

Tierschutz im Jagdbetrieb

Entwicklung und Begründung eines Verfahrens
zur Beurteilung der Eignung von Geschossen
zur Tötung von Säugetieren

Carl Gremse

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Auflage 2015

© 2015 by Verlag: **Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft Service GmbH**,
Gießen
Printed in Germany

ISBN 978-3-86345-300-8

Verlag: DVG Service GmbH
Friedrichstraße 17
35392 Gießen
0641/24466
info@dvg.de
www.dvg.de

Tierschutz im Jagdbetrieb

Entwicklung und Begründung eines Verfahrens zur Beurteilung
der Eignung von Geschossen zur Tötung von Säugetieren

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

eingereicht im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

CARL GREMSE

aus Göttingen

2015

2 Literatur

2.1 Grundlagen

2.1.1 Begriffe Wildtier, Wild und Schalenwild

Zum allgemeinen Verständnis müssen umgangssprachlich verwandte Begriffe und Bezeichnungen aus der Jagdsprache voneinander abgegrenzt werden. Der Duden definiert ein Wildtier sprachwissenschaftlich als „wild lebendes Tier“. Der Begriff „Wild“ bedeutet laut Duden „jagdbare, wildelebende Tiere“ und auch „Fleisch vom Wild“ (Duden, 2014). Nach deutschem Jagd-Lexikon (Deutsches Jagdlexikon, 2014) ist der Begriff „Wild“ als „Sammelbezeichnung für alle freilebenden Tiere, die dem Jagdrecht unterliegen“ gebräuchlich. Im §1 Absatz 1 des Bundesjagdgesetzes (Bundesjagdgesetz, 1976) wird eine Definition für den Rechtsbegriff „Wild“ festgeschrieben als „wildelebende Tiere, die dem Jagdrecht unterliegen“. In § 2 Absatz 1 des Gesetzes wird definiert, welche Tierarten dem Jagdrecht unterliegen. Das Jagdrecht unterscheidet zwischen „Haarwild“ und „Federwild“. Das Federwild wird vom Kontext dieser Arbeit ausgeschlossen. Zum Haarwild gehören 25 Arten der Familien Bovidae (Hornträger), Cervidae (Hirsche), Felidae (Katzen), Suidae (Altwelt-Schweine), Canidae (Hunde), Mustelidae (Marder), Phocidae (Hundsrobben), Leporidae (Hasenartige) und Rodentia (Nagetiere). § 2 (2) des Bundesjagdgesetzes spezifiziert die Zugehörigkeit der Artiodactyla (Paarhufer), aus der voranstehenden Auflistung also der Bovidae, Cervidae und Suidae zum „Schalenwild“. Als Schalenwild werden „in Deutschland dem Jagdrecht unterliegende, paarhufige Säugetiere“ bezeichnet (Bundesjagdgesetz, 1976). Das deutsche Jagdlexikon begründet diese Einteilung: „Als Schalenwild bezeichnet man alle dem Jagdrecht unterliegenden Paarhufer, da ihre Hufe als Schalen bezeichnet werden (Deutsches Jagdlexikon, 2014). Zum Schalenwild gehören die Tierarten Wisente (*Bison bonasus* L.), Elche (*Acer, alces* L.), Rotwild (*Cervus elaphus* L.), Damwild (*Dama dama* L.), Sikawild (*Cervus nippon* T.), Rehwild (*Capreolus capreolus* L.), Gamswild (*Rupicapra rupicapra* L.), Steinwild (*Capra ibex* L.), Muffelwild (*Ovis ammon musimon* P.) und Schwarzwild (*Sus scrofa* L.). Für den Kontext der vorliegenden Arbeit, die Erlegung von Schalenwild durch den Kugelschuss, muss diese Liste weiter eingegrenzt werden auf diejenigen Arten, die für den Jagdbetrieb in Deutschland auf Grund ihrer räumlichen und zahlenmäßigen Verbreitung bedeutsam sind. Zu diesem Zweck werden die Jagd- und Schonzeiten aus dem Bundesjagdgesetz herangezogen. Das jagdsprachlich verwandte „Stück“ als Begriff für einzelnes Wild ohne Geschlechtsbezeichnung (Frevert & Dietz, 1992) wird nicht gebraucht und auf einzelne „Tiere“ Bezug genommen.

2.1.2 Jagd- und Schonzeiten

Die Jagd- und Schonzeiten werden nach Bundesjagdgesetz § 22 Abs. 1 Satz 1 (Bundesjagdgesetz, 1976) in der „Verordnung über die Jagdzeiten“ (Verordnung über die Jagdzeiten, 1977) geregelt. Als „Jagdzeiten“ gelten nach § 22, Satz 1 „die Zeiten, in denen die Jagd auf Wild ausgeübt werden darf [...]“. Aus der Jagdzeitenregelung ergeben sich die Schonzeiten. Nach § 22, Satz 1 ist Wild „[...] außerhalb der Jagdzeiten [...] mit der Jagd zu verschonen (Schonzeiten)“. Nach § 22, Satz 2 ist „Wild, für das keine Jagdzeit festgesetzt ist, [...] während des ganzen Jahres mit der Jagd zu verschonen“. Nach der Verordnung über die Jagdzeiten sind aus der obengenannten Liste der zum Schalenwild gehörenden Tierarten Wisente, Elche und Steinwild ganzjährig mit der Jagd zu verschonen. Die Liste der zum Schalenwild gehörenden Tierarten, die nach der „Verordnung über die Jagdzeiten“ (Verordnung über die Jagdzeiten, 1977) zu bestimmten Zeiten bejagt werden dürfen, umfasst damit noch Rotwild, Damwild, Sikawild, Rehwild, Gamswild, Muffelwild und Schwarzwild. In Tabelle 1 sind die Jagdzeiten der genannten Wildarten nach der „Verordnung über die Jagdzeiten“ (Verordnung über die Jagdzeiten, 1977) aufgelistet. Die Bundesländer können nach § 22 des Bundesjagdgesetzes (Bundesjagdgesetz, 1976) ihrerseits davon abweichende Jagd- und Schonzeiten erlassen.

2.1.3 Jagdscheininhabende

In der Bundesrepublik Deutschland waren im Jagdjahr 2012/2013 361.557 Jägerinnen und Jäger gemeldet (Deutscher Jagdverband, 2014). Das Durchschnittsalter von Jagdscheinanwärterinnen und -anwärtern in Deutschland liegt bei 36,4 Jahren und 35,1 Jahren (DJV, 2013). Das Durchschnittsalter von Jägerinnen und Jägern lag in Baden-Württemberg nach einer Umfrage des Landesjagdverbandes unter seinen Mitgliedern 2003 (Baden-Württemberg, 2011) zwischen 58 und 60 Jahren. Bei einer Erhebung im Rahmen eines Monitorings des Landes Brandenburg (Gremse & Rieger, 2007) lag das Durchschnittsalter teilnehmender Jägerinnen und Jäger im Mittel bei 48,55 Jahre \pm 0,77 (1 Standardfehler des Mittelwertes, $n = 271$).

2.1.4 Jagdfläche

Die Jagdfläche Deutschlands umfasst rund 32 Mio. ha (Michler, 2011), (Deutscher Jagdverband, 2014).

Wildart	Jagdzeit nach „Verordnung über die Jagdzeiten“
1. Rotwild	
Kälber	vom 1. August bis 28. Februar
Schmalspießer	vom 1. Juni bis 28. Februar
Schmaltiere	vom 1. Juni bis 31. Januar
Hirsche und Alttiere	vom 1. August bis 31. Januar
2. Dam- und Sikawild	
Kälber	vom 1. September bis 28. Februar
Schmalspießer	vom 1. Juli bis 28. Februar
Schmaltiere	vom 1. Juli bis 31. Januar
Hirsche und Alttiere	vom 1. September bis 31. Januar
3. Rehwild	
Kitze	vom 1. September bis 28. Februar
Schmalrehe	vom 1. Mai bis 31. Januar
Ricken	vom 1. September bis 31. Januar
Böcke	vom 1. Mai bis 15. Oktober
4. Gamswild	vom 1. August bis 15. Dezember
5. Muffelwild	vom 1. August bis 31. Januar
6. Schwarzwild	vom 16. Juni bis 31. Januar

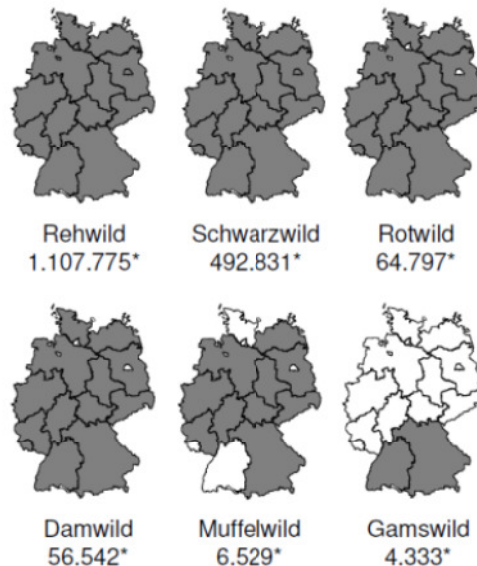
Tabelle 1: Jagdzeiten auf Schalenwild in Deutschland nach der Verordnung über die Jagdzeiten (JagdzeitV) des Bundes.

2.1.5 Jahresstrecken

Im Jagdjahr 2012/2013 wurden 76.391 Stück Rotwild erlegt (Deutscher Jagdverband, 2014). Beim Damwild konnten 68.980 Stücke (Deutscher Jagdverband, 2014) im selben Jagdjahr erlegt werden. Beim Rehwild wurden 1.192.583 Stücke erlegt (Deutscher Jagdverband, 2014). Es wurden 644.239 Stück Schwarzwild erlegt (Deutscher Jagdverband, 2014). Um zu ermitteln, in wie vielen Einzelfällen jährlich Tötungen von Individuen der genannten Tierarten im Rahmen ordnungsgemäßer Jagdausübung in Deutschland pro Jahr durchgeführt werden, wurde aus den vom Deutschen Jagdverband veröffentlichten Jahresstrecken (Deutscher Jagdverband, 2013) der Mittelwert pro Wildart aus den letzten zehn Jagdjahren ermittelt (Abbildung 1). Zur Verdeutlichung der zum Teil regionalen Verteilung der Strecken wurde auf Grundlage der Jahrestrecken nach Bundesland (Deutscher Jagdverband, 2013) eine Aufteilung vorgenommen. Wurden im 10-Jahresmittel 100 und mehr Tiere der Art je Bundesland erlegt, wurde dies grau hinterlegt. Wurden unter 100 Tiere einer Art je Bundesland erlegt, wurde dies weiß hinterlegt. Rehwild und Schwarzwild werden dabei am häufigsten (rund 1.1 Mio. und 0,5 Mio. Erlegungen pro Jahr) und vor allem flächendeckend in allen Bundesländern (Ausnahme Schwarzwild im Land Bremen) bejagt. Rotwild mit rund 65.000 Abschüssen pro Jahr und Damwild mit 55.000 Abschüsse pro Jahr werden deutlich seltener und ebenfalls flächendeckend mit Ausnahme

der Länder Berlin, Hamburg und Bremen bejagt. Muffelwild wird mit rund 6.500 Erlegungen pro Jahr wie Gamswild (rund 4.500 Erlegungen pro Jahr) gegenüber den Wildarten Rehwild, Schwarzwild, Rotwild und Damwild deutlich seltener erlegt.

Verteilung von Erlegungen je Wildart
nach Bundesländern



* 10 – Jahresmittel Gesamtstrecke BRD

Abbildung 1: Verteilungen von Erlegungen je Wildart nach Bundesländern. Grau= 100 und mehr Erlegungen pro Jahr im 10-Jahresmittel; Weiss= <100 Erlegungen pro Jahr im 10 - Jahresmittel

Diese Erlegungen verteilen sich beim Muffelwild auf alle Bundesländer mit Ausnahme der Länder Schleswig-Holstein, Hamburg, Saarland, Baden-Württemberg und Berlin; beim Gamswild ausschließlich auf die Länder Bayern und Baden-Württemberg. Auf diese zahlenmäßigen und räumlichen Verteilungen der Erlegungen von Schalenwild in Deutschland begründet sich die für die vorliegende Arbeit vorgenommene Konzentration auf die Wildarten Rehwild (*Capreolus capreolus*), Rotwild (*Cervus elaphus*), Damwild (*Dama dama*) und Schwarzwild (*Sus scrofa*). Das Wildbretaufkommen für diese Wildarten aus bundesdeutschen Jagdrevieren (jeweils ohne Decke, Schwarte und Knochen) im Jagdjahr 2011/2012 betrug insgesamt 14.385 t, wobei 1.996 t auf Rotwild, 1.033 t auf Damwild, 5.537 t auf Rehwild und 5.848 t auf Schwarzwild entfielen (Deutscher Jagdverband, 2013).

2.1.6 Jagdformen

Die Bejagung von Schalenwild geschieht auf unterschiedliche Weisen (Bejagungsverfahren), auch „Jagdformen“ genannt (Wölfel, 2003). Sie werden

unterschieden in „Bewegungsjagden“⁴ und „Stilles Jagen“⁵. Formen der stillen Jagd sind die „Ansitzjagd“ und die „Pirschjagd“. Erstere erfolgt meist von stationären Ansitzeinrichtungen, die der Jagende aufsucht und dort verweilt, um in Sicht tretendes Wild zu bejagen. Letztere erfolgt mobil zu Fuß durch langsames Fortbewegen unter Beachtung des Windes und ständiger Ausschau nach Wild. Auf „Bewegungsjagden“ auf Schalenwild wird dieses durch treibende Jagdteilnehmer und/oder dafür gezüchtete, brauchbar geprüfte Jagdhunde mobilisiert und durch auf Ständen positionierte, jagende Teilnehmer erlegt. Bei „Nachsuchen“ wird zuvor verwundetes Wild mit einem dafür gezüchteten und brauchbar geprüften Hund aufgespürt und erlegt (Rühe, Baumgart, & Riemer, 2005). Jagdformen werden in Bezug auf die Erfolgsaussichten einer tierschutzgerechten Tötung unterschiedlich bewertet (Hirth, Maisack, & Moritz, 2007). Hier wird als tierschonenste Jagdmethode der „gezielte Tötungsschuss auf ein stehendes Ziel“ genannt. Ein solches sei „von einem geübten Schützen in über 95 % der Fälle sicher zu treffen“, während bei sich bewegenden Zielen die Trefferwahrscheinlichkeit auf „unter ein Drittel der abgegebenen Schüsse“ fiele (Herling, Herzog, & Krug, 1997). Bezogen auf Jagdformen, wird davon ausgegangen, dass es auf der Ansitzjagd und Pirschjagd in mehr als 75% der Fälle zu Kammertreffern (Schüssen in die Brusthöhle) kommt, während dieser Anteil bei Drückjagden (eine Form der Bewegungsjagd) auf etwa 25 % sinkt (Heinrich, 2003).

2.2 Biologie der Wildarten

Die Ausführungen zur Biologie der Wildarten Rehwild (*Capreolus capreolus*), Rotwild (*Cervus elaphus*), Damwild (*Dama dama*) und Schwarzwild (*Sus scrofa*) werden für die Betrachtungen zur tierschutzgerechten Tötung von Tieren im Rahmen ordnungsgemäßer Jagdausübung begrenzt auf Taxonomie und Aspekte der Physiologie (Körpermasse nach Altersklasse). Als Lebendmasse wird dabei das Körpergewicht des lebenden Tieres bezeichnet. Diese ist zur im Kontext der Jagd verwendeten „Masse, aufgebrochen“ (Hofmann & Schmidt, 2012), also der Masse des nach Tötung um die Masse der inneren Organe und des Blutes reduzierten Tierkörpers um etwa 20 bis zu 40 % höher (Hofmann & Schmidt, 2012), (Stöcker, 2009), (Stubbe, 1997), (Gremse C. , 2014).

