:**

Trinkwasser kann durch bleihaltige Wasserrohre einen erhöhten Bleigehalt aufweisen, wobei hauptsächlich Häuser in Deutschland betroffen sind, die vor 1973 gebaut wurden [74]. Laut Trinkwasserverordnung darf seit 1. Dezember 2013 der Grenzwert von 10 µg Blei pro Liter Trinkwasser nicht überschritten werden [5]. Einem aktuellen Bericht des Umweltbundesamtes zufolge überstiegen lediglich 0,1 Prozent aller Wasserproben, die in den Jahren 2011 bis 2013 auf Blei untersucht wurden, diesen Grenzwert [70].

**Luft:**

Seit Verabschiedung des Benzinbleigesetzes ist die Bleibelastung der Luft im Allgemeinen gering. Der Großteil der Bleiemissionen stammt aus der metallverarbeitenden Industrie und der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, wodurch es hauptsächlich am Arbeitsplatz und in der Nähe dieser Emittenten zu einer bedeutenden Luftbelastung kommt [47, 72]. Durch Zigarettenrauch kann der Bleigehalt der Atemluft zunehmen und somit zu einer relevanten Schadstoffquelle auch für Privatpersonen werden [47, 64]. Gesetzlich ist der Bleigehalt der Luft seit 1. Januar 2005 in ganz Europa auf 0,5 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel begrenzt [72].

**Boden:**

Bodenpartikel können ebenfalls mit Blei belastet sein. Dies spielt vor allem für Kleinkinder eine große Rolle, da das Verschlucken von bleihaltigem Erdboden oder Staub in eine erhöhte Bleiaufnahme resultieren kann [1, 47, 79].

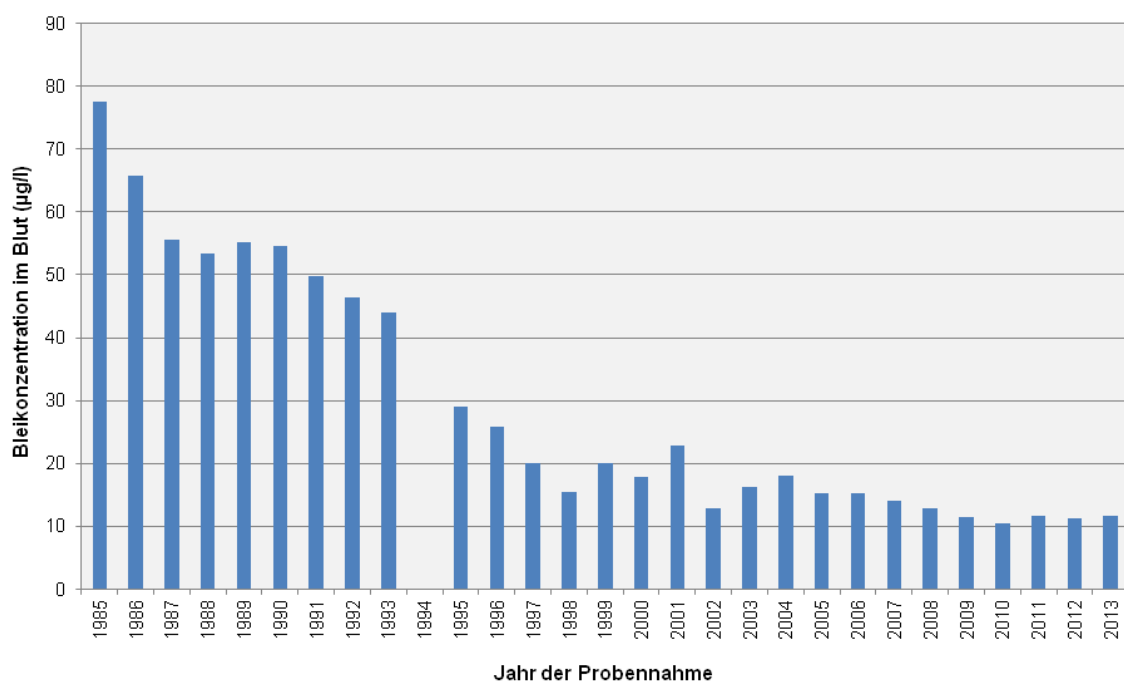
**1.2.2. Berufliche Exposition**

Nicht nur in der Umwelt, sondern auch im Beruf kann es zu einer erhöhten Bleiexposition kommen. So haben beispielsweise in den USA heutzutage bis zu 1,5 Millionen Arbeiter, vor allem in der bleiverarbeitenden Industrie, beruflichen Umgang mit diesem giftigen Schwermetall [1]. In Deutschland dienen Blei und seine anorganischen Verbindungen hauptsächlich zur Herstellung von Batterien, Farben, Bleirohren und Strahlenschutzplatten [55]. Interessanter Weise wird in den USA die zweitgrößte Menge an Blei - direkt nach der Batterieherstellung - für die Produktion von Waffenmunition verwendet [1].

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass nicht nur Arbeiter, sondern auch deren Familien vermehrt Blei ausgesetzt sind. So kann Bleistaub über die Kleidung, Haut und Haare der Arbeiter in das Zuhause verschleppt werden, wodurch es unbemerkt zu einer erhöhten Bleibelastung aller Familienangehöriger kommen kann [1, 64].

### 1.2.3. Hintergrundbelastung der Bevölkerung

Generell führte der starke Rückgang von Blei in der Umwelt dazu, dass die Allgemeinbevölkerung der reichen Industrieländer immer weniger mit diesem Schwermetall belastet ist [64]. Das spiegelt sich in den sinkenden Bleikonzentrationen im Blut wider. Eindrücklich lässt sich dies an einem Studentenkollektiv aus Münster demonstrieren, das im Rahmen einer Längsschnittstudie Informationen zu Blutbleiwerten über einen zeitlichen Verlauf von knapp 30 Jahren lieferte (siehe Abbildung 2) [75]. Deren Bleikonzentrationen im Vollblut sanken innerhalb von 28 Jahren von 78  $\mu\text{g/l}$  um etwa 85 % auf einen Wert unter 12  $\mu\text{g/l}$ .



**Abbildung 2: Bleikonzentration im Blut eines Studentenkollektivs aus Münster seit 1985 (modifiziert nach [75])**

Zum selben Ergebnis kamen schwedische Wissenschaftler [65]. Sie stellten fest, dass nach Einführung des bleifreien Benzins die mittlere Bleikonzentration im Blut von schwedischen Kindern zwischen 1995 und 2007 jährlich um knapp

5 % sank. Die letzten Messungen im Jahr 2007 ergaben einen Geometrischen Mittelwert von knapp 13 µg Blei pro Liter Blut.

Dennoch kann es in Einzelfällen auch heute noch zu einer erhöhten Bleiexposition kommen. So waren im Jahr 2009 in den USA 4,6 % aller Fälle von erhöhten Bleispiegeln über 250 µg pro Liter Blut auf eine nicht beruflich bedingte Bleiexposition zurückzuführen [12]. Als Hauptquelle hierfür ist der Sportschießen zu nennen [12, 19, 66, 76]. Mit dieser Thematik beschäftigt sich das nächste Kapitel eingehend.

### **1.3. Sportschießen und Bleibelastung**

#### **1.3.1. Deutscher Schießsport**

Sportschießen erfreut sich einer großen Beliebtheit in Deutschland und Bayern. Der Deutsche Schützenbund e.V., kurz DSB, zählte im Jahr 2014 ca. 1,4 Millionen Mitglieder. Rund 470.000 Schützen aus ca. 4.600 bayrischen Schützenvereinen sind im Landesverband Bayerischer Sportschützenbund e.V., kurz BSSB, Mitglied. Dort sind etwa 10 % der Schützen unter 18 Jahre alt. Der BSSB ist somit der größte aller deutschen Landesverbände [24, 25].

Der Schießsport bietet vielfältige, zum Teil olympische Disziplinen, unter denen die klassischen Disziplinen Luftgewehr und -pistole am meisten verbreitet sind [9]. Als Munition werden dabei sogenannte Diabolos verwendet, die hauptsächlich aus Blei bestehen und durch die Ausdehnung von komprimierter Luft angetrieben werden [23]. Neben den Luftdruckwaffen sind Waffen mit „scharfer“ Munition im Sportschießen sehr beliebt. Darunter zählen Großkaliber- und Kleinkaliberwaffen, die sich durch den Durchmesser der Munition unterscheiden: Für Kleinkaliber-Waffen werden hauptsächlich Randfeuerpatronen mit einem maximalen Durchmesser von 5,6 mm (.22 Zoll) verwendet, wohingegen Großkaliberwaffen mit Zentralfeuerpatronen ab .32 Zoll geschossen werden [23].

### 1.3.2. Bleibelastung im Schießsport

Beim Schießen mit der derzeit üblichen Patronenmunition wird Blei auf verschiedenen Wegen durch den Anzündsatz, die Treibladungsgase und das Geschossmaterial freigesetzt [10]:

Der Anzündsatz, der in der Regel Blei enthält, stellt dabei die Hauptquelle für dieses Metall dar. Er initiiert die Verbrennung des bleihaltigen Treibladungspulvers [40]. Dabei wird 1 Gramm Treibladungspulver in etwa 1 Liter bleihaltiges Aerosol umgewandelt, das vom Schützen eingeatmet wird. Abhängig vom Durchmesser des Projektils variiert die Aerosolmenge im Allgemeinen zwischen 50 ml bei einer gängigen Kleinkaliberpatrone und 5 Liter bei einer Büchsenpatrone für Großkaliber. Neben dieser thermischen Freisetzung von Blei kommt es auch mechanisch durch den Abrieb des Geschosses am Waffenlauf und die Fragmentierung des Projektils am Kugelfang bzw. der Zielscheibe zu Bleistaubemissionen [10]. Diese Emissionen führen zu einer erhöhten Bleibelastung der Raumluft und werden vom Schützen inhalativ aufgenommen, was wiederum eine erhöhte innere Bleibelastung des Schützen bewirkt. Dies ist seit langem bekannt und konnte in einigen nationalen und internationalen Studien bewiesen werden [19, 28, 43, 52]. Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse ausgewählter Studien zusammengefasst.

In den USA beobachteten Valway et. al den Verlauf der Bleispiegel im Blut von 17 Auszubildenden für den Polizeidienst während deren Schießausbildung [76]. Dazu erfolgte vor Beginn des Schießtrainings und drei Monate lang alle vier Wochen eine Blutentnahme. Es zeigte sich, dass die durchschnittliche Bleikonzentration im Blut der Studienteilnehmer von 64 µg/l vor Trainingsbeginn auf 512 µg/l bereits nach vier Wochen Training anstieg.

Demmeler et al. veröffentlichten 2009 eine Studie an 129 aktiven Sportschützen aus 11 verschiedenen Schützenvereinen in Bayern und lieferten dadurch wichtige Informationen zur Bleibelastung deutscher Sportschützen [18, 19]. Es zeigte sich, dass die Bleiwerte im Blut der Schützen abhängig von Waffenart und verwendeter Munition waren. So hatten die Luftgewehrschützen (N=20) mit einem Median von 33 µg/l (Range: 18 bis 127 µg/l) eine kaum erhöhte innere Bleibelastung. Der Median der reinen Großkaliberschützen (N=32) lag bei 100 µg/l (Range: 28 bis 326 µg/l) und der Median der Klein- und Großkaliber-

schützen (N=51) mit 107 µg/l (Range: 27 bis 375 µg/l) deutlich darüber. Der höchste Bleiwert von 521 µg/l wurde bei einem IPSC (International Practical Shooting Confederation) -Schützen gemessen. Diese besondere Art des Bewegungsschießens mit Großkaliberwaffen zeichnet sich durch eine sehr hohe Schusszahl aus, die mit der Bleikonzentration im Blut korreliert. Aus den damaligen Ergebnissen ergab sich der dringende Bedarf durch Maßnahmen, wie die Umstellung auf bleifreie Munition, die innere Bleibelastung der deutschen Sportschützen zu minimieren.

Obwohl die Datenlage zur Bleibelastung von erwachsenen Schützen sehr gut ist, wurden Kinder und Jugendliche, die dem Schießsport nachgehen, bisher kaum untersucht. Eine Studie aus Alaska gibt jedoch Anhaltspunkte dafür, dass die Studienergebnisse über erwachsene Sportschützen auf Jugendliche übertragbar sind [14]. In dieser Untersuchung wurden 66 Schüler im Alter von 7 bis 19 Jahren beobachtet, die mit ihren Schulmannschaften regelmäßig in Innenraumschießanlagen trainierten. Die Untersuchung zeigte, dass vier der fünf Mannschaften erhöhte mittlere Bleikonzentrationen im Blut aufwiesen, die zwischen 76 und 243 µg/l rangierten. Der höchste Einzelwert lag bei 370 µg/l.

Wie bereits von Ochsmann et al. gefordert wurde, sollten jugendliche Schützen genauer untersucht werden, da Heranwachsende besonders sensibel auf die adversen Gesundheitseffekte von Blei reagieren [52]. Die Zahl der potenziell Betroffenen ist nicht zu unterschätzen. Allein der Bayerische Sportschützenbund hatte im Jahr 2014 knapp 45.000 Mitglieder unter 18 Jahre [24].

## **2. Wissenschaftliche Grundlagen**

### **2.1. Allgemeines zu Blei und seinen Verbindungen**

Blei ist ein silbergraues, sehr weiches Schwermetall mit dem chemischen Elementsymbol Pb (lat. plumbum) und der Ordnungszahl 82 [32]. Die Molmasse beträgt 207,2 g/mol. Der Schmelzpunkt liegt bei 327,4°C und der Siedepunkt bei 1740°C. Blei ist praktisch wasserunlöslich [34].

Es wird zwischen anorganischen und organischen Bleiverbindungen unterschieden: Anorganische Bleiverbindungen haben insbesondere eine hohe Relevanz in der Umweltmedizin. Organische Bleiverbindungen, wie Bleitetraethyl oder Bleitetramethyl, werden in Vergaserkraftstoffen für Ottomotoren eingesetzt, um die Klopfestigkeit zu erhöhen. Durch die Verbrennung im Ottomotor werden diese Verbindungen nahezu komplett in anorganische Bleiverbindungen umgewandelt [22].

### **2.2. Toxikokinetik**

#### **2.2.1. Absorption**

Die Absorption von Blei erfolgt vor allem inhalativ, aber auch enteral. Eine transkutane Aufnahme ist nur bei organischen Bleiverbindungen durch deren lipophile Eigenschaft relevant [53]. Im Gegensatz dazu spielt dieser Aufnahmeweg bei anorganischen Bleiverbindungen toxikologisch keine Rolle [34].

30 bis 40 % der eingeatmeten Bleiverbindungen werden in der Lunge in Abhängigkeit von der Teilchengröße absorbiert [53]: Partikel mit einem Durchmesser von unter 1 µm werden vollständig im Bereich der Alveolen in die Blutbahn aufgenommen. Partikel kleiner als 5 µm werden hingegen in den oberen Atemwegen deponiert. Von dort werden sie durch die mukoziliäre Clearance in den Pharynx abtransportiert, verschluckt und im Gastrointestinaltrakt anteilmäßig resorbiert [26, 55]. Ein Anhäufen von Blei in der Lunge konnte bislang nicht nachgewiesen werden [34].



Der Anteil der Bleiverbindungen, die im Gastrointestinaltrakt absorbiert werden, unterscheidet sich zwischen Erwachsenen und Kindern: Kinder bis 6 Jahre haben mit 40 bis 50 % eine wesentlich höhere enterale Absorptionsquote wie Erwachsene mit 8 bis 10 %. Diese Quote variiert nicht nur abhängig vom Alter, sondern auch vom Ernährungsstatus und anderen Nahrungsbestandteilen, die mit Bleiionen interagieren. So fördern Milchprodukte, ein Mangel an Eisen, Vitamin D, Zink oder Kalzium und Fasten die Bleiresorption [62, 79]. Untersuchungen an Testpersonen zeigten, dass direkt nach der Nahrungsaufnahme eine geringe Bleimenge von etwa 6 % enteral resorbiert wird. Nach einem Tag Fasten wird hingegen eine wesentlich größere Bleimenge von 60 bis 80 % aus dem Magen in das Blut aufgenommen [1, 34]. Eine erhöhte Aufnahme von Magnesium oder Phosphat bremst die Bleiaufnahme [53].

### **2.2.2. Verteilung**

Vom Körper absorbiertes Blei ist zu 99 % an Erythrozyten gebunden und verteilt sich so innerhalb von vier bis sechs Wochen in Weichgewebe. Studien im Rahmen von Autopsien zeigten, dass dabei die Leber mit 33 % das größte Bleidepot im Körper ist, gefolgt von Nierenrinde, Medulla, Pankreas und Ovarien. Im Laufe des Lebens bleibt der Bleigehalt der Weichgewebe relativ konstant [53]. Dort und im Blut beträgt die biologische Halbwertszeit etwa 28 bis 36 Tage [58].

Der größte Bleianteil wird langsam in die Knochen aufgenommen und dort gespeichert. Es gibt Hinweise darauf, dass mehr als 1/3 der Knochenmasse von 60-69 jährigen Blei enthält, das sich dort während der Kindheit und Jugend angesammelt hat [53]. Mit dem Alter steigt der Anteil des Gesamtbleis, der sich im Knochen befindet. So tragen Erwachsene bis zu 90 % der Gesamtbleilast im trabekulären und corticalen Knochen. Kinder hingegen speichern maximal 70 % nur im trabekulären Knochen [26]. Deshalb wird angenommen, dass bei Heranwachsende eine größere Menge an Blei in Weichgeweben liegt [53].

Die biologische Halbwertszeit von Blei im Knochen hängt von der Art des Knochens ab. Sie beträgt im trabekulären Knochen einige Jahre und im corticalen Knochen mehr als 20 Jahre [47]. Von dort kann Blei wieder mobilisiert werden, was auf natürliche Weise mit steigendem Alter geschieht. Dadurch kann es da-

zu kommen, dass Blei sogar lange Zeit nach einer Exposition erneut freigesetzt wird. Dies ist gerade für ältere Arbeiter relevant, die in der Vergangenheit beruflich gegenüber Blei exponiert waren und somit der gesundheitsschädigenden Wirkung von Blei erneut ausgesetzt sind [48]. Durch erhöhten Knochenstoffwechsel während der Schwangerschaft oder auf Grund von postmenopausaler Osteoporose oder Hyperthyreose kann es ebenfalls zu einer erhöhten Mobilisation von Knochenblei kommen [26, 53].

Blei geht in die Muttermilch über, ist plazentagängig und wird bereits ab der 12. Schwangerschaftswoche vom Fetus aufgenommen [47].

### **2.2.3. Ausscheidung**

Anorganisches Blei wird im Gegensatz zu organischem Blei nicht metabolisiert [53]. Der größte Bleianteil mit 75 % wird somit unverändert über den Urin eliminiert. Das Ausscheiden kleinerer Mengen erfolgt über Fäzes (etwa 15 %), Haare, Nägel und Schweiß (zusammen etwa 10 %) und über Muttermilch [55].

Organisches Blei, wie Bleitetraethyl und Bleitetramethyl, wird in der Leber durch Cytochrom-p450 abhängige Monooxygenasen zu Bleitriethyl und Bleitrimethyl umgewandelt. Diese Metaboliten sind hochgradig neurotoxisch [53].

## **2.3. Diagnostik**

Zur Bestimmung der internen Belastung mit Blei können verschiedene Indikatoren herangezogen werden:

### **Blut:**

Um eine Bleiexposition verlässlich zu evaluieren, ist die Bleibestimmung im Vollblut am besten geeignet, da über 95 % dieses Metalles im Blut an die Membran der Erythrozyten gebunden sind [51]. Diese Matrix wird für das Biomonitoring einer Exposition mit Blei bevorzugt, wie es auch in der vorliegenden Studie der Fall war [64]. Die Bleikonzentration im Vollblut ist repräsentativ für den Bleigehalt in Weichgeweben und gibt dabei Aufschluss über eine Exposition in den letzten Monaten [47, 58].

Neuere Untersuchungen zeigen, dass Blei im Blutplasma ebenfalls als verlässlicher Biomarker herangezogen werden kann. Dies trifft insbesondere auf Fälle einer hohen Bleiexposition zu, da dort die Bleibestimmung im Vollblut an ihre Grenzen stößt. Durch die bleiinduzierte Anämie sinkt das Volumen der Erythrozyten und somit die Zahl der Hauptbindungsstellen für Blei, was zu falschen Ergebnissen einer Bleibestimmung im Vollblut führen kann [56].

Durch die gestörte Erythropoese, genauer die Hemmung des Enzyms Pyrimidin-5'-Nukleotidase, können Erythrozyten im Blutaussstrich eine basophile Tüpfelung aufweisen, was jedoch weder spezifisch noch sensitiv ist [22, 51]. Dieses Zeichen tritt erst bei relativ hohen Bleikonzentrationen von 250 bis 400 µg/l bei Kindern bzw. über 500 µg/l bei Erwachsenen auf [53].

Der Bleigehalt im Blut wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. So führen beispielsweise ein höheres Alter, männliches Geschlecht, erhöhter Alkoholkonsum, Rauchen und ein niedriger sozialer Status zu vergleichsweise höheren Bleiwerten im Blut [2, 47, 68].

### **Urin:**

Neben der Bestimmung im Blut kann Blei auch im Urin gemessen werden. Dadurch ist eine Aussage über eine kürzlich stattgefundenene Exposition möglich [58].

