



**Universität für Bodenkultur Wien**

Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung

# Forschungsbericht

## Die Eignung bleifreier Büchsenmunition im Jagdbetrieb

Univ.Prof. Dipl.-Biol. Dr. rer.nat. Klaus HACKLÄNDER

Dipl.-HLFL-Ing. Rudolf HAFELLNER

Robin SANDFORT MSc

**Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft**

Mai 2015



**Anschrift der Verfasser:**

Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung  
Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft  
Gregor-Mendel-Str. 33  
1180 Wien

**Auftraggeber:**

Österreichische Bundesforste AG  
Unternehmensleitung, Geschäftsfeld Jagd  
Pummergeasse 10-12  
3002 Purkersdorf

Salzburger Jägerschaft und Salzburger Berufsjägerverband  
Jagdzentrum Stegenwald  
Pass-Lueg-Straße 8  
5451 Tenneck

# Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG .....	1
2. MATERIAL UND METHODE .....	6
2.1. Geschosse.....	7
2.2. Statistische Auswertung .....	7
2.2.1. Deskriptive Statistik .....	7
2.2.2. Explorative Datenanalyse.....	7
3. ERGEBNISSE.....	10
3.1. Deskriptive Statistik .....	10
3.2. Explorative Datenanalyse .....	12
3.2.1. Fluchtstrecke .....	12
3.2.2. Schweißfährte .....	13
3.2.3. Wildpretbeurteilung.....	17
4. DISKUSSION.....	18
5. ZUSAMMENFASSUNG .....	22
6. SUMMARY.....	23
7. DANKSAGUNG .....	23
8. LITERATURVERZEICHNIS .....	24

# 1. EINLEITUNG

Blei stellt aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften (u.a. hohe spezifische Dichte, geringe Härte), der hohen Verfügbarkeit und der leichten Verarbeitungsmöglichkeit ein ideales Material für die Herstellung und den Einsatz von Jagdmunition dar. Bleihaltige Munition weist beste ballistische Eigenschaften auf und ermöglicht nicht nur eine schnelle Tötungswirkung, sondern auch einen sicheren Jagdbetrieb durch die geringe Gefahr von Abprallern. In den letzten Jahrzehnten wurde die Verwendung von bleihaltiger Jagdmunition jedoch aus verschiedenen Gründen kritisiert (Scheuhammer und Norris 1995, Pokras & Kneeland 2008, Johnson et al. 2013, Bellinger et al. 2013). Blei ist ein giftiges Schwermetall, das zwar als elementares Blei in kompakter Form nicht toxisch wirkt, jedoch verursachen Bleistaub oder gelöste Bleiverbindungen Schäden in zahlreichen physiologischen Systemen von Wirbeltieren. Betroffen sind u.a. das zentral und periphere Nervensystem, die Blutbildung, die Nierenfunktion, das Herz-Kreislauf-System, die Fortpflanzungsorgane und das Immunsystem (Needleman 2004).

Unabhängig von der Art oder dem Aufbau eines Jagdgeschosses (Projektil oder Schrotkugeln) verbleiben unweigerlich Bleirückstände im Wildkörper oder in der Umwelt. Bei der Verwendung von Büchsen geschossen, die als Teilzerleger durch Projektilzersplitterung eine tödliche Wirkung im Wildkörper haben, können Bleifragmente im Wildkörper gefunden werden (Hunt et al. 2006, Knopper et al. 2006), die bis zu 30 cm vom Schusskanal entfernt liegen (Dobrowolska & Melosik 2008). Bleihaltige Deformationsgeschosse hinterlassen im Schusskanal durch den Abrieb Bleistaub. Üblicherweise wird der Schusskanal ausgeschärft und der Splitter enthaltende Aufbruch verworfen. Der weitere Verbleib dieser mit Bleistaub (durch Abrieb) und Bleifragmenten versehenen Teile des Wildkörpers in der Natur stellt jedoch eine Gefahr für Aasfresser dar. Er sollte daher nicht für den Luderplatz verwendet werden oder gar dem Jagdhund verabreicht werden (VKM 2013).

Eine ähnliche Problematik ergibt sich selbstverständlich bei nicht unmittelbar tödlich getroffener Wild, das aufgrund der schlechten Trefferlage oder der schlechten Tötungswirkung (falsches Geschoss, falsche Schussdistanz, etc.) nicht gefunden wird und verletzt in der Umwelt verbleibt. Werden diese nicht von Beutegreifern gefressen, erliegen sie eventuell später ihren Verletzungen und werden in Folge von

Aasfressern konsumiert (Pauli & Burkirk 2007, Knott et al. 2010, Johnson et al. 2013). Neben reinen Aasfressern wie Truthahngerier (Kelly & Johnson 2011, Kelly et al. 2014), Kalifornischer Kondor (Church et al. 2006, Green et al. 2008) oder Kolkraben (Craighead & Bedrosian 2008, Legagneux et al. 2014), sind auch Greifvögel wie Weißkopfseeadler und Steinadler (Wayland & Bollinger 1999, Stauber et al. 2010, Franson und Russel 2014) sowie Raubsäuger wie Grizzlybären (Rogers et al. 2009) oder Pumas (Burco et al. 2012) betroffen. Im Wirbeltiermagen reagieren Bleifragmente mit der Magensäure zu Bleisalzen. Diese sind ebenso wie der durch den Abrieb entstehende Bleistaub bioverfügbar und werden im Dünndarm aufgenommen (Fisher et al. 2006, Hunt et al. 2006). Kurz nach der Aufnahme können in den betroffenen Tieren erhöhte Bleiwerte im Blut festgestellt werden. Die Bleiverbindungen werden jedoch rasch in den stoffwechselaktiven Organen (z.B. Leber, Niere) oder in den Knochen gespeichert. Dort führen sie entweder zu einer chronischen Bleivergiftung oder können bei Mobilisierung (z.B. bei Hunger oder Trächtigkeit) ihre toxische Wirkung entfalten. Für die genannten Wildtiere ist eine erhöhte Gefahr der Bleivergiftung insbesondere in den Jagdzeiten (Herbst, Winter) nachgewiesen, da hier vermehrt Aufbrüche oder nicht unmittelbar verendetes Wild anfallen und Aas einen großen Bestandteil der Nahrung auch bei Greifvögeln und Raubsäufern ausmacht (Johnson et al. 2013).

Im deutschsprachigen Raum haben Todesfälle bei Seeadlern für Aufsehen gesorgt. Hier wurde alimentäre Bleivergiftung in 23% (n=390) aller Todesfälle als Ursache identifiziert (Krone et al. 2009). Im Müritzer Nationalpark verendeten sogar 69% der Totfunde an Bleivergiftung (Spicher 2008). Im Alpenraum wurde in der Vergangenheit mehrfach von vergifteten Steinadlern berichtet (Zechner et al. 2004, Fünfstück 2006, Madry et al. 2015), auch reine Aasfresser wie der Bartgeier sind betroffen (Nationalpark Hohe Tauern 2013).

Die oben genannten arten- und tierschutzrelevanten Gefahren durch Bleimunition treten nicht nur bei der Verwendung von Büchsenmunition auf, sondern treffen auch auf Bleischrote zu. Aufgrund der Streuung der abgegebenen Kugeln gelangt nur ein Teil in den Wildkörper, der Rest fällt zu Boden. Getroffene Tiere müssen nicht tödlich verletzt sein, sondern können Bleischrote im Muskelgewebe tragen (Noer & Madsen 1996, Krone et al. 2009). Der Bleistaub im Wundkanal ist dabei bioverfügbar und kann toxisch wirken. Dies führt zu geschwächten Tieren, die leichter zur Beute von

Greifvögeln und Raubsäugetern werden, womit wiederum diese einer erhöhten Bleizufuhr ausgesetzt sind (Friend et al. 2009).

Die zu Boden gefallenen Schrotkugeln können von Vögeln als Magensteinchen aufgenommen werden. Im Magen werden diese mit den nichtmetallischen Magensteinchen verrieben und der dadurch entstandene Bleistaub wird ebenso bioverfügbar und aufgenommen. Die so betroffenen Vögel werden aufgrund einer Bleivergiftung zur leichten Beute von Beutegreifern. Bleivergiftungen durch Aufnahme von Bleischroten aus Magensteinchen wurden für den Fasan (Calvert 1876, Holland 1882) und Enten (Grinnell 1894) schon im 19. Jahrhundert beschrieben. Da sich Bleischrote vor allen Dingen bei der Wasserwildjagd in Feuchtgebieten ansammeln können, fallen Gänse, Enten und Schwäne häufig einer Bleivergiftungen zum Opfer (Friend 2009). Aber auch anderes Federwild abseits von Gewässern nimmt Bleischrote auf und ist einer möglichen Bleivergiftung ausgesetzt (Fisher et al. 2006, Kreager et al. 2008). Geschwächte Tiere können somit ebenfalls leichter zur Beute werden oder verenden schließlich und werden von Aasfressern angenommen.

Bleimunition stellt aber nicht nur für den Tier- und Artenschutz ein Problem dar. In letzter Zeit wird die Diskussion vermehrt in Hinblick auf die menschliche Gesundheit geführt (z.B. Hunt et al. 2009, Verbrugge et al. 2009, Pain et al. 2010). Zwar ist die Hauptbleiquelle menschlicher Ernährung in Getränken, Getreideprodukten und Gemüse zu finden, Wildpret weist aber absolut gesehen höchste Bleigehalte auf. Wer regelmäßig Wildpret zu sich nimmt, erhöht damit die Bleiaufnahme um das 2,5-fache (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) 2010). Bei JägerInnen, die regelmäßig Wildpret (von mit Bleimunition erlegtem Wild) zu sich nehmen (z.B. JägerInnen) konnten daher schon mehrfach erhöhte Bleiwerte im Blut nachgewiesen werden (Hanning et al. 2003, Levesque et al. 2003, Bjerregaard et al. 2004, Johansen et al. 2004, Hunt et al. 2006, 2009, Iqbal et al. 2009, Tsuji et al. 2008). Neben Bleistaub oder kleinsten Splittern können auch zufällig verschluckte Geschossfragmente zu Bleivergiftung führen (z.B. Mincheff 2004). Aufgrund der hohen Bleibelastung von Wildpret wird Schwangeren und Kleinkindern der Verzehr von Wildbret abgeraten (BfR 2010). Für die World Health Organization gibt es keinen Bleiwert im Blut, der als unbedenklich eingestuft wird (WHO 2014). Derartige Erkenntnisse belegen nicht nur eine gesundheitliche Gefahr für Vielverzehrer von

Wildpret, sondern stellen für die Jagd ein Risiko in Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz dar, gilt doch die Zurverfügungstellung von Wildpret als wesentliches Element des ethischen Selbstverständnisses der Jagd (Seltenhammer et al. 2011).