2.2.1 Rotwild

Das Rotwild (*Cervus elaphus*) wird zum Stamm der Chordatiere (Chordata), der Klasse der Säugetiere (Mammalia), der Ordnung Cetartiodactyla und der Familie der Hirsche (Cervidae) gezählt (Lovari, et al., 2014); somit ihre Jungtiere säugende, paarhufige,

⁴ Sammelbegriff für Jagen auf mobilisiertes Wild (Wölfel, 2003)

⁵ Sammelbegriff für Jagden auf vertrautes Wild (Wölfel, 2003)

stirnwaffentragende, pflanzenfressende und diese wiederkäuende Wirbeltiere. Die männlichen Tiere, Hirsche genannt, erreichen eine Lebendmasse von bis 180 kg (Hofmann & Schmidt, 2012). Die weiblichen Tiere (Alttiere) sind mit etwa 90 bis 150 kg Lebendmasse deutlich leichter (Hofmann & Schmidt, 2012). Ein- bis zweijährige Tiere (Schmalspießer und Schmaltiere) wiegen zwischen 45 und 90 kg; bis einjährige Tiere (Kälber) zwischen 20 und 55 kg (Gremse C. , 2015). Die mittlere (Aufbrech-) Masse pro Tier der Jahresstrecke für Rotwild in Deutschland lag im Jagdjahr 2010/2011 (Deutscher Jagdschutzverband, 2012) und im Jagdjahr 2012/2013 (Deutscher Jagdverband, 2014) bei jeweils 65 kg. Das Rotwild lebt natürlicherweise tagaktiv, reagiert aber sensibel auf menschliche Störungen und verlagert die Aktivität in die Abend- und Nachtzeit (Arnold, 2009), (Cyriacks & Rieger, 2009).

2.2.2 Damwild

Das Damwild (*Dama dama*) wird zum Stamm der Chordatiere (Chordata), der Klasse der Säugetiere (Mammalia), der Ordnung Cetartiodactyla und der Familie der Hirsche (Cervidae) gezählt (Lovari, et al., 2014), es handelt sich also um ihre Jungtiere säugende, paarhufige, stirnwaffentragende, pflanzenfressende und diese wiederkäuende Wirbeltiere. Die männlichen Tiere, Damhirsche genannt, erreichen eine Aufbrechmasse von 60-70 kg, die weiblichen Tiere (Damtiere) 30-45 kg (Hofmann & Schmidt, 2012). Ein- bis zweijährige Tiere (Damspießer und Damschmaltiere) wiegen aufgebrochen zwischen 20 und 60 kg; bis einjährige Tiere (Damkälber) zwischen 15 und 27 kg (Gremse C. , 2015). Die mittlere (Aufbrech-) Masse pro Tier der Jahresstrecke für Damwild in Deutschland lag im Jagdjahr 2010/2011 (Deutscher Jagdschutzverband, 2012) und im Jagdjahr 2012/2013 (Deutscher Jagdverband, 2014) bei jeweils 35 kg. Damwild lebt tagaktiv (Gremse C. , 2004).

2.2.3 Rehwild

Das Rehwild (*Capreolus capreolus*) wird zum Stamm der Chordatiere (Chordata), der Klasse der Säugetiere (Mammalia), der Ordnung Cetartiodactyla und der Familie der Hirsche (Cervidae) gezählt (Lovari, et al., 2014); es handelt sich um ihre Jungtiere säugende, paarhufige, stirnwaffentragende, pflanzenfressende und diese wiederkäuende Wirbeltiere. Die männlichen Tiere, Rehböcke genannt, erreichen eine Masse, aufgebrochen von 14-20 kg, die weiblichen Tiere (Ricken) von 14-18 kg (Hofmann & Schmidt, 2012). Ein- bis zweijährige Tiere (Jährlinge und Schmalrehe) wiegen aufgebrochen zwischen 12 und 18 kg; bis einjährige Tiere (Kitze) zwischen 10 und 14 kg (Gremse C. , 2014). Die mittlere (Aufbrech-) Masse pro Tier der Jahresstrecke für Rehwild in Deutschland lag im Jagdjahr 2010/2011 (Deutscher Jagdschutzverband, 2012) und im Jagdjahr 2012/2013 (Deutscher

Jagdverband, 2014) bei jeweils 12,5 kg. Das Rehwild lebt dämmerungsaktiv mit ausgeprägter Tagaktivität im Frühjahr und Sommer (Heurich, 2014).

2.2.4 Schwarzwild

Das Schwarzwild, auch Wildschwein genannt (*Sus scrofa*) wird zum Stamm der Chordatiere (Chordata), der Klasse der Säugetiere (Mammalia), der Ordnung Cetartiodactyla und der Familie der „Echten Schweine“ (Suidae) gezählt (Lovari, et al., 2014). Es handelt sich um ihre Jungtiere säugende, paarhufige, allesfressende, schweineartige Wirbeltiere. Die männlichen Tiere, Keiler genannt, erreichen eine Masse, aufgebrochen von 100-200 kg, die weiblichen Tiere (Bachen) von 80-100 kg (Hofmann & Schmidt, 2012). Bis einjährige Tiere (Frischlinge) wiegen aufgebrochen zwischen 2 und 55 kg; ein- bis zweijährige Tiere (Überläufer) wiegen aufgebrochen zwischen 10 und 78 kg (Stöcker, 2009). Die mittlere (Aufbrech-) Masse pro Tier der Jahresstrecke für Schwarzwild in Deutschland lag im Jagdjahr 2010/2011 (Deutscher Jagdschutzverband, 2012) und im Jagdjahr 2012/2013 (Deutscher Jagdverband, 2014) bei jeweils 41 kg. Schwarzwild lebt ungestört tagaktiv und verlagert in intensiv vom Menschen genutzten Lebensräumen die Aktivität in die Dämmerung und Nacht (Stöcker, 2009).

2.3 Jagdwaffen und -munition

Nach § 13 des Waffengesetzes (Gade & Stoppa, 2011) sind von Jägern, also Inhabern und Inhaberinnen eines gültigen Jagdscheines im Sinne von § 15 Abs. 1 Satz 1 des Bundesjagdgesetzes (§13, Absatz 1), zu erwerbende Schusswaffen und Munition solche, die „nach Bundesjagdgesetz in der zum Zeitpunkt des Erwerbs gültigen Fassung nicht verboten“ sind (§ 13, Absatz 1, Nr. 2). Nach § 19, Absatz 1, Satz 2 c des Bundesjagdgesetzes verboten sind „halbautomatische oder automatische Waffen, die mehr als zwei Patronen in das Magazin aufnehmen können (Bundesjagdgesetz, 1976). Weiter wird zwischen Patronen für „Büchsen“ (§ 19 BJagdG, Absatz 1, Satz 2 a und b) und „Pistolen und Revolvern“ (Absatz 1, Satz 2 d) unterschieden. In Anlage 1 zu § 1 Absatz 4 des Waffengesetzes (Gade & Stoppa, 2011) werden die Begriffe „Langwaffe“ und „Kurzwaffe“ bestimmt und voneinander anhand der Merkmale

- 1) Länge von Verschluss in geschlossenem Zustand und Lauf länger als 30 cm,
 - 2) kürzeste, bestimmungsgemäß verwendbare Gesamtlänge der Schusswaffe > 60 cm
- abgegrenzt. Langwaffen sind Waffen die diese Merkmale überschreiten. Kurzwaffen sind alle anderen Schusswaffen. Als „Büchsen“ werden Langwaffen mit Läufen bezeichnet, die mit einem Laufinnenprofil ausgestattet sind. Die im Bundesjagdgesetz unter bestimmten Umständen ausschließlich für den Fangschuss erlaubten Pistolen und Revolver sind

Kurzwaffen (Biertümpel, 2002) im Sinne des Waffengesetzes. Analog dazu wird zwischen Munition für Kurzwaffen wie Pistolen und Revolver und Munition für Langwaffen wie Büchsen und Flinten unterschieden.

Grundsätzlich sind Schusswaffen aufgebaut aus einem Lauf mit Patronenlager, einem Verschluss mit Verriegelung und Zündmechanismus, bauartbedingt einem Magazin, einem Schaft, einer Abzugseinrichtung und einer Sicherung. Der Lauf ist der zentrale Teil der Schusswaffe. Durch ihn hindurch wird das Geschoss nach Zündung beschleunigt. An seinem dem Schützen zugewandten Ende befindet sich das Patronenlager, eine Erweiterung des Laufes, deren Form der Patrone angepasst ist (Biertümpel, 2002). Daraus ergibt sich, dass, abgesehen von wenigen Ausnahmen, jede Waffe nur für einen bestimmten Patronentyp ausgelegt ist. Der Verschluss stützt im verriegelten Zustand die Hülse am Stoßboden ab. Diese kann damit bei der Schussentwicklung durch den allseitig wirkenden Druck der Pulvergase keine zum Geschoss gegenläufige Bewegung ausführen. Im geöffneten Zustand ermöglicht er das Laden der Waffe, also das Einführen einer Patrone in das Patronenlager, sowie das Entladen der Waffe, also das Entfernen einer Patrone oder einer Patronenhülse aus dem Patronenlager. Im Inneren des Verschlusses ist der Zündmechanismus angeordnet. Unabhängig von waffentechnischen Bauformen ist ein Bauteil (Schlagbolzen, Zündstift) im Verschluss so angeordnet, dass es durch eine Bohrung im Stoßboden im geschlossenen Zustand des Verschlusses das Zündhütchen der im Patronenlager liegenden Patrone erreichen kann. Zündmechanismus und Sicherungseinrichtungen sorgen dafür, dass die Patrone zum vom Schützen gewählten Zeitpunkt gezündet wird. Der Zündmechanismus besteht aus Schlagbolzen (oder Zündstift), Schlagstück (Hammer), Schlagfeder, Abzugsstange, Abzug und Abzugsfeder. Die Schlagfeder wird in der Regel gleichzeitig mit der Ladebewegung gespannt und liefert die zur Zündung nötige Energie. Eine oder mehrere Sicherungseinrichtungen verhindern eine ungewollte Lösung des Schusses. Waffentechnisch wird zwischen „Büchsen“ und „Flinten“ unterschieden (Biertümpel, 2002). Die Unterscheidung zwischen Büchse und Flinte wird anhand der Beschaffenheit des Laufes vorgenommen. Als „Lauf“ wird dasjenige Bauteil von Waffen bezeichnet, welches erstens die abzufeuende Patrone im Patronenlager aufnimmt und zweitens nach dem Zünden der Patrone das Geschoss durch die Laufbohrung führt. Bei Büchsenläufen ist die Laufbohrung mit einem spiralförmigen Innenprofil ausgestattet, das das Geschoss bei Passage in eine Drehbewegung (Drall) versetzt. Der Innendurchmesser eines Laufes wird „Kaliber“ genannt. Bei Büchsenläufen wird dieses gemessen, indem man entweder den maximalen Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Feldern (angelsächsisch) oder Zügen (metrisch) misst (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008), (Carlucci & Jacobson, 2008). Flintenläufe sind dagegen innen in der Regel glattwandig. Aus Büchsen wird pro Schuss im Regelfall ein Geschoss verschossen und aus Flinten eine aus einer Vielzahl von Kugeln bestehende

Ladung (Schrot). Eine Ausnahme davon bilden „Flintenlaufgeschosse“. Dies sind Einzelgeschosse für Flintenläufe. Beide Bauarten gehören nach dem Waffengesetz⁶ zu den „Feuerwaffen“. Dies sind Schusswaffen, bei „denen ein Geschoss mittels heißer Gase durch einen oder aus einem Lauf getrieben wird“⁷.

2.3.1 Aufbau einer Patrone

Eine Patrone besteht in der Regel aus 4 verschiedenen Elementen: dem Geschoss, dem Treibmittel, der Hülse und dem Zündelement (Biertümpel, 2002). Das Geschoss ist dabei der später bewegte (verschossene) Bestandteil, der das Ziel erreichen soll. Das Treibmittel, bei modernen Jagdpatronen Nitrocellulose-Pulver, ist der Energieträger für die Beschleunigung des Geschosses durch Druck in Form von heißen Gasen aus dessen Abbrand. Das Zündelement (Zündhütchen) ermöglicht die gezielte Zündung des Abbrandes der Treibladung. Die Hülse hält Geschoss, Pulver und Zündhütchen in geeigneter Form zusammen. So hält der Hülsenhals das Geschoss, der Pulverraum das Pulver und die Zündglocke das Zündhütchen. Der Zündkanal stellt die Verbindung von Zündglocke und Pulverraum dar und ermöglicht das Zünden des Pulvers durch das Zündhütchen. Abbildung 2 zeigt ein Schnittbild einer modernen Jagdpatrone.

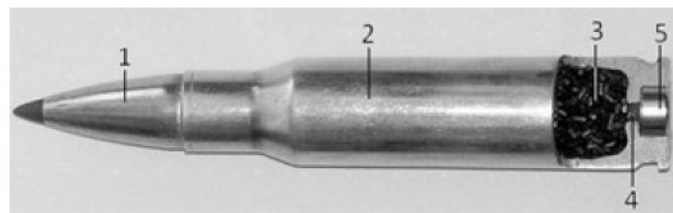


Abbildung 2: Aufbau einer Patrone am Beispiel (Schnittbild) .308 Winchester. 1= Geschoss im Hülsenhals; 2= Hülse; Treibladung im Pulverraum; 4= Zündkanal; 5= Zündhütchen in Zündglocke

2.3.2 Patronenbezeichnungen

Wichtig für die Bezeichnung von Patronen ist der Begriff Kaliber. Der Duden (Duden, 2014) definiert ihn für den Bereich „Waffentechnik“ wie folgt:

- 1) innerer Durchmesser von Rohren,[...], besonders des Laufs, Rohres von Feuerwaffen
- 2) äußerer Durchmesser eines Geschosses

Da das Geschoss passgenau durch den Lauf getrieben wird, ist diese Doppelbezeichnung folgerichtig. Bei der Kennzeichnung von Patronen werden zwei grundsätzliche

⁶ Waffengesetz vom 11. Oktober 2002 (BGBl. I S. 3970, 4592; 2003 I S. 1957), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 65 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist (Im Folgenden „Waffengesetz“).

⁷ Waffengesetz Anlage 1 2.1 zu § 1, Absatz 4

Herangehensweisen unterschieden, die jeweils vom Kaliber Gebrauch machen. Zum einen können metrische Maße verwendet werden, wie es im europäischen Raum üblich ist, zum anderen kann die Angabe in Zollmaßen erfolgen, wie es im angloamerikanischen Raum gebräuchlich ist. Da verschiedene Patronen Geschosse gleichen Kalibers verwenden, geht die Information der Patronenbezeichnung über die des Kalibers hinaus und benennt entweder die Maße der Hülse oder zumindest eine genaue Gesamtbezeichnung der Patrone. So werden bei metrischen Patronenbezeichnungen der Geschossdurchmesser (Kaliber) und die Hülsenlänge in Millimeter angegeben, zudem ist die Angabe einer Zusatzbezeichnung (beispielsweise „R“ für „mit Rand“) möglich (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008).

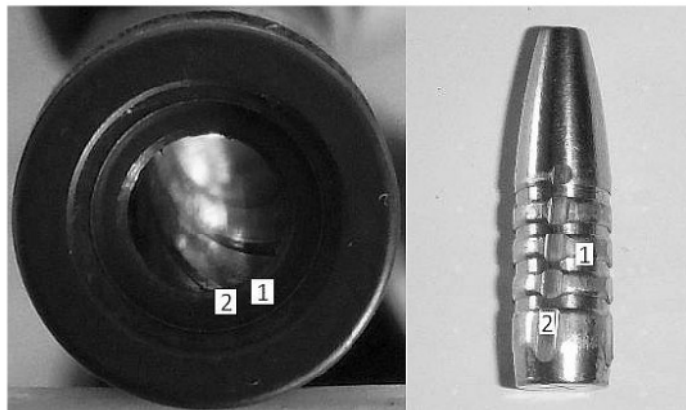


Abbildung 3: Blick in die Mündung eines Jagdgewehrlaufes und ein bereits durch einen Lauf getriebenes Geschoss. Das Zug- (1) / Feld (2) – Profil ist im Gewehrlauf gut erkennbar. Am Geschoss hinterlassen die im Lauf erhöhten Felder vertiefte Abdrücke (2). Sie führen das Geschoss in die Drehbewegung. Deutlich sichtbar werden die Geschossflächen, die zwischen den Feldern (im Zug 1) laufen wegen des sich entsprechenden Kalibers nicht gestaucht.