In diesem Medium kann neben der reinen Bleikonzentration auch die Konzentration der Delta-Aminolaevulinsäure ( $\delta$ -ALA) ermittelt werden. Deren Ausscheidung steigt bei erhöhter Bleikonzentration im Blut durch die reduzierte Aktivität des Enzyms Delta-Aminolaevulinsäure-Dehydratase ( $\delta$ -ALA-D). Dieser Biomarker kann ab einer Blutbleikonzentration von 250 µg/l bei Kindern, 350 µg/l bei Frauen und 450 µg/l bei Männern im Urin nachgewiesen werden. Die Bestimmung von  $\delta$ -ALA eignet sich folglich wenig für die Diagnostik im Niedrig-Dosis-Bereich [53].

### **Zähne und Haare:**

Bleimessungen in diesen beiden Medien werden vor allem im Rahmen des Biomonitorings durchgeführt. Der Bleigehalt der Zähne steigt im Laufe des Lebens an und spiegelt eine Langzeitexposition wider. Die Bleikonzentration von Haaren zeigt eine Bleibelastung in den letzten Monaten an [47].

## 2.4. Therapie Bleivergiftung

Der sofortige Stopp der Bleiexposition stellt den ersten und wichtigsten Schritt bei erhöhten Bleikonzentrationen im Blut dar [39]. Weitere Maßnahmen, die ergriffen werden sollten, können in Tabelle 2 nachgelesen werden.

Als medikamentöse Therapie von Schwermetallvergiftungen kommen sogenannte Chelatbildner zum Einsatz. Diese Stoffe gehen einen Komplex mit den Metallen ein, die dadurch mobilisiert und besser ausgeschieden werden. Laut Abteilung für Klinische Toxikologie und Giftnotruf München des Klinikums Rechts der Isar wird in Deutschland bei Intoxikationen mit Blei hauptsächlich der Stoff DMPS (Dimercaptopropansulfonsäure) eingesetzt. Die Stoffe DMSA (englisch: Dimercaptosuccinic acid, deutsch: Dimercaptobernsteinsäure) und CaNa<sub>2</sub>-EDTA (Kalzium-Natrium-Ethylendiamintetraessigsäure) sind in Deutschland nicht erhältlich und stellen Medikamente der zweiten und dritten Wahl für eine Chelattherapie dar [30, 79].

Die Indikation für diese Therapie ist jedoch sehr eng zu stellen, da es dabei zu schweren Nebenwirkungen wie allergischen (Haut-)Reaktionen, gastrointestinale Störungen mit Übelkeit und Erbrechen, Neutropenie oder erhöhten Leberwerten kommen kann [30]. Sie sollte deshalb bei Kindern erst ab einer Bleikonzentration von 450 µg/l und bei Erwachsenen ab 500 µg/l begonnen werden, insbesondere wenn typische Zeichen einer Bleiintoxikation vorliegen [39, 79].

**Tabelle 2: Empfehlungen zur Behandlung erhöhter Bleiwerte bei Kindern (modifiziert nach [15, 79])**

Stufe	Bleiwert im Blut ( $\mu\text{g/l}$ )	Zu ergreifende Maßnahmen
1	<b>100-149</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufklärung über Blei in Lebensmitteln und Umwelt</li> <li>• Wiederholungsmessung der Bleikonzentration im Blut innerhalb von 1 Monat</li> </ul>
2	<b>150-199</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siehe Stufe 1</li> <li>• Bei steigender oder über min. 3 Monate unveränderter Bleikonzentration im Blut: siehe Stufe 3</li> </ul>
3	<b>200-449</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufklärung über Blei in Lebensmitteln und Umwelt</li> <li>• Wiederholungsmessung der Bleikonzentration im Blut innerhalb von 1 Woche</li> <li>• Ausführliche Anamnese und körperliche Untersuchung</li> <li>• Umgebungsmonitoring</li> <li>• Laborbestimmung: Hämoglobin/Hämatokrit und Eisenstatus</li> <li>• Überwachung der neurologischen Entwicklung</li> <li>• Röntgen Abdomen (bei Verdacht auf Verschlucken von Bleipartikeln), ggf. Darmsanierung</li> </ul>
4	<b>450-699</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siehe Stufe 3</li> <li>• Wiederholungsmessung der Bleikonzentration im Blut innerhalb von 48 Stunden</li> <li>• Ausführliche neurologische Untersuchung</li> <li>• Laborbestimmung von freiem Protoporphyrin oder Zink-Protoporphyrin</li> <li>• Beginn Chelattherapie</li> </ul>
5	<b>Ab 700</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siehe Stufe 4</li> <li>• Unmittelbare Wiederholungsmessung der Bleikonzentration im Blut zur Bestätigung</li> <li>• Stationäre Aufnahme und Beginn Chelattherapie</li> </ul>

## 2.5. Grenzwerte

Die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes beschäftigt sich damit, Monographien zu relevanten Umweltschadstoffen, wie Blei, Cadmium und Quecksilber, zu erstellen. Mit Hilfe dieser Stoffmonographien werden Referenz- und sogenannte Human-Biomonitoring-Werte, kurz HBM-Werte, für diese Stoffe bestimmt [71].

### 2.5.1. Referenzwerte

Der Referenzwert wird vom Umweltbundesamt definiert als „das 95. Perzentil der Messwerte der Stoffkonzentrationen in dem entsprechenden Körpermedium der jeweiligen Referenzpopulation“ [68].

Allgemein gesprochen sind diese Werte „rein statistisch definierte Werte, denen per se keine gesundheitliche Bedeutung zukommt“ [38]. Die Überschreitung diesen Wertes bedeutet also nicht zwingend eine Gefährdung der Gesundheit [55]. Sie können als Normalwerte gesehen werden und beschreiben die Belastung der (Allgemein-)Bevölkerung mit einem bestimmten Stoff.

Die Referenzwerte für Blei im Vollblut wurden vom Umweltbundesamt wie folgt festgelegt:

**Tabelle 3: Referenzwerte für Blei im Vollblut von Kindern und Erwachsenen**

Personengruppe	Referenzwert
Kinder (3-14 Jahre)	35 µg/l
Frauen (18-69 Jahre)	70 µg/l
Männer (18-69 Jahre)	90 µg/l

Die aktuellen Referenzwerte für Frauen und Männer basieren auf den Daten des Umwelt-Surveys von 1998 [68]. Die Referenzwerte für Kinder wurden auf der Grundlage des Kinder-Umwelt-Surveys 2003/2006 aktualisiert [73].

### 2.5.2. HBM-Werte

Im Gegensatz zu Referenzwerten sind Human-Biomonitoring-Werte (HBM-Werte) toxikologisch begründete Werte „zur Beurteilung der gesundheitlichen Relevanz von im Einzelfall erhobenen Messwerten für Stoffkonzentrationen in Körpermedien“ [37].

Sie sollten nicht für sich allein, sondern immer in der Zusammenschau mit Anamnese, Symptomatik und zeitlichen Zusammenhängen beurteilt werden [38].

Es wird zwischen HBM-I- und HBM-II-Wert unterschieden. Die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes definiert diese Werte folgendermaßen [37]:

#### **HBM-I-Wert:**

„Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung [...] nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist und sich somit kein Handlungsbedarf ergibt“ [37]. Der HBM-I-Wert kann somit als Prüfwert angesehen werden, bei dessen Überschreiten weitere Kontrollmessungen erfolgen sollten.

#### **HBM-II-Wert:**

„Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei deren Überschreitung eine für die Betroffenen als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist“ [37]. Der HBM-II-Wert ist quasi ein Interventionswert, bei dessen Überschreiten Maßnahmen zur Minderung der Exposition eingeleitet werden sollten.

#### **Bereich zwischen HBM-I- und HBM-II-Wert:**

„Für diesen Bereich existieren aus wissenschaftlich anerkannten Studien keine sicheren Belege weder für eine Gefährdung der Gesundheit noch für eine sichere gesundheitliche Unbedenklichkeit“ [37]. Es handelt sich somit um einen Prüfbereich.

Die nachfolgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über die HBM-Werte und deren umweltmedizinische Bedeutung.

**Tabelle 4: Definition der HBM-Werte und ihre umweltmedizinische Bedeutung (modifiziert nach [37])**

Gesundheitliche Beeinträchtigung	Handlungsbedarf
<b>Möglich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltmedizinische Betreuung</li> <li>• Akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung</li> </ul>
<b>HBM-II (Interventionswert)</b>	
<b>Nicht ausreichend sicher ausgeschlossen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle der Werte (Analytik, zeitlicher Verlauf)</li> <li>• Suche nach spezifischen Belastungsquellen</li> <li>• Ggf. Verminderung der Belastung unter vertretbarem Aufwand</li> </ul>
<b>HBM-I (Prüfwert)</b>	
<b>Nach derzeitiger Bewertung unbedenklich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein Handlungsbedarf</li> </ul>

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt die HBM-Werte für Blei, die von der Kommission Human-Biomonitoring für Kinder und Erwachsene festgelegt wurden [38]. Diese HBM-Werte wurden jedoch im Jahr 2009 bis auf weiteres für alle Personengruppen ausgesetzt, da keine Wirkungsschwelle für gesundheitsschädigende Effekte von Blei angegeben werden kann. Dieser Stoff wurde außerdem von der MAK-Kommission als kanzerogen für den Menschen (Kategorie 2) eingestuft [20, 67].

**Tabelle 5: HBM-Werte für Blei (seit 2009 ausgesetzt)**

Personengruppe	HBM-I	HBM-II
Kinder ≤ 12 Jahre, Frauen im gebärfähigen Alter	100 µg/l	150 µg/l
Männer, Frauen > 45 Jahre	150 µg/l	250 µg/l



### **2.5.3. Biologischer Grenzwert**

Es gibt gesetzlich verpflichtende Grenzwerte für Blei in Deutschland. Darunter fällt der Biologische Grenzwert (BGW), der für eine Belastung am Arbeitsplatz gilt. Durch ihn wird festgelegt, bis zu welcher Konzentration eines Arbeitsstoffes eine gesundheitliche Gefährdung des Arbeiters generell nicht wahrscheinlich ist [6]. Der BGW beträgt für Frauen unter 45 Jahre 300 µg Blei pro Liter Blut und für alle anderen 400 µg Blei pro Liter Blut [21].

Mit Hilfe des Wissenschaftlichen Ausschusses für Grenzwerte berufsbedingter Exposition, kurz SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) genannt, legt die Europäische Kommission Grenzwerte für chemische Arbeitsstoffe fest, die während einer Exposition am Arbeitsplatz nicht überschritten werden sollten [36]. Dieser europaweit gültige biologische Grenzwert beträgt für Blei und seine anorganischen Verbindungen 300 µg/l [17].

### **3. Zielsetzung**

#### **3.1. Jugendliche**

Diese Untersuchung hatte zum Ziel, den Einfluss des Schießens mit Luftdruckwaffen auf die Bleikonzentration im Blut von Jugendlichen zu untersuchen.

Der Hintergrund dazu war, dass Studien an Erwachsenen ergeben haben, dass das Schießen mit bleihaltiger Munition zu erhöhten Bleiwerten im Blut führen kann. Bisher wurden jedoch nur Erwachsene untersucht, obwohl auch viele Jugendliche in ihrer Freizeit mit Luftdruckwaffen schießen. Gerade in dieser Altersgruppe ist es sehr wichtig, die innere Bleibelastung möglichst gering zu halten, um gesundheitliche Schäden zu vermeiden.

Um die Bleibelastung von jugendlichen Sportschützen zu untersuchen, wurde eine Fall-Kontroll-Studie an Jugendlichen zwischen 12 und 16 Jahren durchgeführt. Es wurden die Bleikonzentrationen im Blut von Jugendlichen, die regelmäßig mit Luftdruckwaffen schossen, gemessen. Diese Werte wurden mit den Blutbleikonzentrationen von gleichaltrigen Jugendlichen aus dem selben Umfeld, die allerdings keinen Schießsport ausübten, verglichen.

#### **3.2. Erwachsene**

Ziel dieser Studie war es, stichprobenartig die aktuelle Bleibelastung im Blut von erwachsenen Sportschützen zu erfassen.

Untersuchungen aus dem Jahr 2006 wiesen erhöhte Bleikonzentrationen im Blut von Personen nach, die in ihrer Freizeit mit scharfen Waffen schossen [18]. Jetzt sollte exemplarisch überprüft werden, ob inzwischen ergriffene Maßnahmen, wie eine Modernisierung der Belüftungsanlagen, innerhalb der letzten Jahre zu einer Reduktion der inneren Bleibelastung von Sportschützen geführt haben.

Um das Studienziel zu erreichen, wurden im Zuge einer Querschnittstudie die Bleikonzentrationen im Vollblut von Erwachsenen, die regelmäßig mit Klein- und/oder Großkaliberwaffen schossen, gemessen und mit Werten aus früheren Studien verglichen.

## **4. Material und Methoden**

### **4.1. Ethikantrag**

Der Ethikantrag wurde am 07.08.2012 an die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU München als Folgeantrag zum Projekt mit der Nummer 305-07 gestellt. Nachdem geringfügige Änderungen vorgenommen werden mussten, wurde dem Durchführen des Projektes mit der Projektnummer 380-12 am 21. September 2012 vom Vorsitzenden Prof. Dr. Wolfgang Eisenmenger stattgegeben.

### **4.2. Untersuchungskollektive**

#### **4.2.1. Jugendliche Probanden**

Insgesamt nahmen 102 jugendliche Probanden im Alter von 12 bis 16 Jahren an der Studie teil. Darunter waren 28 weibliche und 74 männliche Jugendliche mit einem durchschnittlichen Alter von 14,2 Jahren.

Alle Jugendlichen, die regelmäßig mit Luftdruckwaffen schossen, waren Mitglieder in Schützenvereinen. Für die Kontrollgruppe wurden Jugendliche ausgewählt, die im gleichen Alter wie die Schützen waren und aus demselben geographischen Umfeld stammten, jedoch nie mit Luftdruckwaffen schossen. Sie wurden in verschiedenen Sportvereinen und einem Musikverein rekrutiert.

Alle Studienteilnehmer kamen aus Dörfern oder Städten meist im Großraum Augsburg oder Landsberg am Lech. Zur Übersicht kann die genaue Lokalisation derjenigen Vereine, in denen sich mindestens drei Jugendliche für die Studie zur Verfügung stellten, nachfolgender Karte entnommen werden (siehe Abbildung 3).

Die Vereine der Kontrollen befanden sich meist entweder im selben Ort oder in näherer Umgebung der Schützenvereine, wodurch in dieser Hinsicht eine gute Vergleichbarkeit der beiden Probandenkollektive gewährleistet war.



Abbildung 3: Karte der teilnehmenden Vereine in Schwaben und Oberbayern

Die genaue Zusammensetzung der Untersuchungskollektive kann der Tabelle 6 entnommen werden.

Tabelle 6: Zusammensetzung des Studienkollektivs der Jugendlichen

	Gesamtzahl	Geschlecht		Alter (Jahre)			
	N	M	W	MW	SD	Min	Max
<b>Schützen</b>	54	36	18	14,2	1,5	12	16
<b>Kontrollen</b>	48	38	10	14,2	1,4	12	16

MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimaler Wert, Max=Maximaler Wert

## 4.2.2. Erwachsene Probanden

Es nahmen insgesamt 55 Sportschützen als Probanden an dieser Studie teil. Darunter befanden sich zwei Frauen und 53 Männer im durchschnittlichen Alter von 51,2 Jahren.

Als Bedingungen zur Studienteilnahme galten die Volljährigkeit und das regelmäßige Schießen mit Kleinkaliber- und/oder Großkaliberwaffen in einer geschlossenen Schießanlage.

Die genaue Zusammensetzung des erwachsenen Untersuchungskollektivs kann nachfolgender Tabelle 7 entnommen werden. Die beiden weiblichen Studienteilnehmerinnen gehörten zur Gruppe der Kleinkaliberschützen.

**Tabelle 7: Zusammensetzung des Studienkollektivs der Erwachsenen**

Disziplinen	Gesamtzahl	Alter (Jahre)			
	N	MW	SD	Min	Max
Kleinkaliber	9*	46,0	14,8	20	68
Großkaliber	4	46,3	6,9	38	55
Klein- und Großkaliber	42	52,8	11,9	25	79
<b>Gesamt</b>	<b>55</b>	<b>51,2</b>	<b>12,3</b>	<b>20</b>	<b>79</b>

\* = inkl. 2 Frauen, MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min.=Minimaler Wert, Max.=Maximaler Wert

## 4.3. Rekrutierung

### 4.3.1. Jugendliche Sportschützen

Insbesondere zu Beginn der Studie wurden Schützenvereine mit einer Jugendmannschaft über Eigenrecherche im Internet gefunden. Dabei hilfreich waren die Homepages der einzelnen Sportschützengauge, die alle Schützenvereine im Gau mit den jeweiligen Ansprechpartnern und Internetauftritten auflisten. Aus praktischen Gründen wurden dabei überwiegend Vereine aus dem Großraum Augsburg und Landsberg am Lech ausgewählt.

Durch die Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Sportschützenbund e.V., kurz BSSB, konnte der Kontakt zu vier weiteren Vereinen hergestellt werden. Dabei

vermittelte die 1. Landesjugendleiterin des BSSB zwischen den Schützenvereinen und den Durchführenden der Studie. Im Februar 2013 wurde ein Aufruf zur Studienteilnahme auf der Internetseite der Bayerischen Schützenjugend des BSSB veröffentlicht. Auf diesen Aufruf hin meldete sich allerdings nur ein Verein, der an der Studie teilnahm.

Da sich eine Kontaktaufnahme über E-Mail in vielen Fällen als wenig effektiv erwiesen hatte, wurde meist der 1. Vorstand des Schützenvereins telefonisch kontaktiert und über die geplante Studie informiert. Per E-Mail wurden die Aufklärungs- und Fragebögen bereits im Vorfeld zur Information zugeschickt. Bei Interesse wurden mit dem 1. Vorstand bzw. dem Trainer der Jugendmannschaft Termine zum Aufklärungsgespräch und der Blutentnahme vereinbart.

Insgesamt wurden 20 Schützenvereine, die in Frage kamen, kontaktiert, wovon letztendlich 14 Schützenvereine mit deren Jugendmannschaften an dieser Studie teilnahmen.

#### **4.3.2. Jugendliche Kontrollgruppe**

Die Jugendlichen der Kontrollgruppe waren Mitglieder aus sechs Sportvereinen und einem Musikverein bzw. deren Familienangehörige. Diese Vereine wurden aus dem Grund gewählt, dass die Blutabnahmen an mehreren Jugendlichen im Rahmen eines Trainings bzw. einer Musikprobe durchgeführt werden konnten. So mussten keine Einzeltermine vergeben werden, wodurch der Aufwand für alle Beteiligten so gering wie möglich gehalten wurde.

Die Sportmannschaften wurden durch Internetrecherche über die vereinseigene Website gefunden. Per Anruf oder E-Mail an den Vorstand des Vereins und den zuständigen Trainer wurde über die geplante Untersuchung informiert und bei Interesse Termine zum Aufklärungsgespräch und zur Blutentnahme vereinbart. Die Aufklärungs- und Fragebögen wurden meist vor dem geplanten Termin per E-Mail zugeschickt.

Im Musikverein wurden die Mitglieder, die in Frage kamen oder die Familienangehörige im passenden Alter hatten, direkt angesprochen. Ihnen wurden Aufklä-

rungs- und Fragebögen ausgeteilt und bei Interesse Termine zur Aufklärung und Blutentnahme ausgemacht.

Insgesamt wurden elf Vereine kontaktiert, von denen sieben an der Studie teilnahmen.

#### **4.3.3. Erwachsene**

Ähnlich zur Rekrutierung der Jugendmannschaften, wurden auch die erwachsenen Sportschützen über eigene Internetrecherche gefunden, wobei die Internetauftritte der Schützengau Schwaben und Oberbayern nützlich waren, um zuständige Ansprechpartner zu finden. Es wurde per E-Mail oder telefonisch Kontakt zum jeweiligen 1. Vorstand des Schützenvereins hergestellt, um erste Informationen über die Studie zu vermitteln und bei Interesse einen Termin zur Probenentnahme zu vereinbaren. Auf diese Weise fanden sich vier Schützenvereine, die sich zur Teilnahme bereit erklärten.

Des Weiteren ergab sich nach Absprache mit den Veranstaltern die Möglichkeit, Schützen im Rahmen eines mehrstündigen Schießwettbewerbes des Gaus Augsburg direkt anzusprechen und über die Studie zu informieren. Dadurch konnten weitere 20 Probanden aus insgesamt fünf Vereinen für die Studie gewonnen werden.

### **4.4. Untersuchungsablauf**

#### **4.4.1. Aufklärung**

Jeder Studienteilnehmer wurde mit Hilfe eines Aufklärungsbogens sowohl schriftlich als auch mündlich über den Hintergrund und den Ablauf der Studie aufgeklärt. Ein Muster des Aufklärungsbogens der Erwachsenen befindet sich im Anhang G. Für die minderjährigen Probanden wurden speziell jugendgerechte Aufklärungsbögen verwendet (siehe Anhang A und C).

Die Aufklärung der Schützen fand im Rahmen des regulären Trainings bzw. bei den Erwachsenen auch im Rahmen eines Schießwettbewerbes statt. Bei den

Probanden der Kontrollgruppe geschah dies entweder im privaten Umfeld oder vor/nach dem Sporttraining bzw. der Musikprobe. Nach der Aufklärung war ausreichend Zeit Fragen zu stellen und die Teilnahme an der Untersuchung zu überdenken.