In Anbetracht dieser Gefahren für den Tier- und Artenschutz, für die Gesundheit von Wildpretverzehrern und letztlich für das Image der Jagd findet weltweit seit Jahrzehnten eine intensive Diskussion über das Verbot von Bleimunition im Jagdbetrieb statt. Bei der Jagd auf Wasserwild wird bereits in über 29 Staaten auf die Verwendung von bleihaltiger Munition verzichtet (Avery und Watson 2009, AEWA 2009). In den USA und Kanada hat dies zu einer deutlichen Reduktion der an Bleivergiftung verendeten Vögel geführt und gilt als große Errungenschaft im Artenschutz Amerikas (Anderson et al. 2000). Seit 2012 ist auch in Österreich bei der Jagd auf Wasserwild die Verwendung von Bleischrot verboten. In einigen Staaten (z.B. Schweden und Dänemark) wird generell auf Bleischrot verzichtet (Avery und Watson 2009). Für bleihaltige Büchsenmunition existieren in Mauretanien, Schweden, einigen Bundesländer Deutschlands, auf Hokkaido/Japan und in Kalifornien Verbote (Thomas 2013). In Österreich bekannten sich alle Landesjägermeister zur bleifreien Zukunft und zum mittelfristigen Umstieg bei den Büchsengeschossen (Anonymus 2014). Darüber hinaus gibt es bereits einen freiwilligen Verzicht der Verwendung von Bleimunition in Nationalparks (z.B. Hohe Tauern, Gesäuse und Thayatal, Rupprechter 2015) und bei den Österreichischen Bundesforsten (Völk & Erlacher 2015). Für ganz Österreich sieht das zuständige Ministerium einen Ausstieg der Bleimunition vor (Rupprechter 2015), ein Verbot ist jedoch nicht geplant.

Ein Ausstieg oder gar Verbot von Bleimunition setzt das Vorhandensein von Alternativen voraus, damit die Jagd weiterhin durchgeführt werden kann. Bei Büchsenmunition umfasst das alternative Angebot vor allem Vollgeschosse aus Kupfer, einer Legierung aus Kupfer und Zink oder Mantel-/Kerngeschosse mit Zinn statt Blei. Obwohl diese alternativen Geschosse ebenfalls geringe Mengen an Blei enthalten können (Göttlein et al. 2013), werden sie als bleifreie Munition bezeichnet (in Folge auch in diesem Bericht). Die Verfügbarkeit wächst sowohl durch die gestiegene Nachfrage als auch durch den politischen Druck und ist bereits für die meisten Kaliber vorhanden (Elbing & Schmid 2013b, Thomas 2013). Die Ansprüche an bleifreien Alternativen sind jedoch vielfältig. Sie müssen das Wild unmittelbar

töten, dürfen die Sicherheit im Jagdbetrieb nicht gefährden und sollten ein hochwertiges Wildpret liefern, d.h. sollten nicht durch andere Substanzen toxische Wirkungen haben oder das Wildpret zerstören. Umfragen unter deutschen Jägern zeigten, dass fast 70% der Befragten (n=1663) zum Wechsel auf bleifreie Munition bereit wären, wenn sie von der Praxistauglichkeit der Alternativmunition überzeugt werden würden (Zieschank und Schuck-Wersig 2010). Eine weitere Umfrage in Deutschland vom Deutschen Jagdschutz Verband DJV (Hoffmann 2013) belegte, dass 34% der Befragten (n=1688) zu bleifreier Munition gewechselt hatten und davon 64% bei bleifreier Munition geblieben sind.

Für viele Geschosse der auf dem Markt befindlichen bleifreien Geschosse fehlt noch eine unabhängige Überprüfung der Praxistauglichkeit vor dem Hintergrund der oben genannten Anforderungen (Caudell et al. 2012). Darüber hinaus ist Ballistik ein komplexes Wissenschaftsfeld, für das nur wenige quantitative Untersuchungen vorliegen (Epps 2014). Die Ergebnisse von Praxistests sind nicht eindeutig: Bleifreie Geschosse führten in Deutschland (Bahr 2013) zu längeren Fluchtstrecken, d.h. geringerer Tötungswirkung, weniger Schweiß durch den Ausschuss und damit zu längeren Nachsuchen bzw. zur Notwendigkeit, Hunde für die Nachsuche einzusetzen. Andere Untersuchungen aus Deutschland (Spicher 2008, Trinogga et al. 2013, Gremse und Rieger 2014), Österreich (Steinhauser 2014, Traube 2015) und dem Vereinigten Königreich (Knott et al. 2009) konnten keine (statistischen) Unterschiede in der Wirkung von bleihaltigen und bleifreien Geschossen feststellen. Diese Widersprüche verunsichern viele Jägerinnen und Jäger. Ohne Zweifel besteht daher ein großer Bedarf nach weiteren Erfahrungen aus der Praxis, zumal auch immer neue Produkte auf dem Markt verfügbar sind.

In der vorliegenden Studie wurden MitarbeiterInnen und erfahrene Ausgeher der Österreichischen Bundesforste (ÖBf) sowie Berufsjäger aus Salzburg aufgefordert, Erfahrungen bei der Verwendung von bleifreien Büchsen geschossen hinsichtlich ihrer Tauglichkeit im Jagdbetrieb zu protokollieren. Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse der Vergangenheit in Bezug auf die jagdliche Eignung von bleifreier Büchsenmunition wurden folgende Hypothesen aufgestellt: Bei Verwendung bleifreier Munition sind die Fluchtstrecken des Wildes höher, ist der Austritt von Schweiß geringer und wird die Wildpretqualität negativ beeinträchtigt.



## 2. MATERIAL UND METHODE

In den Jahren 2009 bis 2015 wurden insgesamt 1231 Abschüsse von 22 ÖBf-Schützen (Berufsjäger, Förster, Ausgeher) und 13 Salzburger Berufsjägern protokolliert. Darin wurden Parameter für insgesamt 55 Variablen zum Schützen, der Waffe, der Munition, der Schussabgabe, der Trefferlage, zum Verhalten des Wildes sowie der Wildpretqualität abgefragt. Für die Auswertung wurden nur jene Variablen verwendet, die in Bezug zu den aufgestellten Hypothesen stehen. Hinsichtlich des Geschosses gingen folgende Parameter ein: Geschoss (z.B. RWS H-Mantel), Geschossmasse (z.B. 11,2g), Kombination aus Geschoss und Geschossmasse (z.B. RWS H-Mantel 11,2g), Kaliber (z.B. 7x64), Geschossmaterial (bleihaltig vs. bleifrei) und Wirkungsweise (Deformationsgeschoss vs. Teilerleger). Das Gewehr und seine Parameter (Hersteller, Typ, Lauflänge etc.) konnte ebensowenig wie der Schütze berücksichtigt werden, da die Schützen zumeist nur eine Waffe verwendet hatten und daher nicht zwischen dem Effekt des Schützen und des Gewehrs unterschieden werden konnte. Jedenfalls wurden in dieser Untersuchung ausnahmslos professionelle JägerInnen eingesetzt und die Geschosse vor ihrem jagdlichen Einsatz am Schießstand auf ihre Tauglichkeit getestet. Zum Einsatz kamen nur jene Geschosse, die mit dem jeweils verwendeten Gewehr auf dem Schießstand keinerlei Beanstandungen mit sich brachten. Für die Situation der Schussabgabe wurden folgende Parameter berücksichtigt: Erlegungsort (Freifläche, deckungsreich, durch Vegetation), Wildart (Rehwild, n=345; Gamswild, n=198; Rotwild, n=461; Sikawild, n=1; Damwild, n=2, Muffelwild, n=11, Schwarzwild, n=211, Murmeltier, n=1), Gewichtsklasse (in 10kg-Klassen), Verhalten vor dem Schuss (äsend/vertraut, ziehend, alarmiert/gestresst) und Schussentfernung (in 50m-Klassen). Parameter zur Wirkung im Wildkörper waren Sitz des Treffers bzw. des Ausschusses (Kammer, Schulter, Keule, Weich, Träger, Rücken, Haupt, Stich, Vorderlauf, Hinterlauf), Ausschussgröße (in 20mm-Klassen), Schusskanal (geradlinig, nicht geradlinig), Schweiß (kein, wenig, reichlich), Fluchtstrecke (in 10m-Klassen, „am Anschuss“=0-9m), Knochentreffer (ja vs. nein), Wildpretzustand (sehr gut, gut, befriedigend, mangelhaft). Angaben in m beruhen auf Schätzungen, Wildgewichte (aufgebrochen, ohne Haupt) wurden mittels Waage in der Wildkammer erhoben. Da die Protokolle während des Versuchszeitraums erweitert bzw. nicht alle Protokolle vollständig ausgefüllt wurden, variiert die Stichprobengröße für die einzelnen Variablen.

## 2.1. Geschosse

Im Projekt wurden 15 verschiedene nicht-formstabile Geschosstypen verwendet, davon 12 bleifreie und drei bleihaltige. Insgesamt lagen 14 verschiedene Kaliber vor, die je nach Material und Bauart unterschiedliche Geschossgewichte aufwiesen (s. Tabelle 1).

## 2.2. Statistische Auswertung

### 2.2.1. Deskriptive Statistik

Um zu prüfen, ob für die Bearbeitung der Hypothesen ein geeigneter Datensatz zur Verfügung steht, wurde die Anzahl der Protokolle mit bleifreier bzw. bleihaltiger Munition in Bezug auf Wildart, Verhalten vor dem Schuss, Schussentfernung und Treffersitz in Häufigkeitsdiagrammen dargestellt. Für die Interpretation der explorativen Datenanalyse (s.u.) sind Informationen darüber, ob z.B. bei der Verwendung bleifreier Munition mehrheitlich Haupttreffer vorhanden waren oder bleihaltige Munition nur auf kurze Schussentfernungen eingesetzt wurde, wichtig. Die Verteilung in Bezug auf das Geschossmaterial wurden mit Hilfe von Chi-Quadrat-Tests analysiert.

### 2.2.2. Explorative Datenanalyse

Die zahlreichen Variablen, die für einen jagdlich einwandfreien Schuss verantwortlich sind und zu einer geringstmöglichen Wildpretentwertung führen, stehen miteinander in Wechselwirkung. Ein vereinfachter Vergleich der Leistung von bleifreien und bleihaltigen Geschossen ist selbst von großen Stichproben daher nicht zu empfehlen. Um unvoreingenommen jene Parameter zu bestimmen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Fluchtstrecke, die Schweißfährte oder die Wildpretqualität haben, wurde für die Analyse ein „conditional inference tree-Verfahren“ (Hothorn et al. 2006) gewählt, das Regressionsbäume mit „conditional inference procedures“ verschneidet (Package Party 1.0-20, Programm R, R Core Team 2014). Diese nicht-parametrische Klasse an Regressionsbäumen kann auf

