



Kurzbericht zum Projekt

**Bleibelastung in Raumschießständen und
interne Belastung bayerischer Sportschützen**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)
Eggenreuther Weg 43, 91058 Erlangen
Telefon: 09131 6808-0
Telefax: 09131 6808-2102
E-Mail: poststelle@lgl.bayern.de
Internet: www.lgl.bayern.de
Bildnachweis: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)

Stand: Juni 2016

Autoren: Christoph Habarta¹, Knut Berlin¹, Ludwig Fembacher¹, Silvio Dietrich, Hermann Fromme¹
Rudolf Schierl²
Thomas Göen³

¹ Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Sachgebiet Chemikaliensicherheit und Toxikologie

² Institut und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München

³ Institut und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

© Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
alle Rechte vorbehalten

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit und Pflege

1 Hintergrund

Ungefähr 500.000 Personen in Bayern sind in Schützenverbänden organisiert und benutzen, je nach Waffengebrauch, ggf. auch Munition, die Blei enthalten kann. Das Schwermetall Blei zeigt bei wiederholter Exposition neben Wirkung auf das blutbildende System und das sich entwickelnde Nervensystem, unter anderem reproduktionstoxische Effekte. Es gilt inzwischen als gesichert, dass auch unter 100 µg/L Blut bei Kleinkindern neurotoxische Effekte auftreten können. Im Jahr 2006 wurden Blei und seine anorganischen Verbindungen von der internationalen Krebsorganisation der WHO (IARC) als wahrscheinlich krebserregend für den Menschen eingestuft. Auch die MAK-Kommission der DFG hat es mittlerweile in Kategorie 2 eingestuft. Dies sind Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen anzusehen sind, weil durch Ergebnisse aus Tierversuchen davon auszugehen ist, dass sie einen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko leisten. Anorganische Bleiverbindungen zeigen sowohl in In-Vitro- als auch In-Vivo-Untersuchungen ein klastogenes (chromosomenschädigendes) und ein schwach mutagenes (erbgutschädigendes) Potential.

Während bei der Allgemeinbevölkerung die Nahrung den Hauptbelastungspfad ausmacht, kommt bei Sportschützen als nicht zu vernachlässigende Zusatzbelastung die inhalative Aufnahme hinzu. Stationäre bzw. personenbezogene Untersuchungsergebnisse zur Belastung der Innenraumluft von Raumschießanlagen sind aus Belgien (Dams et al. 1987), den USA (Tripathi et al. 1991, NIOSH 2009), Schweden (Svensson et al. 1992) und Deutschland (Demmeler et al. 2009, Mühle et al. 2010) bekannt. Sie ergaben Spitzenwerte von bis zu 5 mg/m³ in Belgien sowie Mittelwerte von 0,21 mg/m³, 0,19 mg/m³, 2,0 mg/m³ und 5,1 mg/m³ in Studien aus den USA. Die Mittelwerte in Schweden lagen bei 0,66 mg/m³ beim Schießen mit Patronenmunition und bei 0,005 mg/m³ beim Schießen mit Luftdruckwaffen. In einer Raumschießanlage in Bayern wurden in zwei Expositionsversuchen Gehalte von 4,05 mg/m³ und 4,55 mg/m³ im Kopfbereich der Schützen und von 2,20 mg/m³ und 2,24 mg/m³ bei einer Person 1,5 m hinter dem Schützen gemessen (Mühle et al. 2010). Wird auf bleihaltige Munition verzichtet, liegen die personenbezogenen Gehalte mit einem 8-h Mittelwert von 6 – 8 µg/m³ am Schützen (Tripathi et al. 1990) und auch im Bereich des Geschosfangs (Wurster et al. 2006) deutlich niedriger.

Daneben liegen Untersuchungsergebnisse zum Human-Biomonitoring aus den USA (Novotny et al. 1987, Tripathi et al. 1991, Abudhaise et al. 1996), Australien (Gulson et al. 2002) Schweden (Löfstedt et al. 1999, Svensson et al. 1992) und Deutschland (Ochsmann et al. 2009, Demmler et al. 2009, Mühle et al. 2010) vor. In manchen dieser Untersuchungen wur-

den sehr hohe Blutbleibelastungen gemessen. In Nordbayern wurden von Ochsmann et al. bei 7 Schützen ein medianer Gehalt von 290 µg/l gefunden, während sich diese in Südbayern bei 129 Schützen je nach Waffenart zwischen 33 µg/l (Luftdruckwaffen) und 192 µg/l (Bewegungsschießen) bewegten.