Da bei dieser Gelegenheit keine Erziehungsberechtigten der Jugendlichen anwesend waren, wurden diese durch getrennte Aufklärungsbögen, die den Jugendlichen mitgegeben wurden, schriftlich aufgeklärt (siehe Anhang B und D).

Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und konnte zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen von den Probanden bzw. Erziehungsberechtigten abgebrochen werden. Von diesem Recht machte jedoch keiner der Beteiligten Gebrauch.

Die Befunde und persönlichen Daten wurden mittels Nummerncodes verschlüsselt. Diese waren einzig dem Studienleiter und der Doktorandin zugänglich. Somit war der Datenschutz der Studienteilnehmer gewährleistet.

#### **4.4.2. Einverständniserklärung**

Im Rahmen der Studie an den Jugendlichen musste die Einverständniserklärung sowohl von den minderjährigen Probanden als auch von deren Erziehungsberechtigten auf getrennten Bögen gegeben werden. Durch eine datierte Unterschrift bestätigten die Beteiligten, dass sie ausreichend aufgeklärt wurden und mit der Teilnahme an der Untersuchung und der Erhebung von persönlichen Daten und Befunden einverstanden waren.

#### **4.4.3. Fragebogen**

Sobald die Einwilligung zur Studienteilnahme vorlag, wurden die Probanden gebeten vor der Blutentnahme einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Dies erfolgte bei den Jugendlichen - falls erforderlich - mit Hilfe der Eltern oder Trainer. Muster zu den Fragebögen können den Anhängen E, F und H entnommen werden.



#### 4.4.3.1. Jugendliche Schützen

Im ersten Teil des Fragebogens der jugendlichen Sportschützen wurden persönliche Angaben zu Name, Alter in Jahren, Geschlecht und Anschrift (zur Ergebnismitteilung) abgefragt. Auch wurde nach einer bisherigen Messung von Blei im Blut gefragt. Falls dies zutraf, sollte der genaue damalige Wert angeführt werden.

Der zweite Teil des Fragebogens ging näher auf Schießgewohnheiten ein. Es sollten Details zu Sportart (Luftpistole/Luftgewehr), Dauer der Ausübung des Schießsports, Trainingsanzahl pro Monat, Dauer eines Trainings und Anzahl der abgegebenen Schüsse pro Trainingseinheit angegeben werden.

#### 4.4.3.2. Jugendliche Kontrollgruppe

Der erste Teil des Fragebogens der Kontrollgruppe entsprach dem der jugendlichen Schützen. Es sollten Angaben zu Name, Alter in Jahren, Geschlecht, Anschrift zur Ergebnismitteilung und eventuell bereits gemessenem Blutbleiwert gemacht werden.

Im zweiten Teil des Fragebogens wurden die Jugendlichen dazu befragt, ob sie in ihrer Freizeit mit Luftdruckwaffen schossen. Falls dies zutraf, sollte die Häufigkeit angegeben werden, mit der dies geschah. Diese Fragen dienten dazu, eine Bleiexposition durch diese Tätigkeit ausschließen zu können, um die Blutbleikonzentrationen dieser Studienteilnehmer als Kontrollwerte verwenden zu können.

#### 4.4.3.3. Erwachsene

Im ersten Teil des Fragebogens der erwachsenen Sportschützen wurden persönliche Angaben des Studienteilnehmers abgefragt: Vollständiger Name, Alter und Anschrift für die Befundmitteilung. Es sollte angegeben werden, ob jemals zuvor die Bleikonzentration im Blut gemessen wurde, und - falls dies zutraf - wie hoch der gemessene Wert damals war.

Der zweite Teil diente zur genaueren Evaluation der Schießgewohnheiten des Probanden, indem nach Waffenart (Kleinkaliber/Großkaliber), Art des Projektils, Trainingshäufigkeit und -dauer und Schussanzahl pro Training gefragt wurde. Außerdem wurde der Schütze gebeten anzugeben, seit wie vielen Jahren der Schießsport betrieben wurde und ob gegebenenfalls ausschließlich auf einem Schießstand trainiert wurde.

#### **4.4.4. Blutentnahme**

Die Blutentnahme fand in der Regel eine Woche nach dem Aufklärungsgespräch bei vorliegender Einverständniserklärung statt. Als Ort und Zeit wurde bei allen Schützen ein abgetrennter Bereich des Schützenheimes im Anschluss an ein Schießtraining bzw. einen Schießwettbewerb gewählt. Die Blutentnahmen der Jugendlichen aus der Kontrollgruppe erfolgten entweder im häuslichen Umfeld oder bei den Sportlern nach dem Training in einem abgetrennten Bereich der Sporthalle. Den Jugendlichen aus dem Musikverein wurde in einem separaten Raum des Probenheimes im Anschluss an die Musikprobe Blut abgenommen.

Nach gründlicher Hautdesinfektion mit Cutasept® F des Herstellers Bode Chemie GmbH wurde eine Cubitalvene am aufrecht sitzenden Probanden mit einer 20G-Flügelkanüle aus dem Safety-Multifly®-Set der Firma Sarstedt punktiert. Es wurden 1,2 ml Vollblut in eine EDTA-S-Monovetten® der Firma Sarstedt entnommen. Dieses Blutentnahmeröhrchen war mit der entsprechenden Probennummer beschriftet. Die Einstichstelle wurde mit einem Pflasterverband versorgt.

Anschließend wurden die Blutproben bis zur Analyse wenige Tage im Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der LMU ohne Unterbrechung gekühlt bzw. gefroren aufbewahrt.

#### **4.4.5. Vergütung**

Die jugendlichen Probanden erhielten nach der Blutentnahme als Vergütung für ihre Studienteilnahme ein T-Shirt mit dem Logo der LMU München und Süßigkeiten.

## 4.5. Laborbestimmung

Die Analyse der Bleikonzentrationen in den Blutproben der jugendlichen und erwachsenen Studienteilnehmer fand im Labor des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der LMU statt. Es wurde ein Atomabsorptionsspektrometer (Analyst 600 Perkin Elmer) mit Graphitrohrtechnik unter Anwendung der Zeemann-Untergrundkompensation im Standardadditionsverfahren verwendet. Als Kontrollproben dienten Referenzmaterialien der Firma Recipe (ClinChek-Kontrollblut).

Zur externen Qualitätskontrolle nimmt das Labor seit Jahren regelmäßig und erfolgreich an Ringversuchen der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin teil.

## 4.6. Ergebnismitteilung

### 4.6.1. Jugendliche

Das Ergebnis der Bleibestimmung im Blut wurde den Erziehungsberechtigten der Jugendlichen mittels eines Befundbriefes zwei bis vier Wochen nach Blutentnahme mitgeteilt.

Zur Beurteilung des gemessenen Bleiwertes wurden die HBM-Werte für Kinder unter 12 Jahren und Mädchen/Frauen im gebärfähigen Alter herangezogen. Für dieses Vorgehen entschied man sich, da es zum einen keine Vergleichswerte für Jugendliche zwischen 12 und 16 Jahren gibt und zum anderen die HBM-Werte in der Praxis immer noch angewandt werden, obwohl sie momentan ausgesetzt sind (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

Die Studienteilnehmer und deren Eltern sollten durch eine Überinterpretation des Befundes nicht unnötig beunruhigt werden. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass für Bleiwerte unter 100 µg/l nicht empfohlen wird, Maßnahmen zu ergreifen (siehe Tabelle 2). Eine medikamentöse Therapie wird erst ab sehr hohen Bleiwerten über 450 µg/l eingeleitet [15].

So wurde den Jugendlichen und deren Eltern bei einer Konzentration unter 100 µg Blei pro Liter Blut mitgeteilt, dass der gemessene Wert den Grenzwert

nicht überschreitet und deshalb mit keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. Dies traf auf alle getesteten Jugendlichen zu, weshalb keine andere Art von Befund verschickt wurde.

Desweiteren wurde den minderjährigen Probanden und deren Eltern angeboten, sich bei Fragen gerne an den Studienleiter zu wenden.

#### **4.6.2. Erwachsene**

Innerhalb von zwei bis vier Wochen nach Blutentnahme erfolgte die schriftliche Mitteilung der Ergebnisse persönlich an jeden Studienteilnehmer.

Abhängig von der gemessenen Bleikonzentration im Blut, Alter und Geschlecht wurden unterschiedliche Befunde verschickt. Diese orientierten sich an den HBM-Werten, die zwar bis auf weiteres ausgesetzt sind, jedoch zur Interpretation des gemessenen Bleiwertes immer noch herangezogen werden können. Mittels der HBM-Werte kann die Belastungssituation des einzelnen und eine möglicherweise bestehende Indikation für weitere Maßnahmen gut abgeschätzt werden (siehe Tabelle 4).

##### **Befund bei Bleiwerten unter HBM-I-Wert:**

Dem Probanden wurde mitgeteilt, dass seine Bleikonzentration im Blut unterhalb des bisherigen Grenzwertes liegt, der dem ausgesetzten HBM-I-Wert entspricht. Somit war eine gesundheitliche Gefährdung unwahrscheinlich.

##### **Befund bei Bleiwerten zwischen HBM-I- und HBM-II-Wert:**

Der Schütze wurde darüber informiert, dass sein gemessener Bleiwert im Blut im Bereich zwischen dem ausgesetzten HBM-I- und HBM-II-Wert liegt. Dadurch ist eine gesundheitliche Schädigung nicht mehr ausreichend sicher auszuschließen. Den betroffenen Probanden wurde empfohlen, Zeichen einer möglicherweise bestehenden chronischen Bleibelastung über den Hausarzt oder die Ambulanz für Umweltmedizin der LMU München abklären zu lassen. Des Weiteren wurde zu einer Kontrollmessung und Expositionsreduzierung geraten, was beispielsweise durch den Gebrauch von Vollmantelgeschossen oder das Tragen einer Atemschutzmaske während des Schießens erreicht werden kann.

**Befund bei Bleiwerten über HBM-II-Wert:**

Dem Studienteilnehmer wurde mitgeteilt, dass sein Wert den bisherigen HBM-II-Wert überschreitet, weshalb durch Blei verursachte gesundheitliche Schäden möglich sind. Um eventuelle Anzeichen einer chronischen Bleibelastung abzuklären, wurde ihm angeraten, sich mit dem Hausarzt oder der Ambulanz für Umweltmedizin der LMU München in Verbindung zu setzen. Es wurde ihm nahegelegt seine Bleiexposition durch das Umstellen auf Vollmantelgeschosse oder das konsequente Tragen von Atemschutzmasken während des Schießens zu minimieren. Außerdem wurde zu einer Wiederholungsmessung der Bleikonzentration im Blut zu einem späteren Zeitpunkt geraten.

Allen Studienteilnehmern wurde angeboten, sich bei Fragen gerne an den Studienleiter zu wenden.

**4.7. Statistische Methode**

Für die statistischen Analysen wurde das Statistikprogramm SPSS (Versionen 21 und 22) für Microsoft Windows verwendet.

Die Testung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test erbrachte, dass die Daten der beiden jugendlichen Kollektive und der Erwachsenen nicht normalverteilt waren. Somit wurden Mediane, Perzentilen und Boxplots dargestellt. Im Anschluss wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, um auf Unterschiede zwischen den Bleikonzentrationen im Blut der jugendlichen Schützen und der Kontrollen zu testen.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Vergleich von Kontrollgruppe und jugendlichen Schützen

Es nahmen insgesamt 54 jugendliche Schützen von Luftdruckwaffen und 48 Jugendliche ohne externe Bleiexposition, die somit als Kontrollen dienten, an der vorliegenden Studie teil. Die genaue Zusammensetzung dieser beiden Untersuchungskollektive kann in Tabelle 6 gefunden werden.

#### 5.1.1. Bleikonzentration

Die Bleikonzentrationen wurden im Vollblut der jugendlichen Schützen und Kontrollen bestimmt. Die Ergebnisse beider Untersuchungskollektive können der Tabelle 8 entnommen werden.

Der Mittelwert der Bleikonzentrationen, die im Blut der jugendlichen Kontrollen (N=48) bestimmt wurden, betrug 25,4 µg/l (Range: 6,5 bis 55,0 µg/L). Die jugendlichen Schützen (N=54) übertrafen mit einer mittleren Blutbleikonzentration von 32,4 µg/l (Range: 10,9 bis 71,0 µg/l) diesen Wert um 7 µg/l. Bei einem p-Wert von 0,048 bestand somit ein knapp signifikanter Unterschied zwischen den Bleikonzentrationen beider Gruppen.

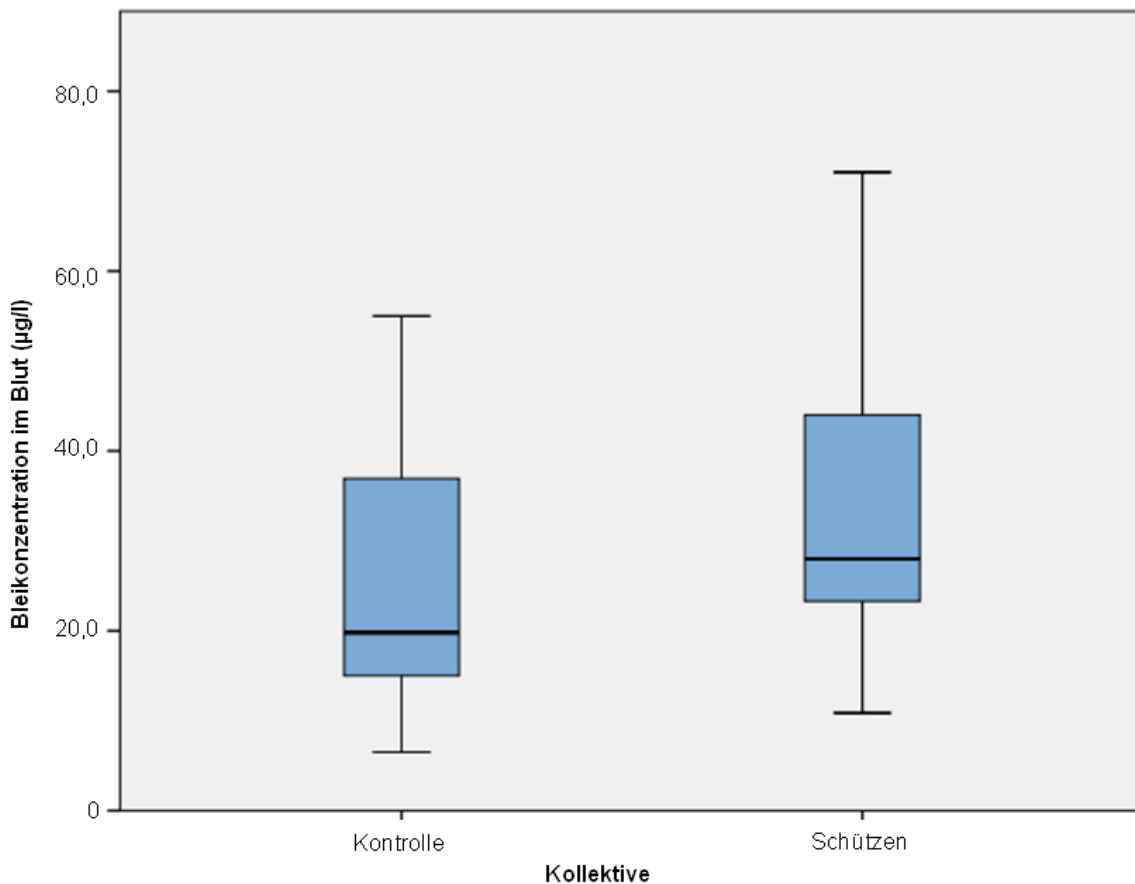
**Tabelle 8: Bleikonzentration im Blut von Kontrollen und Schützen**

Kollektiv	Gesamtzahl	Bleikonzentration im Blut (in µg/l)						
	N	MW	SD	P25	P50	P75	Min	Max
<b>Kontrollen</b>	48	25,4	13,2	15,0	19,8	36,9	6,5	55,0
<b>Schützen</b>	54	32,4	15,1	23,3	28,0	44,0	10,9	71,0

MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, P=Perzentile,

Min=minimaler Wert, Max=maximaler Wert

Abbildung 4 veranschaulicht die Bleikonzentrationen im Blut beider Untersuchungskollektive mittels zweier Boxplots. Daran lässt sich gut erkennen, dass die Schützen etwas höhere Bleikonzentrationen im Blut aufwiesen als die Kontrollen.



**Abbildung 4: Mittlere Bleikonzentration im Blut von Kontrollen und Schützen**

Es wurde untersucht, wie sich die Bleiwerte der Jugendlichen im Vergleich zu den - momentan ausgesetzten - HBM-Werten und zum Referenzwert verhielten. Dabei stellte sich heraus, dass die Bleikonzentrationen aller Jugendlichen aus beiden Untersuchungskollektiven unter dem HBM-I-Wert von 100 µg/L für Kinder und Mädchen/Frauen im gebärfähigen Alter lagen. Der aktuelle Referenzwert von 35 µg/l wurde vom Umweltbundesamt für Kinder zwischen 3 und 14 Jahre festgelegt. Er wurde jedoch auf alle teilnehmenden Jugendlichen zwischen 12 und 16 Jahren angewandt, da es keine offiziellen Referenzwerte für 15- und 16-jährige Jugendliche gibt [73]. Die Auswertung zeigte, dass 31 % der Schützen und überraschender Weise 29 % der Kontrollen den Referenzwert überstiegen.

Die einzelnen Bleiwerte wurden für beide Gruppen getrennt und in Abhängigkeit vom Alter in einem Streudiagramm dargestellt (siehe Abbildung 5). Die Spannweite der Bleikonzentrationen betrug in der Kontrollgruppe 48,5 µg/l und in der Schützengruppe 60,1 µg/l. Bei genauer Betrachtung des Streudiagramms zeigte sich, dass die Bleiwerte der Kontrollen größtenteils im Bereich zwischen 7 µg/l und 40 µg/l lagen. Die Bleiwerte der Schützen rangierten meist in etwas höheren Bereichen zwischen 11 µg/l und 55 µg/l. Eine deutliche Abweichung nach oben konnte bei drei Schützen festgestellt werden. Deren Bleikonzentrationen im Blut waren mit 66 µg/l, 68 µg/l und 71 µg/l mehr als doppelt so hoch wie die mittlere Bleikonzentration von 32,4 µg pro Liter Blut aller Schützen. Sie übertrafen selbst den vierthöchsten Blutbleiwert um mehr als 10 µg/l. Eine weitere Gemeinsamkeit dieser drei Schützen konnte jedoch nicht gefunden werden. Sie stammten aus verschiedenen Schützenvereinen und ihre Schießgewohnheiten unterschieden sich nicht von denen anderer Jugendlicher.

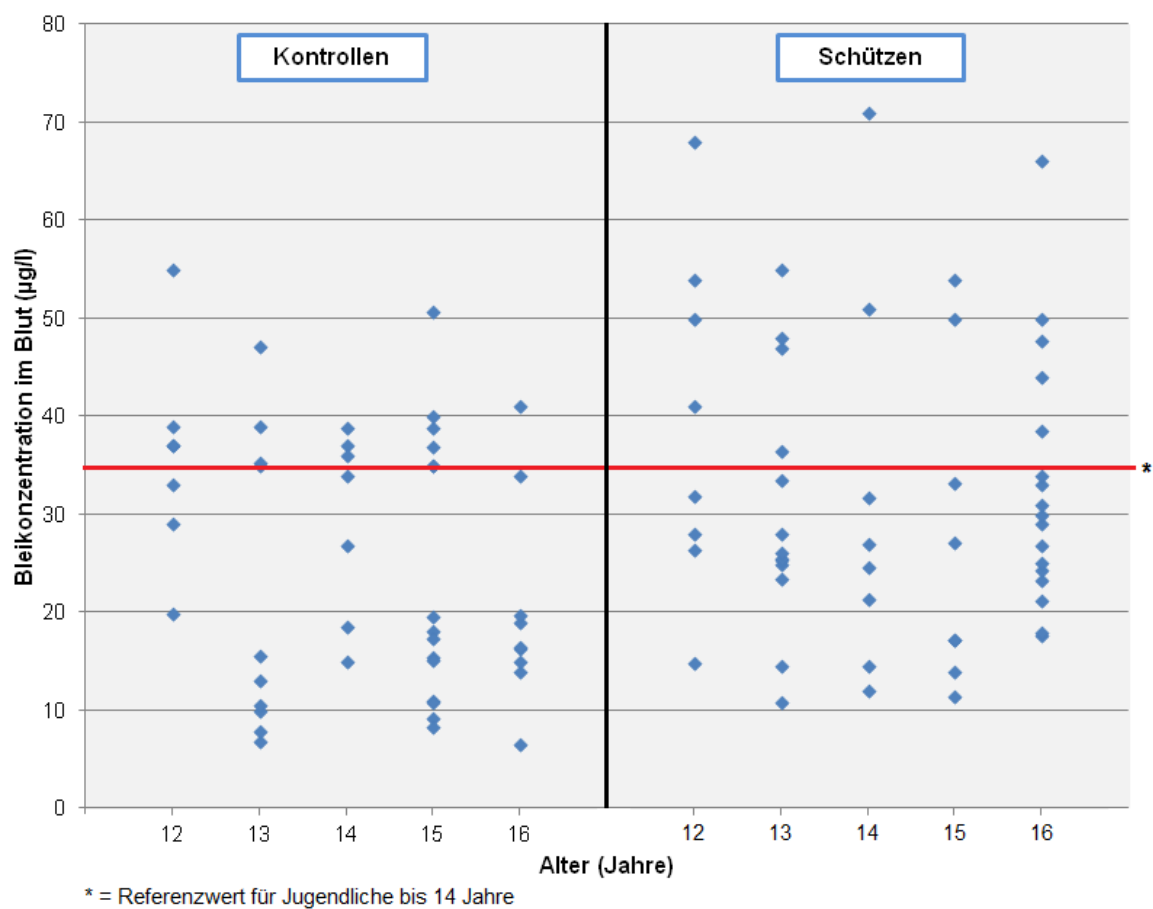


Abbildung 5: Altersabhängiger Gruppenvergleich der Bleiwerte im Blut



### 5.1.2. Geschlechtsverteilung und Einfluss auf Bleiwerte im Blut

Es nahmen insgesamt 28 Mädchen und 74 Jungen an der Studie teil. Bei den Schützen (N=54) betrug der Anteil der Jungen 67 % und bei den Kontrollen (N=48) 79 %.