Bei der angloamerikanischen Bezeichnungsvariante wird das Kaliber in Zoll angegeben und durch eine Zusatzbezeichnung (häufig der Name des Herstellers) ergänzt. So lautet die Bezeichnung der in Abbildung 2 gezeigten Patrone .308 Winchester. Metrisch lautete die Bezeichnung 7,62 x 51. Die Pulvermenge und -art ist kaliber- und laborierungsspezifisch unterschiedlich und hängt in erster Linie vom Hülsenvolumen ab. Innerhalb einer Kalibergruppe (Geschossdurchmesser) gibt es unterschiedliche Hülsenvolumina. So ist es möglich, dass ein Geschosstyp in Laborierungen verschiedener Kaliber am Markt ist (Gremse & Rieger, 2014). Zwei Organisationen übernehmen die Standardisierung von Patronenmaßen, Patronenlagermaßen und Gasdruck um international eine sichere Funktion von Waffen und Patronen zu gewährleisten – das „Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute“ (SAAMI)⁸ für die USA und die Ständige Internationale Kommission

⁸ <http://www.saami.org>

zur Prüfung von Handfeuerwaffen (C.I.P.)⁹ mit Mitgliedsstaaten in Europa, Südamerika und dem Nahen Osten.

2.3.3 Schussentwicklung

Soll aus einer Feuerwaffe ein Schuss abgegeben werden, so muss sich die für die Waffe geeignete Patrone im Patronenlager befinden (Carlucci & Jacobson, 2008). Nach Verriegelung des Verschlusses und Entsichern der Waffe nach Zielaufnahme kann der Schuss über das Betätigen der Abzugseinrichtung ausgelöst werden. Dies bedarf einer gerichteten Abfolge bewusster Handlungen. Die für den Vortrieb des Geschosses aus der Hülse in und durch den Lauf nötigen, heißen Gase entstehen durch die Entzündung des in der Patronenhülse unter dem Geschoss vor dem Zündhütchen verladenen Treibmittels (Nitrocellulose – Pulver). Die Entzündung des Treibmittels geschieht durch das Aufschlagen der Schlagbolzenspitze auf das Zündhütchen. Dieser Vorgang entlässt eine Stichflamme, die durch eine Bohrung im Patronenboden (Zündkanal) das Treibmittel erreicht und entzündet. Dieses verbrennt unter Bildung großer Mengen heißer Gase. Die Laufwandung, die vom verriegelten Verschluss gehaltene Patronenhülse und das Geschoss bilden eine zunächst, bis zur Bewegung des Geschosses, geschlossene Kammer, in der sich der Gasdruck aufbaut. Das Geschoss, vor der Laufbohrung positioniert, bietet den geringsten Widerstand und wird durch den Gasdruck in die Laufbohrung eingepresst und mehr und mehr beschleunigt. Innerhalb kürzester Zeit erreicht der Gasdruck Werte von 3.000 bis 4.000 bar (Carlucci & Jacobson, 2008) und das Geschoss bewegt sich dem Laufende (Mündung) entgegen. Mit Verlassen der Laufmündung folgt das Geschoss zunächst der durch die Laufbohrung vorgegebenen Bahn (Seelenachse). Bei Verlassen der Mündung gibt das Geschoss den Weg für das ihn treibende heiße Gas frei. Dieses steht an der Mündung von Jagdbüchsen noch immer unter hohem Druck. Bei Jagdgewehren in Standardkalibern liegt dieser Wert je nach Lauflänge noch zwischen 500 bis 1000 bar¹⁰. Es kommt zunächst zu einem schnellen, heftigen Ausdehnen und Vermischen des heißen Pulver- Gas- Gemischs mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft und dann zu einer Explosion, dem Mündungsknall (Klingenberg, 1989). Das Geschoss befindet sich zu diesem Zeitpunkt bereits vor der Mündung. Es wird nicht weiter beschleunigt, sondern im Gegenteil nun durch äußere Einflüsse (Luftwiderstand, Wind) im Flug verlangsamt und gegebenenfalls abgetragen (Epstein, 1931). Es fliegt, nun jeglichem Einfluss des Jagenden entzogen, mit hoher Geschwindigkeit dem gewählten Ziel entgegen. Die Auftreffgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit des Geschosses bei Auftreffen auf das Ziel, ist Funktion der Mündungsgeschwindigkeit, der Schussentfernung und des ballistischen Formwertes (BC)

⁹ <http://www.cip-bobp.org>

¹⁰ QuickLOAD Innenballistikprogramm H. G. Broemel, Neubruecker Weg 15, D-44832 Babenhausen

des Geschosses (Abbildung 4) (Gremse & Rieger, 2014). Der ballistische Formwert (BC) ist ein Vergleichswert, der den Strömungswiderstand des Geschosses gegen die umgebende Luft gegen ein Normgeschoss vergleicht (Epstein, 1931). Bei häufig verwendeten Jagdgeschossen liegt der ballistische Formwert (G1) zwischen 0,5 und 0,1 (Gremse & Rieger, 2014). Die Mündungsgeschwindigkeit ist abhängig von der verwendeten Patrone, deren Ladung und die vom verwendeten Geschoss. Waffenseitige Parameter wie Länge und Beschaffenheit des Laufes beeinflussen die Mündungsgeschwindigkeit in geringerem Maße (Gremse & Rieger, 2014).

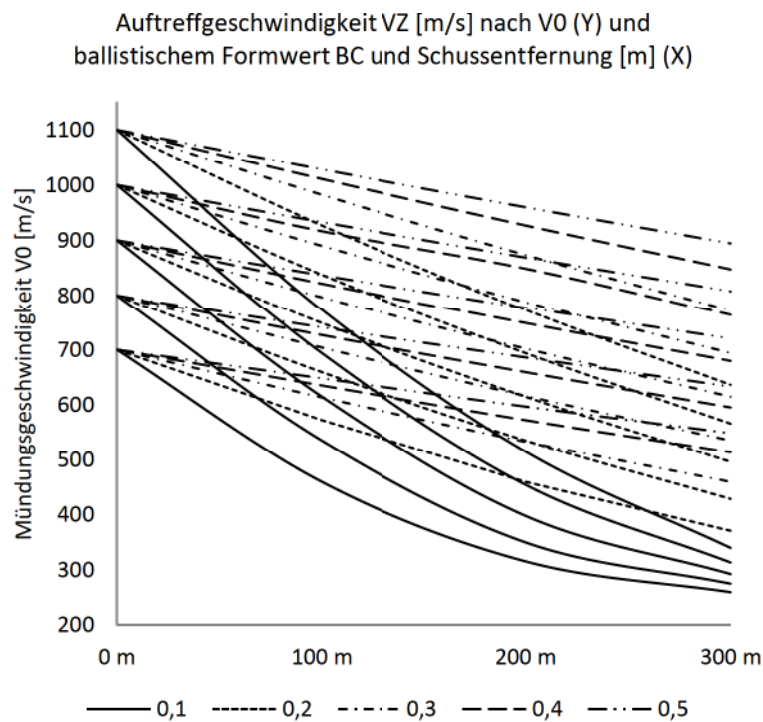


Abbildung 4: Ableitung der Auftreffgeschwindigkeit nach Mündungsgeschwindigkeit, Formwert (G1) und Schussentfernung in Metern. Die Formwerte der geprüften Geschosse lagen zwischen 0,1 und 0,5 (Gremse & Rieger, 2014).

Da unterschiedliche Patronen entsprechend ihres Pulvervolumens unterschiedliche Leistungen (Mündungsgeschwindigkeiten in m/s) erreichen, muss die Auftreffgeschwindigkeit laborierungsabhängig errechnet werden, um die Auftreffenergie ermitteln zu können (Gremse & Rieger, 2014).

2.4 Ballistik

Die Wissenschaft der Ballistik ist die Lehre von der Bewegung geschleuderter oder geschossener Körper. Sie befasst sich im Kontext von Feuerwaffen neben innen-, zwischen- und außenballistischen Vorgängen mit den Vorgängen nach Eindringen des Geschosses in ein Ziel. Die „Innenballistik“ beschreibt die Vorgänge von der Zündung bis zum Verlassen der Laufmündung durch das Geschoss (Carlucci & Jacobson, 2008). Als „Zwischenballistik“ werden die Vorgänge bei Austritt aus der Mündung bezeichnet (Klingenberg, 1989). Die „Außenballistik“ beschreibt die Vorgänge, die während des Fluges des Geschosses bis zum Ziel ablaufen (Carlucci & Jacobson, 2008), (Maiden, 2009). Der Teil ballistischer Betrachtung nach dem Auftreffen auf das Ziel wird synonym als „Zielballistik“ oder „Endballistik“ bezeichnet. Im englischen Sprachgebrauch wird von „terminal ballistics“ gesprochen. „Ziel“ wird als jegliches, vom Geschoss getroffenes Medium höherer Dichte als Luft definiert (Maiden, 2009). Handelt es sich bei dem Ziel um den Körper eines Menschen oder Tieres, spricht man von wundballistischen Untersuchungen. Die Wundballistik ist damit der Teilbereich der Zielballistik, der Verwundungen menschlicher und tierischer Körper, hervorgerufen durch diese durchdringende oder tangierende Geschosse (Maiden, 2009), untersucht. Coupland (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008) differenziert weiter die „physikalische“ Wundballistik von der Untersuchung eines ballistischen Traumas. Die physikalische Wundballistik (englisch *wounding mechanisms*) beschreibt die „Physik der Wechselwirkung eines Projektils oder einer Stoßwelle mit simulierten oder realem Gewebe“. Die Untersuchung ballistischer Traumata befasst sich darüber hinausgehend mit den „pathophysiologischen Folgen“ dieser physikalischen Einwirkung. Mit Bezug auf die physikalische Wundballistik werden zwei Einflussarten des Geschosses (Verwundungsmechanismen) auf umgebendes Gewebe unterschieden (Alexandropoulou & Panagiotopoulos, 2010), (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008), (Karger, 2008):

1) Gewebequetschung; auch Zermalmung (englisch: *tissue crush*)

Durch Zermalmung von Gewebe an der Geschossstirnfläche, der jeweils in Richtung der Geschossbewegung nach vorn gerichteten Geschossfläche, entsteht der sogenannte „bleibende Schusskanal“, auch permanente Wundhöhle (englisch *permanent cavity*). Diese ist in der Regel gefüllt mit Blut und durch die Geschosspassage unelastisch zerstörte Gewebepartikel.

2) Gewebedehnung (englisch: *tissue stretch*)

Des Weiteren wird Gewebe von der Geschossstirnfläche weg radial aus der Achse des Schusskanals beschleunigt. Dieser Beschleunigungseffekt lässt hinter dem Geschoss einen kurzzeitigen Hohlraum, die „temporäre Wundhöhle“, entstehen. Diese besteht nur wenige Millisekunden und fällt pulsierend wieder in sich zusammen (Amato, Billy, Lawson, & Rich,

1974). Die wirkenden Dehnungs- und Scherkräfte besitzen ein erhebliches Verwundungspotential, insbesondere dann, wenn es durch diese Beschleunigung zu einer Überschreitung der gewebespezifischen Streckgrenze (Elastizität) und infolge dessen zum „Gewebereißen“ (englisch: *tissue shear*) kommt (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Das Ausmaß resultierender Verletzungen im Gewebe hängt einerseits stark von der gewebespezifischen Elastizität (Amato, Billy, Lawson, & Rich, 1974) und andererseits vom Volumen der temporären Wundhöhle ab. Das Volumen der temporären Wundhöhle ist abhängig von der Energieabgabe vom Geschoss an das umgebende Gewebe (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008).

2.4.1 Geschossenergie und Zielwirkung

Ein Geschoss in Bewegung verfügt über Bewegungsenergie (ausgedrückt in Joule SI – Einheit [J]). Sie ist Funktion der Geschossmasse und der Geschossgeschwindigkeit. Die Geschossmasse (SI – Einheit Kilogramm [kg]) bleibt im Flugverlauf konstant. Die Geschossgeschwindigkeit (in Meter pro Sekunde, SI – Einheit [m/s]) dagegen nimmt im Flugverlauf durch äußere Einflüsse, im Wesentlichen den Luftwiderstand, ab (Mallock, 1904), (Epstein, 1931), (Volgas, Stannard, & Alonso, 2005). Die Bewegungsenergie des Geschosses kann für jeden beliebigen Punkt entlang der Geschossflugbahn mit der Formel

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

berechnet werden, wobei

E	die Energie in Joule [J]
m	die Geschossmasse in Kilogramm [kg]
v	die Geschossgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde [m/s]

an diesem Punkt der Geschossflugbahn bezeichnet (Tipler & Llewellyn, 2002).

Ausgangspunkt für die Betrachtung der Zielwirkung ist die Energie des Geschosses im Moment des Auftreffens auf das Ziel („Auftreffenergie“). Sie stellt zielballistisch das gesamte Wirkungspotential des Geschosses dar und ist die einzige schussbedingte Energiequelle für Veränderungen im Zielmedium (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Nach Eintritt in das Ziel bahnt sich das Geschoss einen Weg durch das Zielmedium. Verlässt es das Ziel, spricht man von einem „Durchschuss“ (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Die Stelle des Geschosseintrittes wird als „Einschuss“ und die des Geschossaustrittes als „Ausschuss“ bezeichnet. Kommt das Geschoss noch im Ziel zur Ruhe, spricht man von einem „Steckschuss“ (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Die Wegstrecke (Länge L, SI-Einheit [m]) zwischen Einschuss und Ausschuss (beim Durchschuss) beziehungsweise Einschuss und Geschosslage (beim Steckschuss) wird als „Eindringtiefe“ bezeichnet. Das Geschoss wird im Ziel stark abgebremst und gibt Bewegungsenergie ab.

Die entlang der Eindringtiefe in das Zielmedium abgegebene Bewegungsenergie wird als „ E_{ab} “ abgekürzt. Sie wird berechnet als Differenz zwischen Auftreffenergie und Geschossenergie bei Austritt des Geschosses. Im Fall eines Steckschusses ist die abgegebene Energie gleich der Auftreffenergie. Bezogen auf die Wegstrecke der Eindringtiefe (Gradient der Energie – Weg – Funktion) gilt als Maßzahl für die örtliche Energieabgabe die für zielballistische Betrachtungen entscheidende Größe „ E'_{ab} “ in Joule pro Zentimeter [J/cm]. Diese wird als „Wirksamkeit“ bezeichnet (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008).

2.4.2 Messung der Geschosswirksamkeit

Zur Untersuchung zielballistischer Vorgänge kommen Simulanzmedien zum Einsatz. Als „Simulanz“ dienen homogene Materialien, die gegenüber den für die Untersuchung ballistischer Traumata relevanten, biologischen Stoffen und Geweben ähnliche Eigenschaften aufweisen (Rothschild & Kneubuehl, 2010). Zum Einsatz kommen dabei im Wesentlichen ballistische Seife und Gelatine (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Die Verwendung beider Stoffe geht nach Dr. Martin Fackler (Fackler & Dougherty, Theodor Kocher and the scientific foundation of wound ballistics, 1991) bereits zurück auf Arbeiten von Emil Theodor Kocher, der Ende des 19. Jahrhunderts „*Experimentelle Untersuchungen ueber die Wirkungsweise der Modernen Kleingewehr Geschosse*“ durchführte. Beide Stoffe erfüllen bei entsprechender Rezeptur und Temperatur die Anforderung, dem Geschoss einen der menschlichen und tierischen Muskulatur ähnlichen Widerstand zu bieten. So weist 10% Gelatine bei 4°C einen hohen Grad an Repräsentanz von lebendem tierischen Muskelgewebe auf (Fackler & Malinowski, 1985).