Beim Schießen mit bleihaltiger Munition in geschlossenen Schießständen ist die Belastungssituation, aber auch die innere Belastung der exponierten Personen, somit stark von der Art der eingesetzten Munition, der verwendeten Waffe und dem Schießablauf abhängig. Darüber hinaus stellen die Lüftungsbedingungen, die Raumgeometrie und Größe sowie die Reinigung wichtige Einflussfaktoren dar. Vor dem gesundheitlichen Hintergrund muss sichergestellt werden, dass das generelle Minimierungsgebot gegenüber kanzerogenen Stoffen angewandt wird und eine Exposition der Bevölkerung, insbesondere von Frauen und Kindern, möglichst vermieden wird.

2 Ziel des Projektes

Aus gesundheitlicher Sicht sollte das Projekt folgende wesentliche Fragestellungen beantworten:

- Wie hoch ist die Belastungssituation der Luft in Raumschießanlagen, die über eine eingebaute Lüftungsanlage verfügen? Wie ist diese zu bewerten und müssen ggf. weitere Maßnahmen zur Expositionsminderung ergriffen werden? Derartige Untersuchungen fehlen bisher vollständig.
- Welche Blutbleikonzentrationen weisen Erwachsene auf, die ausschließlich an den oben untersuchten Raumschießanlagen schießen?
- Wie hoch ist die Bleibelastung im Blut von Jugendlichen (12-16 Jahre), die mit Luftgewehren bzw. Luftpistolen schießen, bzw. in einer Kontrollgruppe?

3 Einstufung und Kennzeichnung des Bleis im Chemikalienrecht

Um die Gefährlichkeit des Bleis weiß man schon seit Langem z.B. im Rahmen des Einsatzes in Trinkwasserleitungen, so dass es - wo immer möglich - durch andere Stoffe substituiert wurde. Trotzdem ist es noch in verschiedenen Anwendungen zu finden. Als wesentlicher Bestandteil eines Projektils spielt das Blei aber nach wie vor eine dominante Rolle.

In der EU ist Blei unter anderem als reproduktionstoxisch der Kategorie 1A eingestuft.

In der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) ist Blei mit folgenden Piktogrammen sowie dem Signalwort „Gefahr“ zu kennzeichnen. Dazu gehören auch folgende Gefahrenhinweise (H-Sätze): 360Df, 332, 373, 302 und 410.



4 Zusammenfassung

4.1 Messungen in Raumschießanlagen

Bei der Auswertung der Messungen einer öffentlich zugänglichen Innenraumschießanlage konnte im Atembereich der Schützen eine Bleikonzentration von im Mittel $0,05 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden. In der Mitte des Raumes und im Zielbereich lagen die Gehalte bei $0,89$ bzw. $0,75 \text{ mg/m}^3$. Diese Konzentrationen wurden bei eingeschalteter Lüftungsanlage ermittelt.

Die kontinuierlichen Messungen der Staubfraktionen ermittelten im Atembereich der Schützen Konzentrationsspitzen bis ca. $0,1 \text{ mg/m}^3$. Lediglich zu einem Zeitpunkt, als eine Serie von 20 Schuss abgefeuert wurde, wurde ein Spitzenwert von ca. $0,35 \text{ mg Staub/m}^3$ erreicht. Die entsprechenden Messwerte im mittleren Bereich des Standes waren mit rund $0,7 \text{ mg/m}^3$ bzw. $1,3 \text{ mg/m}^3$ deutlich höher. Gemittelt über den Probenahmezeitraum wurden im Atembereich der Schützen ca. $0,021 \text{ mg/m}^3$ Staub als alveolengängige Fraktion und ca. $0,026 \text{ mg/m}^3$ als einatembare Fraktion errechnet. Hingegen betrug in der Mitte der Anlage die Konzentration des alveolengängigen Staubes ca. $0,2 \text{ mg/m}^3$ und die der einatembaren Fraktion ca. $0,250 \text{ mg/m}^3$. Leider konnten im Rahmen des Projektes keine weiteren öffentlich zugänglichen Einrichtungen untersucht werden.

