

Auswirkungen der Geschoßwahl auf die Bleibelastung des Wildbrets

H. HECHT

Einleitung

Blei gilt noch immer als kritischer Umweltkontaminant, obwohl seine Konzentrationen in den Immissionsstäuben in Ländern, in denen bleihaltige Vergaserkraftstoffe verboten wurden, in den letzten Jahren laufend abgenommen haben, was sich auch in Wildbret beobachten läßt (1). Blei zählt zu den ersten Umweltschadstoffen, die entdeckt und untersucht wurden, nicht zuletzt deswegen ist es auch einer der Umweltkontaminanten, über dessen toxische Wirkungen am meisten bekannt ist. Wegen der deutlichen Abnahme der Bleibelastung des Wildbretes aus der Umwelt werden Sekundärkontaminationen mit diesem Schwermetall zum Beispiel durch Splitter vom Tötungsgeschoß immer deutlicher und damit auch unerwünschter.

Erkennen der Sekundärkontamination durch Bleisplitter vom Tötungsgeschoß

Das Problem der Bleisplittersekundärkontamination in Wildbret wurde bei Reihenuntersuchungen zur Bestimmung der normalen Bleibelastung des Muskelfleisches von Rehen im Rahmen einer Dissertation entdeckt (2). Die *Tabelle 1* zeigt einen Ausschnitt aus den damali-

gen Originalanalysenergebnissen der Bleigehalte des Diaphragmas von Rehen. Es wurden in *Tabelle 1* nur die ersten 20 Messergebnisse einer umfangreichen Messreihe wieder gegeben. Während die Cadmiumgehalte in noch vertretbarem Rahmen variieren, finden sich für Blei Werte von 110 - 159.000 µg Pb/kg FM. Dies ist eine Streuung, die nicht mehr auf normale biologische, physiologische Schwankungen, die üblicherweise innerhalb eines Faktors 3 liegen, beruhen können. Diese zunächst unerklärlichen Schwankungen der Bleigehalte klärten sich erst auf, als es gelang, bei der Präparation eines Zwerchfellmuskels kleine metallische Bleisplitter zu finden, die nur vom Erlegungsgeschoß stammen konnten.

Umfang der Bleisplittersekundärkontamination

Anhand der Ergebnisse einer groß angelegten Untersuchung zur Schwermetallkontamination von Nutz- und Wildtieren (3) wurde nun überprüft, wie häufig, in welchem Umfang und bei welchen Tierarten solche unerwünschten Sekundärkontaminationen vorkamen. Dazu wurde zunächst grob abgeschätzt, wieviel Prozent der untersuchten Tiere erhöhte und damit sekundärkontaminationsverdächtige Bleigehalte aufwiesen. Da die Grenze zwischen diesen Splitter-

kontaminationen (in Abhängigkeit von der Splittergröße) und den „natürlichen“ Bleigehalten fließend ist, ist diese Abschätzung schwierig. Man ist gezwungen, willkürliche Grenzwerte festzulegen, bei deren Überschreitung man dann von einer Sekundärkontamination spricht. Aus Untersuchungen von mit Kopfschüssen getöteten Tiere geht hervor, dass normalerweise Gehalte von mehr als 300 µg Pb/kg FM in der Muskulatur und mehr als 800 µg Pb/kg FM in den Organen Leber und Nieren nicht erreicht werden. Verwendet man diese Zahlen als Grenze für eine Bleisekundärkontaminationsabschätzung, so erhält man folgende in *Tabelle 2* dargestellte Ergebnisse.

Die Relativzahlen in dieser Tabelle sind zum Teil erschreckend hoch und spiegeln in der Häufigkeit des Auftretens erhöhter Bleibelastungen zum einen die Schwierigkeiten der Jagd (Schwarzwild ist schwieriger zu erlegen als zum Beispiel Rotwild), zum anderen nach der Häufigkeit des Auftretens von Blei belasteten Teilen der Tierkörper die Hauptbelastungsstellen im Tier gemäß der Verteilung der Schußlagen wider.