Geschoss	Material	Wirkungsweise	Kaliber	Masse (g)	Rehwild	Rotwild	Sikawild	Damwild	Gamswild	Muffelwild	Schwarzwild	Murmeltier	Stichprobe
RWS DK	Blei	Teilzeileger	.300 WinM Mag	10,7		10			1		39		50
RWS DK	Blei	Teilzeileger	.30-06	10,7	20	9			5		30		64
RWS DK	Blei	Teilzeileger	.308 Win	10,7	9	17			12				38
RWS HM Anteil	Blei	Teilzeileger	7x64	11,2	8	1							9
RWS HM Anteil	Blei	Teilzeileger	9,3x62	16,7	22	18			8				48
RWS ID Classic	Blei	Teilzeileger	7x64	10,5	5	12			2		1		20
Brenneke TiG Nature	Zinn	Teilzeileger	7x64	8,3	21	12		1	17		4		55
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	5,6x50R	3,1	10								10
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	.243 Win	4,7	1	3			18	5	1		4
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	6x62 Frieres Blaser	4,7	25	12							61
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	6,5x55	5,6	6								6
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	7x64	7,6	2	5					14		5
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	.30-06	9,2	2				1				17
Jaguar Classic	Kupfer	Teilzeileger	.308 Win	9,2					2				2
Norma Kalahari	Kupfer	Teilzeileger	.270 Win	7,8	16	44			14	5	2	1	82
RWS Evolution Green	Zinn	Teilzeileger	7mm Rem Mag	8,1	7	19							26
RWS Evolution Green	Zinn	Teilzeileger	.300 WinM Mag	8,8	1	41			2				44
RWS Evolution Green	Zinn	Teilzeileger	.30-06	8,8	16	1			1				18
RWS Evolution Green	Zinn	Teilzeileger	.308 Win	8,8	12	11							23
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	.270 Win	5,4	11	25			4	1			41
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	7x64	10,7	7								7
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	.300 WinM Mag	11,7	3						67		70
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	.30-06	11,7	46	25		1	16				89
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	.308 Win	11,7	21	45			60				126
Barnes TSX	Kupfer	Deformation	9,3x62	16,2	15	22			14				51
Barnes TT SX	Kupfer	Deformation	7x64	9,1	5	14			6				25
Barnes TT SX	Kupfer	Deformation	7x64	9,7		1							1
Barnes TT SX	Kupfer	Deformation	7mm Rem Mag	11,7		13				14			27
Blaser CDC	Kupfer	Deformation	7mm Blaser Mag	9,4	7	23							30
Forstner IbeX	Kupfer	Deformation	.243 Win	5,0	7	2							9
Forstner IbeX	Kupfer	Deformation	6,5x57	6,3	5	19			1				25
Forstner IbeX	Kupfer	Deformation	.270 Win	7,8	13	23			3		10		49
Hornady GM X	Kupfer-Zinn	Deformation	.30-06	9,7	6								6
Nosler E-Tip	Kupfer	Deformation	.300 WinM Mag	11,7	3	7			1				11
Sellier & Bellot XRG	Kupfer	Deformation	.30-06	11,7	5	4			3				12
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	.243 Win	4,9	1	5							6
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	7x64	7,8					1		20		21
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	.308 Win	7,8							1		1
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	.300 WSM	7,8	3								3
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	.300 WinM Mag	10,8	1								1
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	.30-06	10,9	3	6					5		14
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	9,3x62	12,3							3		3
Syria Arms Aero	Kupfer	Deformation	9,3x62	14,9	3	9			4				16
		Summe			346	458	1	2	196	11	211	1	1226

Tabelle 1: Übersicht über die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Geschosse, deren hauptsächliches Material, Wirkungsweise, Kaliber und Masse sowie die auf die Wildarten bezogenen Stichproben. Informationen zu Material und Wirkungsweise entsprechen Herstellerangaben

unterschiedliche Regressionsprobleme angewendet werden, z.B. für nominale, ordinale, numerische, zensierte sowie multivariate abhängige Variablen. Als Ergebnis werden Entscheidungsbäume erstellt, in denen hierarchisch aufeinanderfolgende Entscheidungen dokumentiert werden. Damit können auch multiple Wechselwirkungen zwischen den Variablen berücksichtigt werden.

Zur Feststellung jener Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf die Fluchstrecke und die Schweißfährte haben, wurden im Modell zunächst folgende Variablen verwendet: Geschoss, Geschossmasse, Kombination aus Geschoss und dessen Masse, Kaliber, Geschossmaterial, Wirkungsweise, Wildart, Gewichtsklasse des Wildes, Erlegungsort, Schussentfernung, Verhalten des Wildes vor dem Schuss, Treffersitz, Schusskanal, Ausschusssitz und Ausschussgröße. Alle nicht signifikanten Parameter wurden dann in einem zweiten Schritt ausgeschlossen, um die Bedeutung der signifikanten Parameter in einem reduzierten Modell herauszuarbeiten. Bei den dargestellten Ergebnissen werden nur die reduzierten Modelle berücksichtigt. Protokolle, bei denen mehrere Schüsse auf den Wildkörper abgegeben wurden (z.B. Fangschüsse) konnten nicht für die Auswertung berücksichtigt werden, wenn nicht klar ersichtlich war, auf welchen Schuss die Auswirkungen auf den Wildkörper zurückzuführen waren.

Für die Bearbeitung der Frage, welchen Variablen auf die Beurteilung der Wildpretqualität Einfluss nahmen, wurden ebenfalls jene Protokolle, die über eine längere Nachsuche berichteten, nicht herangezogen. Das volle Modell mit der abhängigen Variablen Wildpretzustand enthielt die unabhängigen Variablen Geschoss, Geschossmasse, Kombination aus Geschoss und dessen Masse, Kaliber, Geschossmaterial, Wirkungsweise, Wildart, Gewichtsklasse des Wildes, Erlegungsort, Schussentfernung, Verhalten des Wildes vor dem Schuss, Treffersitz, Schusskanal, Knochentreffer, Ausschusssitz und Ausschussgröße. Auch hier wurde für die Darstellung im Ergebnisteil ein reduziertes Modell mit den signifikanten Parametern verwendet.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Deskriptive Statistik

Von den 1231 abgegebenen Protokollen konnten 1226 für die Analysen verwendet werden. In 998 Fällen wurden bleifreie Geschosse eingesetzt und in 228 Fällen bleihaltige Geschosse. Die Verwendung von bleifreier und bleihaltiger Munition war über die Wildarten nicht gleich verteilt. ( $\chi^2=38,41$ ,  $df=7$ ,  $p<0,0001$ , Abb. 1). Bleihaltige Munition wurde nur für Reh-, Rot-, Gams- und Schwarzwild verwendet. Für die Gesamtanalyse spielen jedoch Murmeltier, Sika-, Dam- und Muffelwild aufgrund der geringen Stichprobe ohnehin eine untergeordnete Rolle. Das Verhalten der Tiere vor dem Schuss unterschied sich nicht in Hinblick auf das verwendete Geschossmaterial ( $\chi^2=5,96$ ,  $df=4$ ,  $p=0,202$ , Abb. 2). Beim Einsatz von bleifreien Geschossen wurden häufiger weite Schussdistanzen verwendet ( $\chi^2=51,16$ ,  $df=5$ ,  $p<0,0001$ , Abb. 3). Auch die Verteilung der Treffersitze war je nach verwendetem Geschossmaterial verschieden ( $\chi^2=143,62$ ,  $df=9$ ,  $p<0,0001$ , Abb. 4). Auffallend häufiger wurden bei der Verwendung bleihaltiger Munition Treffer auf der Schulter protokolliert. Weichtreffer waren bei Verwendung bleifreier Munition häufiger. Haupttreffer waren insgesamt selten.

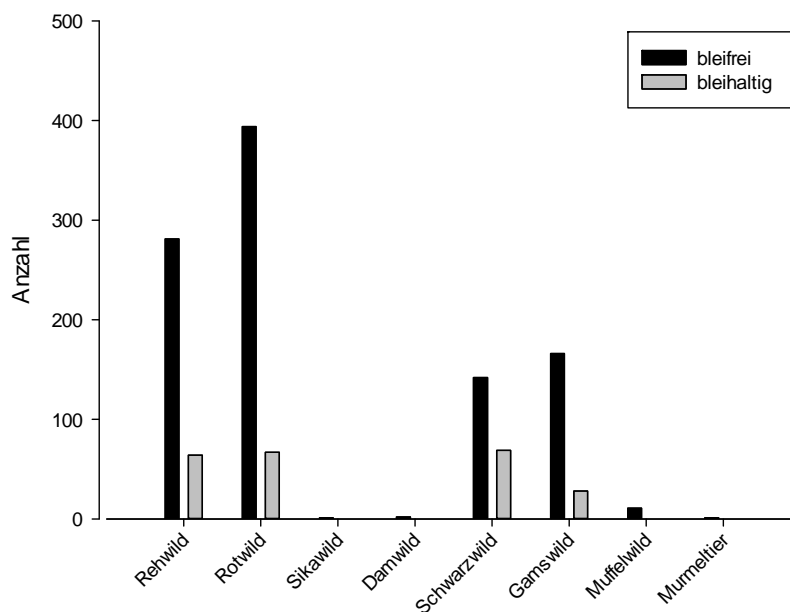


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der beschossenen Wildarten in Bezug zum verwendeten Geschossmaterial

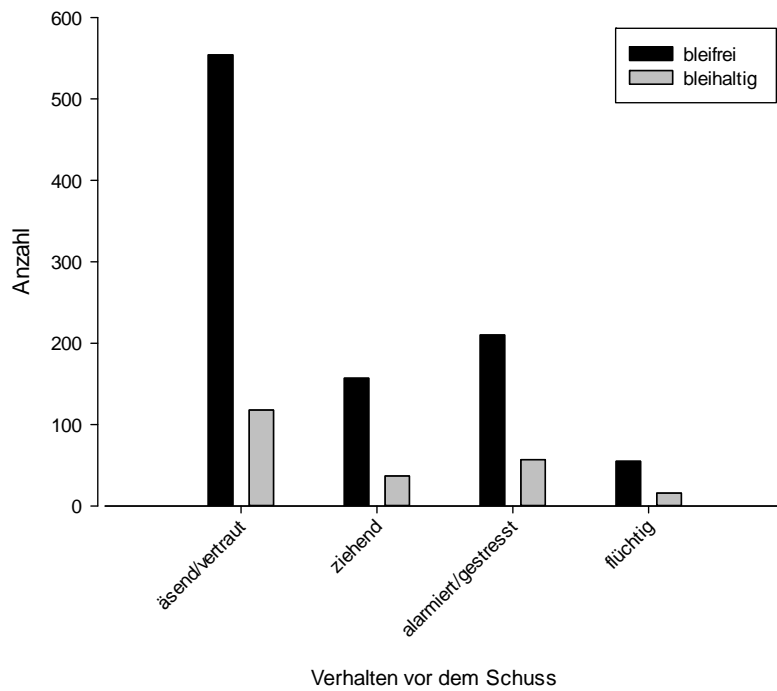


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der dokumentierten Verhaltensweisen vor dem Schuss in Bezug zum verwendeten Geschossmaterial

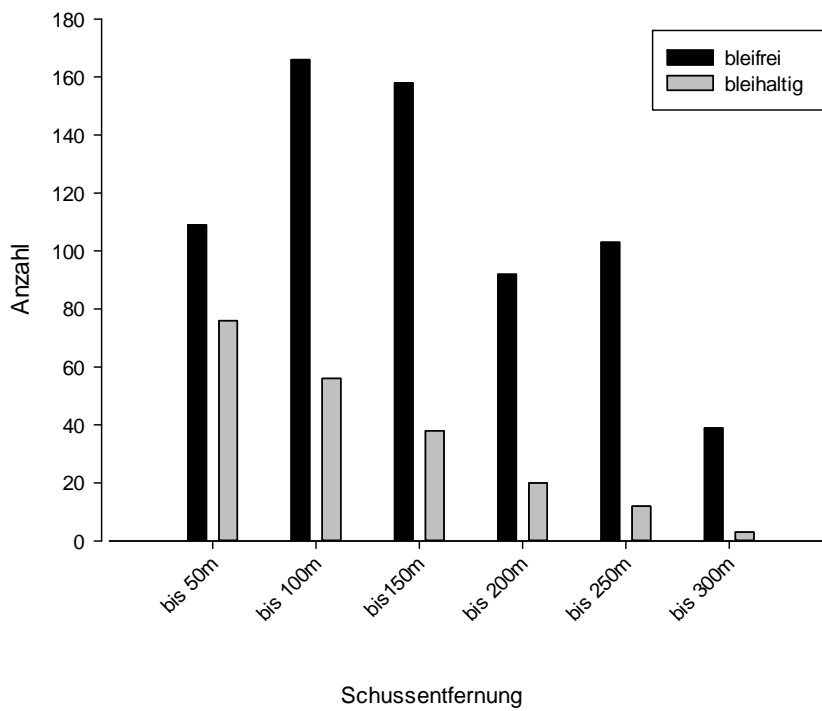


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der dokumentierten Schussentfernungen in Bezug zum verwendeten Geschossmaterial