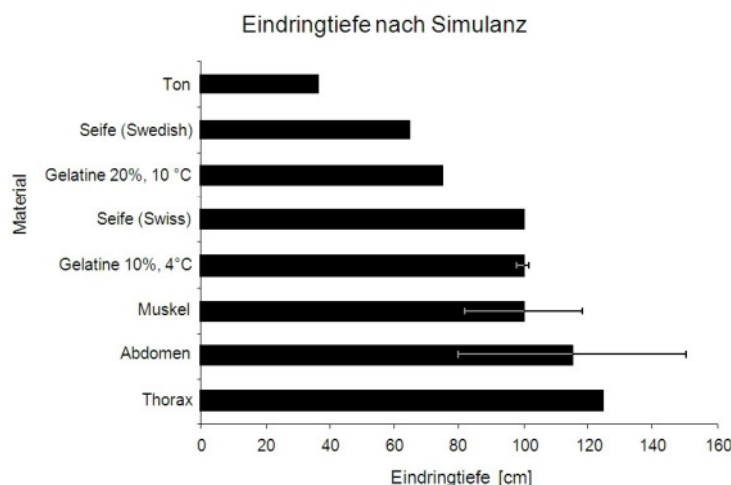


Abbildung 5: Eindringtiefe einer Stahlkugel in verschiedene Medien nach Fackler (nach (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008))

Durch die Homogenität des Materials und Kontrolle äußerer Faktoren (z. B. Temperatur) ist eine Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit von Versuchen erreichbar (Rothschild & Kneubuehl, 2010). Jussila (2005) fasst die Literatur zur Verwendung von Gelatine als Beschussmedium zusammen und schlägt eine Standardmethode zur Herstellung von Gelatineblöcken vor (2004). Diese berücksichtigt neben der Konzentration der Gelatine insbesondere qualitätssichernde Schritte wie Kalibrierung, Temperatur und Lagerung. NATO – Standard sieht 20% Gelatine bei 10 °C vor (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Das Testverfahren der Deutschen Hochschule der Polizei für Munition der Polizei von Bund und Ländern (PTI, 2009) sieht ebenso wie die Firma RUAG Ammotec GmbH, Fürth 20 % Gelatine bei 15 °C vor (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Kneubuehl (2008) beschreibt die Herstellung und Eigenschaften von Seife als Medium für Beschusstests. Abbildung 5 zeigt die Eindringtiefe einer Stahlkugel bei gleicher Geschwindigkeit in unterschiedliche Medien und Körperabschnitte. Das Grundprinzip der Anwendung von Seife und Gelatine als Medium zur Messung von Geschosswirksamkeiten ist dasselbe. Ermittelt wird die örtliche Energieabgabe E'_{ab} in J/cm entlang des Schusskanals im Beschussmedium (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Gelatine verhält sich im Beschuss dynamisch (Jussila, 2005). Es kommt zu einer Kavernenbildung, die unter pulsierenden Bewegungen wieder in sich zusammenfällt. Zurück bleiben der Geschossweg und ein Rissmuster (Abbildung 6) um diesen herum (Jussila, 2005). In den RWS – Mitteilungen 1971 wurde ein Verfahren vorgestellt, bei dem durch Auswertung der Risslängen die Energieabgabe entlang des Schusskanals ermittelt wird (Risslängenverfahren) (Gawlick & Knappworst, 1974).



Abbildung 6: Schusskanal mit seitlichen Risslängen in Gelatine in der Draufsicht 90° in den Schusskanal (Jussila, 2005)

Im Gegensatz zu Gelatine verhält sich Seife im Schuss plastisch. Im Seifenblock bildet sich durch den Schuss eine bleibende Kaverne (Abbildung 7), deren Ausmaß (Volumen) jeweils proportional zur im Abschnitt abgegebenen Energie in Joule ist (Kneubuehl, Coupland,

Rothschild, & Thali, 2008). Die durch den Schuss in der Seife entstehende Kaverne wird am längs aufgetrennten Block mit einer Skala versehen fotografiert. Die Auswertung der Kavernenvolumina kann nach einem Standardverfahren (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008) an der skalierten Photographie mit einem Computerprogramm k - Analyzer (Roth, 2015) durchgeführt werden.

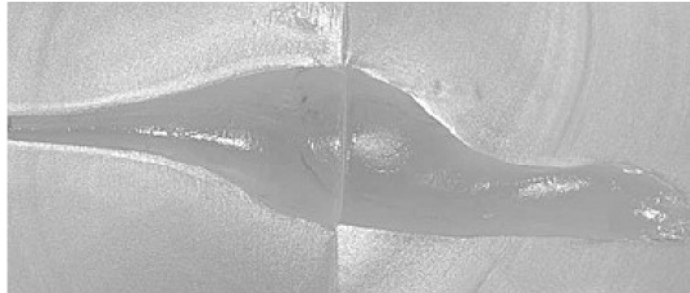


Abbildung 7: Schusskanal in Seife, längs aufgetrennt (Foto DEVA e. V. aus Gremse und Rieger (2012))

Abbildung 8 zeigt ein Anwendungsbeispiel der Vermessung der durch den Schuss von links in einem Seifenblock entstandenen Kaverne mit dem Programm k-analyzer (Roth, 2015).

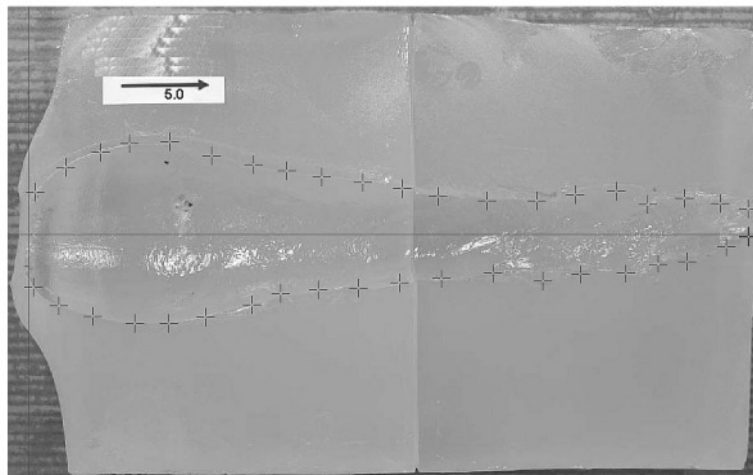


Abbildung 8: Anwendungsbeispiel der Vermessung der durch den Schuss von links in einem Seifenblock entstandenen Kaverne an einer skalierten Photographie¹¹ am Halbblock mit dem Programm k-analyzer (Roth, 2015). Oben links im Bild markiert der Pfeil die Schussrichtung und gibt den Maßstab zur Kalibrierung.

Das ermittelte Volumen der Kaverne wird auf die ermittelte, gesamte Energieabgabe bezogen (E_{ab} in J) und dann auf einzelne Wegstrecken und die darüber entstandenen Volumen zur Ermittlung der Wirksamkeit (J/cm) heruntergebrochen (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008), (Gremse, et al., 2014). Durch Eichung und Umrechnung können Beschüsse aus den unterschiedlichen Medien miteinander verglichen werden (Kneubuehl,

¹¹ Photographie: Deutsche Versuchs- und Prüfanstalt für Jagd- und Sportwaffen e. V. , Altenbeken im Auftrag des Fachgebiet Wildbiologie, Wildtiermanagement & Jagdbetriebskunde der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Insbesondere aber können so Geschosse und deren Wirksamkeiten in Abhängigkeit zur Auftreffgeschwindigkeit (Rothschild & Kneubuehl, 2010), (Gremse, et al., 2014) und zur Schussentfernung (Gawlick & Knappworst, 1974), (Trinogga, Jeuken, Kinsky, Walter, & Krone, 2008) analysiert werden. Neben der Vermessung an der skalierten Fotografie können beschossene Seifenblöcke mittels Computertomographie (CT) (Gremse F, 2011) vermessen und auf Grundlage der Daten analysiert werden. Gremse et al. (2014), (Gremse, Rieger, Lahrssen-Wiederholt, Ball, & Gremse, 2014) wandten beide Verfahren an denselben Seifenblöcken an und fanden weitest gehende Übereinstimmung. Neben Informationen zur Eindringtiefe und Energieabgabe erhält man mit dem CT-Verfahren Informationen zur Richtungsstabilität des Geschosses im Seifenblock und zum Eintrag von Geschossmaterial in das Medium mit Daten zur Splittergröße und Verteilung (Gremse, et al., 2014). Abbildung 9 zeigt ein Anwendungsbeispiel der Vermessung der Kaverne und der Splitterverteilung um die Kaverne im Testmedium mittels Computertomographie (Gremse, et al., 2014).

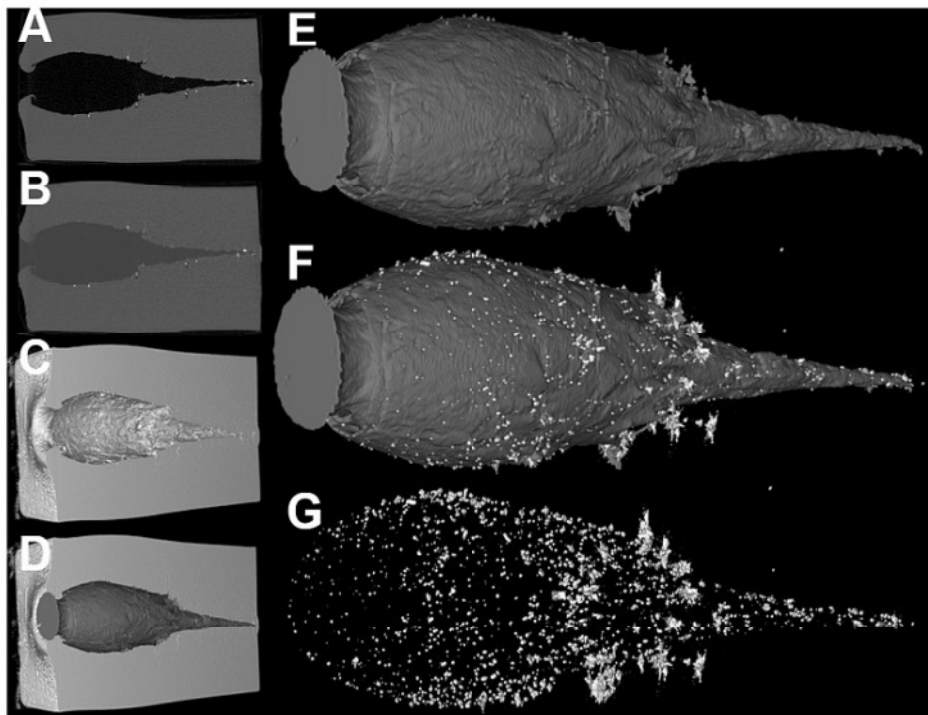


Abbildung 9: Anwendungsbeispiel der durch den Schuss von links in einem Seifenblock entstandenen Kaverne und der Splitterverteilung mittels Computertomographie (3D-Image Segmentation) (Gremse, et al., 2014).

Kunz et al (2011) untersuchten einen bestimmten Typ von Taser-Geschoss auf seine wundballistischen Eigenschaften und nutzten dazu eine Kombination aus Beschüssen auf Haut von getöteten Hausschweinen und ballistischer Seife, die sie ebenfalls am CT analysierten.

2.4.3 Geschosswirksamkeit und Ausmaß der Verwundung

Die Wirksamkeit E'_{ab} in Joule pro cm (J/cm) eines Geschosses beschreibt nach Kneubuehl (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008) die Energieabgabe, bezogen auf einen bestimmten Wegabschnitt im Zielmedium. Gewebe entlang des Geschosspfad es wird durch die Passage des Geschosses dauerhaft zerstört. Man spricht von der „bleibenden (englisch: *permanent*) Wundhöhle“ (Fackler & Malinowski, 1985), (Stefanopoulos, 2014). Gewebe entlang des Geschosspfad es wird in Abhängigkeit vom Ausmaß der Energieabgabe an dieser Stelle durch die wirkenden Beschleunigungskräfte in jedem Fall gedehnt, gegeben falls auch zerstört. Das Ausmaß der dann als Folge der Bildung der sogenannten „temporären Wundhöhle“ (Fackler & Malinowski, 1985), (Stefanopoulos, 2014) letztlich auch dauerhaften Zellschäden hängt einerseits vom Volumen der Wundhöhle als Funktion der an dieser Stelle abgegebenen Energie und andererseits von der Anfälligkeit des betroffenen Gewebes gegenüber den wirkenden Kräften ab. So unterscheiden sich die Rückhaltekräfte von Muskelgewebe, Leber, Lungengewebe und Knochen gegenüber den der temporären Wundkavitation zuzurechnenden Dehnungskräften (Amato, Billy, Gruber, Rich, & Lawson, 1970). Für ihre Untersuchung beschossen sie die Keulenmuskulatur betäubter Hunde, die Lebern und Lungen frisch geschlachteter Ziegen und Oberschenkelknochen frisch geschlachteter Kälber mit Stahlkugeln des Durchmessers 0,25 Zoll (6,51 mm). Die Kugeln wogen etwa 1 Gramm (16 grains). Im Test wurden die Kugeln mit folgenden Geschwindigkeiten in die unterschiedlichen Zielmedien geschossen: 305 m/s (1000 feet per second) und 915 m/s (3000 feet per second). Als Ergebnis der Testreihe beschrieben die Autoren 1) eine steigende Empfindlichkeit der Gewebe gegenüber den Effekten der temporären Wundhöhle (Knochen < Lunge < Muskel < Leber) und 2) eine Abhängigkeit der Ausprägung des Schadens von der Höhe der Auftreffgeschwindigkeit des Geschosses. Kneubuehl (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008) beschreibt die für das Reißen von Blutgefäßen ohne direkten Kontakt durch das Geschoss notwendige örtliche Energieabgabe als mindestens 100 J/cm in äußerster Nähe zum Geschossweg (< 5 mm). Mit steigendem Abstand zur Geschosspassage steigt die für ein Reißen der Gefäße notwendige Energieabgabe an. So sind in 20 mm Entfernung zum Geschossweg schon 150 J/cm notwendig (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Di Maio (1999) setzt die Dimensionen permanenter und temporärer Wundhöhlen ins Verhältnis zum Ausmaß verursachter Wundausdehnung und beschreibt für Gewehr- und Jagdgeschosse ein deutliches Überwiegen der durch temporäre Kavitation verursachten Effekte (Abbildung 40). Dodd & Byrne (2006) bestätigen dieses Phänomen und setzen es in Beziehung zur Schussentfernung. Die bisher genannte Literatur betrifft im Wesentlichen militärische, polizeiliche und human-pathologische Kontexte. Gawlick & Knappworst (1974) untersuchten

einen Zusammenhang zwischen zielballistischen Labortests zur Wirksamkeit von Jagdgeschossen und deren Wirkung im Jagdbetrieb. Sie stellten fest, „dass konkrete Rückschlüsse von der Labormethode auf die praktische Auswertung möglich sind“. Trinogga, Fritsch, Hofer & Krone (2013) führten wundmorphologische Untersuchungen an durch die Brusthöhle mit Gewehrsgeschossen erjagten Rehen (*Capreolus capreolus*) und Wildschweinen (*Sus scrofa*), Gemsen (*Rupicapra rupicapra*), Rotwild (*Cervus elaphus*) und Damwild (*Dama dama*) durch. Sie untersuchten insbesondere die Beziehung der Wundausdehnung zum Geschossmaterial und der Funktionsweise der Geschosse. Untersuchungen im Jagdbetrieb auf Schalenwild in England und Schottland (Knott, Gilbert, Green, & Hoccum, 2009) analysierten die Eignung zur tierschutzgerechten Tötung von Geschossen unterschiedlicher Konstruktionen. Beide Studien verweisen auf die Notwendigkeit der Trennung von Einflussfaktoren sowohl auf die Wundmorphologie als auch auf die Wirkung des Geschosses aus Sicht einer tierschutzgerechten Tötung. So verweisen Trinogga et al. darauf, dass die untersuchten Tiere (alle Schüsse in die Brusthöhle (Kammer)) durch Entblutung (Exsanguination) starben. Knott et al. bewerteten das Erlegungsgeschehen bei vergleichbarer Lage des Treffers (Brusthöhle) in Bezug auf Erfüllung einer tierschutzgerechten Tötung. Gremse und Rieger (2012), (2014) zeigten durch Auswertungen von Erlegungsprotokollen aus dem Jagdbetrieb auf Schalenwild, dass analog zu den in der Ausbildung von Jägern gelehrt umzusetzenden Trefferlagen (Wandel, et al., 1998), (The Deer Initiative, 2009) die Lage des Geschosstreffers auf dem Tierkörper entscheidend für eine schnelle Tötung des Tieres ist. Weiter ist eine ausreichende Geschosswirksamkeit erforderlich (Gremse & Rieger, 2014).