Diese zunächst willkürliche Grenzziehung läßt sich seit kurzem durch ein mathematisches statistisches Verfahren, das mit Hilfe der Summenhäufigkeitsverteilungen arbeitet, überprüfen (4). Dieses Verfahren nützt eine Eigenschaft von umweltbedingten Rückständen in biologischen Systemen aus, gemäß der die Rückstände immer logarithmisch normal verteilt sind, d.h. also auch die „natürlichen“ Bleigehalte eines nicht kontaminierten Wildbret-Kollektivs sind logarithmisch normal verteilt und damit wird in logarithmischer Darstellung die Summenhäufigkeitskurve zum Median (50-Perzentil) symmetrisch. Aus den in praktischen Untersuchungen beobachteten Abweichungen von dieser Symmetrie kann man die Sekundärkontamina-

Tabelle 1: Einzelgehalte an Blei- und Cadmium des Zwerchfells von Rehen (Ausschnitt aus einer großen Meßreihe nach Schinner (2)). Alle Angaben in µg/kg frische Muskelmasse (FM)

Lfd.Nr.	Blei	Cadmium	Lfd.Nr.	Blei	Cadmium
1	1030	6,7	11	150	9,2
2	240	11,2	12	900	14,4
3	700	11,6	13	400	14,4
4	159000	23,1	14	700	15,3
5	140	21,2	15	47100	14,4
6	460	7,2	16	10200	14,7
7	210	12,8	17	110	9,8
8	3830	6,2	18	9700	16,0
9	37200	59,6	19	3180	18,4
10	270	11,5	20	14200	5,5

Autor: Dr. Hermann HECHT, Bundesanstalt für Fleischforschung, E.-C.-Baumann-Straße 20, D-95326 KULMBACH

Tabelle 2: Häufigkeit der Bleibelastung aus Splittern von Muskeln und Organen von Wildtieren (in %) bei Zugrundelegung der in Spalte 2 genannten Grenzwerte

Anzahl Organ	Grenzwert	Tierart Rehwild	Rotwild	Schwarzwild	Damwild
N		520	400	160	32
Diaphragma	0,3	31,1	14,2	37,9	9,4
Rectus abdomin.	0,3	10,9	8,0	19,7	3,1
Leber	0,8	7,2	9,8	12,6	6,3
Niere	0,8	4,5	8,1	12,3	0,8

tion quantitativ erfassen. Es ergeben sich dann nicht allzu stark von der *Tabelle 2* abweichende Überschreitungszahlen, weswegen hier auf eine genaue Darstellung dieses komplizierten mathematischen Verfahrens verzichtet wird.

Tabelle 2 zeigt, dass immer das Diaphragma gefolgt von der Bauchmuskulatur am häufigsten betroffen ist, was aber nicht bedeutet, dass der Bleigehalt des Diaphragmas höher ist als der von Lebern oder Nieren, da für die beiden letzteren höhere Werte als Grenze der Sekundärkontamination angesetzt worden sind.

Der Einfluß der Lage des Schusses am Tierkörper

Die Daten zum Einfluß der Schußlage, des Geschosstyps und des verwendeten Kalibers stammen aus zwei großen Forschungsvorhaben, deren primäre Zielsetzung die Bestimmung der regionalen Schwermetallbelastung des Wildes in Süddeutschland war. Die Daten zur Bewertung der Bleisekundärkontamination sind nur Nebenergebnisse dieser Projekte, um Störungen auszugleichen, so dass oft nicht genügend Daten für statistisch sichere Aussagen für die Sekundärkontamination vorlagen. Deshalb wurden die hier diskutierten Einflüsse nur mit deskriptiver Statistik abgeleitet. Gezielte Versuche z.B. zum Einfluß der Schußlage in praxi verbieten sich schon aus ethischen Gründen. Die Auswertungen ergaben für die Testorgane

Diaphragma - Musculus rectus abdominis - Leber - Niere

für die Schußlage folgende nach der Bleibelastung aufsteigend geordnete Rangfolge:

(Kopf)-Träger < Blatt- <Bauch- < Mehrfachschoß

Erwartungsgemäß wurden bei Kopfschüssen keine Sekundärkontaminationen gefunden, bei Trägerschüssen nur in Einzelfällen.