Es wurde untersucht, ob sich die Bleikonzentrationen im Blut relevant zwischen den zwei Geschlechtern unterschieden. Hierfür wurden die geschlechtsspezifischen mittleren Bleikonzentrationen im Blut beider Kollektive als Boxplots dargestellt (Abbildung 6).

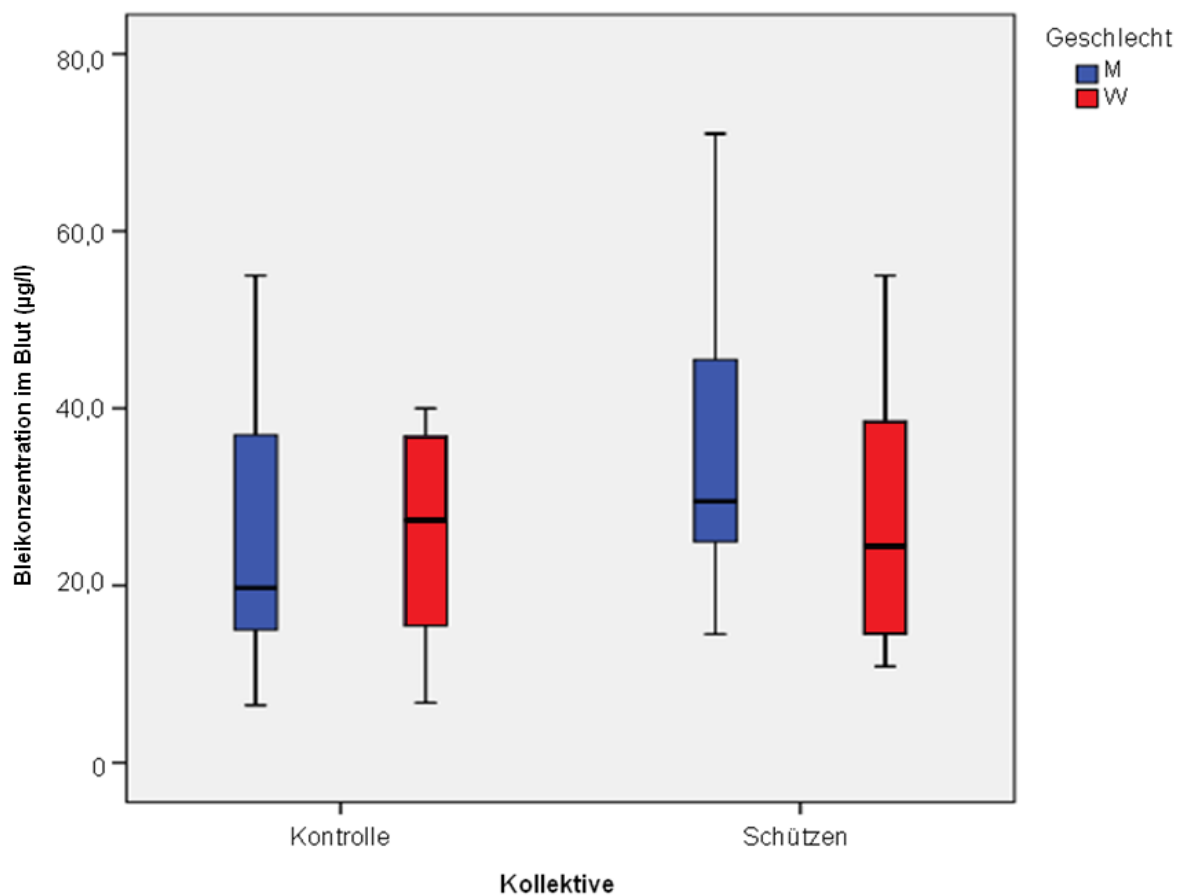


Abbildung 6: Geschlechtsverteilung der mittleren Bleikonzentrationen

Dabei zeigte sich, dass in keinem der beiden Untersuchungskollektive ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Bleikonzentration im Blut bestand. Auffällig war jedoch, dass männliche Schützen im Durchschnitt höhere Werte als weibliche Schützen und Kontrollen aufwiesen. So betrug deren Mittelwert 34,5 µg/l (Range: 14,5 bis 71,0 µg/l), wohingegen der Mittelwert der weiblichen Schützen bei 28,3 µg/l (Range: 10,9 bis 55,0 µg/l)

lag. Dieser Unterschied von 6,2 µg/l war zwar nicht statistisch signifikant ( $p=0,11$ ), zeigte aber dennoch damit einen gewissen Trend an.

Um eine mögliche Erklärung hierfür zu finden, wurden diese beiden Gruppen genauer miteinander verglichen. Dabei fiel auf, dass die 36 männlichen Schützen im Schnitt 0,7 Jahre älter waren als die 18 weiblichen Schützen. Sie trainierten 0,4 Stunden mehr pro Monat und gaben im Monat durchschnittlich 17 Schüsse mehr ab als die Schützinnen.

### **5.1.3. Altersverteilung und Einfluss auf Bleiwerte im Blut**

Das durchschnittliche Alter betrug in beiden Untersuchungskollektiven 14,2 Jahre mit einer Standardabweichung von 1,5 Jahren bei den Schützen bzw. 1,4 Jahren bei den Kontrollen. Alle Studienteilnehmer waren zwischen 12 und 16 Jahre alt. Die genaue Altersverteilung der Bleikonzentrationen beider Kollektive können der Abbildung 5 entnommen werden.

Es wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen der Bleikonzentration im Blut und dem Alter der Probanden überprüft. Diese Untersuchungen ergaben weder in der Schützen- noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Korrelation zwischen diesen beiden Untersuchungsmerkmalen ( $p=0,13$ ).

In der Kontrollgruppe konnte eine Tendenz zum Fallen der mittleren Bleikonzentration mit steigendem Alter beobachtet werden. Diese Feststellung war jedoch knapp nicht statistisch signifikant ( $p=0,07$ ) und konnte bei den jugendlichen Schützen nicht gemacht werden.

## 5.2. Einflüsse auf die Bleikonzentration der jugendlichen Schützen

### 5.2.1. Schießgewohnheiten

Die Auswertung der Fragebögen bezüglich der Schießgewohnheiten erbrachte folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 9):

Von den 54 jugendlichen Schützen, die an dieser Studie teilnahmen, schossen 46 regelmäßig mit Luftgewehr und acht mit Luftpistole. Im Mittel übten die Jugendlichen seit 3,1 Jahren (Range: 0,2 bis 7 Jahre) den Schießsport aus. Es wurde im Monat durchschnittlich 5,4-mal (Range: 2 bis 10-mal/Monat) für je 0,9 Stunden (Range: 0,3 bis 2,2 Std.) trainiert. Daraus wurde eine monatliche Gesamttrainingsdauer von 4,8 Stunden (Range: 0,9 bis 12 Std.) berechnet. Während dieser Zeit wurden im Durchschnitt 215 Schüsse (Range: 40 bis 490 Schüsse) abgegeben.

**Tabelle 9: Schießgewohnheiten der jugendlichen Sportschützen**

Schießgewohnheiten		MW	SD	Min	Max
<b>Schießsport</b>	Dauer Ausübung [Jahre]	3,1	1,9	0,2	7
<b>Training</b>	Anzahl pro Monat	5,4	1,9	2	10
	Dauer Einzeltraining [Stunden]	0,9	0,4	0,3	2,2
	Gesamtdauer pro Monat [Stunden]	4,8	2,7	0,9	12
<b>Schuss</b>	Anzahl pro Training	38	14	20	70
	Anzahl pro Monat	215	115	40	490

MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimaler Wert, Max=Maximaler Wert

Es wurde ein möglicher Einfluss der Schießgewohnheiten auf die Bleikonzentration im Blut der jugendlichen Sportschützen untersucht. Dabei wurden folgende Parameter mit dem Bleiwert jedes Probanden verglichen:

Disziplin (Luftgewehr/Luftpistole), Gesamtdauer der Ausübung des Schießsports und Dauer eines einzelnen Trainings, Trainingsstunden pro Monat, Trainingsanzahl pro Monat und Schussanzahl pro Training und Monat.

Als Ergebnis zeigte sich bei keinem der genannten Parameter eine signifikante Korrelation mit dem Bleiwert im Blut. Es war lediglich ein kleiner, positiver Zusammenhang zwischen der Bleikonzentration im Blut und der Trainingsanzahl pro Monat erkennbar, was jedoch nicht statistisch signifikant war ( $p=0,46$ ).

Diese Feststellungen bestätigten sich beim Vergleich des niedrigsten und höchsten Quartils ( $N=14$  jeweils) bezogen auf die gemessene Bleikonzentration im Blut. Obwohl eine große Differenz von  $38 \mu\text{g/l}$  zwischen den mittleren Bleikonzentrationen beider Quartile lag, waren die Schießgewohnheiten beider Quartile im Allgemeinen unterdurchschnittlich. Lediglich im Punkt Trainingsanzahl pro Monat unterschieden sie sich insofern, dass die Jugendlichen des höchsten Quartils im Monat 20 % mehr trainierten als die Jugendlichen des niedrigsten Quartils. Damit lagen sie knapp über dem Durchschnitt von 5,4-mal Training pro Monat.

### **5.2.2. Vereinsbezogene Auswertung**

Innerhalb der 14 teilnehmenden Vereine unterschieden sich nicht nur die Schießgewohnheiten, sondern auch die Bleikonzentrationen, die im Blut der jugendlichen Schützen erfasst wurden, zum Teil deutlich.

Bei der Auswertung auf Vereinsbasis wurde für jeden der Vereine die mittlere Bleikonzentration im Blut der Teilnehmer bestimmt. Der Mittelwert aller Schützenvereine betrug  $32,5 \mu\text{g/l}$  (Standardabweichung:  $11,8 \mu\text{g/l}$ ) mit einer großen Spannweite von  $18,1 \mu\text{g/l}$  bis  $55,0 \mu\text{g/l}$ .

Zur Veranschaulichung wurden die Ergebnisse mittels eines Balkendiagrammes dargestellt (siehe Abbildung 7). Die Balken 2 bis 12 stehen jeweils für einen Verein, der mit mindestens drei Schützen an der Studie teilnahm. Der Balken mit der Nummer 1 fasst die drei Vereine zusammen, in denen lediglich ein oder zwei Schützen teilnahmen.

Auffallend bei der Ergebnisauswertung war, dass die Schützen aus den zwei Vereinen mit der Nummer 2 und 3 deutlich höhere mittlere Bleikonzentrationen im Blut aufwiesen als die Schützen der anderen Vereine. Ihre Mittelwerte von 53,2 µg/l (Range: 44 bis 68 µg/l) bzw. 55,0 µg/l (Range: 48 bis 71 µg/l) übertrafen die mittlere Bleikonzentration aller anderen Vereine um das 1,8- bzw. 1,9-fache.

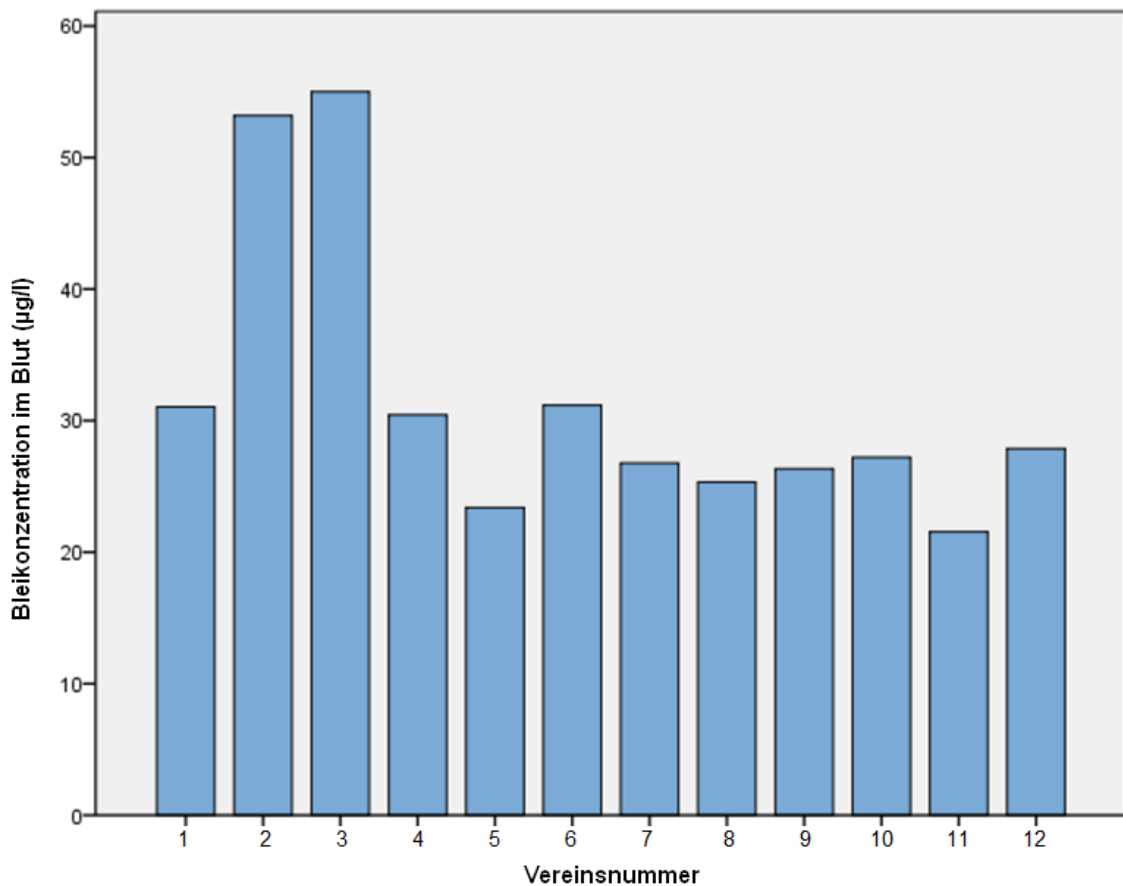


Abbildung 7: Mittlere Bleiwerte pro Verein mit  $\leq 2$  (1) bzw.  $\geq 3$  Probanden (2-11)

Im Vergleich der Schießgewohnheiten dieser beiden Vereine untereinander und mit den anderen Schützenvereinen konnten keine Unterschiede festgestellt werden, die als Erklärung für die erhöhten Bleiwerte dienen konnten. Auch wurde keine Korrelation zwischen den Schießgewohnheiten und den Bleikonzentrationen im Blut gefunden.

Es war zwar auffällig, dass in beiden Vereinen monatlich durchschnittlich etwa 20 Schuss mehr abgegeben wurden als in anderen Vereinen (siehe Abbildung 8), dies konnte aber nicht die erhöhten Bleiwerte erklären. So wiesen manche Vereine, in denen noch mehr Schuss abgegeben wurden, unterdurchschnittliche Bleiwerte auf, wie durch die Vereine 5 und 7 deutlich wurde. Deren Bleiwerte unterschritten die mittlere Bleikonzentration aller Vereine um  $5,7 \mu\text{g/l}$  bzw.  $9,1 \mu\text{g/l}$ , obwohl dort monatlich etwa 60 bis 70 % mehr als in allen anderen Vereinen geschossen wurde.

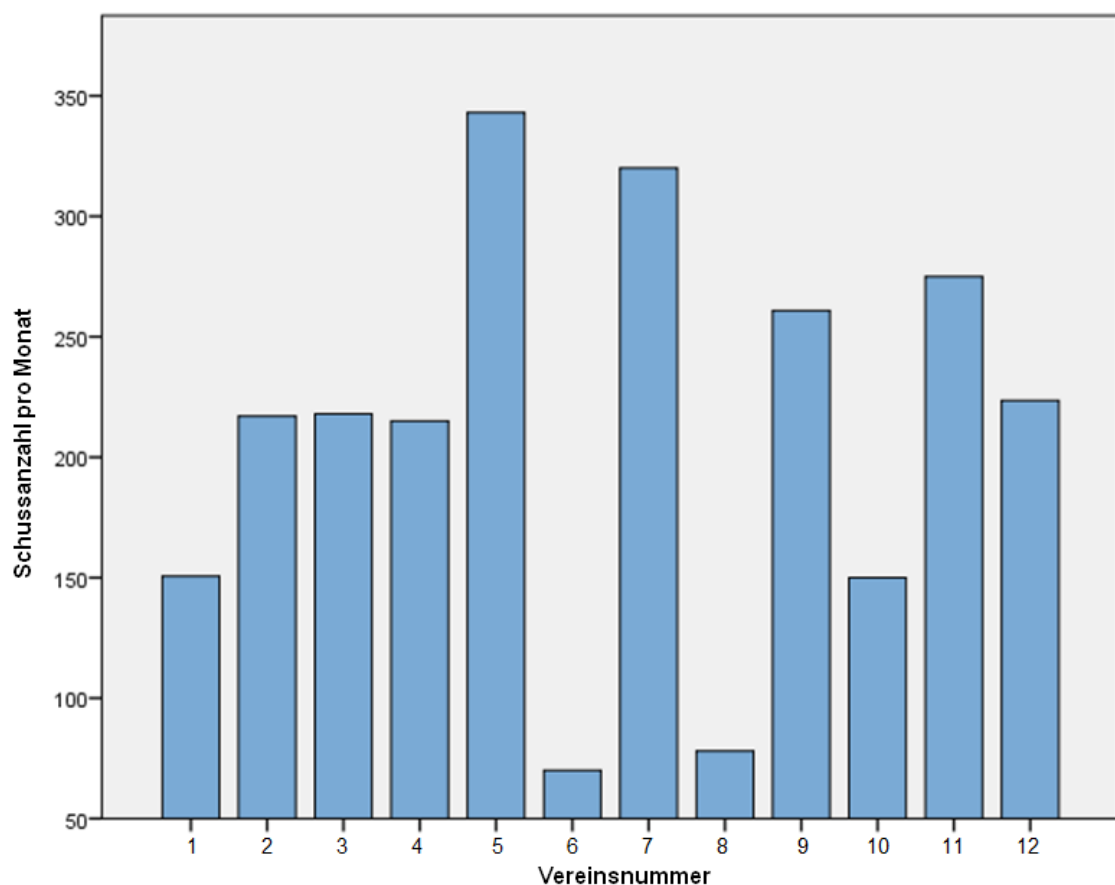


Abbildung 8: Monatliche Schussanzahl pro Verein mit  $\leq 2$  (1) bzw.  $\geq 3$  Probanden (2-12)

### 5.3. Bleikonzentration der erwachsenen Schützen und Einflussfaktoren

Es nahmen insgesamt 53 männliche und zwei weibliche Sportschützen aus neun Schützenvereinen an der Studie teil. Das mittlere Alter betrug 51,2 Jahre (Range: 20 bis 79 Jahre) mit einer Standardabweichung von 12,3 Jahren.

#### 5.3.1. Disziplinen

Die Auswertung der Bleikonzentrationen, die im Vollblut der 55 Schützen ermittelt wurden, können der nachfolgenden Tabelle 10 entnommen werden.

Als Mittelwert der Bleikonzentrationen aller Studienteilnehmer (N=55) wurden 200 µg Blei pro Liter Blut gemessen (Range: 46 bis 555 µg/l).

Es gab relevante Unterschiede zwischen den Bleikonzentrationen der Klein- und Großkaliberschützen: So betrug die mittlere Bleikonzentration der reinen Kleinkaliberschützen (N=9) 139 µg/l (Range: 59 bis 291 µg/l). Diese war um 27 µg/l niedriger als der Mittelwert von 166 µg/l (Range: 59 bis 273 µg/l), der im Blut der reinen Großkaliberschützen (N=4) bestimmt wurde.

Die Mehrheit der Teilnehmer (N=42) schossen jedoch sowohl mit Klein- als auch Großkaliber. Diese Gruppe wies mit einem Mittelwert von 216 µg/l (Range: 46 bis 555 µg/l) die höchsten Bleikonzentrationen im Blut auf.

**Tabelle 10: Bleiwerte der Schützen unterschiedlicher Disziplinen**

Disziplinen	Gesamtzahl	Bleikonzentration im Blut (in µg/l)						
	N	MW	SD	P25	P50	P75	Min	Max
KK	9	139	66	108	125	150	59	291
GK	4	166	118	64	165	268	59	273
KK+GK	42	216	110	137	187	270	46	555
<b>Gesamt</b>	<b>55</b>	<b>200</b>	<b>107</b>	<b>129</b>	<b>166</b>	<b>262</b>	<b>46</b>	<b>555</b>

KK=Kleinkaliber, GK=Großkaliber, MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, P=Perzentile,

Min=minimaler Wert, Max=maximaler Wert

Es wurde untersucht, wie sich die Bleiwerte der Studienteilnehmer bezüglich der Referenzwerte und der – momentan ausgesetzten – HBM-Werte einordnen ließen (siehe Tabelle 11).