2.4.4 Ort der Verwundung und Schusswirkung

Unter „Schusswirkung“ versteht man die an das Einzelereignis eines Schusses auf ein Lebewesen gekoppelten, beobachtbaren Reaktionen des beschossenen Lebewesens auf den Beschuss (Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008). Sie kann folglich stets erst nach erfolgtem Beschuss in jedem Einzelfall beobachtet und gegebenenfalls beurteilt werden. Nach Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali (2008) resultiert die beobachtbare Wirkung eines Geschosses auf ein Lebewesen aus 1) der Lage des Treffers, 2) der situationsbezogenen Wirksamkeit des Geschosses und 3) einzelfallspezifischen, psychologischen und physiologischen Faktoren, die die Konstitution und den Erregungszustand des getroffenen Lebewesens beschreiben. Im Kontext der Jagd auf Schalenwild werden diese Beobachtungen zur Schusswirkung als „Schusszeichen“ bezeichnet (Wandel, et al., 1998). Zu diesen zählen in der Reihung der Nennung durch diese

Autoren die „Flucht“, der „Kugelschlag“¹² und das „Zeichnen des Wildes“. Als „Flucht“ werden alle Beobachtungen zum Verhalten des Stückes nach dem Schuss verstanden, insbesondere die Länge einer zurückgelegten Strecke vom Punkt des Beschusses (Anschuss) zum Ort des Verendens (Wandel, et al., 1998). Dieser zurückgelegte Weg wird als „Fluchtstrecke“ bezeichnet¹³. Die Fluchtstrecke wird häufig in Studien und Praxiserhebungen zur Geschosswirkung auf Wirbeltiere als beobachtete Variable verwendet (Gawlick & Knappworst, 1974), (Knott, Gilbert, Green, & Hoccum, 2009), (Ruth, 2009), (Gremse & Rieger, 2008), (Gremse & Rieger, 2012), (Bahr, 2013), (Gremse C., 2014). Gawlick und Knappworst (1974) stellten erstmals einen zeitlichen Zusammenhang zwischen der nach dem Schuss zurückgelegten Strecke bei tödlichen Treffern und der Zeitdauer zum Verenden des Tieres her (etwa 1 Sekunde für 10 Meter Strecke). Sie stuften zudem Fluchtstrecken unter 25 m als für den Jagdbetrieb „günstig“ und über 25 Metern als für den Jagdbetrieb „ungünstig“ ein. Courtney und Courtney (2007) nutzten Daten zur Zeitdauer zum Eintritt der Handlungsunfähigkeit von Ziegen aus militärischen Versuchen (Courtney & Courtney, 2007) zur Validierung des Zusammenhanges zwischen Zeitdauer bis zum Verenden des Tieres und zurückgelegter Strecke und schlugen eine standardisierte Methode vor, Geschosse für Kurzwaffen an Weißwedelhirschen (*Odocoileus virginianus*) zu testen. Auch diese Autoren gehen von 10 m/s Fluchtgeschwindigkeit aus. Rühle, Baumgart und Riemer (2005) werteten 1015 Nachsuchenprotokolle aus den Jahren 1989 und 1990 (Wildarten Schwarzwild und Rotwild). Sie fanden signifikante Einflüsse der Variablen „Wildart“, „Schussverletzung“ und „Hund“ auf die resultierende „Länge der Hetze“. Hackländer, Haffelner und Sandford (2015) suchten die erklärenden Variablen für die resultierende „Fluchtstrecke“ mittels explorativer Datenanalyse auf Grundlage von 1.231 Abschüssen von Schalenwild und fanden für Wildart, Trefferlage und Masse des Tieres signifikante Einflüsse. Das „Zeichnen“ des Wildes beschreibt Beobachtungen zum Verhalten des Tieres direkt im Moment des Auftreffens des Geschosses neben einem einfachen Zurücklegen von Entfernungen, insbesondere etwa ein „Aufsteilen“ der Vorderläufe bei einem Schuss hoch in die Kammer oder ein „Zusammenrücken“ bei einem Schuss in den Bauchraum (Weidwundschuss).

¹² Als „Kugelschlag“ werden akustische Folgen des Auftreffens des Geschosses auf den Wildkörper bezeichnet. Gleichzeitig führen die Autoren aus, dass dieses Merkmal in der Praxis höchst unzuverlässig ist, da Schussknall und andere Einflüsse die Wahrnehmung behindern. Das Merkmal wird hier nur der Vollständigkeit halber genannt.

¹³ Glossar [RWS / Rottweil](#)

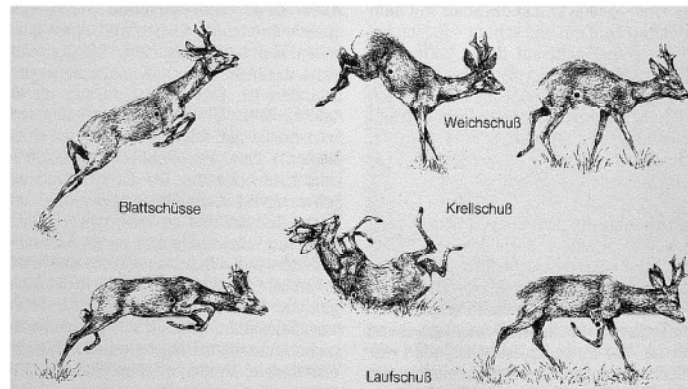


Abbildung 10: Das „Zeichnen“ des Wildes bei Auftreffen des Geschosses (Wandel, et al., 1998)¹⁴.

2.4.5 Wahl des Zielpunktes für die Jagd auf Schalenwild

Die Wahl eines aus Sicht des Tierschutzes und der Jagdpraxis sinnvollen Zielpunktes auf dem Wildkörper wird in der Jagdausbildung vermittelt. Als optimal und anzustreben gilt der sogenannte „Kammerschuss“ (Wandel, et al., 1998), (Heintges & Schmidt, 2013), (Hirth, Maisack, & Moritz, 2007), (The Deer Initiative, 2009), also der Schuss in die Brusthöhle (Cavitas thoracis), jagdlich als „Kammer“ bezeichnet. Diese liegt innerhalb des Brustkorbs (Thorax) und wird durch das Zwerchfell (Diaphragma) gegen die Bauchhöhle (Cavitas abdominalis) abgegrenzt (Guyton & Hall, 2006).

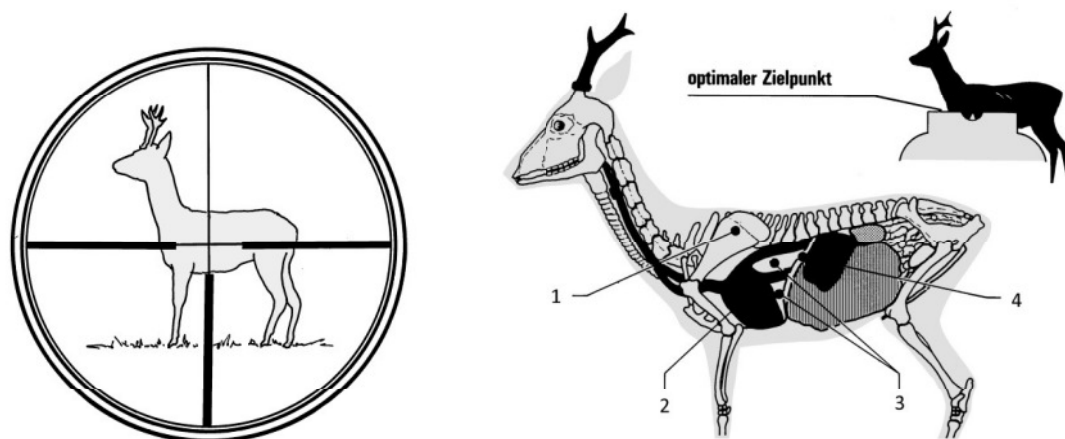


Abbildung 11: Die Wahl des Zielpunktes nach Heintges & Schmidt (2013)¹⁵ mit Zielfernrohr (links) und offener Visierung (rechts oben). Rechts unten ist schematisch die Anatomie eines Rehbocks dargestellt. 1) Schulterblatt; 2) Herz; 3) Lunge und 4) Zwerchfell.

Abbildung 11 zeigt die Darstellung nach Heintges & Schmidt (2013) für die Zielpunktwahl mit Zielfernrohr und offener Visierung und eine schematische Darstellung der Anatomie eines Rehbocks. Die Wildscheibe Nr. 1 des Deutschen Jagdverbandes ist die Standardscheibe

¹⁴ Mit freundlicher Genehmigung des BLV-Verlagsgesellschaft mbH, München.

¹⁵ Mit freundlicher Genehmigung der Heintges Lehr- und Lernsystem GmbH, Marktredwitz.

nach DJV – Schiessvorschrift für das Schießen auf 100 m, stehend angestrichen (DJV, 2015). Abbildung 12 zeigt die Wildscheibe Nr. 1 und die darauf befindliche, die Lage eines Treffers zahlenmäßig bewertende Zonierung. Die Bewertung erfolgt in den Schritten 10, 9, 8, 3 und 1 und ist an die Anforderungen eines Übungs- und Wettkampfschiessens angelehnt. Ebenso wie in der Lehrliteratur orientiert auch die Wildscheibe Nr. 1 den Schützen zum Schuss in die Kammer (Cavitas thoracis), wenn auch Bereiche der Cavitas abdominalis noch mit zwar niedrigen Punkten versehen sind. Winkelmayr, Malleczek, Paulsen, & Vodnansky (2005) verweisen in diesem Zusammenhang auf eine aus tierschutzrechtlicher und wildbrethygienischer Sicht sinnvolle Verschiebung des optimalen Zielpunktes kranial weiter in die Cavitas thoracis hinein. Die Wahl der Kammer als generell anzustrebender Zielbereich (TVT, 2011), (The Deer Initiative, 2009), (Hirth, Maisack, & Moritz, 2007), (DJV, 2015), (Wandel, et al., 1998), (Heintges & Schmidt, 2013), gegenüber alternativen Zielen, wie etwa der kranialen (Kopf, jagdlich „Haupt“) und interkranialen (Hals, jagdlich „Träger“) Regionen wird übereinstimmend (TVT, 2011), (Gremse & Rieger, 2014) beschrieben.

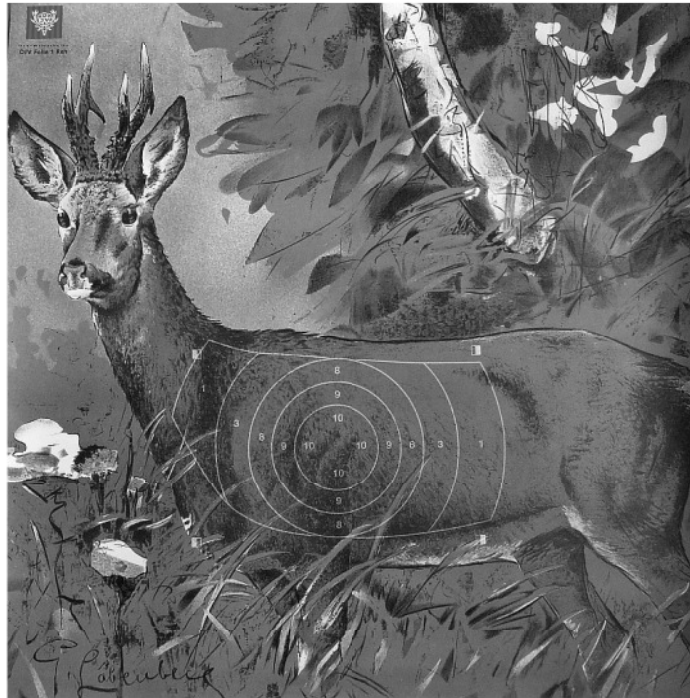


Abbildung 12: Wildscheibe Nr. 1 des Deutschen Jagdverbandes (DJV)¹⁶. Die Bewertung erfolgt in den Schritten 10, 9, 8, 3 und 1 und ist an die Anforderungen eines Übungs- und Wettkampfschiessens angelehnt

¹⁶ Mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Jagdverband e. V., Berlin

2.4.6 Schusswirkung, Handlungsfähigkeit und jagdliche Umsetzung

Ziel eines Schusses auf ein Tier im Rahmen ordnungsgemäßer Jagdausübung ist die schnellstmögliche, sichere Überführung des Tieres aus dem Leben in den Tod. Damit muss sowohl ein quantitativer Maßstab angelegt werden, der die zeitliche Dimension berücksichtigt, als auch ein qualitativer, welcher die Risiken für das Tier berücksichtigt (Gremse & Rieger, 2014). Karger (2008) unterscheidet für den Geschosseinsatz zwei Mechanismen, um auf physiologischen Effekten basierend verlässlich eine Handlungsunfähigkeit (Inkapazitation) herbeizuführen. Dazu bedarf es zwingend einer Herabsetzung der Funktionsfähigkeit des Zentralnervensystems (ZNS). Die zwei ausschließlichen Möglichkeiten, dies durch einen Kugelschuss zu erreichen, sind die direkte Zerstörung des Gehirns durch den Schuss oder die indirekte durch zerebrale Hypoxie, also Sauerstoffmangel (Guyton & Hall, 2006), hervorgerufen durch Entblutung (Exsanguination) (Trinogga, Fritsch, Hofer, & Krone, 2013). Beide Varianten führen zu Bewusstlosigkeit (Karger, 2008) und Tod. Abbildung 13 verdeutlicht die wechselseitigen Zusammenhänge der Aktivität im Zentralnervensystem, der Herzfrequenz und des Blutdruckes als Reaktion auf den Blutverlust.

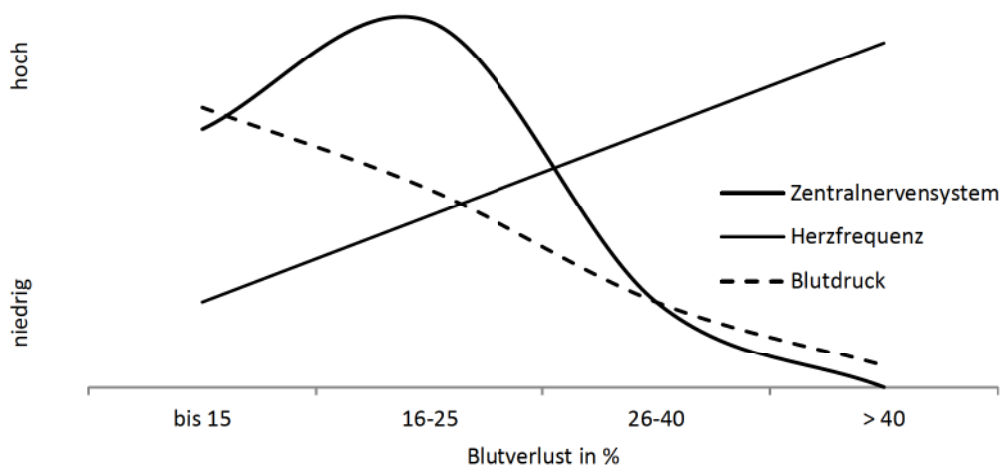


Abbildung 13: Aktivität im Zentralnervensystem, des Herz und Höhe des Blutdrucks in Abhängigkeit zum Blutverlust. Eigene Darstellung nach Guyton und Hall (2006).

Karger macht seine Aussagen im Kontext der forensischen Ballistik, also mit Bezug auf den menschlichen Körper, verweist aber in der Diskussion der Mechanismen auf jagdliche Zusammenhänge (Karger, 2008) und berichtet von weiteren Faktoren der Inkapazitation durch Druckwellen (pressure waves) und durch Nervenschock (nerve shock), (Karger, 2008) sowie Beeinträchtigungen der Aktivität des Getroffenen durch Verletzungen der sensorischen oder optischen Hirnbereiche, des Rückgrades und großer, peripherer Nervenstränge, statischer Strukturen wie großer Knochen und Gelenke und durch

Pneumothorax (Karger, 2008). Auch Courtney und Courtney (2007), (2012) berichten von Inkapazitationen von Ziegen und Weisswedelhirschen durch Druckwellen im Zusammenhang mit Schusswunden. Diese Faktoren sind allerdings für eine Herbeiführung einer Handlungsunfähigkeit nicht durch den Schützen zu beeinflussen und nicht verlässlich (Karger, 2008). Gremse und Rieger (2014) fassen diese Faktoren unter „Sekundäre Wirkung auf das Zentralnervensystem“ zusammen. Zur Beurteilung eines zeitlichen Zusammenhanges einer beobachtbaren Handlungsunfähigkeit als Folge eines Beschlusses unterscheidet Karger (2008) zwischen „sofort“, „schnell“ und „verspätet“ eintretender Handlungsunfähigkeit. Courtney und Courtney (2007) differenzierten weiter, indem sie „schnell“ mit „bis zu 5 Sekunden“ gleichsetzen. Zudem schlugen sie, wie schon Gawlick und Knappworst (1974), als Überleitung von der Zeit in die Distanz der Fluchstrecke eine durchschnittliche Geschwindigkeit für Todfluchten von etwa 10 m/s vor. Tabelle 2 nach Gremse und Rieger (2014) fasst den zeitlichen Zusammenhang bis zum Eintritt einer beobachtbaren Handlungsunfähigkeit, die physiologische Verlässlichkeit des Erzielens der beobachtbaren Handlungsunfähigkeit für die Verwundungsmechanismen „Zerstörung des Zentralnervensystems“, „Zerstörung an Vitalorganen/Blutverlust“ und „Sekundäre Wirkung Zentralnervensystem“ zusammen und setzt diese in den Kontext einer sicheren Umsetzbarkeit im Jagdbetrieb auf Schalenwild.