Noch ein kurzes Wort zum Ausschneiden des Schußkanals: Mit den üblicherweise angewandten Methoden entfernt man bei weitem nicht alle Bleisplitter aus dem Tierkörper. Diese können je nach Lage des Schusses und den Geschossparemetern noch bis zu 30 cm quer zum Schußkanal nachgewiesen werden.

Der Einfluß des Geschosstyps

Da neben der eigentlichen Geschosskonstruktion auf die Splitterbildung noch die Treibladungsstärke, das Kaliber, die Schußdistanz und die Trefferlage (Knochen oder nicht) einen Einfluß haben, war mit dem vorliegenden Feldmaterial der Einfluß des Geschosstyps auf die Splitterbildung am schwersten und unsichersten zu prüfen und zu bestimmen. Die Häufigkeitsauswertungen verbunden mit Man-Whitney-Tests ergaben folgende nach abnehmender Splitterwirkung geordnete Reihenfolge:

TIG > H-Mantel > Teilmantel > Kegelspitz > Nosler > ABC

Zu weiteren Geschosstypen lagen zu wenige Untersuchungsergebnisse vor, um irgendwelche Reihungsaussagen abzuleiten.

Experimente zur Aufklärung der Dynamik der Splitterbildung

Um die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Splitterbildung genauer kennenzulernen, und um festzustellen, wie die Splitter gebildet werden und wie sich die Geschosstypen dabei unterscheiden, wurden unter möglichst praxisnahen Bedingungen Gelatineblöcke in Längsrichtung beschossen.

Moderne Jagdbüchsen geschosse sollen das Wild möglichst schlagartig töten. Das wird zum einen durch eine hohe Geschwindigkeit der Projektile, zum anderen durch Geschosskonstruktionen

erreicht, die ihren Querschnitt beim Aufschlag auf den Tierkörper meist schnell vergrößern, um ihre Geschoßenergie möglichst schlagartig und in hohem Grade an die Tierkörper abzugeben. Die dadurch verursachte hydrodynamische Schockwelle löst im Tierkörper Herzkammerflimmern und damit den Tod aus. Die Querschnittsvergrößerung erfolgt entweder durch explosionsartige Zersplitterung des Geschosskernes oder durch Aufpflanzung der Geschosse beim Aufprall oder auch beides.

Die Gelatineblöcke wurden auf einem Schießstand des Bundesgrenzschutzes entweder mit dem Kaliber 7 x 57R oder mit .22 Magnum auf 30 - 100 m Entfernung beschossen. Folgende Geschosstypen wurden getestet:

Torpedo-Ideal-(TIG)-, ABC-, Nosler-, Teilmantel-, Kegelspitz-(KS)- und H-Mantelgeschosß

Verwendet wurde Gelatine mit 270 Bloom in 20%iger Konzentration und in Blöcken von 30 x 30 x 90 cm³, die nach dem Erstarren in Richtung der langen Achse beschossen wurden. Bei weitergehenden Versuchen wurde die Dichte der Gelatine in Längsachse variiert und manchmal Schulterblätter oder Rippen von Schlachttieren mit eingegossen, um die Dichteverhältnisse im Tierkörper bzw. bei Knochendurchschüssen zu simulieren. Die Gelatineblöcke besaßen auf den letzten 10 cm zusätzlich eine extrem dichte Schicht, um die Geschosßreste aufzufangen.

Alle bei den Versuchen festgestellten Eigenschaften hier darzustellen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, deshalb sei auf den entsprechenden Forschungsbericht verwiesen (5). Hier werden deshalb nur in tabellarischer Form die von den Geschossen in Form von Splittern abgegebenen Bleimengen in *Tabelle 3* zusammengefaßt dargestellt.

Die Reihenfolge der Geschosstypen bei Splitterabgabe in der Gelatine entspricht fast der, die sich aus den Bleibelastungen der Organe aus der Feldstudie ergab (vgl. *Tabelle 2*). Lediglich Teilmantel- und TIG-Geschosß haben ihre Plätze getauscht, da aber ihre absoluten Bleiabgaben nicht sehr unterschiedlich sind (letzte Spalte der *Tabelle 3*), ist dies bei der Ungenauigkeit der Ableitung aus dem Feldmaterial nicht sehr schwerwie-