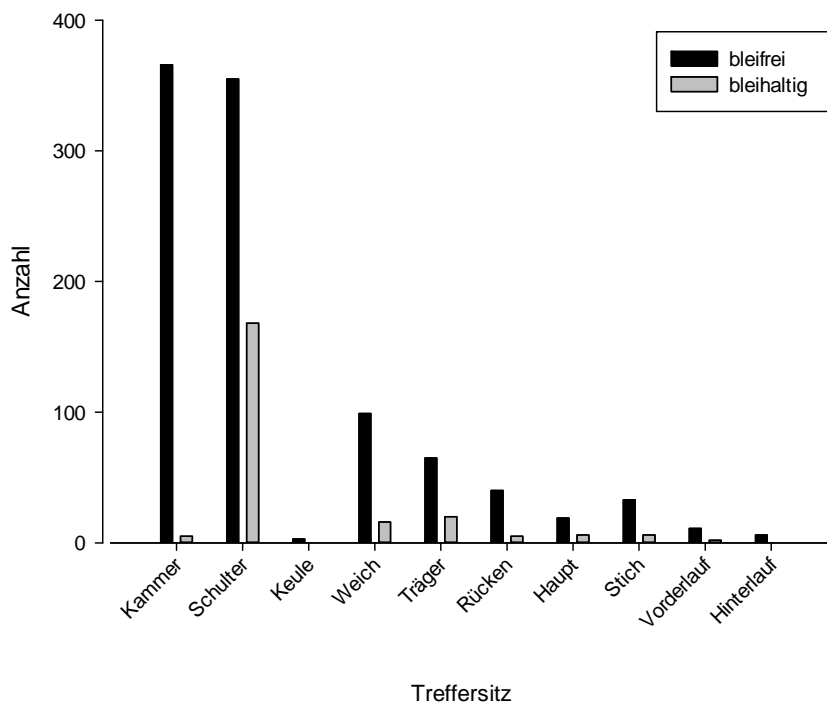


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der dokumentierten Treffer in Bezug zum verwendeten Geschossmaterial

## 3.2. Explorative Datenanalyse

### 3.2.1. Fluchtstrecke

Die Wildart hatte den stärksten Effekt auf die Länge der Fluchtstrecke. Ebenfalls von Bedeutung waren der Treffersitz und die Gewichtsklasse der Tiere sowie deren Wechselwirkungen (Abb. 5). Für die Variablen Geschoss sowie Kombination aus Geschoss und Geschossmasse, Kaliber, Geschossmaterial, Massestabilität des Geschosses, Erlegungsort, Verhalten vor dem Schuss, Schussentfernung, Schusskanal, Sitz des Ausschusses oder Ausschussgröße konnten im Modell keine signifikanten Effekte festgestellt werden. Die Fluchtstrecke von Rot- und Damwild lag im Median bei 0-9m, wenn die Stücke weniger als 90kg wogen und das Tier auf dem Haupt, dem Träger oder dem Rücken getroffen wurde. In dieser Gewichtsklasse lag die Fluchtstrecke im Median zwischen 10-19m, wenn der Einschuss in die Schulter oder auf den Stich erfolgte. Bei Stücken über 90kg wurde bei Schulter-, Träger-, Rücken-, Haupt- oder Stichtreffern ein Median der Fluchtstrecke von 40-49m erzielt.

Kammer-, Weich- und Laufftreffer führten bei Stücken über 80kg im Median zu einer Fluchtstrecke zwischen 70-79m. Für diese Einschussorte wiesen Stücke bis zu 80kg einen Median der Fluchtstrecke von 40-49m auf.

Auch bei der Gruppe der anderen Wildarten (Reh-, Sika-, Gams-, Muffel-, Schwarzwild und Murmeltier) führte ein Träger-, Rücken-, Stich- oder Haupttreffer dazu, dass die Stücke zu ca. 92% am Anschuss lagen (Median 0-9m). Schüsse auf die Schulter oder die Keule erbrachten ebenfalls einen Median der Fluchtstrecke von 0-9m. Die genannten Wildarten lagen bei Kammer-, Weich- und Hinterlaufftreffern im Median zwischen 10-19m vom Trefferort entfernt. Lediglich Vorderlaufftreffer führten zu langen Fluchtstrecken, die im Median bei 70-79m lagen.

### 3.2.2. Schweißfährte

Im reduzierten Gesamtmodell hatte die Kombination aus Geschoss und dessen Masse den stärksten Einfluss auf die Schweißfährte. Weiters spielten die Wechselwirkung zwischen Ausschussgröße und Ausschusssitz sowie zwischen Ausschussgröße und Kombination von Geschoss und dessen Masse eine Rolle (Abb. 6). Keinen signifikanten Einfluss auf die Schweißproduktion hatten Erlegungsort, Wildart, Gewichtsklasse des Wildes, Verhalten vor dem Schuss, Schussentfernung, Treffersitz, Geschossmaterial, Kaliber, Massestabilität, Geschossgewicht oder der Schusskanal. Die Geschosse Barnes TSX 10,7g, 11,7g und 16,2g, Barnes TTSX 9,7g und 11,7g, Forstner Ibex 5g und 7,8g, Hornady GMX 9,7g, Jaguar Classic 3,1g und 4,7g, Norma Kalahari 7,8g, Sellier & Bellot XRG 11,7g, Styria Arms Aero 4,9g, 7,8g und 14,9g führten unabhängig von der Ausschussgröße im Median zu wenig Schweiß. Bei einer Ausschussgröße von über 20mm Durchmesser wurde im Median reichlich Schweiß durch die Geschosse Barnes TSX 5,4g, Barnes TTSX 9,1g, Blaser CDC 9,4g, Brenneke TIG Nature 8,3g, Forstner Ibex 6,3g, Jaguar Classic 5,6g und 9,2g, NORMA Kalahari 8,1g, Nosler E-Tip 11,7g, RWS Evolution Green 8,8g, RWS DK 10,7g, RWS H-Mantel 11,2g und 16,7g, RWS ID Classic 10,5g, Styria Arms Aero 10,7g, 10,9g und 12,3g erzielt. Bei einer Ausschussgröße bis 20mm Durchmesser zeigten Ausschüsse im Bereich Kammer, Träger, Haupt und Stich im Median reichlich Schweiß. Wenig Schweiß hingegen wurde bei dieser Ausschussgröße protokolliert, wenn der Ausschuss im Weichbereich, in der Schulter, dem Rücken oder dem Vorderlauf saß.



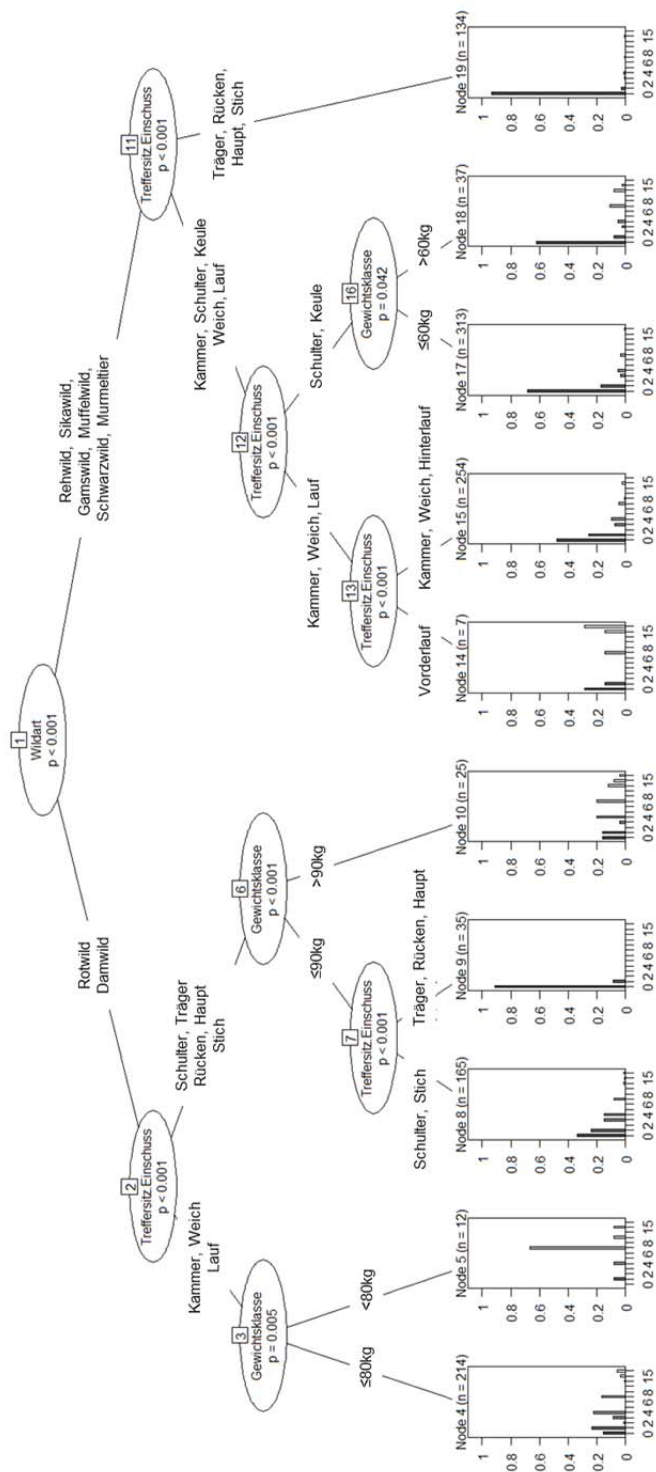


Abb. 5: Entscheidungsbaum des reduzierten Modells zur Beurteilung der Einflussgrößen für die Fluchtstrecke. Signifikante Variablen sind an den Knotenpunkten (nodes) mit dem Signifikanzniveau in Ellipsen angegeben. Verbindungen zwischen den Knotenpunkten geben die Gruppeneinteilungen an. Endpunkte der Entscheidungsbäume sind Häufigkeitsdiagramme (mit Stichprobengrößen n), wobei in der x-Achse die Klassen der Fluchtstrecken angegeben sind (0=0-9m, 1=10-19m, 2=20-29m,...15=150-159m, 16=über 160m)