Zusätzlich wurden vier Raumschießanlagen an drei Standorten in die Untersuchung einbezogen. In ihnen schießt aber nur festangestelltes Personal und es besteht kein öffentlicher Schießbetrieb. Ein direkter Vergleich der orientierenden Messung bei den Sportschützen mit den Messungen an den anderen Standorten ist nur eingeschränkt möglich, da große Unterschiede in der Durchführung des Schießens bestanden. Die Sportschützen schießen aus großer Distanz, ihr Standort befindet sich somit in der Nähe des Zuluft-Einlasses. Die Intention ist das Ziel möglichst präzise zu treffen. Deswegen dauert eine Serie auch dementsprechend länger. Die Sportschützen verwende-

ten Vollgeschosse. Genau umgekehrt ist die Situation in den anderen Einrichtungen. Hier kommt es auf die Schnelligkeit an, aus kurzer Distanz ein relativ großes Ziel zu treffen. Sicherheitshalber werden nacheinander mehrere Schüsse abgegeben. Bei den Messungen wird hier Vollmantel-Sintoxmunition eingesetzt. Wegen der kurzen Distanz zum Ziel war der Einfluss der Zuluft, die im hinteren Teil des Schießstandes eingeleitet wird, deutlich geringer, so dass Schützen hier höheren Feinstaubkonzentrationen ausgesetzt waren als die Sportschützen. Diese hatten dafür höhere Bleikonzentration im Atembereich.

An den drei nichtöffentlichen Standorten konnte man eine Überschreitung des Allgemeinen Staubgrenzwertes für die alveolengängige Fraktion feststellen. Die Messungen fanden allerdings unter worst-case Bedingungen statt. Ob unter den üblichen Bedingungen die A-Staubkonzentrationen unter dem Grenzwert liegen, kann man in einer Kontrollmessung feststellen. Sicherheitshalber sollte - im Rahmen des Minimierungsgebots - die Belüftung der Raumschießanlagen optimiert und die Verweildauer der Schießtrainer verkürzt werden. Die Belastungssituation mit Blei war in diesen Einrichtungen niedrig, oft unterhalb der Nachweisgrenze des analytischen Verfahrens.

Die Schießausbilder und Personen, die sich berufsbedingt in den Raumschießanlagen aufhalten, unterliegen ggf. arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften. Der Arbeitgeber ist somit verpflichtet, da wo notwendig, nachzubessern und ggf. Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Aufgrund der Einstufung des Bleis als reproduktionstoxisch kann der Gesetzgeber in Deutschland keine unbedenkliche Konzentration als Grenzwert festlegen. Demgegenüber kann als Einschätzung der verbindliche EU-Grenzwert von $0,15 \text{ mg/m}^3$ Luft als Acht-Stunden-Mittelwert herangezogen werden. Teilweise werden, trotz raumluftechnischer Anlage, Werte über diesem Grenzwert erreicht. Betont werden muss dabei, dass dieser Grenzwert wahrscheinlich nicht ausreichend vor den gesundheitlichen Effekten, insbesondere den kanzerogenen Wirkungen des Bleis, schützt. Bis 2004 betrug der MAK-Wert für Blei $0,10 \text{ mg/m}^3$, der jedoch aufgrund seiner erwiesenen krebserregenden Wirkung von der MAK-Liste der DFG gestrichen wurde (DFG 2011). Für die allgemeine Bevölkerung gibt es für Blei keine Festlegungen von Grenz- oder Richtwerten in der Innenraumluft. Vor diesem Hintergrund scheint es sinnvoll, künftig die Wirksamkeit einer Raumlüftung direkt durch ein Human-Biomonitoring zu belegen und Raumlufmessungen nur begleitend durchzuführen.