Verwundungs- mechanismus	Zeit bis Eintritt einer beobachtbaren Handlungsunfähigkeit	Physiologische Verlässlichkeit	Umsetzbarkeit Jagd
Zerstörung ZNS	sofort	hoch	riskant
Zerstörung an Vitalorganen / Blutverlust	schnell	Abhängig von Geschosswirksamkeit	Bei ausreichender Geschosswirksamkeit sicher
Sekundäre Wirkung ZNS	sofort	gering	Nicht zu beeinflussen

Tabelle 2: Durch Geschosse zu erzielende Verwundungsmechanismen, ihre physiologische Verlässlichkeit zur Erzielung einer beobachtbaren Handlungsunfähigkeit und Umsetzbarkeit im Jagdbetrieb auf Schalenwild (Gremse & Rieger, 2014).

Die Umsetzbarkeit im Jagdbetrieb für die Zerstörung des Zentralnervensystems im kranialen und interkranialen Bereich (Kopf- und Trägerschüsse) wird auf Grund der Zielfläche (Abbildung 14, Durchmesser der zu treffenden Fläche bei Rehwild rund 40 mm), der Beweglichkeit des Zieles und der Schwierigkeit des genauen Erfassens des Zieles im Körper des Tieres als problematisch und nicht generell empfehlenswert diskutiert (Gremse & Rieger, 2014), (Steinhauser, 2014), (The Deer Initiative, 2009), (Aebischer, Wheatley, & Rose, 2014), (Hirth, Maisack, & Moritz, 2007). Retz, Schiffer, von Wenzlawowicz & Hensel (2014)

gehen für Kopfschüsse auf Weiderinder von zu empfehlenden, kurzen Schussentfernungen von etwa 15 bis 30 Metern aus, um die notwendige Präzision zu gewährleisten.



Abbildung 14: Schädel eines Rehbocks (*Capreolus capreolus*) ohne Unterkiefer zur Verdeutlichung der relativen Trefferfläche für einen wirksamen Schuss (Durchmesser rund 40 mm)

Die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Treffers liegt bei Schüssen auf den Kopf im Jagdbetrieb bei 84% gegenüber 98% bei Schüssen auf die Kammer (Aebischer, Wheatley, & Rose, 2014). Abbildung 15 am Beispiel eines Streifschusses am Nasenbein (*Os nasale*) bei einem Reh mögliche Folgen eines fehlgehenden Schusses auf den Schädel.



Abbildung 15: Streifschussverletzung (Pfeil) eines Rehs am Nasenbein (*Os nasale*) mit Frakturen als Folge der stumpfen Gewalteinwirkung. Das Tier lebte noch mehrere Stunden nach dem Schuss, flüchtete auf der Nachsuche und konnte erst nach Hetzeinsatz des geprüften Jagdhundes durch den Hundeführer erlegt werden.

Im Bereich der Kammer ist die zu treffende Fläche bei Rehwild mindestens 16 cm im Durchmesser (Gremse & Rieger, 2014). Die mittlere Fluchtstrecke liegt für die Wildarten Rotwild, Rehwild, Schwarzwild und Damwild nach Gremse und Rieger (2014) bei 19,499 m (95%-Konfidenzintervall 18,26 m – 20,74 m) für hohe Kammertreffer und bei 25,395 m (95%-Konfidenzintervall 24,37 – 26,42 m) für tiefe Kammerschüsse. Die Zerstörung des Blutkreislaufes im Bereich der Vitalorgane Herz und Lunge (tiefer und hoher Kammerschuss) ist geeignet, eine Blutungsrate zu erreichen, die jagdlich sicher umzusetzen verlässlich zu einem schnellen Eintritt der Bewusstlosigkeit und des Todes führt, wenn eine ausreichende, zielballistische Wirksamkeit des Geschosses gewährleistet ist (Gremse & Rieger, 2014).

2.4.7 Abhängigkeit der Schusswirkung von der Geschosswirksamkeit

Gremse und Rieger (2012), (2014) zeigen auf Grundlage eines über die Auftreffgeschwindigkeit von Geschossen verknüpften Datensatzes zu Beobachtungen zur Schusswirkung bei Verwendung bestimmter Geschosse im Jagdbetrieb auf Schalenwild und Messwerten zur Geschosswirksamkeit des verwendeten Geschosses, ermittelt in ballistischer Seife, bei einzelfallspezifischer Auftreffgeschwindigkeit einen Zusammenhang der Geschosswirksamkeit einschussseitig im Tiefenbereich 0 bis 15 cm und der Länge der Fluchtstrecke des beschossenen Tieres. Für eine jagdpraktisch akzeptabel kurze (Gawlick & Knappworst, 1974), (Gremse & Rieger, 2014) Fluchtstrecke beschossenen Schalenwildes sind mindestens 1500 Joule Energieabgabe auf den einschussseitig ersten 15 Zentimetern erforderlich und eine Eindringtiefe von mindestens 30 cm (Gremse & Rieger, 2012), (Gremse & Rieger, 2014), ermittelt in ballistischer Seife. Im Rahmen der Entscheidungshilfe für das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung wurde vorgeschlagen, die jagdrechtlichen Regelungen zum Geschosseinsatz entsprechend zu ändern, Geschosse vor Zulassung nach dem vorgeschlagenen Verfahren zu prüfen und den zu empfehlenden Einsatzbereich der Munition in geeigneter Weise kenntlich zu machen (Gremse & Rieger, 2012), (Gremse & Rieger, 2014). Der Vorschlag zur Kennzeichnung der Munition wurde von anderer Seite aufgegriffen¹⁷ (Steinhauser, 2014).

¹⁷ DJV-Pressemitteilung vom [10.03.2014](#)

2.4.8 Untersuchungen zur Verwendung von Jagdmunition

Untersuchungen zur Nutzung von Geschossen im Jagdbetrieb unterscheiden sich zum Teil in den gewählten Methoden. Tabelle 3 liefert eine Übersicht über bereits erfolgte und geplante Untersuchungen zur Verwendung von Jagdprojektilen nach Stand der Forschung 2015.

Methoden:	Arbeitsgruppe, Jahr:	Bemerkungen:
Feldbeobachtungen im Jagdbetrieb	(Gawlick & Knappworst, 1974), (Gremse & Rieger, 2008), (Gremse & Rieger, 2012) (Bahr, 2013) (Gremse & Rieger, 2014) (Gremse C. , 2014) (Knott, Gilbert, Green , & Hoccum, 2009), (Ruth, 2009) (Aebischer, Wheatley, & Rose, 2014) (Hackländer, Haffelner, & Sandfort, 2015)	Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges.
Zielballistische Tests, bezogen auf die Schussentfernung	(Gawlick & Knappworst, 1974), (Trinogga, Jeuken, Kinsky, Walter, & Krone, 2008)	Büchsen ges. Büchsen ges.
Zielballistische Tests, bezogen auf die Auftreffgeschwindigkeit des Geschosses	(Kneubuehl, Coupland, Rothschild, & Thali, 2008), (Gremse & Rieger, 2012), (Gremse & Rieger, 2014), (Gremse, et al., 2014)	Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges. Büchsen ges.
Wundmorphologische Untersuchungen / Feldbeobachtungen im Jagdbetrieb	(Trinogga, Fritsch, Hofer, & Krone, 2013), (Pierce, Roster, Friesbie, Mason, & Roberson, 2015)	Büchsen ges. Schrote*
Feldbeobachtungen im Jagdbetrieb / Zielballistische Tests, bezogen auf die Auftreffgeschwindigkeit des Geschosses	(Gremse & Rieger, 2012) (Gremse & Rieger, 2014)	Büchsen ges. Büchsen ges.
Wundmorphologische Untersuchungen / Zielballistische Tests, bezogen auf die Auftreffgeschwindigkeit des Geschosses	(Suedhus, 2004) (Kunz, et al., 2011) In Vorbereitung Gremse, C et al.	Pfeile* Taser* Büchsen ges.

Tabelle 3: Zusammenfassung erfolgter und geplanter Untersuchungen zur Verwendung von Jagdmunition nach Stand der Forschung 2015 mit einer Gegenüberstellung der gewählten Methoden. Mit * gekennzeichnete Untersuchungen befassten sich nicht mit Büchsen geschossen, werden aber wegen ihrer methodischen Konzeption mit aufgeführt.

2.5 Regelungen des Jagd- und Tierschutzgesetzes

2.5.1 Messwerte zu Geschosswirksamkeiten in Abkommen und Richtlinien

Messwerte zur Geschosswirksamkeit werden zum Zweck der Festlegung von entweder zulässigen Höchst- oder Mindestwerten für bestimmte Anwendungen verwandt. So wird im „Schweizer Entwurf zum Protokoll zu Kleinkaliber – Waffensystemen“ des Internationalen Roten Kreuzes (Prokosch, 1995) zur Regelung des Einsatzes bestimmter konventioneller Waffen¹⁸ im Kriegseinsatz vorgeschlagen, solche Waffen und deren Munition zu verbieten, deren Geschosse auf eine Entfernung von 25 oder mehr Metern mehr als 20 J/cm Energieabgabe auf den ersten 15 cm des Geschosswegs durch einen menschlichen Körper aufweisen, um das Aufkommen unverhältnismäßig schwerer Verletzungen zu verringern. Für Einsatzmunition deutscher Polizeibehörden (PTI, 2009) sind Anforderungen und Testverfahren festgeschrieben. So muss die Mindestenergie an der Waffenmündung 500 Joule betragen und das Geschoss auf 5 Meter Schussentfernung mindestens 20 cm, maximal 30 cm, getestet in Gelatine (Konzentration 20% bei 15°C), tief in das Medium eindringen, dabei eine maximale Wirksamkeit von 60 J/cm nicht überschreiten, aber auf mindestens 5 cm eine minimale Wirksamkeit von 30 J/cm erreichen (PTI, 2009). Nach Trinogga, Jeuken, Kinsky, Walter, & Krone (2008) existieren „keine Minimalwirksamkeitskurven für Jagdgeschosse“. Gremse & Rieger (2012), (2014) zeigen auf Grundlage zu Beobachtungen zur Schusswirkung bei Verwendung bestimmter Geschosse im Jagdbetrieb auf Schalenwild und Messwerten zur Geschosswirksamkeit dieser Geschosse einen Zusammenhang der Geschosswirksamkeit einschussseitig im Tiefenbereich 0 bis 15 cm und der Länge der Fluchtstrecke des beschossenen Tieres auf. Für eine jagdpraktisch akzeptabel kurze (Gawlick & Knappworst, 1974), (Gremse & Rieger, 2014) Fluchtstrecke beschossenen Schalenwildes sind mindestens 1500 Joule auf den einschussseitig ersten 15 Zentimetern erforderlich und eine Eindringtiefe von mindestens 30 cm (Gremse & Rieger, 2012), (Gremse & Rieger, 2014). Diese, am Fachgebiet Wildbiologie, Wildtiermanagement & Jagdbetriebskunde (FWWJ) der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde in einem Entscheidungshilfedorhaben¹⁹ für das Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ermittelten Werte bilden die Grundlage für eine zu entwickelnde, technische Richtlinie²⁰ und gesetzgeberische

¹⁸ UN-Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of certain Conventional weapons which may be deemed to be excessively injurious or to have [indiscriminate effects](#).

¹⁹ Forschungsinformationssystem Agrar / Ernährung Informationsportal des Bundes und der Länder: [BMEL-Entscheidungshilfedorhaben 2809HS023](#)

²⁰ BMEL-Entscheidungshilfedorhaben TR ["Taugliche Jagdmunition"](#)

Entscheidungen für den Einsatz von Jagdgeschossen. Das Land Schleswig-Holstein bezieht sich in seiner Begründung zur Änderung des Jagdgesetzes vom 14.05.2014 unter anderem auf die Ergebnisse dieses Vorhabens²¹, ebenso wie der Deutsche Jagdverband e. V. Dieser fordert in seiner Pressemeldung vom 10.03.2014 „Neue Kriterien für Jagdbüchsenmunition – Unabhängig vom Material: tierschutzgerecht und unbedenklich“²². Im laufenden Verfahren zur Änderung des Bundesjagdgesetzes hat der Deutsche Bundesrat empfohlen, eine Regelung zur Gewährleistung zuverlässiger Tötungswirkung aufzunehmen²³.

2.5.2 Tierschutzgesetz

In Paragraph 1 des Tierschutzgesetzes (BGBl., 2006, I, S. 1206) wird dessen Zweck umrissen. „Zweck dieses Gesetzes ist es, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen. Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen.“ In § 4 (1) heißt es: „Ein Wirbeltier darf nur unter Betäubung oder sonst, soweit nach den gegebenen Umständen zumutbar, nur unter Vermeidung von Schmerzen getötet werden. Ist die Tötung eines Wirbeltieres ohne Betäubung im Rahmen weidgerechter Ausübung der Jagd oder auf Grund anderer Rechtsvorschriften zulässig oder erfolgt sie im Rahmen zulässiger Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen, so darf die Tötung nur vorgenommen werden, wenn hierbei nicht mehr als unvermeidbare Schmerzen entstehen. Ein Wirbeltier töten darf nur, wer die dazu notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten hat.“ Somit darf die Tötung von Wirbeltieren bei Vorliegen eines vernünftigen Grundes nur unter Betäubung durchgeführt werden. Die Tötung ohne Betäubung kann auf Grund anderer Rechtsvorschriften jedoch zulässig sein. Die weidgerechte Jagdausübung (§ 1 (1), (3), Bundesjagdgesetz) wird hier ausdrücklich genannt. Das ordnungsgemäße Jagdausübung in § 1, (4) Bundesjagdgesetz zugeordnete Töten des Wildes (im Gesetzestext „Erlegen“) darf ohne Betäubung erfolgen, wenn dabei dem Tier „nicht mehr als unvermeidbare Schmerzen“ zugefügt werden. Als „Schmerzen“ werden nach der „International Association of Pain“ (ISAP) (zitiert nach Hirth, Maisack, & Moritz (2007)) „unangenehme sensorische und gefühlsmäßige Erfahrungen, die mit akuter oder potenzieller Gewebeschädigung einhergehen“. Dabei geht der Gesetzgeber bei Wirbeltieren grundsätzlich davon aus, dass diese Schmerzen verspüren können (Schmerzfähigkeit). Als „unvermeidbar“ gelten Schmerzen mit Bezug auf einen ordnungsgemäßen Tötungsvorgang, wenn diese nicht durch Wahl eines anderen Verfahrens oder eine andere Ausführung des gewählten Verfahrens in ihrem Ausmaß vermindert oder gänzlich hätten vermieden werden können (Hirth, Maisack, & Moritz, 2007). Die Tötung darf

²¹ Schleswig-Holsteinischer Landtag - 18. Wahlperiode [Drucksache 18/752](#)

²² DJV-Pressemittteilung vom [10.03.2014](#)

²³ Bundesrat [Drucksache 50/15](#) vom 27.03.2015

nach § 4, Absatz 1, Satz 3 Tierschutzgesetz nur vornehmen, „wer die dazu notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten hat.“ Nach Hirth, Maisack, & Moritz (2007) ergibt sich aus diesen die „Sachkunde“. Die Kenntnisse müssen demnach Wissen zu den Risiken der jeweiligen Tötungsmethode, zu dem im Einzelfall schonendsten Verfahren, der zur Schmerz- und Leidensvermeidung geeigneten Schutzmaßnahmen, zu der Anatomie und Physiologie der jeweiligen Tierart und den Verhaltensweisen, mit denen Individuen dieser Schmerzen zeigen, umfassen. Die Fähigkeiten müssen die korrekte Anwendung des jeweiligen Verfahrens und die Wartung und Bedienung der benötigten Geräte umfassen, ebenso gehören praktische Erfahrung und ein generelles „Geübt - Sein“ in der jeweiligen Methode dazu. Nach Punkt 3.2. „Nachweis der Sachkunde“ der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetzes (aktuelle Fassung vom 9.2.2000, Bundesanzeiger Nr. 36a vom 22.02.2000) ist die „erforderliche Sachkunde für das Betäuben oder Töten entsprechender Tiere [...] des Weiteren nachgewiesen, wenn die betreffende Person im Besitz eines gültigen Jagd- oder Fischereischeins ist oder die Jäger- oder Fischerprüfung erfolgreich abgelegt hat.“

2.5.3 Bundesjagdgesetz

Paragraph 1 des Bundesjagdgesetzes (BGBl. 1976, I, S. 2849) erklärt den Inhalt des Jagdrechts als „die ausschließliche Befugnis, auf einem bestimmten Gebiet wildlebende Tiere, die dem Jagdrecht unterliegen, (Wild) zu hegen, auf sie die Jagd auszuüben und sie sich anzueignen“. Es wird damit klargestellt, dass die sich aus § 4 (1) des Tierschutzgesetzes ergebende Zulässigkeit der Tötung von Wirbeltieren im Rahmen der Jagd nur auf solche Tiere bezieht, die dem Jagdrecht unterliegen.