91 % aller Schützen überschritten mit ihren Bleiwerten den jeweiligen Referenzwert von 70 µg/l für Frauen bzw. 90 µg/l für Männer. In der Gruppe der Klein- und Großkaliberschützen traf dies sogar auf 95 % aller Schützen zu.

**Tabelle 11: Beziehung der Sportschützen zu Referenz- und HBM-Werten**

Disziplin	Gesamtzahl	Referenzwert		HBM-Werte		
	N	≤ 90 µg/l	> 90 µg/l	≤ 150 µg/l	151 µg/l - 249 µg/l	≥ 250 µg/l
KK	9	1	8*	6	2**	1
GK	4	2	2	2	0	2
KK+GK	42	2	40	16	14	12
<b>Gesamt</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>16</b>

\*= angewandter Referenzwert von 70 µg/l für 2 weibliche Schützinnen

\*\*= angewandter Bereich von 101 bis 149 µg/l für 1 Schützin im gebärfähigen Alter

KK=Kleinkaliber, GK=Großkaliber

Bezüglich der HBM-Werte ergab sich folgendes Bild (siehe Tabelle 11 und Abbildung 9 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**):

35 % aller Schützen lagen mit ihrer Bleikonzentration im Blut unterhalb des HBM-I-Wertes, jedoch oberhalb des jeweiligen Referenzwertes. 29 % lagen zwischen dem HBM-I- und HBM-II-Wert und 27% selbst über dem HBM-II-Wert. Davon überstiegen vier Probanden, die alle ausnahmslos aus der Gruppe der Klein- und Großkaliberschützen stammten, sogar den Biologischen Grenzwert von 400 µg/l, der für eine Belastung am Arbeitsplatz festgelegt ist.

Die Kleinkaliberschützen unterschritten mit ihrem Median von 125 µg/l den HBM-I-Wert, wohingegen die Mediane der beiden anderen Disziplinen im Bereich zwischen dem HBM-I- und HBM-II-Wert lagen.



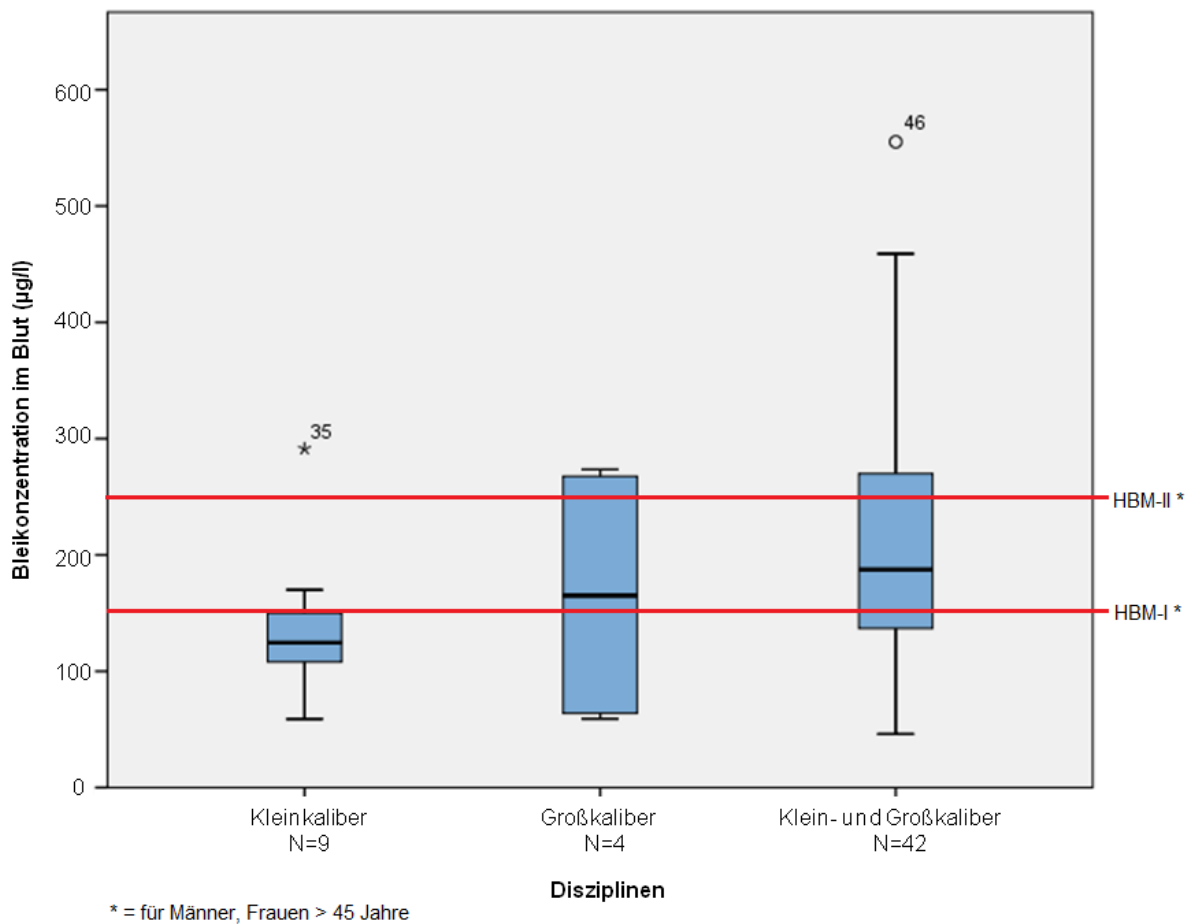


Abbildung 9: Bleiwerte im Blut von Schützen unterschiedlicher Disziplinen

### 5.3.2. Schießgewohnheiten

Die Auswertung der Fragebögen bezüglich der Schießgewohnheiten ergab, dass die Studienteilnehmer den Schießsport im Durchschnitt seit 23 Jahren (Range: 1 bis 60 Jahre) ausübten (siehe Tabelle 12). Ein Einzeltraining dauerte im Schnitt 1,3 Stunden (Range: 0,5 bis 2,5 Std.) und fand etwa 5-mal pro Monat (Range: 1- bis 15-mal/Monat) statt. Daraus ließ sich eine Gesamttrainingsdauer von monatlich 7 Stunden (Range: 1 bis 23 Std.) berechnen. In dieser Zeit wurden von jedem Schützen durchschnittlich 417 Schüsse (Range: 60 bis 1875 Schüsse) abgegeben.

**Tabelle 12: Schießgewohnheiten der erwachsenen Sportschützen**

Schießgewohnheiten		MW	SD	Min	Max
<b>Schießsport</b>	Dauer Ausübung [Jahre]	22,9	15,2	1	60
<b>Training</b>	Anzahl pro Monat	5,1	2,8	1	15
	Dauer Einzeltraining [Stunden]	1,3	0,5	0,5	2,5
	Gesamtdauer pro Monat [Stunden]	7,1	5,4	1	22,5
<b>Schuss</b>	Anzahl pro Training	80	44	11	250
	Anzahl pro Monat	417	342	60	1875

MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=minimaler Wert, Max=maximaler Wert

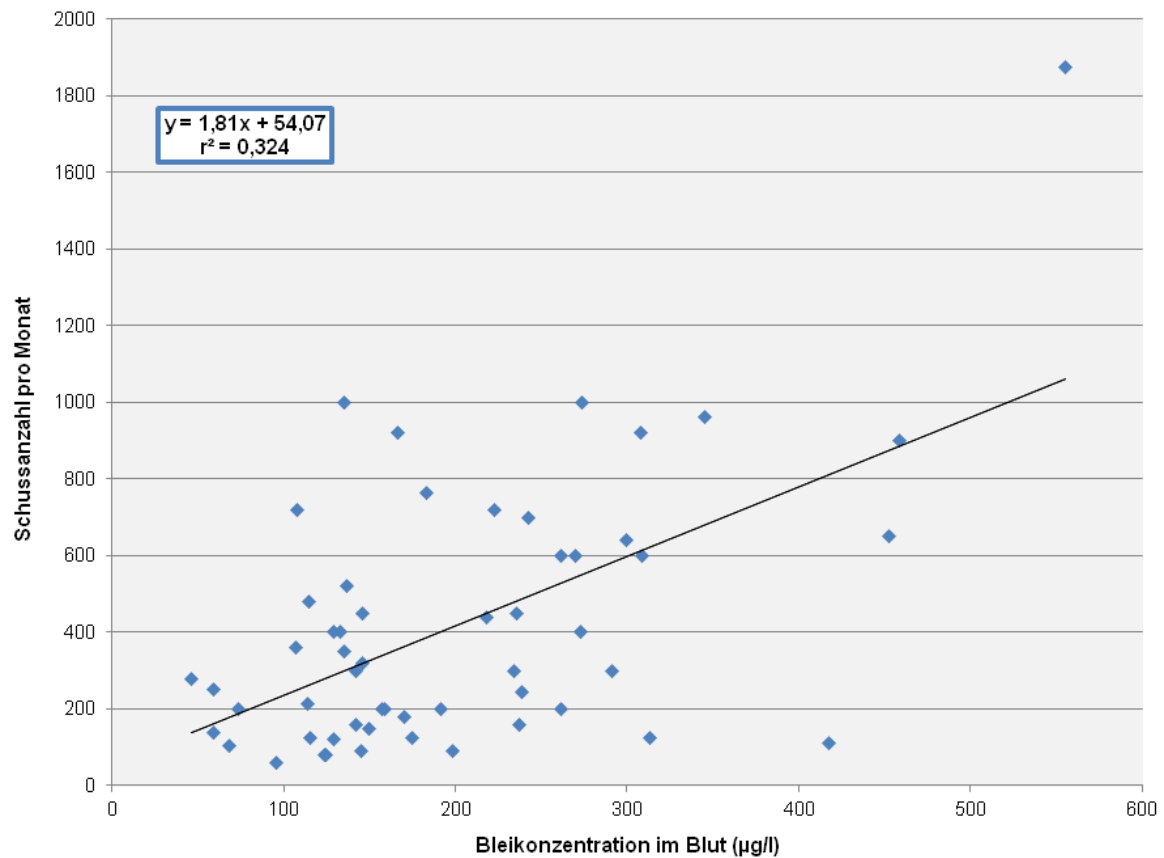
Es wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen der Bleikonzentration im Blut und den Schießgewohnheiten der Sportschützen untersucht. Daraus ergab sich folgendes:

Keine Korrelation bestand zwischen der Höhe der gemessenen Bleiwerte und dem Alter des Schützen, der Dauer eines Einzeltrainings und der Anzahl der Jahre, in denen der Schießsport ausgeübt wurde.

Andere Schießgewohnheiten hatten jedoch einen stärkeren Einfluss auf die Bleikonzentration im Blut. So wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der Blutbleikonzentration und der Gesamttrainingsdauer pro Monat gefunden, der statistisch signifikant war ( $p=0,001$ ;  $r=0,44$ ).

Weiterhin wurde die Höhe der Bleikonzentration im Blut des Schützen durch die Anzahl von abgegebenen Schüssen beeinflusst: Es bestand eine starke Korrelation der Bleikonzentration im Blut mit der Anzahl der Schüsse, die während eines Einzeltraining abgegeben wurden ( $r=0,31$ ). Dieser Zusammenhang war statistisch signifikant ( $p=0,02$ ).

Die höchste Korrelation fand sich zwischen der Blutbleikonzentration und der Anzahl der Schüsse, die hochgerechnet in einem ganzen Monat abgefeuert wurden ( $p<0,000$ ;  $r=0,57$ ) (siehe Abbildung 10). Das Bestimmtheitsmaß betrug 0,32.



**Abbildung 10: Korrelation zwischen Bleiwerten und monatlicher Schussanzahl**

Diese Zusammenhänge konnten eindrucksvoll bei dem Studienteilnehmer mit der höchsten gemessenen Bleikonzentration von 555 µg pro Liter Blut beobachtet werden, der somit selbst den HBM-II-Wert um 305 µg/l übertraf. Laut eigener Angaben trainierte dieser Klein- und Großkaliberschütze im Schnitt alle 2 Tage für jeweils 1,5 Stunden. Während dieser 22,5 Stunden Training pro Monat wurde von ihm durchschnittlich eine beachtliche Anzahl von 1.875 Schüssen abgegeben. Dies spiegelte sich in der sehr hohen inneren Bleibelastung dieses Schützen wider.

## **6. Diskussion**

### **6.1. Diskussion der Methoden**

#### **6.1.1. Untersuchungskollektiv**

##### 6.1.1.1. Jugendliche

Für die Studie an Jugendlichen galt eine Altersbeschränkung von 12 bis 16 Jahren. Man entschied sich für diese Altersgruppe, da laut Paragraph 27 des Waffengesetzes erst ab dem vollendeten 12. Lebensjahr das Schießen mit Luftdruckwaffen erlaubt ist. Jüngere Kinder können allerdings eine Ausnahmegenehmigung erhalten, wenn ihnen von einem Arzt die körperliche und geistige Eignung hierfür attestiert wird [7]. Während der Studie wurde die Erfahrung gemacht, dass es eine relevante Anzahl an Kindern mit Ausnahmegenehmigungen gab, von denen einige Interesse an einer Studienteilnahme hatten. Nachfolgende Untersuchungen sollten also auch Sportschützen unter 12 Jahren miteinschließen, insbesondere vor dem Hintergrund einer erhöhten Bleisensitivität von Kindern.

Eindeutig von Vorteil für diese Fall-Kontroll-Studie war die gute Vergleichbarkeit der beiden Untersuchungskollektive, die durch mehrere Punkte gewährleistet war:

Zum einen war das Durchschnittsalter mit 14,2 Jahren in beiden Gruppen gleich. Zum anderen war die räumliche Nähe zwischen Schützen und Kontrollen gegeben, wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird. So befand sich der Großteil der Kontrollvereine im selben Ort oder in unmittelbarer Umgebung zu den Schützenvereinen. Die Studienteilnehmer stammten sowohl aus Dörfern als auch aus Städten, die hauptsächlich im Großraum Augsburg und Landsberg am Lech lagen. Die Größe der Gemeinde hat dabei, laut Kinder-Umwelt-Survey, keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Bleikonzentration im Blut [2]. In Folgeuntersuchungen sollte auf eine breite Streuung der Wohnorte geachtet werden, um eine repräsentative Aussage über die Blutbleibelastung von jugendlichen Sportschützen in ganz Bayern machen zu können.

Die ähnlich große Gesamtteilnehmerzahl mit 48 Kontrollen und 54 aktiven Sportschützen trug ebenfalls zu einer guten Vergleichbarkeit beider Kollektive bei. Da nur etwa ein Drittel aller Schützen weiblichen Geschlechts waren, sind Aussagen über geschlechtsspezifische Unterschiede limitiert.

#### 6.1.1.2. Erwachsene

Diese Studie hatte zum Ziel, stichprobenartig die aktuelle innere Bleibelastung von erwachsenen Sportschützen zu erfassen. Dafür fand sich eine ausreichend große Anzahl an Teilnehmern, deren Altersspannweite von 20 bis 79 Jahre sehr groß war. Unter diesen 55 Schützen waren jedoch nur 2 Frauen, was nicht an einem mangelnden Interesse, sondern vielmehr daran lag, dass nur wenige Frauen Mitglieder in den teilnehmenden Vereinen waren.

Ein Nachteil dieser Studie war die geringe Fallzahl an reinen Kleinkaliberschützen (N=9) und Großkaliberschützen (N=4). Die Ergebnisse der 42 Schützen, die regelmäßig mit Waffen beider Kaliber schossen, waren jedoch repräsentativ für diese Gruppe und konnten gut mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen verglichen werden.

#### 6.1.2. Rekrutierung der Probanden und Fragebögen

Die Vereine der Schützen und Kontrollen wurden zufällig und nach keinen festen Kriterien ausgewählt. Termine für ein Informationsgespräch und zur Blutabnahme wurden nur vereinbart, wenn von Seiten des kontaktierten Vereinsvorsitzenden und Trainers Interesse bestand. Diese Termine nahm wiederum nur ein Teil aller Vereinsmitglieder wahr. Dadurch sind die Ergebnisse weder für den gesamten Verein noch für ganz Bayern repräsentativ. Das Ziel der Studie, eine generelle Aussage über die innere Bleibelastung von jugendlichen und erwachsenen Sportschützen zu erhalten, wurde dennoch erfüllt.

Zur Erhebung der persönlichen Daten und Schießgewohnheiten wurden Fragebögen verwendet, die sich an denen aus vergangenen Studien über die Bleibelastung von Sportschützen orientierten [18, 49]. Diese waren kurz gehalten und gut verständlich, so dass sie von den Erwachsenen und Jugendlichen innerhalb kurzer Zeit ausgefüllt werden konnten. Somit wurde der zeitliche Aufwand ge-

ring gehalten. Sehr gut an den Fragebögen der Kontrollen war, dass explizit Angaben zu Schießen mit Luftdruckwaffen gemacht werden sollten, um eine Bleiexposition durch diese Quelle ausschließen zu können. Es wurde nicht nach Einflussfaktoren, wie Nikotinkonsum und berufliche Bleiexposition des Probanden bzw. dessen Erziehungsberechtigten, gefragt. Die Auswertung dieser Faktoren hätte bei den geringen Teilnehmerzahlen zu keinem aussagekräftigen Ergebnis geführt. Vielleicht hätte man jedoch eine mögliche Erklärung für die erhöhten Bleikonzentrationen der jugendlichen Kontrollen ableiten können. Deshalb sollte man in Folgeuntersuchungen bei größeren Teilnehmerzahlen diese Einflussfaktoren nicht außer Acht lassen.

Obwohl die erwachsenen Sportschützen Angaben zur Art des verwendeten Projektils machten, floss dies nicht in die Ergebnisauswertung mit ein. In der Regel trainierten mehrere Schützen gleichzeitig an einem Schießstand, weshalb das Schadstoffgemisch in der Luft von allen Beteiligten eingeatmet wurde. Obwohl dies in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden konnte, ist bereits bekannt, dass beim Schießen die Art des Projektils den größten Einfluss auf die Höhe der Bleikonzentration im Blut hat [29]. So konnten Valway et al. im Jahr 1989 nachweisen, dass im Vergleich zu reinen Bleigeschossen der Gebrauch von Kupfermantelgeschossen den Bleigehalt der Luft um 97 % reduziert [76].

## 6.2. Diskussion der Ergebnisse

### 6.2.1. Jugendliche

Die Ergebnisse der aktuellen Studie zeigen, dass das Schießen mit Luftdruckwaffen zu leicht erhöhten Bleikonzentrationen im Blut von Jugendlichen führt. Zur Veranschaulichung und besseren Vergleichbarkeit wurde eine Übersichtstabelle mit den Ergebnissen der aktuellen Studie und relevanter Daten früherer Untersuchungen an Kindern und Jugendlichen erstellt (siehe Tabelle 13). Dabei lieferten der deutsche Kinder-Umwelt-Survey 2003/06, kurz KUS, und eine groß angelegte, amerikanische Studie über Gesundheit und Ernährung nationale und internationale Vergleichswerte zur Bleibelastung Minderjähriger [2, 13].

**Tabelle 13: Übersicht zu Studien über Bleibelastung von Kindern und Jugendlichen**

Quelle	Land	Zeit- raum	Alter	Teil- nehmer	Bleikonzentration im Blut (in µg/l)			
			Jahre	N	MW	P50	P75	P95
Aktuelle Studie	D	2013	12-16 (Schützen)	54	32,4	28,0	44,8	66,6
			12-16 (Kontrollen)	48	25,4	19,8	37,0	49,1
[13]	USA	2009- 2010	12-19	1183	k.A.	6,6	9,1	17,2
[2]	D	2003- 2006	3-14	1560	18,2	16,9	k.A.	33,8
			12-14	460	16,1	14,6	k.A.	30,5

N=Teilnehmerzahl, MW=Mittelwert, P=Perzentile, k.A.=keine Angabe

Der Median der Bleikonzentration der aktiven Sportschützen (N=54), die an der Studie teilnahmen, lag bei 28 µg/l (Range: 11 bis 71 µg/l). Der Median der Gruppe der 12- bis 14-jährigen (N=460), die im Rahmen des KUS untersucht wurden, wurde somit um etwa das Doppelte übertroffen und der Median amerikanischer Jugendlicher (N=1183) sogar um das 4-fache [2, 13]. Im Vergleich zum Median der Kontrollen (N=48) war der Median der Sportschützen jedoch nur um den Faktor 1,4 erhöht. Dies stimmt am ehesten mit den Untersuchungsergebnissen von Strömberg et al. überein, die in ihrer Langzeitstudie an 1.268

schwedischen Kindern im Alter von 7 bis 11 Jahren zu folgendem Ergebnis kamen [65]: Hobbys mit einer erhöhten Bleiexposition können zu einer bis zu 1,1-fachen Erhöhung der Bleikonzentration im Blut führen. Dabei wurde das Schießen mit Luftdruckwaffen als ein Beispiel aufgeführt. Wie groß dessen genauer Anteil an einer Erhöhung der Bleikonzentration war, konnte jedoch nicht erhoben werden. In einer deutschen Studie an erwachsenen Sportschützen wurde der Median der Bleiwerte im Blut von Luftgewehrschützen (N=20) bei 33 µg/l (Range: 18 bis 127 µg/l) ermittelt, was mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie vergleichbar ist [19]. Die Bleiwerte aller jugendlichen Sportschützen lagen unter dem als sicher geltenden, aber momentan ausgesetzten HBM-I-Wert für Kinder bis 12 Jahre und Mädchen/Frauen im gebärfähigen Alter. Für diesen Bereich unter 100 µg/l ist es nicht indiziert, therapeutische Maßnahmen zu ergreifen (siehe Tabelle 2). Bei der vereinsbezogenen Auswertung fiel auf, dass die aktiven Mitglieder zweier Schützenvereine deutlich höhere Bleiwerte aufwiesen als Schützen anderer Vereine (siehe Abbildung 7). Dabei überraschte, dass dies auf alle untersuchten Schützen dieser beiden Vereine zutraf. Deren Bleikonzentrationen im Blut rangierten durchweg im Bereich zwischen 44 µg/l und 71 µg/l. Die Teilnehmerzahl in den betroffenen Vereinen war jedoch mit jeweils 5 Schützen relativ gering, was die Aussagekraft der Ergebnisse limitierte.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Kontrollen überraschten deren vergleichsweise hohen Bleikonzentrationen im Blut (MW: 25,4 µg/l; Median: 19,8 µg/l; Range: 6,5 bis 55 µg/l). Wie erwartet zeigte sich bei genauer Betrachtung der Einzelwerte (siehe Abbildung 5), dass mehr als die Hälfte aller Kontrollen mit ihren Werten im Bereich unter 20 µg/l lagen und vereinzelt Werte nach oben ausrissen. Unerwartet kam jedoch, dass etwa 40 % aller Kontrollen relativ hohe Bleiwerte um 30 bis 40 µg/l aufwiesen. Obwohl diese Jugendlichen - laut eigener Angaben - keiner Bleiexposition durch Schießen mit Luftdruckwaffen ausgesetzt waren, wurden bei ihnen höhere Bleiwerte im Vergleich zu früheren Studien an nichtexponierten Kindern gemessen (siehe Tabelle 13). So lag der Median der Kontrollen 3-mal höher als der sehr niedrige Median von 6,6 µg/l, der im Blut von amerikanischen Jugendlichen (N=1183; Alter: 12 bis 19 Jahre) bestimmt wurde [13]. 29 % der Kontrollen übertrafen den Referenzwert von 35 µg/l, wobei der HBM-I-Wert in keinem Fall überschritten wurde.