4.2 Human-Biomonitoring

Am Human-Biomonitoring nahmen 54 jugendliche Schützen von Luftdruckwaffen (Alter: 12 - 16 Jahre) und 48 Jugendliche ohne bekannte externe Bleiexposition (Alter: 12 - 16 Jahre) teil.

Der Mittelwert der Blutbleikonzentration lag bei den Kontrollen bei 25,4 µg/L (Spannweite: 6,5 - 55 µg/L) und bei den Schützen bei 32,4 µg/L (Spannweite: 10,9 - 71,0 µg/L). Zwischen den Gruppen ergab sich mit $p = 0,048$ ein knapper statistisch signifikanter Unterschied. Der Median der Kontrollen (19,8 µg/L) lag etwas höher als in einer Untersuchung des LGL aus dem Jahr 2013. Hier wurden bei 17 Kindern im Alter von 7-18 Jahren aus Nordbayern 14 µg/L beobachtet. Der mediane Blutbleiwert der jugendlichen Schützen lag höher (28 µg/L). Gründe für die höheren Belastungen der Schützen könnten insbesondere im Kontakt bzw. Umgang mit den bleihaltigen Diabolos der Luftgewehre/Luftpistolen liegen.

Es liegen kaum aktuelle Vergleichswerte für die Altersgruppe zwischen 12 und 16 Jahren vor. Im Rahmen einer umweltmedizinischen Studie aus dem Jahr 2013 in der Stadt Brilon wurde bei 31 Kindern bis zum Alter von 14 Jahren ein Median von 19,0 µg/L beschrieben (Ewers 2014). In der Schweiz wurde bei 74 Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren, die nicht gegenüber bleihaltigen Treibstoffen exponiert waren, 2007-2008 ein Median von 14,7 µg/L (BAG 2011) beobachtet. In Frankreich wurden 484 Kinder im Alter zwischen 6 Monaten und 6 Jahren im Rahmen einer nationalen Untersuchung im Jahr 2008–2009 untersucht (Etchevers et al. 2015). Es wurde im geometrischen Mittel ein Gehalt von 13,8 µg/L Blei gefunden. Vergleichbare Werte wurden auch in einer Studie von Kindern in Südschweden im Jahr 2005 mit einem geometrischen Mittel von 13,2 µg/L gemessen (Strömberg et al. 2008).

Eine gesundheitliche Beurteilung der gemessenen Bleiwerte ist derzeit schwierig. Für die Bewertung der internen Belastung der allgemeinen Bevölkerung werden von einer Kommission beim Umweltbundesamt Human-Biomonitoring Werte abgeleitet. Die Werte für Blei wurden jedoch 2009, insbesondere aufgrund der neueren Ergebnisse zur Kanzerogenität und den Effekten bei sehr niedrigen Belastungen (kognitive und psycho-motorische Leistungen, endokrine Effekte), ausgesetzt. Es besteht aber generell Übereinstimmung, dass die Expositionssituation gegenüber kanzerogenen Substanzen wie Blei soweit wie möglich reduziert werden sollte.

5 Maßnahmen

Vor dem Hintergrund der allgemeinen Belastung in Raumschießständen wird empfohlen, konsequent auf bleifreie Munition umzusteigen. Dies trifft insbesondere auf die Patronenmunition zu und würde die Belastungssituation der Innenräume und die Expositionssituation der Schützen erheblich verringern. Zudem erscheint es aufgrund der gesundheitlichen Relevanz des Bleis -aber auch der Staubbelastung- geboten, die Zusatzbelastung durch organisatorische und bauliche Maßnahmen, z.B. einer wirksamen Lüftungsanlage, dauerhaft zu vermindern.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass mit dem Einbau einer Lüftungsanlage auch eine Verbesserung der Raumluftsituation verbunden sein kann. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass mit einer derartigen Anlage weitere Probleme verbunden sind. Neben den hohen Anschaffungskosten sind hier insbesondere Betriebs- und Wartungskosten zu nennen. Wenn die Anlagen aber nicht konsequent mit einem hohen Aufwand betrieben und gepflegt werden, lässt sich im Dauerbetrieb auch kein positiver Effekt auf die Raumluftqualität erzielen. Außerdem ist die Abluft so zu führen und zu filtern, dass umweltschutzrechtliche Regelungen nicht verletzt werden. Bis diese Maßnahmen umgesetzt sind, kann als kurzfristigen, effektiven Schutz das Tragen von Staubmasken (Typ FFP2) empfohlen werden. Dies ist ohne größeren Aufwand auch auf individueller Basis möglich.