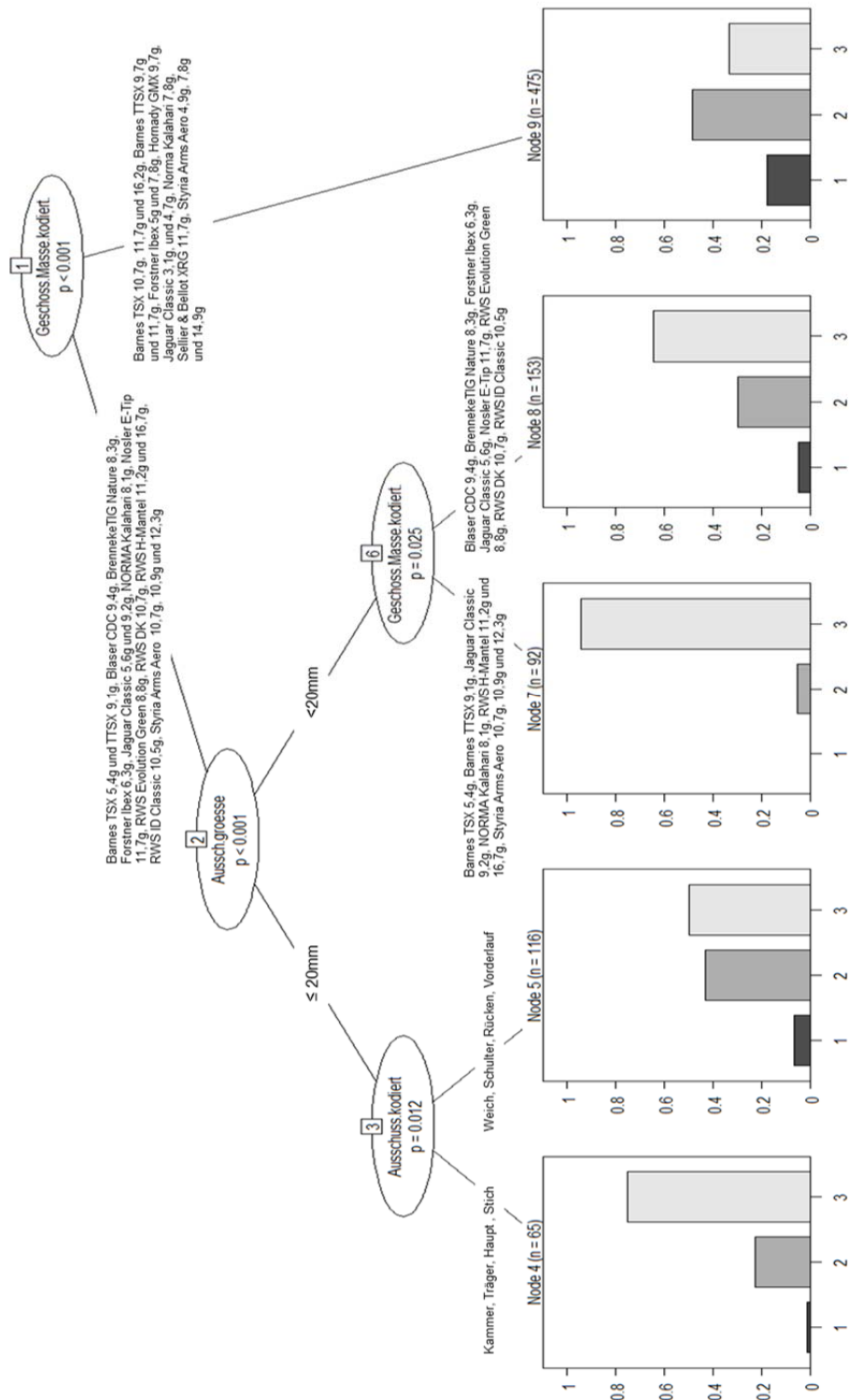


Abb. 6: Entscheidungsbaum des reduzierten Modells zur Beurteilung der Einflussgrößen für die Schweißfährte. Signifikante Variablen sind an den Knotenpunkten (nodes) mit dem Signifikanzniveau in Ellipsen angegeben. Verbindungen zwischen den Knotenpunkten geben die Gruppeneinteilungen an. Endpunkte der Entscheidungsbäume sind Häufigkeitsdiagramme (mit Stichprobengrößen n), wobei in der x-Achse die Klassen der Schweißfährte angegeben sind (1=kein Schweiß, 2=wenig Schweiß, 3=reichlich Schweiß)

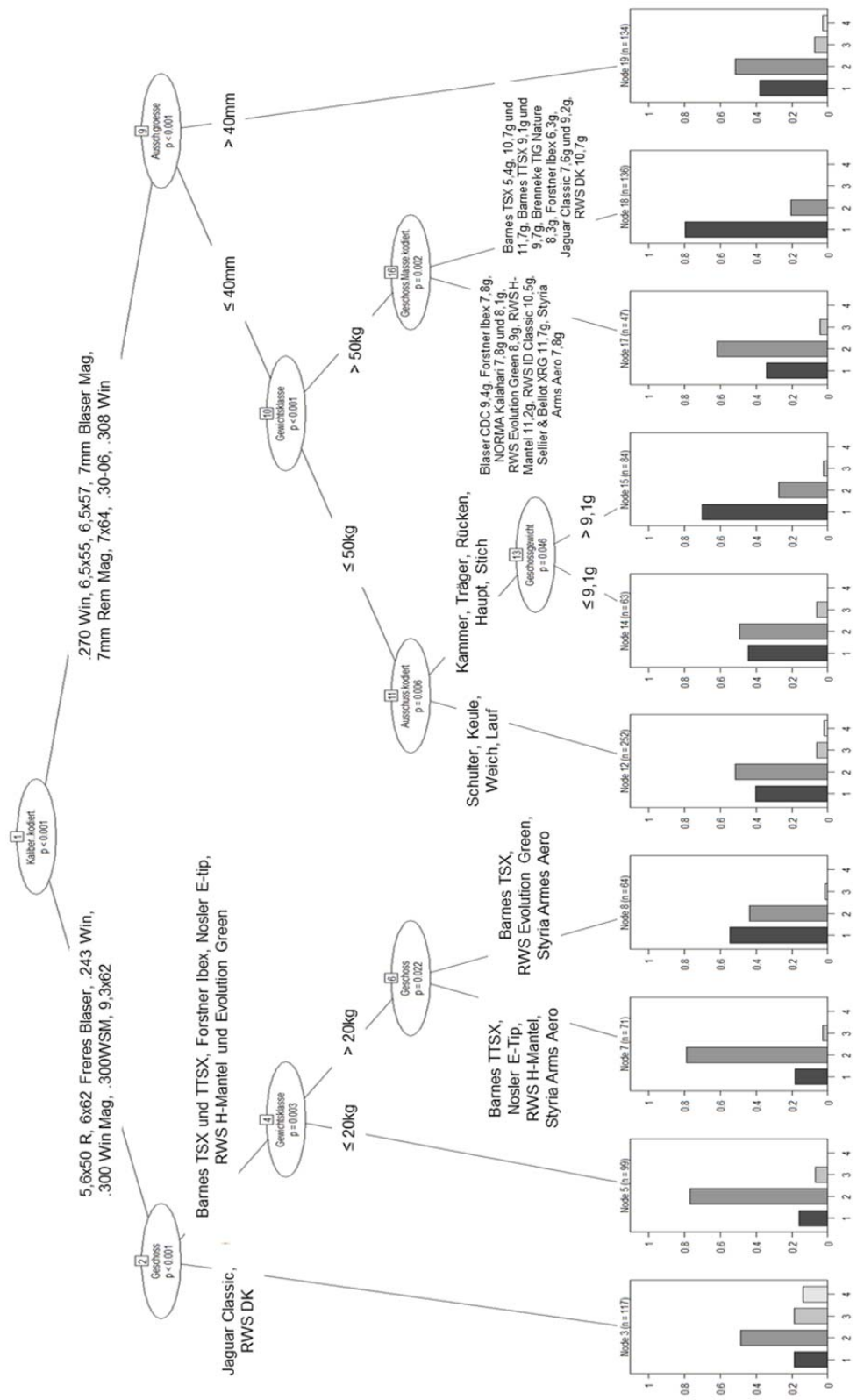


Abb. 7: Entscheidungsbaum des reduzierten Modells zur Beurteilung der Einflussgrößen für die Wildpretbeurteilung. Signifikante Variablen sind an den Knotenpunkten (nodes) in Ellipsen mit dem Signifikanzniveau angegeben. Verbindungen zwischen den Knotenpunkten geben die Gruppeneinteilungen an. Endpunkte der Entscheidungsbäume sind Häufigkeitsdiagramme (mit Stichprobengrößen n), wobei in der x-Achse die Beurteilung des Wildprets angegeben sind (1=sehr gut, 2=gut, 3=befriedigend, 4=mangelhaft)

### 3.2.3. Wildpretbeurteilung

Die Wildpretbewertung wurde im reduzierten Modell insbesondere vom verwendeten Kaliber beeinflusst. In weiterer Folge spielten das Geschoss, die Geschossmasse, die Kombination aus Geschoss und dessen Masse, die Gewichtsklasse der Stücke sowie der Sitz und die Größe des Ausschusses eine Rolle (Abb.7). Keinen signifikanten Einfluss auf die Wildpretbewertung hatten Wildart, Schussentfernung, Verhalten vor dem Schuss, Massestabilität und Material des Geschosses sowie Treffersitz, Schusskanal und Knochentreffer.

Die Kaliber .270 Win, 6,5x55, 6,5x57, 7mm Blaser Mag, 7mm Rem Mag, 7x64, .30-06, .308 Win führten bei Ausschussgrößen über 40mm Durchmesser zu im Median guten Beurteilungen des Wildprets. Wurden die genannten Kaliber mit kleineren Ausschussgrößen dokumentiert und waren die beschossenen Stücke über 50kg schwer, dann bewirkten die Geschosse Barnes TSX 5,4g, 10,7g und 11,7g, Barnes TTSX 9,1g und 9,7g, Brenneke TIG Nature 8,3g, Forstner Ibex 6,3g, Jaguar Classic 7,6g und 9,2g sowie RWS DK 10,7g im Median sehr gute Wildpretbeurteilungen. Für die Geschosse Blaser CDC 9,4g, Forstner Ibex 7,8g, NORMA Kalahari 7,8g und 8,1g, RWS Evolution Green 8,9g, RWS H-Mantel 11,2g, RWS ID Classic 10,5g, Sellier & Bellot XRG 11,7g sowie Styria Arms Aero 7,8g konnten unter diesen Bedingungen im Median gute Wildpretbeurteilungen dokumentiert werden. Bei der genannten Ausschussgröße von höchstens 40mm und einem Wildgewicht von höchstens 50kg konnten Ausschüsse in der Schulter, der Keule, den Läufen oder im Weichkörper mit guten Wildpretbeurteilungen in Verbindung gebracht werden. In dieser Situation hing die Beurteilung des Wildpretzustands bei Kammer-, Träger-, Rücken-, Haupt- und Stichausschüssen vom Geschossgewicht ab. Jene Geschosse über 9,1g führten im Median zu sehr guten Beurteilungen, wohingegen Geschosse bis höchstens 9,1g eher gute Beurteilungen nach sich zogen.

Für die Gruppe der Kaliber 5,6x50 R, 6x62 Freres Blaser, .243 Win, .300 Win Mag, .300WSM sowie 9,3x62 wurde die Wildpretqualität im Median mit gut beurteilt, wenn die Geschosse Jaguar Classic oder RWS DK eingesetzt wurden. Bei den Geschossen Barnes TSX und TTSX, Forstner Ibex, Nosler E-tip, RWS H-Mantel und Evolution Green und Styria Arms Aero hing die Wildpretbeurteilung u.a. von der Gewichtsklasse der beschossenen Stücke ab. Bis höchsten 20kg Wildgewicht wurden für diese Geschosse in den genannten Kalibern im Median gute

Beurteilungen des Wildpretzustandes dokumentiert. Stücke über 20kg führten bei der Verwendung von Barnes TSX, Forstner Ibox und RWS Evolution Green im Median zu sehr guten Beurteilungen. Die Geschosse Barnes TTSX, Nosler E-Tip, RWS H-Mantel und Styria Arms Aero ergaben unter diesen Bedingungen im Median gute Wildpretbeurteilungen.