Nach Paragraph 1 (3) sind bei „der Ausübung der Jagd die allgemein anerkannten Grundsätze deutscher Weidgerechtigkeit zu beachten“. Der Begriff der deutschen Weidgerechtigkeit ist nach Kümmerle und Nagel (2010) in keiner Rechtsvorschrift umschrieben. Es handelt sich dabei um einen „unbestimmten und deshalb veränderlichen Rechtsbegriff.“ Sie definieren „Waidgerechtigkeit“ als die „Summe der rechtlich bedeutsamen, allgemein anerkannten ungeschriebenen oder geschriebenen Regeln, die bei der Ausübung der Jagd als waidmännische Pflichten zu beachten sind“ (Kümmerle & Nagel, 2010)²⁴. Nach Paragraph 1 (4) des Bundesjagdgesetzes erstreckt sich die Jagdausübung „auf das Aufsuchen, Nachstellen, Erlegen und Fangen von Wild“. Der Paragraph 1 (4) stellt den Bezug zum § 4 (1) des Tierschutzgesetzes her, indem die Tötung von Wild, also Tieren, die dem Jagdrecht unterliegen, in den Rahmen der Jagdausübung gestellt wird. Verwandt wird der Begriff des „Erlegens“ aus der Jägersprache; seiner Bedeutung nach „das Töten

²⁴ Siehe auch [DJV-Position zur Weidgerechtigkeit, 2000](#).

eines Stück Wildes auf jagdliche Weise, vornehmlich mit dem Jagdgewehr“ (Frevert & Dietz, 1992). Kümmerle und Nagel (2010) präzisieren: „Unter Jagdausübung ist die Bejagung des Wildes mit der Schusswaffe oder Falle, die Durchführung des Abschusses an vorhandenem Wild unter Einsatz von Jagdhunden mit allen erlaubten Jagdarten sowie die Nachsuche und Versorgung erlegten Wildes zu verstehen.“ Sie erläutern die Begriffe „Aufsuchen“, „Nachstellen“, „Erlegen“ und „Fangen“ wie folgt

- Aufsuchen - z. B. die Kontrolle fängisch gestellter Fallen.
- Nachstellen - das Verfolgen von Wild mit dem Zweck, Beute zu machen.
- Erlegen - das Töten von Wild, auch mit Totschlagfallen.
- Fangen - das Wild gelangt lebend in die Gewalt des Fängers.

So werden die nach Bundesjagdgesetz zulässigen Arten der Tötung von Tieren, die dem Jagdrecht unterliegen, angegeben mit „Schusswaffe“ und / oder „Falle“ (Kümmerle & Nagel, 2010). Die vorliegende Arbeit betrachtet ausschließlich das Töten von Schalenwild mit der Schusswaffe. Zum Schalenwild werden nach § 2 (3) des Bundesjagdgesetzes folgende Säugetierarten gezählt:

Wisent (*Bison bonasus*), Elchwild (*Alces alces*), Rotwild (*Cervus elaphus*), Damwild (*Cervus dama*), Sikawild (*Cervus nippon*), Rehwild (*Capreolus capreolus*), Gamswild (*Rupicapra rupicapra*), Steinwild (*Capra ibex*), Muffelwild (*Ovis ammon musimon*) und Schwarzwild (*Sus scrofa*).

Der Paragraph 19 (Sachliche Verbote) des Bundesjagdgesetzes schränkt den Einsatz von Geschossen zur Jagd auf Schalenwild ein:

„(1) Verboten ist

- 1. mit Schrot, Posten, gehacktem Blei, Bolzen oder Pfeilen, auch als Fangschuss, auf Schalenwild und Seehunde zu schießen;*
- 2. a) auf Rehwild und Seehunde mit Büchsenpatronen zu schießen, deren Auftreffenergie auf 100 m (E 100) weniger als 1 000 Joule beträgt;*
b) auf alles übrige Schalenwild mit Büchsenpatronen unter einem Kaliber von 6,5 mm zu schießen; im Kaliber 6,5 mm und darüber müssen die Büchsenpatronen eine Auftreffenergie auf 100 m (E 100) von mindestens 2 000 Joule haben; [...].
Darüber hinaus können nach § 19 (3) die in Absatz 1 Nr. 2 Buchstaben a und b vorgeschriebenen Energiewerte unterschritten werden, wenn von „einem staatlichen oder staatlich anerkannten Fachinstitut die Verwendbarkeit der Munition für bestimmte jagdliche Zwecke bestätigt wird“.

Bislang gab es hierfür jedoch kein Standardverfahren oder prüfbare Werte (Krone, 2008). Ein Verfahren zur Prüfung von Geschossen auf zielballistische Parameter in Abhängigkeit zur Auftreffgeschwindigkeit wurde im Rahmen des Projektes „Bund“ entwickelt (Gremse & Rieger, 2014). Es wurde dazu genutzt, Beobachtungen aus dem Jagdbetrieb zu

Fluchstrecken von Schalenwild und zielballistische Parameter von Geschossen in Abhängigkeit von der Auftreffgeschwindigkeit zu korrelieren (Gremse & Rieger, 2012), (Gremse & Rieger, 2014) und auf Grundlage von Bewertungen von Jagenden Mindestparameter zur Zielballistik abzuleiten.

Folgende Paragraphen des Bundesjagdgesetzes nehmen darüberhinausgehend Bezug auf die Tötung von Tieren. So untersagt § 19 (4) „Schalenwild, ausgenommen Schwarzwild, sowie Federwild zur Nachtzeit zu erlegen“ und definiert „als Nachtzeit [...] die Zeit von eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang bis eineinhalb Stunden vor Sonnenaufgang; [...]“. Der Paragraph 21 Abschlusregelung regelt die Rahmenbedingungen für den Abschuss des Wildes. Insbesondere werden die berechtigten Ansprüche ordnungsgemäßer Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft auf Schutz vor Wildschäden, Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege, sowie der Schutz und Erhalt gesunder Wildtierbestände als Ziel der Abschussregelungen berücksichtigt. Der Paragraph 22 a fordert die Verhinderung vermeidbarer Schmerzen und Leiden nach dem Krankschießen eines Stückes in Satz 1: „Um krankgeschossenes Wild vor vermeidbaren Schmerzen oder Leiden zu bewahren, ist dieses unverzüglich zu erlegen; das gleiche gilt für schwerkrankes Wild, es sei denn, dass es genügt und möglich ist, es zu fangen und zu versorgen“ und Satz 2 einschränkend „Krankgeschossenes oder schwerkrankes Wild, das in einen fremden Jagdbezirk wechselt, darf nur verfolgt werden (Wildfolge), wenn mit dem Jagdausübungsberechtigten dieses Jagdbezirkes eine schriftliche Vereinbarung über die Wildfolge abgeschlossen worden ist. Die Länder erlassen nähere Bestimmungen, insbesondere über die Verpflichtung der Jagdausübungsberechtigten benachbarter Jagdbezirke, Vereinbarungen über die Wildfolge zu treffen; sie können darüber hinaus die Vorschriften über die Wildfolge ergänzen oder erweitern.“

2.6 Biologische Sensorik des menschlichen Sehen

2.6.1 Licht und Sehzellen

Das menschliche Auge ist das photorezeptorische Organ des Körpers. Elektromagnetische Strahlung der Wellenlängen etwa zwischen 380 – 780 Nanometer (nm) reizt die Sensoren des Auges und initiiert die Prozesse des menschlichen Sehens. Die Strahlung dieser Wellenlänge wird als „Licht“ bezeichnet (Taylor, 2000). Die Sensoren des menschlichen Auges auf der Netzhaut werden „Stäbchen“ und „Zäpfchen“ genannt. Erstere ermöglichen das Sehen in eher dunklen Verhältnissen und letztere das Helligkeits – und Farbsehen.

2.6.2 Anpassung des Auges an die Umgebungshelligkeit

In Abhängigkeit von der Stärke des verfügbaren Lichtes werden auf der Netzhaut ausschließlich die Stäbchen, die Stäbchen und die Zäpfchen oder nur die Zäpfchen aktiviert. Diese Anpassungen des Auges an die Umgebungshelligkeit werden als „skotopisches“ Sehen (Dunkelheitsadaptation des Auges), „mesopisches“ Sehen (Übergang von der Dunkeladaptation zur Helligkeitsadaptation des Auges) und „photopisches“ Sehen (Helligkeitsadaptation des Auges) bezeichnet. Verfügbares Licht wird durch die Beleuchtungsstärke E ausgedrückt. Sie wird in Lux [lm/m^2] gemessen und setzt einen verfügbaren Lichtstrom F , gemessen in Lumen [lm], ausgehend von einer Lichtquelle (wie beispielsweise Sonne und Mond) in Bezug zur beschienenen Fläche [m^2]. Zwischen etwa 0,00001 lux (untere Wahrnehmungsgrenze) bis etwa 0,001 lux, entsprechend der Umgebungshelligkeit in einer sternklaren Neumondnacht auf freiem Feld, arbeitet das Auge angepasst an die Dunkelheit ausschließlich über die Stäbchenzellen (Stockman & Sharpe, 2006). Ein Farbsehen ist damit nicht möglich. Über etwa 0,001 lux bis etwa 0,1 lux, entsprechend der Umgebungshelligkeit einer klaren Vollmondnacht auf freiem Feld oder etwa 45 Minuten vor Sonnenaufgang (eigene Messungen) sind sowohl Stäbchenzellen als auch Zäpfchen aktiv. Mit steigender Helligkeit übernehmen die Zäpfchen mehr und mehr und das Farbempfinden nimmt zu. Über etwa 0,1 lux erreichen die Stäbchen eine Sättigung und stellen die Aktivität ein. In der Folge werden ausschließlich die Zäpfchenzellen animiert. Damit ist die Helladaptation des Auges eingetreten (Stockman & Sharpe, 2006). Dieser Vorgang dauert etwa acht Minuten (Rushton, 1961). Umgekehrt dauert der Übergang von Helligkeits- zur vollständigen Dunkelheitsanpassung des Auges mit vollständiger Rhodopsin - Bildung in den Stäbchenzellen etwa 40 Minuten (Rushton, 1961). Abbildung 16 stellt die Umgebungshelligkeit ausgewählter, für den Jagdbetrieb relevanter Alltagssituationen und die Anpassungsbereiche des menschlichen Auges daran dar. Das Helligkeitsspektrum eines Tages kann dabei recht genau als logarithmische Skala von etwa 0,00001 lux (Dunkelheit) (Stockman & Sharpe, 2006) über 1 lux zu Beginn der bürgerlichen Dämmerung ²⁵ (eigene Messungen) bis etwa 100000 lux (Mittagssonne bei freiem Himmel) (Taylor, 2000) dargestellt werden. Neben der anpassenden Aktivierung der Sehzellen ist die Öffnung oder Schließung der Pupille ein weiterer, wichtiger Mechanismus der Anpassung des Auges an die Umgebungshelligkeit (Stockman & Sharpe, 2006). Diese erreicht bei Dunkelheit ihren maximalen Durchmesser von etwa acht Millimetern; zur Dämmerung einen Durchmesser von etwa 4 Millimetern und in heller Mittagssonne unter freiem Himmel den kleinsten Durchmesser von etwa zwei Millimetern (Stockman & Sharpe, 2006). Dieser Mechanismus

²⁵ Die Dämmerung wird in drei Phasen eingeteilt. Diese werden definiert anhand des Standes der Sonnenscheibenmitte unterhalb des Horizontes in Grad °. Astronomische Dämmerung -18°, nautische Dämmerung -12° und bürgerliche Dämmerung -6°.

steuert die jeweils das Auge erreichende Lichtmenge nach deren Verfügbarkeit. Bei sehr hoher Umgebungshelligkeit wird eine übermäßige Blendung durch Verringerung des Durchlasses unterbunden und bei sehr niedriger Umgebungshelligkeit eine maximale Ausbeute des wenigen verfügbaren Lichtes ermöglicht (Winn, Whitaker, Elliot, & Phillips, 1994).

Helligkeitswerte verschiedener alltäglicher Situationen und abhängige Funktionsweise des menschlichen Auges

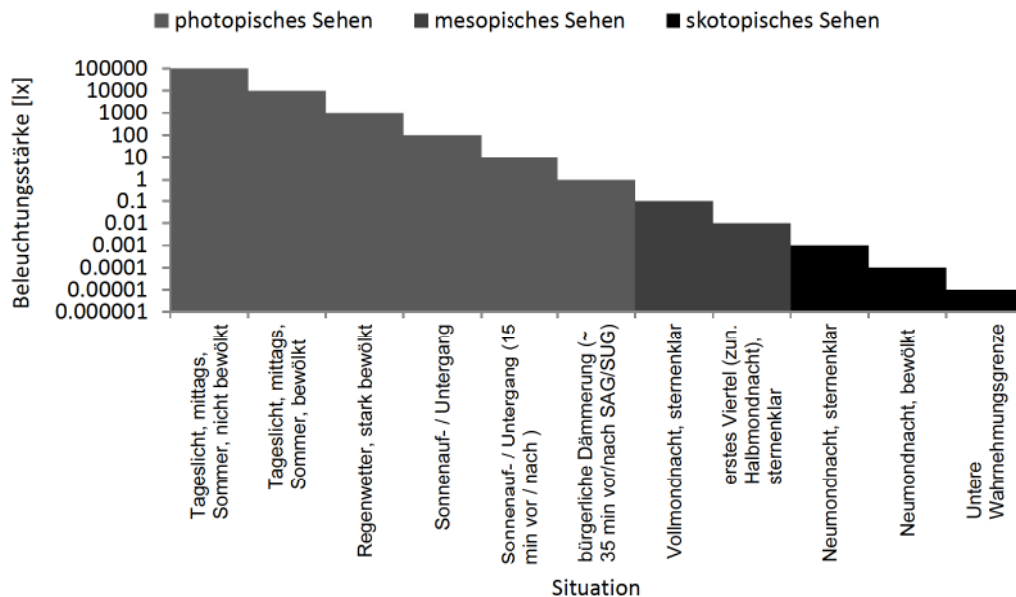


Abbildung 16. Helligkeitswerte verschiedener alltäglicher Situationen und die abhängige Funktionsweise des menschlichen Auges.

Dieser Anpassungsmechanismus ist negativ linear (-0,043 mm/Jahr im Bereich der Dunkel- und -0,015 mm / Jahr im Bereich der Helligkeitsanpassung) abhängig vom Lebensalter der Person, unabhängig von Erkrankungen des Auges (Winn, Whitaker, Elliot, & Phillips, 1994), (Bradley, Bentley, Mughal, Bodhireddy, & Brown, 2011).