Tabelle 3: Vergleich der Restgewichte und der Gesamtsplittermengen verschiedener Geschößtypen vom Kaliber 7 x 57R bei glattem Gelatineeinschuß (jeweils Mittelwerte aus 10 Einzelschüssen)

Geschößtyp	Geschößmasse des intakten Geschosses [g]	Masse des Geschößrestes [g]	Splittermenge vom Gesamtgeschöß in %	Masse der Splitter in g
Teilmantel-Rundkopf	9,0	5,4	40,0	3,6
H-Mantel	11,2	6,8	38,5	4,4
Torpedo-Ideal (TIG)	10,5	7,0	33,1	3,5
Kegelspitz (KS)	10,5	7,9	24,3	2,6
Nosler	9,1	8,2	9,5	0,9
ABC	10,2	9,5	6,9	0,7

gend, beide Versuche liefern also nahezu identische Ergebnisse.

Darstellung der Geschößbahnen und der Splitterverteilungen

Die Bleisplitter lassen sich mit Hilfe von Röntgenstrahlen auf Röntgenfilmen,

zweidimensional sichtbar machen. Die *Abbildung 1* zeigt die Röntgenaufnahme einer Schweinehinterextremität, die kurz nach der Tötung des Tieres beschossen wurde.

Die Splitter haben unterschiedliche Größen von einigen Millimetern bis hin zum Auflösungsvermögen des Röntgenfil-



Abbildung 1: Röntgenaufnahme einer durchschossenen Schweinehinterextremität; alle hellen Flecken sind Bleisplitter unterschiedlicher Größe

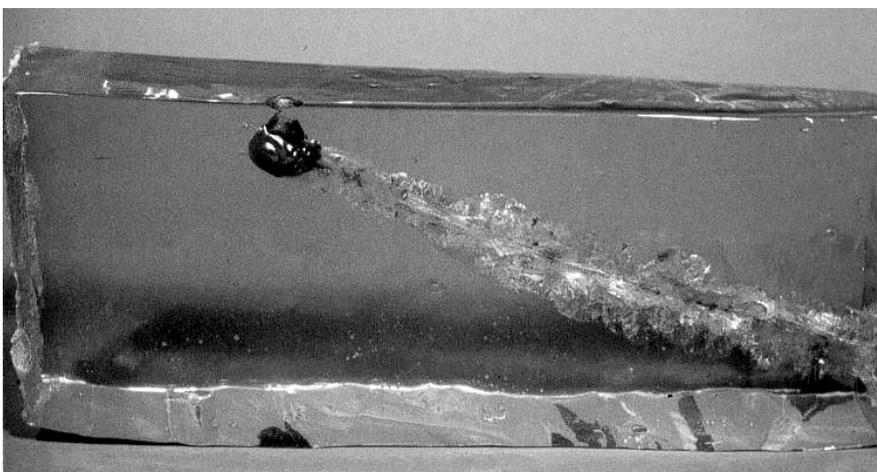


Abbildung 2: Aufnahme des Endes einer Geschößbahn in Gelatine. Auf dieser Abbildung sind die Bleisplitter und ihre Verteilung längs des Schußkanals deutlich zu erkennen.

mes. Sie sind um den Schußkanal, der wie üblich ausgeschnitten wurde (deshalb die dunkle Stelle auf dem Film) nach allen Richtungen im Muskelgewebe verstreut. Genaue Untersuchungen haben abhängig von der Geschößkonstruktion und -energie Streuungen bis zu 30 cm quer zum Schußkanal ergeben.

Man kann die Bleisplitterverteilung längs des Schußkanals auch mit Röntgenbildern der Gelatinedurchschüsse darstellen (*Abbildung 2*).