Als mögliche Erklärung für diese hohen Werte konnte ein Messfehler bei den Laboranalysen ausgeschlossen werden, da neben hohen Bleiwerten auch Werte unter 10 µg/l gemessen wurden. Außerdem führte das Labor zur Überprüfung der Richtigkeit der Ergebnisse Wiederholungsmessungen der Proben durch und nahm regelmäßig mit Erfolg an externen Qualitätskontrollen teil. Die Jugendlichen der Kontrollgruppe, die vergleichsweise hohe Bleiwerte im Blut aufwiesen, stammten aus verschiedenen Wohnorten. Somit war eine erhöhte Umweltbleibelastung am Wohnort als Erklärung für die auffälligen Blutbleiwerte ebenfalls eher unwahrscheinlich. Erwiesenermaßen können Faktoren, wie erhöhter Alkohol-/Nikotinkonsum oder bestimmte Ernährungsgewohnheiten, den Bleispiegel im Blut anheben [26, 47]. So könnte ein gewisser Lebenswandel der Jugendlichen zu den vorliegenden Ergebnissen geführt haben. Da im Rahmen dieser Studie jedoch keine Daten zu solchen Einflussfaktoren erhoben wurden, konnte nicht abschließend geklärt werden, warum 29 Prozent der Kontrollen den Referenzwert überstiegen. Ob es sich um Einzelfälle handelte oder ob die innere Bleibelastung in Bayern generell wieder zunimmt, sollte in weiteren Studien untersucht werden. Dazu ist eine Aktualisierung des derzeit gültigen Bleireferenzwertes für Kinder und Jugendliche erforderlich, der im Zeitraum von 2003 bis 2006 im Rahmen des Kinder-Umwelt-Surveys erhoben wurde [2].

### 6.2.2. Erwachsene

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen klar, dass das Schießen in Innenraumschießanlagen zu sehr hohen Bleikonzentrationen im Blut führen kann. Alle 55 aktiven Sportschützen, die an der vorliegenden Studie teilnahmen, wiesen im Vergleich zur Normalbevölkerung deutlich höhere Bleiwerte auf. Im Jahr 1998 wurde im Rahmen eines Umwelt-Surveys das Geometrische Mittel aller Deutschen aus den Bleiwerten von 4.646 Teilnehmern im Alter von 18 bis 69 Jahren ermittelt. Dieser Wert liegt bei 30,7 µg Blei pro Liter Blut [68]. Der Median der Bleiwerte aller Schützen betrug hingegen 166 µg/l und überstieg somit den Wert der Normalbevölkerung um mehr als das 5-fache. Selbst die niedrigste gemessene Bleikonzentration von 46 µg/l übertraf das bundesweite Mittel um mehr als 15 µg/l. Im Vergleich zu den Human-Biomonitoring-Werten lagen 56 % aller untersuchten Schützen und 61 % aller Klein- und Großkaliberschützen mit ihren Bleiwerten über dem - derzeit ausgesetzten - HBM-I-Wert. Deshalb kann

eine gesundheitliche Gefährdung der Betroffenen nicht mehr sicher ausgeschlossen werden.

Beim Vergleich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen an Klein- und Großkaliberschützen wird deutlich, dass deren Bleibelastung in den letzten Jahren nicht zurückgegangen ist, sondern stattdessen eher zugenommen hat (Tabelle 14).

**Tabelle 14: Übersicht zu Studien über Bleibelastung von Schützen**

Quelle	Land	Zeit- raum	Disziplin	Teil- nehmer	Bleikonzentration im Blut (in µg/l)		
				N	Median	Min	Max
Aktuelle Studie	D	2013	KK, GK	55	166	46	555
			Kombi	42	187	46	555
[19]	D	2009	KK, GK	110	105	14	521
			Kombi	51	107	27	375
[52]	D	2009	KK, GK	7	290	237	450
[28]	DK	2012	LDW, KK, GK	58	116	<15	334
			Kombi	15	199	50	334

KK=Kleinkaliber, GK=Großkaliber, Kombi=Schützen, die mit KK und GK schossen,  
LDW=Luftdruckwaffen, Min=minimaler Wert, Max=maximaler Wert

Im Vergleich mit den 110 bayrischen Klein- und Großkaliberschützen, die von Demmeler et al. im Jahr 2006 untersucht wurden, zeigte sich, dass deren damaliger Median von 105 µg/l aktuell um mehr als 60 µg/l überschritten wurde [19]. Die Gruppen der Schützen, die sowohl mit Klein- als auch mit Großkaliber schossen, konnten dabei am besten miteinander verglichen werden, da beide Gruppen ähnlich groß waren: Im Gruppenvergleich lag der aktuelle Median der Bleikonzentrationen um 80 µg/l höher als der damals gemessene Wert von 107 µg/l. Ein noch höherer Median von 290 µg/l (Range: 237 bis 450 µg/l) wurde in der Studie von Ochsmann et al. in einer kleinen Gruppe von Groß- und Kleinkaliberschützen (N=7) gefunden [52]. Dieses Ergebnis war zwar nicht re-

präsentativ für die Situation aller Schützen in Bayern, beweist jedoch, dass auch in anderen Untersuchungen sehr hohe Bleikonzentrationen gemessen wurden. Dass dies nicht nur auf deutsche Sportschützen zutrifft, konnte durch die neueste Studie aus Dänemark untermauert werden [28]: Von den 58 teilnehmenden Sportschützen hatten 60 % Bleiwerte über 100 µg/l und 30 % über 200 µg/l. In der aktuellen Studie lagen knapp 90 % aller Teilnehmer über 100 µg/l und 40 % über 200 µg/l. Dieser Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass in der aktuellen Studie drei Viertel der Schützen zusätzlich mit Großkaliber schossen, wohingegen dies nur auf ein Viertel der dänischen Schützen zutraf. Dabei führt der Gebrauch von großkalibrigen Waffen im Vergleich zu anderen Disziplinen bekanntlich zu den höchsten Bleikonzentrationen im Blut [19, 28].

Schießgewohnheiten, die eine verlängerte Expositionszeit und eine erhöhte Menge an freigesetzten Bleistaubemissionen zur Folge haben, können den Bleispiegel im Blut von Schützen erhöhen. Dies bestätigte sich auch in der vorliegenden Untersuchung: Die Bleikonzentration im Blut der Schützen korrelierte mit den Parametern Gesamttrainingsdauer pro Monat ( $p=0,001$ ;  $r=0,44$ ) und Anzahl der abgegebenen Schüsse pro Training ( $p=0,02$ ;  $r=0,31$ ) und pro Monat ( $p<0,000$ ;  $r=0,57$ ). Dies deckte sich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen an Schützen aus Deutschland, Schweden und Dänemark [19, 28, 43].

Im Rahmen dieser Studie konnte durch stichprobenartige Messungen der inneren Bleibelastung von erwachsenen Sportschützen eine Aussage über die aktuelle Situation in Bayern gemacht werden. Von diesen Ergebnissen kann jedoch nicht auf den Zustand der Schießanlage geschlossen werden. Viele Schützen hielten sich im Rahmen von Training oder Wettbewerben an verschiedenen Schießständen auf. Diese können vom Zustand der Lüftungsanlage her sehr unterschiedlich sein, weshalb die inhalative Bleibelastung der Schützen von Schießstand zu Schießstand variieren kann. Desweiteren schießen meist mehrere Schützen mit unterschiedlicher Munition zur gleichen Zeit an einem Schießstand. Dadurch wird die Atemluft der Schützen mit einem Schadstoffgemisch belastet. Wie hoch die darin enthaltene Bleikonzentration ist, kann nur durch aufwändige Luftmessungen am Einzelplatz bestimmt werden, wie es von Mühle et al. bereits durchgeführt wurde [50].

An der Studie über erwachsene Sportschützen nahmen nur zwei Frauen teil, die beide mit Kleinkaliber schossen. Sie überstiegen ihren Referenzwert um etwa 40 µg/l und 65 µg/l. Frauen, die regelmäßig schießen, sind eine besonders gefährdete Gruppe, da Blei transplazentar übertragen wird [28]. So können erhöhte Bleispiegel im Blut von schwangeren Frauen sowohl die Dauer der Schwangerschaft verkürzen, als auch zu späteren kognitiven Entwicklungsstörungen des Kindes führen [33, 47]. Es gibt bisher jedoch keine Studie, die sich eingehend mit der Bleibelastung speziell von Schützinnen befasst. Dabei gehen laut Deutschem Schützenbund e.V. allein in Bayern knapp 120.000 Mädchen und Frauen dem Schießsport nach (Stand 2014) [24]. Deshalb sollte in nachfolgenden Untersuchungen auf eine größere Teilnehmerzahl an weiblichen Schützen geachtet werden, wie bereits von Grandahl et al. und Ochsmann et al. in ihren Studien gefordert wurde [28, 52].

Ziel dieser Studie war es, exemplarisch zu überprüfen, ob inzwischen ergriffene Maßnahmen, wie eine Modernisierung der Lüftungsanlagen, zu einer verminderten Bleibelastung von aktiven Sportschützen geführt haben. In den zuletzt 2012 aktualisierten Schießstandrichtlinien wird gefordert, alle veralteten Lüftungsanlagen zu überprüfen und bei Bedarf umzurüsten [10]. Dies sollte dazu geführt haben, dass mittlerweile die raumluftechnischen Anlagen aller Schießstände in Bayern auf dem neuesten Stand der Technik sind. Da die Bleispiegel der untersuchten Sportschützen unverändert hoch sind, drängen sich zwei wichtige Fragen auf, die durch weitere Studien beantwortet werden sollten: Wie ist der tatsächliche technische Zustand der Lüftungsanlagen in bayrischen Schießständen und wie stark kann durch diese technischen Maßnahmen die innere Bleibelastung von aktiven Sportschützen reduziert werden. Bei weiterführenden Untersuchungen sollte bedacht werden, dass nicht nur die Technik der Lüftungsanlage, sondern auch deren ordnungsgemäßer Betrieb entscheidend für die Effektivität sind.

### 6.3. Möglichkeiten der Bleireduktion im Schießsport

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie wird klar, dass weiterhin der Bedarf besteht, die innere Bleibelastung von Sportschützen zu reduzieren, um Folgeschäden für die Gesundheit zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für diejenigen Schützen, die regelmäßig mit „scharfer“ Munition schießen und im Vergleich zu Luftdruckwaffen-Schützen eine deutlich erhöhte innere Bleibelastung zeigen. Um eine effektive und langfristige Reduktion der Bleibelastung im Schießsport zu bewirken, sollten verschiedene Maßnahmen ergriffen werden, deren Reihenfolge sich am „TOP“-Modell für Arbeitsschutzmaßnahmen orientieren sollte (Tabelle 15).

**Tabelle 15: Stufenmodell der allgemeinen und speziellen Maßnahmen zur Bleireduktion (modifiziert nach [51])**

Stufe	Allgemeine Maßnahmen	Maßnahmen zur Bleireduktion
1	Gefahrenquelle vermeiden/beseitigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umstellen auf schadstoffreduzierte oder bleifreie Munition</li> </ul>
2	Technische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernisierung der Lüftungsanlagen</li> </ul>
3	Organisatorische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthaltsdauer am Schießstand minimieren</li> <li>• Sachgemäße Reinigung des Schießstandes</li> </ul>
4	Persönliche Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tragen von Atemschutzmasken</li> <li>• Verhaltensregeln und Hygienemaßnahmen beachten</li> </ul>

Da die Art des Geschosses laut Gulson et al. den größten Einfluss auf die Bleikonzentration im Blut von Schützen hat, sollte es oberstes Ziel sein, von bleihaltiger Munition auf schadstoffreduzierte oder komplett bleifreie Munition umzustellen [29]. Bereits 1989 und 1991 kamen Valway et al. und Tripathi et al. zu dem Ergebnis, dass das Verwenden von Kupfer-Vollmantelgeschossen anstelle von Bleigeschossen die Bleibelastung in der Atemluft des Schützen um bis zu 97 % reduzieren kann [66, 76]. Neueste Untersuchungen aus dem Jahr 2015 bestätigten, dass die Verwendung von sogenannter „grüner Munition“ zu einer deutlich reduzierten Luftbelastung mit Blei führt [40]. Während ab 1. April 2015 aus Umweltschutzgründen das Jagen mit bleihaltiger Munition in Schleswig-

Holstein verboten ist, ist der Gebrauch von bleireduzierter Munition im Bereich des Sportschießens nicht verpflichtend [27]. In den aktuellen Schießstandrichtlinien wird jedoch Großkaliberschützen nahegelegt, in Rücksprache mit dem Betreiber der Schießanlage auf schadstoffreduzierte bzw. bleifreie Munition umzustellen [10]. Im Vergleich zu herkömmlicher Munition sind schadstoffreduzierte Geschosse einerseits teurer, andererseits weisen sie andere ballistische Eigenschaften auf, was deren Akzeptanz bei Sportschützen erschwert. Obwohl mittlerweile eine Vielfalt an „grüner“ Munition für Klein- und Großkaliber angeboten wird, verwendete in dieser Studie nur ein einziger der Groß- und Kleinkaliberschützen diese bleireduzierte Munition. In der Bleikonzentration dieses Schützen spiegelte sich dies jedoch nicht wider, da er selbst und andere Schützen, die gleichzeitig mit ihm trainierten, weiterhin mit bleihaltiger Munition schossen. Eine ausführliche und flächendeckende Aufklärung der Sportschützen ist unabdinglich, um deren Akzeptanz der bleifreien Munition zu erhöhen und generell eine Sensibilisierung für die Bleithematik zu schaffen [16].

Als nächste Maßnahme sollten die Lüftungsanlagen der Schießstände auf den neuesten Stand der Technik gebracht werden. Die Ansprüche, die an eine raumluftechnische Anlage gestellt werden, erfüllt laut Schießstandrichtlinien aktuell nur eine turbulenzarme Verdrängungslüftung. Deren mittlere Strömungsgeschwindigkeit muss mindestens 0,25 m/s betragen, um effektiv zu arbeiten. Bereits vorhandene Anlagen müssen von einem Sachverständigen überprüft und gegebenenfalls nachgerüstet bzw. umgebaut werden [10]. Dies bedeutet jedoch einen sehr hohen finanziellen Aufwand für die betroffenen Schützenvereine, wodurch die Umsetzung erschwert wird. Solch ein Umbau einer technisch veralteten Anlage kann bis zu 100.000 € kosten, wie Jakob Steiner, der Sprecher der bayrischen Schießstandsachverständigen, 2006 gegenüber der Süddeutschen Zeitung äußerte [44]. Langfristig ist dies jedoch die effektivste Möglichkeit, die Bleibelastung im Schießsport zu reduzieren, falls keine Einführung von bleifreier Munition erfolgt. Die Lüftungsanlage kann jedoch nur zu einer wirkungsvollen Bleireduktion beitragen, wenn die Betriebsanweisungen korrekt befolgt werden. So darf selbstverständlich nur bei laufender Lüftungsanlage geschossen werden. Der dabei entstehende starke Luftstrom lässt die Raumtemperatur absinken, was insbesondere im Winter als unangenehm empfunden wird und dazu führen kann, dass die Lüftungsanlage nicht konsequent einge-

schalten wird. Dabei muss außerdem beachtet werden, dass eine Verdrängungslüftung bereits 30 Minuten vor Schießbeginn gestartet werden muss, um einen ausreichend großen Luftstrom aufbauen zu können [10].

Bis oben genannte Punkte umgesetzt werden, können organisatorische Maßnahmen zu einer verminderten Bleibelastung beitragen. Schützen sollten darauf achten, sich nur eine limitierte Zeit direkt am Schießstand aufzuhalten, um dadurch die Exposition gegenüber Blei zu reduzieren [16]. Dies kann durch mehrere Studien untermauert werden, die - wie auch die vorliegende Studie - einen positiven Zusammenhang zwischen der Trainingszeit und der Bleikonzentration im Blut feststellten [19, 28]. Des Weiteren wird in den aktuellen Schießstandrichtlinien eine regelmäßige, sachkundige und gründliche Reinigung des Schießstandes empfohlen [10]. Eine amerikanische Studie aus dem Jahr 2012 gibt Anhaltspunkte dafür, dass Vorkehrungen, wie die Verwendung von bleifreier Munition und eine Modernisierung von Lüftungsanlagen, nur in Verbindung mit regelmäßigen Reinigungsmaßnahmen zu einer effektiven Minimierung der Bleibelastung führen [61]. Der Boden sollte nass gewischt oder mit einem speziell dafür geeigneten Staubsauger gereinigt werden [10]. Es sollte vermieden werden den Boden trocken zu kehren, da dadurch bleihaltiger Staub aufgewirbelt wird und es zu einer inhalativen Bleiaufnahme kommen kann. Deshalb wird geraten, bei derartigen Tätigkeiten eine Atemschutzmaske zu tragen [16]. Die Häufigkeit und das Ausmaß der Reinigungsmaßnahmen hängen von der Nutzung der Anlage ab. Wird der Schießstand beispielsweise sehr stark frequentiert, ist ein Reinigen nach jedem Schießen notwendig. Eine umfangreichere Generalreinigung und -wartung der Raumschießanlage sollte alle sechs Monate und vor Einführung von bleifreier Munition erfolgen, um Residuen von bleihaltiger Munition zu entfernen [10, 61].

Bis schadstoffreduzierte bzw. bleifreie Munition im Sportschießen eingeführt ist und die Lüftungsanlagen der betroffenen Schießstände technisch auf dem neuesten Stand sind, können als vierte und letzte Stufe persönliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Dazu zählt das Tragen von Atemschutzmasken, wie es bereits 1989 von Valway et al. vorgeschlagen wurde [76]. Wie oben erwähnt, gilt bisher nur die Empfehlung, diese Art von Masken zum Reinigen des Schießstandes zu tragen [16]. Mühle et al. kamen zu dem Ergebnis, dass

Atemschutzmasken (Typ FFP2) eine inhalative Bleiaufnahme deutlich reduzieren können und somit einen effektiven Schutz bieten [50]. In ihren Expositionsversuchen an einem aktiven Sportschützen erhöhte sich dessen Bleikonzentration im Blut innerhalb von 48 Stunden nach dem Schießen ohne Filtermaske um 66 µg/l und nach dem Schießen mit Atemschutzmaske nur um 3,9 µg/l. Probanden, die sich mit im Schießstand befanden und somit ebenfalls gegenüber Blei in der Atemluft exponiert waren, nahmen durch das Tragen von Atemschutzmasken gar kein Blei auf. Wie es bei der Einführung des Gehörschutzes auch der Fall war, wird das Tragen von Atemschutzmasken zu Beginn von vielen Schützen sehr wahrscheinlich schwer akzeptiert werden und auf Widerstand stoßen. Diese Maßnahme sollte bestenfalls als vorübergehende Lösung dienen, die jedoch kostengünstig ist und einfach und schnell umgesetzt werden kann.