## 4. DISKUSSION

Die ausgewerteten 1226 Abschussprotokolle der Österreichischen Bundesforste sowie der Salzburger Berufsjägerschaft lieferten keinen Hinweis dafür, dass bleifreie Geschosse generell zu größeren Fluchtstrecken, schlechteren Schweißfährten und geringerer Wildpretqualität führen. Das Geschossmaterial beeinflusste keines der drei Bereiche des Jagdbetriebes signifikant, obwohl für die verwendete bleifreie Munition entsprechend der Stichprobenverteilung ungünstige Vorbedingungen galten. So waren z.B. für bleifreie Munition weite Schussentfernungen oder Weichschüsse relativ häufiger als bei der Verwendung bleihaltiger Munition.

Abgesehen von der Tatsache, dass wir die gestellten Hypothesen nicht bestätigen konnten, bringen die Ergebnisse der Regressionsanalyse für den erfahrenen Schützen wenig Überraschendes, sondern bestätigen vielmehr gängige Jagdpraxis. Fluchtstrecken sind bei stärkerem Wild (Rot- und Damwild) und schlechten Treffern (Weich, Lauf) größer (Abb. 5). Schweißfährten hängen davon ab, welches Geschoss verwendet wird (wie das Geschoss im Wildkörper wirkt), wie groß der Ausschuss ist bzw. wo sich dieser befindet (Abb. 6). Die Beurteilung der Wildpretqualität wiederum wird vom Kaliber, von der Masse und der Konstruktion des verwendeten Geschosses, dem Wildgewicht und dem Sitz und der Größe des Ausschusses beeinflusst (Abb. 7). Dass diese Ergebnisse herausgefiltert und erkannt werden, spricht für den verwendeten Test. Dass das Geschossmaterial in keinem Fall als signifikante Variable aufscheint, ist damit umso gewichtiger und spricht damit für die grundsätzliche Eignung bleifreier Geschosse für den Jagdbetrieb.

Damit bestätigen diese Erfahrungen die Aussage bisheriger Studien, dass das Geschossmaterial selbst nicht über die Wirkung eines Geschosses entscheidet (Spicher 2008, Knott et al. 2009, Trinogga et al. 2013, Gremse und Rieger 2014). Die Auswertung der abgegebenen Protokolle steht gleichzeitig im Widerspruch zu Bahr (2013), der bei der Verwendung bleifreier Munition größere Fluchtstrecken und

geringere Schweißproduktion feststellen konnte. Dass Bahr (2013) zu dieser Beurteilung gelangte, mag an der von ihm gewählten einfaktoriellen Auswertung liegen. Bedenkt man die vielseitigen Wechselwirkung, die über die Eignung einer Jagdmunition entscheiden, ist es wenig sinnvoll, die verwendeten Geschosse je nach Geschossmaterial in bleifreie und bleihaltige einzuteilen und in Folge Mittelwerte in Bezug auf diverse abhängige Variablen zu vergleichen. Je nach Stichprobenverteilung und Geschosskonstruktion bleibt es damit dem Zufall überlassen, ob bleifreie Geschosse als „untauglich“ (Schmitt 2013) erklärt werden oder als für den Jagdbetrieb grundsätzlich geeignet. Darüber hinaus stellt Bahr (2013) die Unterschiede nur grafisch dar, testet diese aber nicht auf Signifikanz. Es ist zudem zu hinterfragen, ob das von ihm vermeintlich gewählte arithmetische Mittel zur Anwendung hätte kommen dürfen, da die Fluchtstrecken dafür normalverteilt sein müssten. Wendet man die von Bahr (2013) verwendeten Auswahlkriterien (keine Träger- und Haupttreffer) auch für unseren Datensatz an und berechnet z.B. für Rehwild (größte Stichprobe) die mittleren Fluchtstrecken, so können für bleifreie Munition um 44% längere Fluchtstrecken dargestellt werden. Dieser vermeintliche Unterschied je nach Geschossmaterial ist jedoch statistisch nicht belegbar (einfaktorielle ANOVA:  $F_{1,305}=1,43$ ,  $p=0,233$ ), was u.a. daran liegen könnte, dass die Daten breit streuen (Ausreißer) und nicht normal verteilt sind. Verwendet man korrekterweise den Median, so ergibt sich für beide Gruppen jeweils ein Wert von 0 (am Anschuss). Dieses Beispiel zeigt, dass neben der korrekten Auswertung eine detaillierte statistische Analyse unter Bezugnahme aller relevanten Faktoren die Grundvoraussetzung für eine faktenbasierte Diskussion zur Beurteilung der Eignung bleifreier Büchsenmunition im Jagdbetrieb darstellt.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass bleifreie Büchsenmunition hinsichtlich der Tötungswirkung, der Schweißfährte und der Wildpretbeurteilung grundsätzlich für den jagdliche Einsatz zur Verfügung stehen und ein Verzicht auf Bleimunition möglich ist. Dabei sollten jedoch zwei Aspekte berücksichtigt werden. Zunächst gilt es, die Toxizität der alternativen Geschosse und deren Abprallverhalten zu prüfen. Zwar gelten reine Kupfergeschosse als wildprethygienisch und toxikologisch unbedenklich, wenn es sich um Deformationsgeschosse handelt und der Wundkanal ausgeschärft wird (Irschik et al. 2013). Die bleifreien Geschosse auf Kupferbasis bestehen aber oft aus Legierungen, deren Zusammensetzung von einer unabhängigen Stelle geprüft und hinsichtlich ihrer toxikologischen Bedeutung

eingestuft werden sollte. Das Abprallverhalten bleifreier Geschosse weist eine breite Streuung auf (DEVA 2011, Kneubuehl 2011). Daher sollten nur jene Geschosskonstruktionen von Behördenseite freigegeben werden, die einen sicheren Jagdbetrieb gewährleisten. Sowohl für die toxikologische als auch für die zielballistische Beurteilung der bleifreien Geschosse bedarf es daher noch weiterer Forschungsarbeiten.

Die Munitionsindustrie bringt immer mehr innovative Lösungen zur Substituierung von Blei in der Büchsenmunition auf den Markt (Thomas 2013) und es muss daher durch die praktische Anwendung der Geschosse die Spreu vom Weizen getrennt werden. Solange diese Entwicklungsphase andauert, ist ein Verbot von bleihaltiger Büchsenmunition momentan nicht angebracht, zumal auch das Bleimunitionsverbot im Verbreitungsgebiet des Kalifornischen Kondors keine unmittelbare Verbesserung für den Artenschutz mit sich brachte (Finkelstein et al. 2012). Geeigneter erscheint uns ein Prozess des freiwilligen Verzichts auf bleihaltige Büchsenmunition, der durch entsprechende Unterstützung der Jagdverbände ein allmähliches Auslaufen („phasing-out“) der Bleigeschosse einleitet. Letztendlich sollte es schließlich im Interesse des Jägers selbst sein, ein gesundes Wildpret zu gewinnen und gleichzeitig die Gefahren für Tier- und Artenschutz zu reduzieren. Obwohl bleifreie Geschosse nicht grundsätzlich teurer sind als bleihaltige (Thomas 2013), sind für manche Kaliber (noch) keine vergleichbar günstigen bleifreien Büchsengeschosse verfügbar (Epps 2014). Dennoch muss der Preis der Büchsenmunition in Relation zu den gewichtigeren Aspekte (Tier- und Artenschutz, Gesundheit, Image) gesehen werden und darf daher nicht ausschlaggebend für eine mögliche Umstellung auf bleifreie Alternativen sein.

Viele Jägerinnen und Jäger wünschen sich genaue Angaben darüber, welches Geschoss für die einzelnen Wildarten und die entsprechenden Schussentfernungen eingesetzt werden kann. Gefordert wird auch eine entsprechende Angabe auf der Munitionspackung (Steinhauser 2014). Unser Datensatz kann diesen Wunsch nicht erfüllen, da für die einzelnen Geschosse keine pauschalen Empfehlungen herausgearbeitet werden konnten. Dies liegt an der z.T. sehr geringen Stichprobe für einzelne Geschosse (s. Tabelle 1), aber sicherlich auch an der Tatsache, dass die Einsatzbedingungen für die verwendeten Geschosse zu unterschiedlich waren. Abschüsse im Jagdbetrieb sind schließlich nicht ein vorab geplantes Experiment

unter kontrollierten Bedingungen. Wenn einzelne Geschosse in unserer Studie als eher geeignet aufgeführt werden (s. Abb. 6 und 7), dann bedeutet dies nicht, dass die nicht genannten Geschosse keine Eignung für den Jagdbetrieb haben, sondern u.U. kein eindeutiges Bild abgeliefert haben (aufgrund geringer Stichprobe oder sehr variablen Einsatzbedingungen). Gleichzeitig haben die Ergebnisse gezeigt, dass das Geschoss niemals alleine auf die abhängige Variable einwirkt und weitere Faktoren von Bedeutung sind, die aber nicht garantiert vorhersehbar sind (Treffer, Ausschussgröße). Es könnte damit also durch die Angabe einer Geschosswirkung auf der Munitionspackung eine Erwartungshaltung geweckt werden, die nur unter bestimmten (optimalen) Bedingungen erfüllt werden kann. Wie bereits von Epps (2014) und Haig et al. (2014) gefordert, bedarf es dringend intensiver Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Ballistik, die nicht nur Wirksamkeit von Geschossen im Labor dokumentiert (z.B. Trinogga et al. 2013, Gremse et al. 2014), sondern auf quantitative Erhebungen im jagdlichen Einsatz beruht (s. Caudell 2013). Bis dahin bleibt es weiterhin jedem Jäger selbst überlassen, die für ihn (und seine Waffe) geeignete Munition zu finden. Zunächst sollte dies auf dem Schießstand unter kontrollierten Bedingungen passieren und danach auf der Jagd. Dies wurde auch in der Vergangenheit mit der Verwendung bleihaltiger Munition angewendet und stellt keinen Tierversuch im Freiland dar (Bahr 2013), sondern ist unserer Ansicht nach das gelindeste Mittel, um die geeignete Munition zu finden.