Darüber hinaus muss sichergestellt sein, dass eine regelmäßige, sachgerechte Reinigung der Schießanlage, insbesondere auch des Geschosfangs erfolgt. Bei der Reinigung der Schießanlagen muss mit einer besonders hohen Exposition der beauftragten Personen gerechnet werden. Sie müssen deshalb über gesundheitliche Risiken informiert und geschützt werden. Eine besondere Sorgfaltspflicht des Betreibers besteht auch für Personen, die wie Schießlehrer und Betreuer länger exponiert sein können.

6 Literatur

Abudhaise BA, Alzoubi MA, Rabi AZ, Alwash RM. Lead exposure in indoor firing ranges: environmental impact and health risk to the the range users. *Int J Occup Med Environ Health* 1996; 9: 323-329.

BAG (Bundesamt für Gesundheit) Monitoring der Blutbleibelastung in der Schweiz: Ergebnisse einer Pilotstudie. Schweiz, 2011.

Dams R, Vandecasteele C, Desmet B, Helsen M, Nagels M, Vermeir G, Yu ZQ. Element concentrations in the air of an indoor shooting range. *Sci Total Environ* 1987; 77: 1-13.

Demmler M, Nowak D, Schierl R. High blood lead levels in recreational indoor-shooters. *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 82: 539-542.

DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) MAK- und BAT-Werte-Liste 2011. Wiley-VCH Verlag 2011.

Etchevers A, Le Tertre A, Lucas J-P, Bretin P, Oulhote Y, Le Bot B, Glorennec P. Environmental determinants of different blood lead levels in children: A quantile analysis from a nationwide survey. *Environ Int* 74 (2015) 152–159.

Ewers. Ergebnisse der Blutbleibestimmungen bei Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Brilon. Untersuchungsbericht des Hygiene-Institut des Ruhrgebiets. 2014.

- Gulson BL, Palmer JM, Bryce A. Changes in blood lead of a recreational shooter. *Sci Total Environ* 2002; 293: 143–150.
- Löfstedt H, Seldén A, Storéus L, Bodin L. Blood lead in Swedish police officers. *Am J Ind Med* 1999; 35: 519–522.
- Mühle P, Schierl R, Nowak D. Erhöhte Bleiaufnahme in geschlossenen Schießständen. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 2010; 70: 464-468.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Preventing Occupational Exposures to Lead and Noise at Indoor Firing Ranges. 2009.
- Novotny T, Cook M, Hughes J, Lee SA. Lead Exposure in a Firing Range. *Am J Public Health* 1987; 77: 1225-1226.
- Ochsmann E, Göen T, Schaller K-H, Drexler H. Lead - still a health threat for marksman. *Int J Hyg Environ Health* 2009; 212: 557-561.
- Strömberg U, Lundh T, Skerfving S. Yearly measurements of blood lead in Swedish children since 1978: The declining trend continues in the petrol-lead-free period 1995– 2007. *Environ Res* 2008; 107: 332-335
- Svensson B-G, Schiitz A, Nilsson A, Skerfving S. Lead exposure in indoor firing ranges. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64: 219-221.
- Tripathi RK, Sherertz PC, Llewellyn GC, Armstrong CW. Lead Exposure in Outdoor Firearm Instructors. *Am J Public Health* 1991; 81: 753-755.
- Tripathi RK, Sherertz PC, Llewellyn GC, Armstrong CW, Ramsay SL. Reducing exposures to airborne lead in a covered, outdoor firing range by using total copper-jacketed bullets. *Am Ind Hyg Assoc J* 1990; 51: 28-31.
- Wurster U, Ebert H, Fleig E, Ott G. Reduzierung der Gefahrstoffbelastung in Raumschießanlagen durch Verwendung bleifreier Trainingsmunition. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 2006; 66: 295-299.