Unabhängig von bisher genannten Maßnahmen sind einfache Verhaltensregeln und Hygienemaßnahmen von den Schützen stets einzuhalten, um so deren Bleibelastung mit einfachen Mitteln zusätzlich zu reduzieren [52]. Nach jedem Training sollten, insbesondere vor dem Essen, Trinken und Rauchen, die Hände, Unterarme und das Gesicht gründlich mit Wasser und Seife gewaschen werden [16]. Da die Hautoberfläche mit Blei kontaminiert sein kann, besteht durch einen Hand-Mund-Kontakt die Gefahr einer zusätzlichen enteralen Bleiaufnahme, wie es bereits für Arbeiter mit beruflicher Bleiexposition nachgewiesen wurde [57]. Es wird empfohlen, Kleidung und Schuhe, die während des Schießens getragen wurden, vor Verlassen der Schießanlage zu wechseln und separat zu waschen. Andernfalls könnten durch das Verschleppen von Blei über die Kleidung beispielsweise Familienmitglieder unbemerkt gegenüber Blei exponiert werden [16].



## **7. Zusammenfassung**

Internationale Studien zeigten, dass das Schießen auf geschlossenen Schießständen zu einer erhöhten Bleikonzentration im Blut von Schützen führt. Auf Grund der gesundheitsschädigenden Wirkung von Blei, die bereits im Niedrig-Dosis-Bereich auftreten kann, sollte die innere Bleibelastung insbesondere von Kindern und Jugendlichen so niedrig wie möglich gehalten werden. Ziel der durchgeführten Untersuchungen war zum einen, mittels einer Fall-Kontroll-Studie den Einfluss von Schießen mit Luftdruckwaffen auf die Bleikonzentration im Blut von Jugendlichen zwischen 12 und 16 Jahren zu eruieren. Zum anderen sollte stichprobenartig die aktuelle innere Bleibelastung von erwachsenen Klein- und Großkaliberschützen erfasst werden.

55 erwachsene Sportschützen, 54 jugendliche Sportschützen und 48 Jugendliche ohne bekannte Bleiexposition, die aus dem gleichen geographischen Umfeld stammten und als Kontrollgruppe dienten, nahmen an dieser Studie teil. Nach Ausfüllen eines Fragebogens, in welchem Schießgewohnheiten erfragt wurden, erfolgte bei allen Studienteilnehmern eine Blutentnahme.

Die Ergebnisauswertung der Jugendlichen zeigte, dass ein knapp signifikanter Unterschied zwischen den Bleikonzentrationen der Schützen (MW: 32,4 µg/l, Range: 10,9 bis 71,0 µg/l) und der Kontrollen (MW: 25,4 µg/l, Range: 6,5 bis 55 µg/l) bestand ( $p=0,048$ ). Sowohl die Schützen als auch die Kontrollen wiesen im Vergleich zu nationalen und internationalen Vergleichswerten höhere Bleispiegel im Blut auf.

Bei den erwachsenen Sportschützen wurden ebenfalls deutlich erhöhte Bleikonzentrationen im Blut gemessen (MW: 200 µg/l; Range: 46 bis 555 µg/l). Die Schützen, die sowohl mit Groß- als auch Kleinkaliber schossen, wiesen mit 216 µg/l (Range: 46 bis 555 µg/l) die höchsten Bleispiegel im Blut auf. Es bestanden signifikante Korrelationen zwischen der Bleikonzentration im Blut und folgenden Parametern: Anzahl abgegebener Schüsse pro Training ( $p=0,02$ ;  $r=0,31$ ) und pro Monat ( $p<0,000$ ;  $r=0,57$ ) und Gesamttrainingsdauer pro Monat ( $p=0,001$ ;  $r=0,44$ ).

Als Reaktion auf die vergleichsweise hohen Bleikonzentrationen der Kontrollen sollten Untersuchungen an nicht bleiexponierten Jugendlichen erfolgen, um aktuelle Referenzwerte zu erhalten. Weiterhin ist es dringend indiziert, die innere Bleibelastung insbesondere von Klein- und Großkaliberschützen stark zu minimieren, um eine gesundheitliche Gefährdung durch Blei zu vermeiden. Dies kann am effektivsten durch das konsequente Verwenden von bleifreier Munition oder durch eine Modernisierung veralteter Lüftungsanlagen erfolgen.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Public Health Statement for Lead*, 2007, <http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=92&tid=22> aufgerufen am 24.06.13
- [2] Becker K., Müssig-Zufika M., Conrad A., Lüdecke A., et al., *Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 - KUS - Human-Biomonitoring: Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland*, ed. Umweltbundesamt, 2007, Berlin, WaBoLu-Heft 01/07
- [3] BfR Bundesinstitut für Risikobewertung, *Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel - Ergebnisse des Forschungsprojektes LExUKon*, (Hrsg.), 2010, Berlin, S. 1-60
- [4] BMJV Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Benzinbleigesetz*, 1971, <http://www.gesetze-im-internet.de/bzblg/BJNR012340971.html> aufgerufen am 28.06.13
- [5] BMJV Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001*, 2001, [http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv\\_2001/BJNR095910001.html](http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2001/BJNR095910001.html) aufgerufen 03.02.15
- [6] BMJV Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) 2010*, [http://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv\\_2010/BJNR164400010.html](http://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/BJNR164400010.html) aufgerufen am 04.03.15
- [7] BMJV Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, *Waffengesetz (WaffG)*, 2002, [http://www.gesetze-im-internet.de/waffg\\_2002/BJNR397010002.html](http://www.gesetze-im-internet.de/waffg_2002/BJNR397010002.html) aufgerufen am 02.03.15
- [8] Braun J., Kahn R., Froehlich T., Auinger P., et al., *Exposures to environmental toxicants and attention deficit hyperactivity disorder in US children*. Environmental Health Perspectives, 2006, 114(12), S. 1904-1909
- [9] BSSB Bayerischer Sportschützenbund e.V., *Der Bayerische Sportschützenbund e. V.*, (Hrsg.), 2012, Garching, S. 1-12
- [10] Bundesministerium des Innern, *Bekanntmachung der Richtlinien für die Errichtung, die Abnahme und das Betreiben von Schießständen (Schießstandrichtlinien)*, BMJV Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Editor (Hrsg.), 2012

- [11] Canfield R.L., Henderson Jr C.R., Cory-Slechta D.A., Cox C., et al., *Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter*. New England Journal of Medicine, 2003, 348(16), S. 1517-1526
- [12] CDC Centers for Disease Control and Prevention, *Adult blood lead epidemiology and surveillance - United States, 2008-2009*. MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report, 2011, 60(25), S. 841-845
- [13] CDC Centers for Disease Control and Prevention, *Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals*, (Hrsg.), 2013, Atlanta
- [14] CDC Centers for Disease Control and Prevention, *Lead exposure from indoor firing ranges among students on shooting teams - Alaska, 2002-2004*. MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report, 2005, 54(23), S. 577-579
- [15] CDC Centers for Disease Control and Prevention, *Managing Elevated Blood Lead Levels Among Young Children: Recommendations from the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention*, (Hrsg.), 2002, CDC Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta
- [16] CDC Centers for Disease Control and Prevention, *NIOSH Alert: Preventing Occupational Exposure to Lead and Noise at Indoor Firing Ranges*, CDC, C.f.D.C.a.P., Editor (Hrsg.), 2009, NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, USA
- [17] Commission E., *Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for lead and its inorganic compound - SCOEL/SUM/83*, (Hrsg.), 2002
- [18] Demmeler M., *Schießsport und innere Bleibelastung*, in *Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin*(Hrsg.), 2009, Ludwig-Maximilians-Universität München
- [19] Demmeler M., Nowak D. und Schierl R., *High blood lead levels in recreational indoor-shooters*. Int Arch Occup Environ Health, 2009, 82(4), S. 539-542
- [20] DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, *MAK- und BAT-Werte-Liste 2012*, in *MAK- und BAT-Werte-Liste 2012*, 2012, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, S. 1-228
- [21] DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, *IFA Report 2/2014: Gefahrstoffliste 2014 für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz*, (Hrsg.), 2014
- [22] Dott W., Merk H., Neuser J. und Osieka R., *Lehrbuch der Umweltmedizin - Grundlagen, Untersuchungsmethoden, Krankheitsbilder, Prävention* 2002, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH

- [23] DSB Deutscher Schützenbund e.V., *Disziplinen: Gewehr*, 2015, <http://www.dsb.de/sport/disziplinen/gewehr/> aufgerufen am 23.03.15
- [24] DSB Deutscher Schützenbund e.V., *Mitgliederstand der Landesverbände des Deutschen Schützenbundes per 31.12.2014*, 2014, [http://www.dsb.de/media/PDF/Mitglieder/2014/Mitgliederstand\\_per\\_31.12.2014.pdf](http://www.dsb.de/media/PDF/Mitglieder/2014/Mitgliederstand_per_31.12.2014.pdf) aufgerufen am 23.03.15
- [25] DSB Deutscher Schützenbund e.V., *Mitgliedsvereine der Landesverbände im Deutschen Schützenbund*, 2014, [http://www.dsb.de/media/PDF/Mitglieder/2014/Mitgliedsvereine\\_per\\_31.12.2014.pdf](http://www.dsb.de/media/PDF/Mitglieder/2014/Mitgliedsvereine_per_31.12.2014.pdf) aufgerufen am 23.03.15
- [26] EFSA European Food Safety Authority, *Scientific Opinion on Lead in Food*. EFSA Journal, 2010, 8(4), S. 1-147
- [27] Gehm E., *Verbot von Bleimunition: Jäger in SH müssen bleifrei schießen*, Flensburger Tageblatt, 2015, sh:z Schleswig-Holsteinischer Zeitungsverlag GmbH & Co. KG, Flensburg, 09.02.15
- [28] Grandahl K., Suadicani P. und Jacobsen P., *Individual and environmental risk factors for high blood lead concentrations in Danish indoor shooters*. Dan Med J, 2012, 59(8), S. 1-5
- [29] Gulson B.L., Palmer J.M. und Bryce A., *Changes in blood lead of a recreational shooter*. Science of the total environment, 2002, 293(1), S. 143-150
- [30] Health C.o.E., *Lead Exposure in Children: Prevention, Detection, and Management*. Pediatrics, 2005, 116(4), S. 1036-1046
- [31] Herold G., *Innere Medizin*, 2011, Köln, Gerd Herold
- [32] Hoppe A., *Das interaktive Periodensystem der Elemente: Blei*, 2015, <http://www.periodensystem.info/elemente/blei/> aufgerufen am 18.03.15
- [33] Hu H., Téllez-Rojo M.M., Bellinger D., Smith D., et al., *Fetal lead exposure at each stage of pregnancy as a predictor of infant mental development*. Environmental Health Perspectives, 2006, 114(11), S. 1730-1735
- [34] IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, *GESTIS-Stoffdatenbank*, 2013, [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis\\_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0) aufgerufen am 21.06.13
- [35] Jusko T.A., Henderson C.R., Lanphear B.P., Cory-Slechta D.A., et al., *Blood Lead Concentrations <10 µg/dL and Child Intelligence at 6 Years of Age*. Environmental Health Perspectives, 2008, 116(2), S. 243-248

- [36] Kommission E., *Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz - Wissenschaftlicher Ausschuss für Grenzwerte berufsbedingter Exposition (SCOEL)*, 2015, <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&intPagelId=684&langId=de> aufgerufen am 18.03.15
- [37] Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes, *Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte in der Umweltmedizin*. Bundesgesundheitsblatt, 1996, 39(6), S. 221-224
- [38] Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes, *Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte*. Umweltmedizinischer Informationsdienst, 2000, 1, S. 9-12
- [39] Kosnett M.J., Wedeen R.P., Rothenberg S.J., Hipkins K.L., et al., *Recommendations for medical management of adult lead exposure*. Environmental Health Perspectives, 2007, 115(3), S. 463-471
- [40] Lach K., Steer B., Gorbunov B., Micka V., et al., *Evaluation of exposure to airborne heavy metals at gun shooting ranges*. Ann Occup Hyg, 2015, 59(3), S. 307-323
- [41] Lanphear B.P., Hornung R., Khoury J., Yolton K., et al., *Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis*. Environmental Health Perspectives, 2005, 113(7), S. 894-899
- [42] Liu J., Li L., Wang Y., Yan C., et al., *Impact of low blood lead concentrations on IQ and school performance in Chinese children*. PLoS One, 2013, 8(5)
- [43] Loefstedt H., Selden A., Storeus L. und Bodin L., *Blood lead in Swedish police officers*. American journal of industrial medicine, 1999, 35(5), S. 519-522
- [44] Lohr B., *Behörden erlassen strenge Auflagen - Luft in Schützenheimen zu bleihaltig*, Süddeutsche Zeitung, 47, 2006, München, 26.02.06
- [45] Lustberg M. und Silbergeld E., *Blood lead levels and mortality*. Archives of International Medicine, 2002, 162(21), S. 2443-2449
- [46] Menke A., Muntner P., Batuman V., Silbergeld E.K., et al., *Blood lead below 0.48 micromol/L (10 microg/dL) and mortality among US adults*. Circulation, 2006, 114(13), S. 1388-1394
- [47] Mersch-Sundermann V., *Umweltmedizin: Grundlagen der Umweltmedizin - klinische Umweltmedizin - ökologische Medizin* 1999, Stuttgart, Thieme

- [48] Morrow L., Needleman H.L., McFarland C., Metheny K., et al., *Past occupational exposure to lead: association between current blood lead and bone lead*. Archives of Environmental and Occupational Health, 2007, 62(4), S. 183-186
- [49] Mühle P., *Untersuchung der Bleiaufnahme bei kurzzeitigen Aufenthalten in Schießständen*, in *Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin*(Hrsg.), 2010, Ludwig-Maximilians-Universität München
- [50] Mühle P., Schierl R. und Nowak D., *Erhöhte Bleiaufnahme in geschlossenen Schießständen*. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 2010, 70(11), S. 464-468
- [51] Nowak D., *Arbeitsmedizin*, 2. ed, 2010, München, Elsevier, Urban & Fischer
- [52] Ochsmann E., Göen T., Schaller K.-H. und Drexler H., *Lead – Still a health threat for marksmen*. International journal of hygiene and environmental health, 2009, 212(5), S. 557-561
- [53] Patrick L., *Lead toxicity, a review of the literature. Part 1: Exposure, evaluation, and treatment*. Alternative Medicine Review, 2006, 11(1), S. 2-22
- [54] Popp W., *Diagnoselexikon Arbeits- und Umweltmedizin - Krankheitsursachen in Umwelt und Arbeitswelt*, 1998, Stuttgart, New York, Thieme
- [55] Reichl F.-X., *Moderne Umweltmedizin: Umweltbelastungen - Diagnostik - Therapie*, 2011, Berlin, Lehmanns Media
- [56] Rentschler G., Broberg K., Lundh T. und Skerfving S., *Long-term lead elimination from plasma and whole blood after poisoning*. Int Arch Occup Environ Health, 2012, 85(3), S. 311-316
- [57] Rodrigues E.G., Virji M.A., McClean M.D., Weinberg J., et al., *Personal exposure, behavior, and work site conditions as determinants of blood lead among bridge painters*. J Occup Environ Hyg, 2009, 7(2), S. 80-87
- [58] Sakai T., *Biomarkers of lead exposure*. Industrial health, 2000, 38(2), S. 127-142
- [59] Schober S.E., Mirel L.B., Graubard B.I., Brody D.J., et al., *Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer: results from the NHANES III mortality study*. Environmental Health Perspectives, 2006, 114(10), S. 1538-1541
- [60] Schwartz J., *Lead, blood pressure, and cardiovascular disease in men*. Environmental Health Perspectives, 1995, 50(1), S. 71-75

- [61] Scott E.E., Pavelchak N. und DePersis R., *Impact of housekeeping on lead exposure in indoor law enforcement shooting ranges*. J Occup Environ Hyg, 2012, 9(3), S. 45-51
- [62] Seidel H.J., *Praxis der Umweltmedizin: Grundlagen, Fakten und Informationen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Umwelt und menschlicher Gesundheit* 1998, Stuttgart, New York, Thieme
- [63] Selevan S.G., Rice D.C., Hogan K.A., Euling S.Y., et al., *Blood lead concentration and delayed puberty in girls*. New England Journal of Medicine, 2003, 348(16), S. 1527-1536
- [64] Skerfving S. und Bergdahl I.A., *Lead*, in *Handbook on the Toxicology of Metals*, Nordberg, G.F., Fowler B.A. and Nordberg M. (Hrsg.), 2015, Academic Press, S. 911–967
- [65] Strömberg U., Lundh T. und Skerfving S., *Yearly measurements of blood lead in Swedish children since 1978: the declining trend continues in the petrol-lead-free period 1995–2007*. Environmental research, 2008, 107(3), S. 332-335
- [66] Tripathi R.K., Sherertz P.C., Llewellyn G.C. und Armstrong C.W., *Lead exposure in outdoor firearm instructors*. Am J Public Health, 1991, 81(6), S. 753-755
- [67] UBA Umweltbundesamt, 2. Addendum zur „Stoffmonographie Blei–Referenz- und „Human-Biomonitoring“-Werte der Kommission „Human-Biomonitoring“. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 2009, 52(1), S. 983-986
- [68] UBA Umweltbundesamt, *Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium und Quecksilber im Blut und im Urin von Erwachsenen*. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung -Gesundheitsschutz, 2003, 46(1), S. 1112-1113
- [69] UBA Umweltbundesamt, *Benzinbleigesetz: Hat sich die Belastung von Mensch und Umwelt mit Blei verringert?*, 2015, [http://www.umweltprobenbank.de/de/documents/selected\\_results/12198](http://www.umweltprobenbank.de/de/documents/selected_results/12198) aufgerufen am 11.03.15
- [70] UBA Umweltbundesamt, *Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland*, Umweltbundesamt, Editor (Hrsg.), 2015, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, S. 93
- [71] UBA Umweltbundesamt, *Gesundheit und Umwelthygiene: Kommission Human-Biomonitoring*, 2012, <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/monitor/> aufgerufen am 25.06.13



- [72] UBA Umweltbundesamt, *Luftschadstoffe im Überblick: Blei*, 2013, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/blei> aufgerufen am 13.03.15
- [73] UBA Umweltbundesamt, *Neue und aktualisierte Referenzwerte für Antimon, Arsen und Metalle (Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Thallium und Uran) im Urin und im Blut von Kindern in Deutschland*. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 2009, 59(1), S. 977-982
- [74] UBA Umweltbundesamt, *Trinkwasser wird bleifrei*, in *Umweltbundesamt, Umweltbundesamt, Editor (Hrsg.)*, 2013, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, S. 1-3
- [75] UBA Umweltbundesamt, *Umweltprobenbank des Bundes: Datenrecherche zur chemischen Belastung mit Blei*, 2015, [http://www.umweltprobenbank.de/de/documents/investigations/results/analytes?analytes=10005&sampling\\_areas=10104](http://www.umweltprobenbank.de/de/documents/investigations/results/analytes?analytes=10005&sampling_areas=10104) aufgerufen am 13.03.15
- [76] Valway S.E., Martyny J.W., Miller J.R., Cook M., et al., *Lead Absorption in Indoor Firing Range Users*. Am J Public Health, 1989, 79(8), S. 1029-1032
- [77] WHO World Health Organization, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Inorganic and Organic Lead Compounds*, (Hrsg.), 2006, Lyon, France, S. 1-529
- [78] Williams P.L., Sergeev O., Lee M.M., Korrick S.A., et al., *Blood lead levels and delayed onset of puberty in a longitudinal study of Russian boys*. Pediatrics, 2010, 125(5), S. 1088-1096
- [79] Woolf A., Goldman R. und Bellinger D., *Update on the clinical management of childhood lead poisoning*. Pediatric Clinics of North America, 2007, 54(2), S. 271-294
- [80] Wu T., Buck G. und Mendola P., *Blood lead levels and sexual maturation in US girls: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994*. Environmental Health Perspectives, 2003, 111(5), S. 737-741

## **9. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Bleiaufnahme durch Nahrungsmittel, Trinkwasser und Luft (modifiziert nach [47, 62]) .....	5
Tabelle 2: Empfehlungen zur Behandlung erhöhter Bleiwerte bei Kindern (modifiziert nach [15, 79]) .....	16
Tabelle 3: Referenzwerte für Blei im Vollblut von Kindern und Erwachsenen ..	17
Tabelle 4: Definition der HBM-Werte und ihre umweltmedizinische Bedeutung (modifiziert nach [37]) .....	19
Tabelle 5: HBM-Werte für Blei (seit 2009 ausgesetzt) .....	19
Tabelle 6: Zusammensetzung des Studienkollektivs der Jugendlichen .....	23
Tabelle 7: Zusammensetzung des Studienkollektivs der Erwachsenen .....	24
Tabelle 8: Bleikonzentration im Blut von Kontrollen und Schützen .....	33
Tabelle 9: Schießgewohnheiten der jugendlichen Sportschützen .....	38
Tabelle 10: Bleiwerte der Schützen unterschiedlicher Disziplinen .....	42
Tabelle 11: Beziehung der Sportschützen zu Referenz- und HBM-Werten .....	43
Tabelle 12: Schießgewohnheiten der erwachsenen Sportschützen .....	45
Tabelle 13: Übersicht zu Studien über Bleibelastung von Kindern und Jugendlichen .....	50
Tabelle 14: Übersicht zu Studien über Bleibelastung von Schützen .....	53
Tabelle 15: Stufenmodell der allgemeinen und speziellen Maßnahmen zur Bleireduktion (modifiziert nach [51]) .....	56

## **10. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Log-lineares Modell des Einflusses der Bleiwerte im Blut auf den Intelligenzquotienten von Kindern (modifiziert nach [41]) .....	3
Abbildung 2: Bleikonzentration im Blut eines Studentenkollektivs aus Münster seit 1985 (modifiziert nach [75]) .....	7
Abbildung 3: Karte der teilnehmenden Vereine in Schwaben und Oberbayern	23
Abbildung 4: Mittlere Bleikonzentration im Blut von Kontrollen und Schützen..	34
Abbildung 5: Altersabhängiger Gruppenvergleich der Bleiwerte im Blut .....	35
Abbildung 6: Geschlechtsverteilung der mittleren Bleikonzentrationen .....	36
Abbildung 7: Mittlere Bleiwerte pro Verein mit $\leq 2$ (1) bzw. $\geq 3$ Probanden (2-11) .....	40
Abbildung 8: Monatliche Schussanzahl pro Verein mit $\leq 2$ (1) bzw. $\geq 3$ Probanden (2-12) .....	41
Abbildung 9: Bleiwerte im Blut von Schützen unterschiedlicher Disziplinen.....	44
Abbildung 10: Korrelation zwischen Bleiwerten und monatlicher Schussanzahl .....	46

## 11. Anhang

### Anhang A: Aufklärung und Einverständniserklärung für jugendliche Sportschützen

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, August 2012

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von jugendlichen Sportschützen

### Informationsschrift und Einverständniserklärung

#### 1. Worum geht es?

Blei ist ein Metall, das in hoher Konzentration schlecht für die Gesundheit ist und in den letzten Jahren zum Glück immer weniger die Umwelt belastet. Trotzdem gibt es immer wieder einzelne Personen, die durch ihren Beruf oder durch Freizeitaktivitäten, wie zum Beispiel Schießen mit bleihaltiger Munition, erhöhte Bleiwerte haben können. Vom Umweltbundesamt wurde deshalb ein Grenzwert festgelegt, der bisher für Kinder bei 100 Mikrogramm Blei pro Liter Blut lag.