Bei der Überlegung eines geplanten Ausstiegs sollte bedacht werden, dass dieser für die Büchsenmunition weitaus komplexer ist als für die Schrotmunition. Wenn schon die Umstellung von bleihaltiger zu bleifreier Schrotmunition in den USA schleppend erfolgte und mit etlichen Schwierigkeiten verbunden war (Friend et al. 2009), sollte der Umstieg bei der Büchsenmunition weitaus länger dauern. Denn im Gegensatz zur Schrotmunition, die in wenigen Kalibern verwendet wird, gibt es für die Büchsenmunition Dutzende verschiedener Kaliber, die regelmäßig zu Einsatz kommen. Ein Vielfaches an Kalibern wird seltener verwendet (Epps 2014). Während Schrotschützen z.T. mehrere Hundert Schuss pro Jagdsaison abgeben, wartet der Jäger mit der Büchse oft längere Zeit, um letztendlich einen Schuss abgeben zu können. Der Jäger verwendet dabei ein für ihn optimales Geschoss, dem er vertraut und das in Hinblick auf Konstruktion und Wirksamkeit nicht unmittelbar durch eine bleifreie Alternative ersetzt werden kann. Da der Schuss präzise und hoch wirksam sein soll, besteht für den Wechsel der Büchsenmunition eine große Hürde. Zwar ist



entsprechend der umfangreichen Praxiserfahrungen (Eisank 2013, Hackländer et al. 2014a, Steinhauser 2014, Traube 2015) für die meisten Jägerinnen und Jäger in Österreich ein Wechsel auf bleifreie Büchsenmunition theoretisch möglich, doch sie erfordert viel Zeit und Unterstützung. Nach dem Beschluss der Landesjägermeister (Anonymus 2014), obliegt es den Landesjagdverbänden bzw. deren Zentralstelle, Handlungsanweisungen für die Umstellung zur Verfügung zu stellen. Neutrale und sachliche Darstellungen der Wirklichkeit (z.B. Elbing und Schmid 2013a, Steinhauser 2014, Hackländer et al. 2014b) sind wichtig, um destruktive Ablehnung zu relativieren. Die Jäger brauchen Gewissheit und müssen von der Praxistauglichkeit der bleifreien Geschosse überzeugt werden. Informationsveranstaltungen (Maurer 2014), Hintergrundberichte (Steinhauser 2015a, 2015b), Testangebote an Schießständen (Koriath 2012) oder auch kostenfreie Ausgabe von bleifreier Munition an wechselwillige Jäger (Sieg et al. 2009, Eisank 2013) sind die Voraussetzung für den Einstieg in den Umstieg.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Bleihaltige Jagdmunition steht aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf den Tier- und Artenschutz sowie in Hinblick auf die menschliche Gesundheit immer mehr unter Druck. In dieser Untersuchung sollte die Frage geklärt werden, ob bleifreie Büchsenmunition grundsätzlich für den jagdlichen Betrieb geeignet ist. Dazu wurden zu 1226 Abschüssen professioneller Jägerinnen und Jäger detaillierte Protokolle erfasst, die über insgesamt 55 Variablen zum Schützen, der Waffe, der Munition, der Schussabgabe, der Trefferlage, zum Verhaltens des Wildes (Reh-, Rot-, Sika-, Dam-, Gams-, Muffel-, Schwarzwild und Murmeltier) sowie der Wildpretqualität Auskunft geben. Die Protokolle umfassen 15 verschiedene nicht-formstabile Geschosstypen in insgesamt 14 Kalibern. Neben drei bewährten bleihaltigen Geschossen kamen 12 bleifreie Geschosse zum Einsatz. Die Auswertung mit Hilfe von Regressionsbäumen ergab keinen Hinweis dafür, dass das Geschossmaterial (bleifrei vs. bleihaltig) einen signifikanten Einfluss auf die Fluchtstrecke, die Schweißfährte oder die Beurteilung der Wildprets hatte. Vielmehr waren andere Parameter wie Treffersitz, Ausschussgröße, Kaliber etc. von Bedeutung. Diese Ergebnisse untermauern zahlreiche gleichlautende Befunde und unterstreichen die grundsätzliche Möglichkeit des Umstiegs von bleihaltiger auf bleifreie Büchsenmunition. Die Voraussetzungen

für einen Umstieg und die Vorteile eines freiwilligen Verzichts gegenüber eines Verbots bleihaltiger Munition werden diskutiert.

## 6. SUMMARY

Hunting ammunition based on lead has been criticized due to their negative impacts on animal welfare, wildlife conservation and human health. In this study we analyzed whether lead-free rifle ammunition is in general operational for hunting and can substitute lead ammunition. Therefore, we analysed 1226 protocols on hunting events by professional hunters covering 55 variables on hunter, rifle, ammunition, shot conditions, hit point, behavior of game (roe deer, red deer, sika deer, fallow deer, chamois, mouflon, wild boar and marmot) and game meat evaluation. The protocols compile the use of 15 expandable bullet types in 14 calibers. Apart from three established lead bullet types, 12 lead-free bullet types were used. The statistical analysis with the help of regression trees revealed that the bullet material (lead vs. non-lead) did not affect killing efficacy, blood trails, or evaluation of game meat quality. Instead, other factors such as hit point, exit wound size, caliber etc. were important. These results are in line with various studies and underline the general option to switch from lead to lead-free rifle ammunition. The prerequisites for this switch and the benefits of a voluntary phasing-out instead of a ban of lead ammunition are discussed.

## 7. DANKSAGUNG

Wir danken Dipl.-Ing. Dr. Friedrich Völk, Österreichische Bundesforste AG, für die Initiierung des Projektes und den zahlreichen Schützen für die Protokollierung ihrer Abschüsse. Die Datensammlung erfolgte durch Ing. Erich Werger (Österreichische Bundesforste AG) sowie Dipl.-Ing. Josef Erber (Salzburger Jägerschaft) und OJ Anton Lederer (Salzburger Berufsjägerverband). Die Datenauswertung wurde durch die Österreichischen Bundesforste AG finanziell unterstützt.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

- AEWA [Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds] (2009) Phasing out the use of lead shot for hunting in wetlands: Experiences made and lessons learned by AEWA range states. UNEP/AEWA Secretariat, Bonn
- Anderson WL, Havera SP, Zercher BW (2000) Ingestion of lead and nontoxic shotgun pellets by ducks in the Mississippi Flyway. *Journal of Wildlife Management* 64: 848-857
- Anonymus (2014) Richtungsweisender Beschluss der Landesjägermeisterkonferenz. *Der Kärntner Jäger* 213/2014: 4
- Avery D, Watson RT (2009) Regulation of lead-based ammunition around the world. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG: Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 161-168
- Bahr B (2013) Feldstudien der Berufsjäger. In „Alle(s) Wild?“. BfR-Symposium zu Forschungsvorhaben zum Thema Wildbret, Tagungsband zum Symposium am 18. und 19. März 2013 in Berlin. Bundesamt für Risikobewertung, Berlin: 62-65
- Bellinger DC, Burger J, Cade TJ, Cory-Slechta DA, Finkelstein M, Hu H, Kosnett M, Landrigan PJ, Lanphear B, Pokras MA, Redig PT, Rideout BA, Silbergeld E, Wright R, Smith DR (2013) Health risks from lead-based ammunition in the environment. *Environmental Health Perspectives* 121: A178-A179
- BfR [Bundesinstitut für Risikobewertung] (2010) Bleibelastung von Wildbret durch Verwendung von Bleimunition bei der Jagd. Stellungnahme Nr. 040/2010. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
- Bjerregaard P, Johansen P, Mulvad G, Sloth Pedersen H, Hansen JC (2004) Lead sources in human diet in Greenland. *Environmental Health Perspectives* 112:1496–1498
- Burco J, Myers AM, Schuler K, Gillin C (2012) Acute lead toxicosis via ingestion of spent ammunition in a free-ranging cougar (*Puma concolor*). *Journal of Wildlife Disease* 48: 216–219
- Calvert HS (1876) Pheasants poisoned by swallowing shot. *The Field* 47: 189
- Caudell JN, Stopak SR, Wolf PC (2012) Lead-free, high-powered rifle bullets and their applicability in wildlife management. *Human–Wildlife Interactions* 6:105–111
- Caudell JN (2013) Review of wound ballistic research and its applicability to wildlife management. *Wildlife Society Bulletin* 37: 824-831
- Church ME, Gwiazda R, Risebrough RW, Sorenson K, Chamberlain CP, Farry S, Heinrich W, Rideout BA, Smith DR (2006). Ammunition is the principal source of lead accumulated by California Condors re-introduced to the wild. *Environmental Science & Technology* 40: 6143–6150
- Craighead D, Bedrosian B (2008) Blood lead levels of common ravens with access to big-game offal. *Journal of Wildlife Management* 72: 240–245
- DEVA [Deutsche Versuchs- und Prüf- Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V] (2011) Schlussbericht vom 15. Februar 2011 zum Forschungsvorhaben „Abprallverhalten von Jagdmunition“ zur Bereitstellung einer wissenschaftlichen Entscheidungshilfe für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Deutsche Versuchs- und Prüf- Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V, Altenbeken
- Dobrowolska A, Melosik M (2008) Bullet-derived lead in tissues of the wild boar (*Sus scrofa*) and red deer (*Cervus elaphus*). *European Journal of Wildlife Research* 54:231–235
- EFSA [European Food Safety Authority] Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2010) Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal* 8(4):1570

- Eisank K (2013) Die Verwendung von bleifreier Munition in der Praxis. Der Kärntner Jäger Nr. 211/2013: 11-12
- Elbing C, Schmid M (2013a) 25x Kupfer und Blei. Wild und Hund 20/2013, Sonderdruck Bleifrei: 4-15
- Elbing C, Schmid M (2013b) 25 Kandidaten: Die Qual der Wahl. Wild und Hund 20/2013, Sonderdruck Bleifrei: 16-23
- Epps CW (2014) Considering the switch: Challenges of transitioning to non-lead hunting ammunition. The Condor: Ornithological Applications 116: 429-434
- Finkelstein ME, Doak DF, George D, Burnett J, Brandt J, Curch M, Grantham J, Smith DR (2012) Lead poisoning and the deceptive recovery of the critically endangered California condor. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109: 11449-11454
- Fisher IJ, Pain DJ, Thomas VG (2006) A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. Biological Conservation 131: 421-432
- Franson JC, Russell RE (2014) Lead and eagles: demographic and pathological characteristics of poisoning, and exposure levels associated with other causes of mortality. Ecotoxicology 23:1722-1731
- Friend, M, Franson, JC, Anderson WL (2009) Biological and societal dimensions of lead poisoning in birds in the USA. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG: Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 34-60
- Fünfstück H-J (2006) Todesursachen beim Steinadler *Aquila chrysaetos* im Werdenfelser Land mit Anmerkungen zur Bleivergiftung als Todesursache bei Greifvögeln. Avifaunistik in Bayern 3: 91-96
- Göttlein A, Schwarz D, Kitta E (2013) Ökotoxizität bleifreier Jagdmunition. In „Alle(s) Wild?“. BfR-Symposium zu Forschungsvorhaben zum Thema Wildbret, Tagungsband zum Symposium am 18. und 19. März 2013 in Berlin. Bundesamt für Risikobewertung, Berlin: 92-96
- Green RE, Hunt WG, Parish CN, Newton I (2008) Effectiveness of action to reduce exposure of free-ranging California condors in Arizona and Utah to lead from spent ammunition. PLoS ONE 3(12):e4022
- Gremse F, Krone O, Thamm M, Kiessling F, Tolba RH, Rieger S, Gremse C (2014) Performance of lead-free versus lead-based hunting ammunition in ballistic soap. PLoS ONE 9 (7): e102015
- Gremse C, Rieger S (2014) Entscheidungshilfedorhaben „Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse“. Erweiterter Bericht zum Abschlussbericht vom 30.11.2012. Fachgebiet Wildbiologie, Wildtiermanagement & Jagdbetriebskunde (FWWJ), Hochschule für Nachhaltige Entwicklung, Eberswalde, Deutschland
- Grinnell GB (1894) Lead poisoning. Forest and Stream 42:117–118
- Hackländer K, Hafellner R, Werger E (2014a) Bleifreie Büchsenmunition besteht Praxistest. Schweizer Jäger 10/2014: 6-10
- Hackländer K, Völk F, Paulsen P, Albrich E (2014b) Schalenwildjagd - bleifrei. Vorarlberger Jagd Mai/Juni 2014: 24-25
- Haig SM, D'Elia J, Eagles-Smith CA, Fair JM, Gervais J, Herring G, Rivers JW, Shulz JH (2014) The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. The Condor: Ornithological Applications 116: 408-428
- Hanning RM, Sandhu R, MacMillan A, Moss L, Tsuji LJS, Nieboer E (2003) Impact of blood lead levels of maternal and early infant feeding practices of First Nation Cree in the