Verhalten der Bleisplitter in tierischem Gewebe

Bei den Geschößsplittern handelt es sich in erster Linie um elementares Blei, manchmal sind auch noch Tombakplitter vom Geschößmantel (eine Legierung aus Kupfer und Zink) dabei. Toxikologisch ist dieses elementare Blei etwas anders - weniger kritisch - als das „natürlicherweise“ in den Tieren enthaltene organisch gebundene Blei einzuschätzen. In gezielten Versuchen wurde das Verhalten dieses elementaren Bleis untersucht. Dabei zeigten sich nach einigen Tagen Lagerzeit (was dem Abhängen des Wildes entspricht) in den Gelatineblöcken um die Bleisplitter Eiweißfällungen. In diesen gefällten Eiweißen fanden sich sehr hohe Bleikonzentrationen, die in synthetischer Magensäure verhältnismäßig schnell in Lösung gingen und damit in der folgenden Darm- passage für den Verbraucher resorbierbar gewesen wären, d.h. aufnehmbar wurden. Setzte man die elementaren Bleisplitter der Magensäure direkt aus, ging im Laufe der Zeit immer weniger Blei in Lösung, weil die Oberflächen der Splitter durch Abscheidung von unlöslichem Bleichlorid sozusagen passiviert wurden.

Fütterungsversuche mit Miniaturschweinen ergaben, dass die Bleiakкумуляtion in den Lebern und Nieren dieser Tiere aus elementaren Bleisplittern etwa 10mal niedriger war als aus „natürlich“ bleikontaminiertem Futter.

Beim Abhängen von Lebern wurde im Verlauf von wenigen Tagen die ganze Leber bleikontaminiert, wenn nur ein Geschößrest oder einige große Splitter an einer Stelle oben in der Leber implantiert wurden. Beizte man bleisplitterhaltiges Wildbret, so stieg der Bleigehalt der Beizflüssigkeit kontinuierlich an. Auch

die Bratensauce von bleisplitterhaltigen Bratenstücken wies gegenüber entsprechenden Kontrollen erhöhte Bleigehalte auf.

Zusammenfassung

Aus all diesen Beobachtungen läßt sich kurz zusammenfassend feststellen, dass es durch die modernen Geschoßkonstruktionen zu u. a. vom Geschoßtyp abhängigen Bleisekundärkontaminationen des Wildbretes kommt, deren Ausmaße stark von der Lage der Schußkanäle abhängen. Die Höhe dieser Kontaminationen übersteigt die „natürlichen“ Bleigehalte bei weitem, teilweise um mehrere Größenordnungen. Toxikologisch ist das elementare Geschoßblei etwas weniger kritisch zu beurteilen als die „natürliche“ Bleikontamination; nichts-

destotrotz können dennoch toxikologisch bedenkliche Bleigehalte im Wildbret auftreten, die durch Abhängen und Zubereiten für den Verbraucher noch besser verfügbar werden. Da es sich hierbei um eine vermeidbare Bleisekundärkontamination handelt, ist sehr zu empfehlen, diese Bleikontamination in Zukunft mehr zu beachten und zu versuchen, sie durch Verwendung entsprechender bleifreier Geschosse oder Geschoßkonstruktionen zu vermeiden. Ansätze zu einer Reduzierung der Bleiabgabe der Geschosse an die Wildkörper sind in den letzten Zeiten von einigen Herstellerfirmen bereits unternommen worden.

Literatur

(1) HECHT H.: „Feststellung des Langzeitverhaltens von Schadstoffen im Biozyklus Boden -

Pflanze - Wildtier“, Forschungsbericht 116 08 052 des Umweltbundesamtes Berlin, Kulmbach 1993

- (2) SCHINNER W.: „Untersuchungen über endogene und exogene Einflüsse auf den Blei (Pb)- und Cadmium (Cd)-Gehalt in Muskeln und Organen von Rehwild und Wildkaninchen“ Inaugural-Dissertation, Gießen 1981
- (3) HECHT H.: „Untersuchungen der Kontamination des Fleisches von frei weidenden Schafen und Wild aus originär „metallhaltigen“ und „metallfreien“ Gebieten an toxischen Elementen“ DFG-Forschungsvorhaben Ha 517/20/24, Abschlußbericht 1984
- (4) HECHT H. und HONIKEL K.O.: „Assessment of data sets containing a considerable number of values below the detection limits“, Z.Lebensm.Unters. Forsch. **201**, 592 (1995)
- (5) HECHT H.: „Untersuchung der Kontamination des Wildbretes an Blei und anderen Spurenelementen durch Schrot und absplitternde und dadurch weit im Tierkörper streuende Blei- und Metallpartikel der modernen Hochleistungsgeschosse“. DFG-Forschungsvorhaben Ha 517/23 u. Ha 517/27-1-2-3, Abschlußbericht 1984.