Neue Studien haben jedoch herausgefunden, dass es auch schon bei geringeren Werten zu gesundheitlichen Problemen, wie z.B. Konzentrationsstörungen kommen kann. Umso wichtiger ist es deshalb den Bleiwert im Blut von Kindern und Jugendlichen möglichst klein zu halten. In unserer Studie wollen wir nun nachschauen, ob Jugendliche (12 – 16 Jahre) beim Sportschießen mit Luftdruckwaffen höhere Bleiwerte im Blut haben, als diejenigen, die nicht mit dem Luftgewehr schießen.

#### 2. Was kommt auf dich zu?

Frau Grabmann oder ein Arzt unserer Klinik werden dir mit Hilfe einer extradünnen Nadel - speziell für Kinder - ganz wenig Blut (etwa 1 Milliliter) aus einer Armvene in der Ellenbeuge entnehmen. Damit es für dich einfacher ist, nehmen wir das Blut direkt nach dem Training ab. Das Blut wird nur auf Blei untersucht und danach ordnungsgemäß entsorgt. Außerdem sollst du (mit Hilfe deiner Eltern) vorher einen kleinen Fragebogen ausfüllen.

#### 3. Was hast du davon?

Du bekommst innerhalb von ca. 3 Wochen nach Blutentnahme einen Brief mit deinem Ergebnis und – nur falls nötig - eine Empfehlung zu deinem Hausarzt zu gehen. Wenn dein Blutbleiwert im normalen Bereich liegt, weißt du sicher, dass du dir wegen Blei keine Sorgen machen musst und weiterhin ohne Gefahr für deine Gesundheit Luftgewehr schießen kannst.

Selbstverständlich ist die Blutuntersuchung kostenlos. Als kleine Belohnung schenken wir dir ein tolles T-Shirt von unserer Ludwig-Maximilians-Universität. Falls du Fragen hast, kannst du dich jederzeit beim Leiter der Studie, Herrn Dr. Rudolf Schierl, (Tel. 089/5160-2463, Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de), oder Frau Alexandra Grabmann, der Medizinstudentin (alexandra.grabmann@gmx.de), melden.

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

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

## Untersuchung auf mögliche Bleibelastung im Blut von jugendlichen Sportschützen

### **4. Studienteilnahme:**

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Du kannst jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne jegliche Nachteile deine Einwilligung zurückziehen.

### **5. Datenschutz:**

Bei dieser Studie gilt die ärztliche Schweigepflicht und die Vorschriften für den Datenschutz werden eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde von dir erhoben, gespeichert und nur verschlüsselt (pseudonymisiert) weitergegeben, d.h. weder Name noch Initialen oder dein genaues Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode.

Falls du deine Einwilligung zurücknimmst, werden die verschlüsselt gespeicherten Daten und Fragebögen in anonymer Form weiter verwendet.

Den Zugang zu den Originaldaten, den Fragebögen und zum Verschlüsselungscode haben nur Dr. Rudolf Schierl (Studienleiter) und Alexandra Grabmann (Doktorandin). Die Unterlagen (z.B. Fragebögen) werden nur für die Studiendauer verschlossen im Institut aufbewahrt und danach vernichtet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es deine eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung der Studie kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Falls die Studienergebnisse veröffentlicht werden, werden deine persönlichen Daten immer vertraulich und verschlüsselt behandelt.

### **Einverständniserklärung**

(Deine Eltern müssen auf einem anderen Dokument vorher ihr Einverständnis geben!)

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

*Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Untersuchungsdaten einverstanden.*

....., den .....

Ort

Datum

.....  
Deine Unterschrift

## Anhang B: Aufklärung und Einverständniserklärung für Erziehungsrechtige der jugendlichen Sportschützen

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, August 2012

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von jugendlichen Sportschützen

### Informationsschrift und Einverständniserklärung

#### 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: Bisher lag dieser Grenzwert der Erwachsenen bei 150 µg/l bzw. der Kindern bei 100 µg/l, d.h. bei niedrigeren Werten waren keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten. Aktuelle Studien vermuten jedoch, dass bereits relativ geringe Bleikonzentrationen bei Kindern zu gesundheitlichen Problemen und Entwicklungsstörungen (vor allem des Gehirns) führen können.

Sportschützen können durch das Benutzen von bleihaltiger Munition erhöhte Werte aufweisen, was in neuesten Untersuchungen festgestellt wurde. Da Kinder und Jugendliche mit möglichst wenig Blei belastet sein sollten, möchten wir überprüfen, ob dies beim Sportschießen mit Luftdruckwaffen gewährleistet ist. Diese Werte werden mit denen von unbelasteten Minderjährigen verglichen (Kontrollgruppe).

#### 2. Was kommt auf Ihr Kind zu?

Frau Grabmann oder ein Arzt unserer Klinik werden mit Hilfe einer extradünnen Nadel für Kinder etwa 1 ml Blut aus einer Armvene entnehmen. Um es für Ihr Kind möglichst einfach zu machen, erfolgt die Blutabnahme direkt in der Schießstätte im Anschluss an ein Training. Das Blut wird ausschließlich auf Blei untersucht und danach ordnungsgemäß entsorgt. Andere Blutwerte werden nicht erhoben. Außerdem möchten wir Sie bitten, dass Ihr Kind (mit Ihrer Hilfe) vorher einen kleinen Fragebogen ausfüllt.

#### 3. Was hat Ihr Kind davon?

Sie erhalten innerhalb von ca. 3 Wochen nach Blutentnahme eine schriftliche Mitteilung über das Ergebnis und (falls nötig) eine Empfehlung Ihren Hausarzt zu konsultieren. Wenn der Blutbleiwert Ihres Kindes im normalen Bereich liegt, haben Sie die Gewissheit, dass die Gesundheit Ihres Kindes nicht durch Blei beeinträchtigt ist und es den Schießsport ohne gesundheitliche Gefährdungen durch Blei weiterbetreiben kann.

Selbstverständlich sind die Analysen für Sie kostenlos. Als kleine Belohnung schenken wir Ihrem Kind ein T-Shirt der Ludwig-Maximilians-Universität München. Fragen können Sie jederzeit an Herrn Dr. Rudolf Schierl, den Leiter der Studie (Tel. 089/5160-2463, Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de), oder Frau Alexandra Grabmann (alexandra.grabmann@gmx.de) richten.

## 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	Studienleiter	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 von jugendlichen Sportschützen

### **4. Studienteilnahme:**

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Sie oder Ihr Kind können immer ohne Angaben von Gründen und ohne Nachteile die Einwilligung zurückziehen.

### **5. Datenschutz:**

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Ihr Kind erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert) weitergegeben, d.h. weder Name noch Initialen oder das exakte Geburtsdatum Ihres Kindes erscheinen im Verschlüsselungscode.

Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten und Fragebögen in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.

Der Zugang zu den Originaldaten, den Fragebögen und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Dr. Rudolf Schierl (Studienleiter) und Alexandra Grabmann (Doktorandin). Die Unterlagen (z.B. Fragebögen) werden nur für die Studiendauer verschlossen im Institut aufbewahrt und danach vernichtet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

## **Einverständniserklärung**

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

*Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.*

....., den .....

Ort

Datum

.....  
Unterschrift Erziehungsberechtigter

.....  
Unterschrift Erziehungsberechtigter

## Anhang C: Aufklärung und Einverständniserklärung für Jugendliche der Kontrollgruppe

### 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, August 2012

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von Jugendlichen

### Informationsschrift und Einverständniserklärung

#### 1. Worum geht es?

Blei ist ein Metall, das in hoher Konzentration schlecht für die Gesundheit ist und in den letzten Jahren zum Glück immer weniger die Umwelt belastet. Trotzdem gibt es immer wieder einzelne Personen, die durch ihren Beruf oder durch Freizeitaktivitäten erhöhte Bleiwerte haben. Vom Umweltbundesamt wurde deshalb ein Grenzwert festgelegt, der bisher für Kinder bei 100 Mikrogramm Blei pro Liter Blut lag. Neue Studien haben jedoch herausgefunden, dass es auch schon bei geringeren Werten zu gesundheitlichen Problemen, wie z.B. Konzentrationsstörungen kommen kann. Umso wichtiger ist es deshalb den Bleiwert im Blut von Kindern und Jugendlichen möglichst klein zu halten. Wir wollen jetzt herausfinden wie hoch die Bleibelastung bei Jugendlichen (12 – 16 Jahren) in Bayern ist

#### 2. Was kommt auf Dich zu?

Frau Grabmann oder ein Arzt unserer Klinik werden dir mit Hilfe einer extradünnen Nadel - speziell für Kinder - ganz wenig Blut (etwa 1 Milliliter) aus einer Armvene in der Ellenbeuge entnehmen. Damit es für dich einfacher ist, nehmen wir das Blut direkt nach dem Training ab. Das Blut wird nur auf Blei untersucht und danach ordnungsgemäß entsorgt. Außerdem sollst du (mit Hilfe deiner Eltern) vorher einen kleinen Fragebogen ausfüllen.

#### 3. Was hast du davon?

Du bekommst innerhalb von ca. 3 Wochen nach Blutentnahme einen Brief mit deinem Ergebnis und - nur falls nötig - eine Empfehlung zu deinem Hausarzt zu gehen. Wenn dein Blutbleiwert im normalen Bereich liegt, weißt du sicher, dass du dir wegen Blei keine Sorgen machen musst.

Selbstverständlich ist die Blutuntersuchung kostenlos. Als kleine Belohnung schenken wir dir ein tolles T-Shirt von unserer Ludwig-Maximilians-Universität.

Falls du Fragen hast, kannst du dich jederzeit beim Leiter der Studie, Herrn Dr. Rudolf Schierl, (Tel. 089/5160-2463, Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de), oder Frau Alexandra Grabmann, der Medizinstudentin (alexandra.grabmann@gmx.de) melden.

#### 4. Studienteilnahme:

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Du kannst jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne Nachteile deine Einwilligung zurückziehen.



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

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

### Untersuchung auf mögliche Bleibelastung im Blut von Jugendlichen

#### **5. Datenschutz:**

Bei dieser Studie gilt die ärztliche Schweigepflicht und die Vorschriften für den Datenschutz werden eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde von dir erhoben, gespeichert und nur verschlüsselt (pseudonymisiert) weitergegeben, d.h. weder Name noch Initialen oder dein genaues Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode.

Falls du deine Einwilligung zurücknimmst, werden die verschlüsselt gespeicherten Daten und Fragebögen in anonymer Form weiter verwendet.

Den Zugang zu den Originaldaten, den Fragebögen und zum Verschlüsselungscode haben nur Dr. Rudolf Schierl (Studienleiter) und Alexandra Grabmann (Doktorandin). Die Unterlagen (z.B. Fragebögen) werden nur für die Studiendauer verschlossen im Institut aufbewahrt und danach vernichtet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es deine eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung der Studie kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Falls die Studienergebnisse veröffentlicht werden, werden deine persönlichen Daten immer vertraulich und verschlüsselt behandelt.

#### **Einverständniserklärung**

(Deine Eltern müssen auf einem anderen Dokument auch ihre Einverständnis geben!)

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

*Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Untersuchungsdaten einverstanden.*

....., den .....

Ort Datum

.....  
Deine Unterschrift

## Anhang D: Aufklärung und Einverständniserklärung für Erziehungsberechtigte der Kontrollgruppe

Klinikum der Universität München

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

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

Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

München, August 2012

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von Jugendlichen

### Informationsschrift und Einverständniserklärung

#### 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: Bisher lag dieser Grenzwert der Erwachsenen bei 150 µg/l bzw. der Kinder unter 100 µg/l, d.h. bei niedrigeren Werten waren keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten.

Aktuelle Studien vermuten jedoch, dass bereits relativ geringe Bleikonzentrationen bei Kindern zu gesundheitlichen Problemen und Entwicklungsstörungen (vor allem des Gehirns) führen können. Umso wichtiger ist es deshalb den Bleiwert im Blut von Kindern und Jugendlichen möglichst gering zu halten. Mit dieser Studie wollen wir jetzt herausfinden wie hoch die Bleibelastung bei Jugendlichen (12 – 16 Jahren) in Bayern ist.

#### 2. Was kommt auf Ihr Kind zu?

Frau Grabmann oder ein Arzt unserer Klinik werden mit Hilfe einer extradünnen Nadel für Kinder etwa 1 ml Blut aus einer Armvene entnehmen. Um es für Ihr Kind möglichst einfach zu machen, erfolgt die Blutabnahme z.B. direkt im Anschluss an ein Training. Das Blut wird ausschließlich auf Blei untersucht und danach ordnungsgemäß entsorgt. Andere Blutwerte werden nicht erhoben. Außerdem möchten wir Sie bitten, dass Ihr Kind (mit Ihrer Hilfe) vorher einen kleinen Fragebogen ausfüllt.

#### 3. Was hat Ihr Kind davon?

Sie erhalten innerhalb von ca. 3 Wochen nach Blutentnahme eine schriftliche Mitteilung über das Ergebnis und – falls nötig – eine Empfehlung Ihren Hausarzt zu konsultieren. Wenn der Blutbleiwert Ihres Kindes im normalen Bereich liegt, haben Sie die Gewissheit, dass die Gesundheit Ihres Kindes nicht durch Blei beeinträchtigt ist. Selbstverständlich sind die Analysen für Sie kostenlos. Als kleine Belohnung schenken wir Ihrem Kind ein T-Shirt der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Fragen können Sie jederzeit an den Leiter der Studie, Herrn Dr. Rudolf Schierl, (Tel. 089/5160-2463, Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de), oder Frau Alexandra Grabmann (alexandra.grabmann@gmx.de) richten.

#### 4. Studienteilnahme:

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Sie oder Ihr Kind können jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne Nachteile die Einwilligung zurückziehen.

## 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

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von Jugendlichen

#### **5. Datenschutz:**

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Ihr Kind erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert) weitergegeben, d.h. weder Name noch Initialen oder das exakte Geburtsdatum Ihres Kindes erscheinen im Verschlüsselungscode.

Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten und Fragebögen in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.

Der Zugang zu den Originaldaten, den Fragebögen und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Dr. Rudolf Schierl (Studienleiter) und Alexandra Grabmann (Doktorandin). Die Unterlagen (z.B. Fragebögen) werden nur für die Studiendauer verschlossen im Institut aufbewahrt und danach vernichtet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

### **Einverständniserklärung**

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

*Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.*

....., den .....

Ort

Datum

.....  
Unterschriften Erziehungsberechtigter

.....  
Unterschriften Erziehungsberechtigter

**Anhang E: Fragebogen der jugendlichen Sportschützen**

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

Unser Zeichen	Studienleiter	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 von jugendlichen Sportschützen

### Fragebogen

(nur auszufüllen nach Einwilligung der Erziehungsberechtigten)

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

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

Geschlecht:  M  W Alter: ..... Jahre

Anschrift: .....  
(ausschließlich zur Ergebnismitteilung)

Jemals Blei im Blut gemessen:  nein  ja => Wert: .....

#### Angaben zum Schießsport:

Sportart:  Luftpistole  Luftgewehr

Schießsport seit: ..... Jahren

Wie oft pro Monat: .....

Wie lange Training:.....

Anzahl Schuss pro Trainingseinheit: .....

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

**Anhang F: Fragebogen der Kontrollgruppe**

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	Studienleiter	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 von Jugendlichen

### Fragebogen

(nur auszufüllen nach Einwilligung der Erziehungsberechtigten)

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

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

Geschlecht:  M  W Alter: ..... Jahre

Anschrift: .....  
(ausschließlich zur Ergebnismitteilung)

Jemals Blei im Blut gemessen:  nein  ja => Wert: .....

Schießen mit Luftgewehr/-pistole (auch privat):  nein  ja

Wenn ja: Wie oft: .....

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

## Anhang G: Aufklärung und Einverständniserklärung der erwachsenen Sportschützen

Klinikum der Universität München

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

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

Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

München, Oktober 2012

Unser Zeichen	Studienleiter	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

### Informationsschrift und Einverständniserklärung

#### **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: Bisher lag dieser Grenzwert der Erwachsenen bei 150 µg/l bzw. der Kinder unter 100 µg/l, d.h. bei niedrigeren Werten waren keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten. Neuere Studien lassen jedoch vermuten, dass bereits geringere Werte zu einer Beeinträchtigung der Gesundheit führen können.

Eine kürzlich durchgeführte Studie in Südbayern zeigte, dass Kleinkaliber- und vor allem Großkaliberschützen diesen Wert jedoch häufig überschritten. Nun soll geklärt werden, ob dies bei Klein- und Großkaliberschützen, die ausschließlich auf einem Stand mit moderner Belüftungstechnik trainieren, auch der Fall ist oder ob dies zu einer Reduktion der Bleibelastung führt.

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

Frau Grabmann oder ein Arzt unserer Klinik werden etwa 1 ml Blut aus einer Armvene entnehmen. Um es für Sie möglichst einfach zu gestalten, erfolgt dies direkt in der Schießstätte im Anschluss an ein Training. 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.

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

Sie erhalten innerhalb von ca. 3 Wochen nach Blutentnahme eine schriftliche Mitteilung über Ihr Ergebnis und - falls nötig - eine Empfehlung Ihren Hausarzt zu konsultieren. Wenn Ihr Wert 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 den Leiter der Studie, Herrn Dr. Rudolf Schierl, (Tel. 089/5160-2463, Rudolf.Schierl@med.uni-muenchen.de), oder Frau Alexandra Grabmann (alexandra.grabmann@gmx.de) richten.

#### **4. Studienteilnahme:**

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

## 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

Unser Zeichen	Studienleiter	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

#### **5. Datenschutz:**

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert) weitergegeben, d.h. weder Ihr Name noch Ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode.

Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten und Fragebögen in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.

Der Zugang zu den Originaldaten, den Fragebögen und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Dr. Rudolf Schierl (Studienleiter) und Alexandra Grabmann (Doktorandin). Die Unterlagen (z.B. Fragebögen) werden nur für die Studiendauer verschlossen im Institut aufbewahrt und danach vernichtet.

Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).

Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

### **Einverständniserklärung**

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

*Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.*

....., den .....

Ort Datum

.....  
Unterschrift des Probanden

**Anhang H: Fragebogen der erwachsenen Schützen**

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

Unser Zeichen	Studienleiter	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

### Fragebogen

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

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

Geschlecht:  M  W Alter: ..... Jahre

Anschrift: .....  
(ausschließlich zur Ergebnismitteilung)

Jemals Blei im Blut gemessen:  nein  ja => Wert: .....

#### Angaben zum Schießsport:

Waffen:  Kleinkaliber:

Großkaliber:

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

Schießsport seit: ..... Jahren

Seit wann ausschließlich auf diesem Schießstand: .....

Wie oft pro Monat: .....

Wie lange Training: .....

Anzahl Schuss pro Trainingseinheit: .....

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



## **12. Danksagung**

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dennis Nowak dafür bedanken, dass er mir die Möglichkeit gab, meine Dissertation am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der LMU München durchzuführen.

Ein besonderer Dank gebührt meinem Betreuer Dr. rer. nat. Rudolf Schierl, der mir dieses spannende Thema überlassen hat und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Vielen Dank für die außerordentliche Unterstützung.

Vielen Dank an Herrn Stefan Gröbmair für die zuverlässigen Analysen der Blutproben.

Allen teilnehmenden Vereinen, dem Bayerischen Sportschützenbund e.V. und insbesondere Frau Stainer, der 1. Landesjugendleiterin, möchte ich für die Unterstützung danken.

Ein großer Dank gilt allen Probanden, die sich für diese Studie zur Verfügung gestellt haben und ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei meiner Familie bedanken, die mich während meines Studiums und darüber hinaus immer voll unterstützt hat und stets hinter mir steht. Ein riesiger Dank an euch!

## Eidesstattliche Versicherung

**Grabmann, Alexandra**

---

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Bleikonzentration im Blut von jugendlichen und erwachsenen Sportschützen**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

**Augsburg, 17.02.16**

---

Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Doktorandin/Doktorand