2.6.3 Farbsehen

Entsprechend der Wellenlänge, gemessen in Nanometern [nm] des von einem Punkt das Auge erreichenden Lichtes interpretiert das menschliche Gehirn dessen Farbe. Tabelle 4 stellt die Farbwahrnehmung nach den entsprechenden Wellenlängen in Nanometern dar (Deutsches Institut für Normung e. V., 1984). Mit der Adaptation des Auges an die Lichtverhältnisse von Hell nach Dunkel verändert sich der Bereich größter Empfindlichkeit im Farbspektrum.

Farbe	Wellenlänge [nm]
Rot	630 - 780
Orange	580 - 630
Gelb	560 - 580
Grün	480 - 560
Blau	420 - 480
violett	380 - 420

Tabelle 4: Spektrum der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges nach DIN 5031-7:1984-01 (Deutsches Institut für Normung e. V., 1984) Die Angaben der Wellenlängen in Nanometer [nm] sind nicht als absolut zu verstehen. Auch die Übergänge von einer Farbe zu anderen sind fließend.

Während bei Tageslicht (photopisches Sehen: Helligkeitsadaptation des Auges; ausschließliches Sehen mit den Zäpfchenzellen) der Bereich größter Empfindlichkeit zwischen 540 und 580 nm (Farbbereich Grün / Gelb) liegt, sinkt dieser bei dunkelheitsadaptiertem Auge (mesopisches und skotopisches Sehen) auf zwischen 500 und 520 nm (Farbbereich Blau / Grün) ab. Dies wird als „Purkinje – Effekt“ bezeichnet (Wald, 1945). Während diese Verschiebung des Bereiches größter Empfindlichkeit des Auges innerhalb des Farbspektrums als Folge der Physiologie der beteiligten Sehzellen natürlich ist, kommt bei etwa acht Prozent der Männer und 0,4 Prozent der Frauen in Nordamerika und Europa (Judd, 1943) (Wong, 2001) eine Rot – Grün – Blindheit unterschiedlichster Ausprägungen vor.

2.7 Schussentfernungen und Entfernungsschätzen

In der jagdlichen Ausbildungsliteratur wird die Schussentfernung für Rehwild auf 150 Meter und für stärkeres Wild auf etwa 200 Meter begrenzt (Wandel, et al., 1998). Andere Veröffentlichungen fassen diesen Bereich etwas weiter und begrenzen ihn unter differenzierter Betrachtung sowohl der technischen Möglichkeiten von Waffe, Optik und Geschoss als auch schiesstechnischer Überlegungen auf 300 Meter (Gremse C. , 2011), (Steinhauser, 2014). Daten aus dem Jagdbetrieb auf Schalenwild in Brandenburg (Gremse & Rieger, 2007) und deutschlandweite Daten (Gremse & Rieger, 2014) spiegeln diese Einschätzung (Abbildung 17), ebenso deutet freie Kommunikation auf jagdlichen Interessenseiten im Internet²⁶ darauf hin, dass der Bereich von 200 bis 300 Meter zumindest für einen Teil der Jäger Relevanz hat. So antworteten von 244 Teilnehmer (Zugriff am 21.05.2015) auf die Frage: „Wie weit schießt ihr auf Wild?“ 103 Teilnehmer (42%) „bis 150 Meter“, 57 Teilnehmer (23%) „bis 200 m“, 24 Teilnehmer (10%) „bis 250 m“, 23 Teilnehmer (9%) „bis 300 m“ und 18 Teilnehmer (7%) „über 300 Meter“. 19 Teilnehmer (8%) antworteten nicht differenziert.

²⁶ Deutscher Landwirtschaftsverlag Internetforum „Jagderleben“, Thema „[Wie weit schießt ihr auf Wild?](#)“

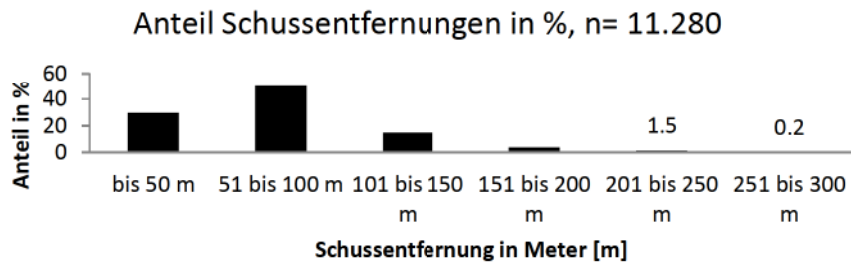


Abbildung 17: Schussentfernungen im Jagdbetrieb auf Schalenwild in Deutschland (Gremse & Rieger, 2014)

Untersuchungen aus Tirol mit Erlegungen von Rotwild, Gamswild, Rehwild und Sikawild berichten 21,1 % Schüsse bis 50 m, 25,3 % Schüsse zwischen 50 und 100 Metern, 22,4 % zwischen 100 und 150 Metern, 13,1 % Schüsse zwischen 150 und 200 Metern, 13,1% Schüsse zwischen 200 und 250 Metern²⁷ und 4,9 % Schüsse zwischen 250 und 300 Metern (eigene Berechnungen, Werte aus Hackländer, Haffelner, & Sandfort (2015) S. 11). Aebischer, Wheatley, & Rose (2014) analysierten 2281 Datensätze zu Erlegungen von Schalenwild in Großbritannien. 2277 Datensätze enthielten Angaben zur Schussentfernung. Die Daten wurden als kontinuierliche Angaben „geschätzt“ und „gemessen“ erhoben und zunächst klassiert. 958 Erlegungen (42%) erfolgten unter 75 Metern, 983 Erlegungen (43%) erfolgten zwischen 76 und 150 Metern und 336 Erlegungen (~ 15%) erfolgten über 150 Meter. Im Rahmen weiterer Analysen zur Schussentfernung wurde zunächst analysiert, wie die Schätz- und Messwerte der berichtenden Jäger zur Schussentfernung übereinstimmen ($r^2=0,95$, $n= 2.011$). Weitere Analysen zur Trefferwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit zur Schussentfernung, beruhend auf den kontinuierlich angegebenen Grunddaten deuten auch bei dieser Untersuchung auf Höchstschussweiten von 300 Metern hin. Untersuchungen zum Entfernungsschätzen erwachsener Patienten und behandelnder Ärzte im Entfernungsbereich von 0 bis 400 Meter kamen zu dem Ergebnis, dass ein genaues Entfernungsschätzen beiden Gruppen sehr schwer fällt. Die Trennung der Gruppe spiegelte dabei die Tatsache eines Vertraut- (Ärzte) oder Nicht-Vertraut-Sein (Patienten) mit dem Klinikcampus, auf dem die Schätzungen abgehalten wurden. Beide Gruppen neigten eher zum Über- als zum Unterschätzen der Entfernungen und die Fehler nahmen mit der Entfernung zu (Sharrak & Hughes, 1997).

²⁷ Die Werte für Klassen „150 bis 200 Meter“ und „200 bis 250 Meter“ sind identisch.

2.8 Statistische Verfahren

2.8.1 Bootstrapping

Bei Vorliegen eines Datensatzes von einer Anzahl X Daten zu Beobachtungen voneinander unabhängiger Einzelereignisse ist es interessant zu wissen, wie verlässlich eine auf dieser Stichprobe beruhende Lageschätzung eines Parameters, zum Beispiel des arithmetischen Mittelwertes, auf den „wahren“ Mittelwert der Population ist. Zu diesem Zweck kann der *Standardfehler des Stichprobenmittelwertes* (SE_{xm}) berechnet werden durch

$$SE_{xm} = \sqrt{\left(\frac{s^2}{n}\right)} \quad (2)$$

wobei s^2 = Stichprobenvarianz und n = Stichprobenumfang (Crawley, 2015) ist.

Eine andere Möglichkeit, die Verlässlichkeit der Lageschätzung des arithmetischen Mittelwertes der Population aus der der Stichprobe zu ermessen, ist das *Konfidenzintervall*, also das wahrscheinliche Intervall, in das der Mittelwert einer erneuten Stichprobe fallen würde. Das untere Konfidenzintervall kann berechnet werden durch

$$KI\ 95\% = t(\alpha = 0,025, d.f. = n - 1) \sqrt{\left(\frac{s^2}{n}\right)} \quad (3)$$

wobei mit KI 95% das untere Limit des 95%-Konfidenzintervall, das für die Student-t-Verteilung (für kleine Stichproben) aus dem entsprechenden t-Wert für $\alpha=0,025$ (95% Konfidenz $\rightarrow 0,95 \rightarrow$ Irrtumswahrscheinlichkeit $0,05 \rightarrow 0,05/2 = 0,025$) und d.f. (degrees of freedom), den Freiheitsgraden (Stichprobenumfang n minus 1), multipliziert mit dem Standardfehler des Stichprobenmittelwertes berechnet wird. Zur Berechnung des oberen Limit des 95%-Konfidenzintervall wird in dieser Formel $\alpha=0,025$ durch $\alpha=0,975$ (ergibt sich aus $1-0,025$) ersetzt (Crawley, 2015). Das erneute Erheben von Stichproben ist in der wissenschaftlichen Praxis nicht immer möglich. Aus statistischer Sicht ist es zur Berechnung von z. B. Konfidenzintervallen nicht unbedingt notwendig und kann durch die Methode des „Bootstrapping“ vermieden werden (Efron & Tibshirani, 1994), (Crawley, 2015), indem aus der vorhandenen Stichprobe beliebig oft Unterstichproben frei zu wählender Umfänge zufällig mit Zurücklegen gezogen werden und für jede Probengröße das Konfidenzintervall berechnet wird. So kann aus einer vorliegenden Stichprobe abgeschätzt werden, ob diese den für die gewünschte Sicherheit der durchzuführenden Analysen notwendigen Umfang hat.

2.8.2 Generalisierte lineare Modelle

Generalisierte, lineare Modelle (GLMe) erlauben die Analyse von Effekten erklärender Variablen auf resultierende Variable auch für solche Daten nichtkonstanter Varianzen und nicht normalverteilter Fehler (Crawley, Statistics - An introduction using R, 2015). Die

Vermutung zufälliger Probennahme und Unabhängigkeit der Fehler gilt auch für GLMe (Crawley, 2015). Sie bestehen nach Crawley (2015) aus drei grundsätzlichen Komponenten:

- der Fehlerstruktur („error structure“)
- dem linearen Prädiktor („linear predictor“)
- der verknüpfenden Funktion („link function“).

Die Fehlerstruktur ermöglicht die Anpassung des Modells an nicht normalverteilte Daten. Die Struktur des Modells bezieht auf jeden beobachteten Wert einen berechneten Vorhersagewert. Er wird durch Transformation des Ergebniswertes aus dem linearen Prädiktor berechnet. Dieser berechnet die Effekte einer oder mehrerer erklärender Variablen auf die resultierende. Die Transformation des Ergebniswertes aus dem linearen Prädiktor in den Vorhersagewert erfolgt durch die „verknüpfende Funktion“ (Crawley, 2015). Die Auswahl der Art der Modellierung, der Verknüpfungsfunktion, der in das Modell einzuschließenden Variablen und der Modellreduktion und – Auswahl sind Aufgabe des Bearbeiters.

Zur Auswahl von Modellen

Mit der Modellierung wird versucht, einen größtmöglichen Teil der Varianz der resultierenden Variablen durch erklärende Parameter und deren Interaktion zu erklären (Crawley, 2012). Dabei werden die Modelle an die zuvor erhobenen Daten angepasst. Das einfachste mögliche Modell ist eines zwischen einer erklärenden und einer resultierenden Variable, das komplexeste möglichen Modell eines zwischen allen erhobenen, erklärenden Variablen und der resultierenden (Crawley, 2012). Zwischen diesen Extremen müssen die erklärenden Parameter und ihre Beziehungen auf ihren die Varianz der resultierenden Variable erklärenden Einfluss untersucht und in sinnvoller Weise reduziert werden („model simplification“) (Crawley, 2012), (Crawley, 2015). Für die Auswahl von Modellen gilt grundsätzlich ein „Sparsamkeitsprinzip“ (Law of Parsimony, (Laird, 1919)), (Crawley, 2012), auch „Occam's Razor“ genannt (Laird, 1919). Für statistische Modelle bedeutet dies, dass von mehreren gleichermaßen aussagekräftigen Erklärungen eines Phänomens die einfachste die beste ist (Crawley, 2012). Für den Prozess der Vereinfachung von Modellen bedeutet dies, dass eine Variable nur dann ihren Platz im Modell behalten kann, wenn ihr Entfernen zu einem signifikanten Ansteigen der Abweichung („deviance“) des Modelles sorgt (Crawley, 2012). Zur Prüfung dieses Sachverhaltes und zur Beurteilung des Nutzens eines jeden Parameters in einem Modell werden verschiedene „Informationskriterien“ angewandt (Burnham & Anderson, 2004). Grundsätzlich haben diese den Ansatz gemeinsam, dass jeder im Modell vorhandene Parameter mit einer Strafbewertung versehen ist; eine Reduktion der Parameter also zu einer besseren Bewertung des Modelles führt (Crawley, 2012). Eine Übersicht verschiedener Informationskriterien und mathematischer Hintergründe geben Anderson und Burnham (1999). Akaike's Informationskriterium, definiert als

$$AIC = (-2) \log(\text{maximum likelihood}) + 2(\text{number of independently adjusted parameters in the model}) \quad (4)$$

(Akaike, 1974), vereinfacht

$$AIC = \text{deviance} + 2p \quad (5)$$

(Crawley, 2012) vergibt 2 Punkte als „Strafbewertung (p)“. Reduziert ein Parameter die Abweichung („deviance“) nicht um mehr als 2, ist der Verbleib im Modell nicht zu rechtfertigen (Crawley, 2012). Andere Kriterien, zum Beispiel das „Bayesian Information Criterion“, definiert als

$$BIC = 2(\log \text{maximized likelihood}) + (\log N)(\text{number of parameters}) \quad (6)$$

(Kass & Rafferty, 1995), vereinfacht

$$BIC = \text{deviance} + \log(n) \quad (7)$$

nach Crawley (2015), wobei „N“ und „n“ jeweils für die Anzahl der Beobachtungen stehen, nutzen strengere Auflagen und führen so typischerweise zu einer geringeren Anzahl von Parametern im kleinsten, sinnvollen Modell (Crawley, 2012). Auswahl und Eignung bestimmter Kriterien für verschiedene Aufgaben und Fragestellungen ist Gegenstand laufender Entwicklungen und Diskussion (Xie, 1999), (Rafferty, 1999), (Weakliem, 1999), (Anderson & Burnham, 1999), (Burnham & Anderson, 2004), (Dziak, Coffmann, Lanza, & Li, 2012). In der vorliegenden Arbeit wird mit Akaike's Informationskriterium AIC (Akaike, 1974) gearbeitet. AIC-Ergebniswerte sind nicht direkt interpretierbar, da sie willkürliche Konstanten enthalten und stark vom Stichprobenumfang abhängen (Burnham & Anderson, 2004). Für die Modellauswahl mit AIC aus verschiedenen Modellen auf Grundlage eines Datensatzes muss daher eine Neuskalierung der AIC nach

$$\Delta i = AIC i - AIC \min \quad (8)$$

erfolgen, wobei i die Modellidentifikation ist, $AIC \min$ das niedrigste, vorkommende AIC.

$\Delta i = 0$ identifiziert damit das grundsätzlich erstrebenswerte Modell (Burnham & Anderson, 2004). Hilbe (2009) leitet Richtwerte für die Interpretation von Δi ab, für $AIC(A) < AIC(B)$.

Ergebnis Δi	Interpretation
0-2,5	Kein Modell ist zu bevorzugen.
2,51-6,0	Modell A bevorzugen, wenn $n > 256$
6,01-10	Modell A bevorzugen, wenn $n > 64$
> 10	Modell bevorzugen

Tabelle 5: Interpretation von Δi , für $AIC(A) < AIC(B)$ (Hilbe, 2009).

2.8.3 Statistische Programme

Die Berechnungen für die vorliegende Arbeit wurden mit der Software „R“, Version 3.1.2 (R Core Team, 2014) durchgeführt. Für statistische Modellierungen wurden die Pakete „tree“ (Ripley, 2014) und „MASS“ (Venables & Ripley, 2002) verwendet. Die Datenaufbereitung erfolgte in Microsoft Excel 2010. Datenspeicherung und Transfer erfolgte in kommagetrennten Werttextdateien (.csv).