- Mushkegowuk Territory of northern Ontario, Canada. *Journal of Environmental Monitoring* 5: 241–245.
- Hoffmann D (2013) „Wa(h)re Alternativen?“ – Fragebogenaktion DJV. In „Alle(s) Wild?“. BfR-Symposium zu Forschungsvorhaben zum Thema Wildbret, Tagungsband zum Symposium am 18. und 19. März 2013 in Berlin. Bundesamt für Risikobewertung, Berlin: 65-68
- Holland G (1882) Pheasant poisoning by swallowing shot. *The Field* 59: 232
- Hothorn T, Hornik K, Zeileis A (2006) Unbiased recursive partitioning: A conditional inference framework. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 15: 651—674
- Hunt WG, Burnham W, Parish CN, Burnham KK, Mutch B, Oaks JL (2006) Bullet fragments in deer remains: Implications for lead exposure in avian scavengers. *Wildlife Society Bulletin* 34: 167–170
- Hunt WG, Watson RT, Oaks JL, Parish CN, Burnham KK, Tucker RL, Belthoff JR, Hart G (2009) Lead bullet fragments in venison from rifle-killed deer: Potential for human dietary exposure. *PLoS ONE* 4 (4): e5330
- Iqbal S, Blumenthal W, Kennedy C, Yip FY, Pickard S, Flanders WD, Loring K, Kruger K, Caldwell KL, Brown MJ (2009) Hunting with lead: Association between blood lead levels and wild game consumption. *Environmental Research* 109: 952–959
- Irschik I, Bauer F, Sager M, Paulsen P (2013) Copper residues in meat from wild artiodactyls hunted with two types of rifle bullets manufactured from copper. *European Journal of Wildlife Research* 59:129–136
- Johansen P, Asmund G, Riget F (2004) High human exposure to lead through consumption of birds hunted with lead shot. *Environmental Pollution* 127: 125–129
- Johnson CK, Kelly TR, Ridout BA (2013) Lead in ammunition: A persistent threat to health and conservation. *EcoHealth* 10: 455-464
- Kelly TR, Poppenga RH, Woods LA, Hernandez YZ, Boyce WM, Samaniego FJ, Torres SG, Johnson CK (2014) Causes of mortality and unintentional poisoning in predatory and scavenging birds in California. *Veterinary Record Open* 2014;0:e000028
- Kneubuehl BP (2011) Vergleich der Gefährdung durch abgeprallte bleihaltige und bleifreie Jagdgeschosse. Zentrum Forensische Physik / Ballistik, Institut für Rechtsmedizin, Universität Bern
- Knopper LD, Mineau P, Scheuhammer AM, Bond DE, Mckinnon DT (2006) Carcass of shot Richardson's ground squirrel may pose lead hazards to scavenging hawks. *Journal of Wildlife Management* 70: 295-299
- Knott J, Gilbert J, Green RE, Hoccom DG (2009) Comparison of the lethality of lead and copper bullets in deer control operations to reduce incidental lead poisoning; field trials in England and Scotland. *Conservation Evidence* 6: 71-78
- Knott J, Gilbert J, Hoccom D, Green R (2010) Implications for wildlife and humans of dietary exposure to lead from fragments of lead rifle bullets in deer shot in the UK. *Science of the Total Environment* 409: 95-99
- Koriath R (2012) Bleifreie Geschosse im Test. Probieren geht über Studieren. *Jäger* 7/2012: 70-73
- Kreager N, Wainman BC, Jayasinghe RK, Tsuji LJS (2008) Lead pellet ingestion and liver-lead concentrations in upland game birds from Southern Ontario, Canada. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54:331–336
- Krone O, Kenntner N, Trinogga A, Nadjafzadeh M, Scholz, Sulawa J, Totschek K, Schuck-Wersig P, Zieschank R (2009) Lead poisoning in white-tailed sea eagles: Causes and approaches to solutions in Germany. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG:

- Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 289–301
- Legagneux P, Suffice P, Messier J-S, Lelievre F, Tremblay JA, Maisonneuve C, Saint-Louis R, Bêty J (2014) High risk of lead contamination for scavengers in an area with high moose hunting success. *PLoS ONE* 9(11): e111546
- Levesque B, Duchesne JF, Gariépy C, Rhainds M, Dumas P, Scheuhammer AM, Proulx JF, Déry S, Muckle G, Dallaire F, Dewailly E (2003) Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among the Inuit. *Occupational and Environmental Medicine* 60: 693–695
- Madry MM, Kraemer T, Kupper J, Naegeli H, Jenny H, Jenni L, Jenny D (2015) Excessive lead burden among golden eagles in the Swiss Alps. *Environmental Research Letters* 10: 034003
- Maurer S (2014) Null Toleranz für Blei. *Der Anblick* 8/2014: 94-95
- Mincheff TV (2004) Bullet fragment within the appendix: a case report. *The Journal of the South Carolina Medical Association* 100: 270-273
- Nationalpark Hohe Tauern (2013) Der Bartgeier in Österreich. *Monitoring Newsletter* Nr. 37 1/2013. Nationalpark Hohe Tauern, Matrei i.O., Österreich
- Needleman H (2004) Lead poisoning. *Annual Review of Medicine* 55: 209-222
- Noer H, Madsen J (1996) Shotgun pellet loads and infliction rates in pink-footed goose *Anser brachyrhynchus*. *Wildlife Biology* 2: 65-73
- Pain DJ, Fisher IJ, ThomasVG (2009) A global update of lead poisoning in terrestrial birds from ammunition sources. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG: *Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 99-118*
- Pain DJ, Cromie RL, Newth J, Brown MJ, Crutcher E, Hardman P, Hurst L, Mateo R, Meharg AA, Oran AC, Raab A, Taggart MA, Green RE (2010) Potential hazard to human health from exposure to fragments of lead bullets and shot in the tissues of game animals. *PLoS ONE* 5 (4): e10315
- Pauli J, Burkirk S (2007) Recreational shooting of prairie dogs: A portal for lead entering wildlife food chains. *Journal of Wildlife Management* 71: 103-108
- Pokras M, Kneeland MR (2008) Lead poisoning: Using transdisciplinary approaches to solve an ancient problem. *EcoHealth* 5: 379–385
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Rupprechter A (2015) Antwort auf die schriftliche parlamentarische Anfrage des Abgeordneten zum Nationalrat Rupert Doppler, Kolleginnen und Kollegen vom 25.02.2015, Nr. 3800/J, betreffend Beschränkung/Verbot von Bleimunition zu Jagdzwecken (3449/AB vom 02.04.2015 zu 3800/J (XXV.GP))
- Scheuhammer AM, Norris SL (1995) A review of the environmental impacts of lead shotshell ammunition and lead fishing weights in Canada. Occasional Paper Number 88. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario
- Schmitt, P (2013) Bleifrei: Untauglich –Feldversuch der Berufsjäger. *Wild und Hund* 16/2013: 46-48
- Seltenhammer E, Hackländer K, Reimoser F, Völk F, Weiss P, Winkelmayr R (2011) Zum ethischen Selbstverständnis der Jagd. *Österreichs Weidwerk* 4/2011: 8-12
- Sieg RK, Sullivan KA, Parish CN (2009) Voluntary lead reduction efforts within the Northern Arizona range of the California condor. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG:

- Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 341-349
- Spicher V (2008) Erfahrungen mit bleifreier Kugelmunition in der jagdlichen Praxis. In Krone O: Bleivergiftungen bei Seeadlern: Ursachen und Lösungsansätze. Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin, Deutschland: 81–90.
- Stauber E, Finch N, Talcott PA, Gay JM (2010) Lead poisoning of bald (*Haliaeetus leucocephalus*) and golden (*Aquila chrysaetos*) eagles in the U.S. inland Pacific northwest region - an 18-year retrospective study: 1991–2008. *Journal of Avian Medicine and Surgery* 24(4): 279–287
- Steinhauser N (2014) Geschosswirkung und Kugelfang beim Büchenschuss. Österreichischer Jagd- und Fischerei-Verlag, Wien
- Steinhauser N (2015a) Umstellen auf Bleifrei, Teil 1. Österreichs Weidwerk 1/2015: 30-32
- Steinhauser N (2015b) Umstellen auf Bleifrei, Teil 2. Österreichs Weidwerk 2/2015: 32-35
- Thomas VG (2013) Lead-free hunting rifle ammunition: product availability, price, effectiveness, and role in global wildlife conservation. *Ambio* 42(6): 737-745
- Traube M (2015) Bleifreie Büchsenmunition im Hochgebirge. *Jagd in Tirol* 04/2015: 46-47
- Trinogga, A., G. Fritsch, H. Hofer, and O. Krone. 2013. Are lead-free hunting rifle bullets as effective at killing wildlife as conventional bullets? A comparison based on wound size and morphology. *Science of the Total Environment* 443: 226–232
- Tsuji LJS, Wainman BC, Martin ID, Sutherland C, Weberd JP, Dumas P, Nievert E (2008) The identification of lead ammunition as a source of lead exposure in First Nations: the use of lead isotope ratios. *Science of the Total Environment* 393: 291–298
- Verbrugge LA, Wenzel SG, Berner JE, Matz AC (2009) Human exposure to lead from ammunition in the circumpolar north. In Watson RT, Fuller M, Pokras M, Hunt WG: Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans, The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 126-136
- VKM [Vitenskapskomiteen for mattrygget - Norwegian Scientific Committee for Food Safety] (2013) Risk assessment of lead exposure from cervid meat in Norwegian consumers and in hunting dogs. Opinion of the Panel on Contaminants of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety, Oslo, Norwegen
- Völk F, Erlacher G (2015) Bleifrei bei den Österreichischen Bundesforsten. Vortrag im Rahmen der Informationsveranstaltung des Landes Oberösterreich: Bleifrei jagen, Reichraming, 16.4.2015.
- Wayland M, Bollinger T (1999) Lead exposure and poisoning in bald eagles and golden eagles in the Canadian Prairie Provinces. *Environmental Pollution* 104: 341–3503
- WHO [World Health Organization] (2014) Lead poisoning and health. Fact sheet N°379. World Health Organization, Genf, Schweiz
- Zechner L, Steineck T, Tataruch F (2004) Bleivergiftung bei einem Steinadler (*Aquila chrysaetos*) in der Steiermark. *Egretta* 47: 157-158
- Zieschank R, Schuck-Wersig P (2010) Bleivergiftungen bei Seeadlern: Kommunikation von Forschungsergebnissen als Grundlage für gesellschaftliche Meinungsbildung. Endbericht zum Verbundprojekt des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin und der Forschungsstelle für Umweltpolitik, Berlin: Bleivergiftungen bei Seeadlern – Ursachen und Lösungsansätze. Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin.