

Die Wirkungsweise des Jagdpfeils

Von Dr. Bengt Geore'n , Schweden

Übersetzung ins Englische von Dr. Jan Bindslev, Dänemark

Übersetzung vom Englischen ins Deutsche von Mag. Ernst Blajs, Österreich

Ein Jagdpfeil, der mit einer rasiermesserscharfen Jagdspitze bestückt ist, hat bei Penetration des Brustraumes eine sehr rasche tödliche Wirkung.

Dieser Effekt wird durch eine akute Hypoxie, einem Versagen der respiratorischen Lungenfunktion oder einer Kombination aus beiden Effekten zusammen bewirkt.

Blutdruck und physiologische Abläufe bei Blutverlust

Der Blutdruck in den Arterien von Rentieren ist 130-155 mm Hg in der systolischen Herzphase (1).

Man kann davon ausgehen, dass diese Werte auch bei anderen Hirschartigen ähnlich sind. Das bedeutet, dass das Herz in den Arterien einen Druck verursacht, welcher Quecksilber ca. 150 Millimeter in die Höhe heben würde. Quecksilber hat eine spezifische Gravität, die 13,6 mal höher als die von Wasser ist. Umgerechnet würde mit diesem Druck eine Säule aus Wasser/Blut ca. $13,6 \times 150$ mm also ca. 2 Meter (7 Fuss) angehoben werden. Eine durchtrennte Arterie in die Höhe gerichtet würde bei jedem Pumpen des Herzens das Blut in eine Höhe von 2 Meter schleudern.

Der durchschnittliche Druck von allen Phasen der Herzaktivität ist jedoch niedriger und beläuft sich auf ca. 125 – 100 mm Hg. (1, 2).

Die einzigen Arterien, in welchen die oben beschriebenen Druckverhältnisse nicht zutreffen sind die Arterien der Lunge. Der Blutdruck in diesen beträgt lediglich 20 mm Hg in der systolischen Phase des Herzrythmus, der Durchschnitt beläuft sich auf ca. 15 mm Hg. (2)

Der Blutdruck in den Venen ist deutlich geringer – nur ca. 3 – 10 mm Hg. Eine isolierte Blutung aus einer Vene ist daher nie akut tödlich.

Wenn sich das Blutvolumen von getroffenem Wild rapide verringert, versuchen Automatismen der Blutzirkulation diesen Effekt zu kompensieren. Das geschieht teilweise durch Erhöhung des Pulses und teilweise durch die Umleitung von Blut aus den Körperoberflächen, dem Verdauungstrakt und Knochen zum Herzen, Gehirn und den Muskeln. Dieser Vorgang wird durch die Ausschüttung von Stresshormonen, vor allem Adrenalin und Nervenreaktionen in Gang gesetzt. (2). Die Wirkungsweisen dieser Mechanismen können viel ausgeprägter ausfallen, wenn das beschossene Stück in Angst versetzt wird. In diesem Fall erhöht sich die Schockresistenz durch verstärkte Ausschüttung von Adrenalin. Dieses Adrenalin erhöht die Herzfrequenz und Intensität der Herzkontraktion, wodurch zusätzliche Fluchtkräfte mobilisiert werden.

Ein rapider Blutverlust von 20% des gesamten Blutvolumens kann auf diese Art und Weise durch Aufrechterhaltung des Blutdruckes kompensiert und die vitalen Funktionen erhalten werden. Übersteigt der Blutverlust diesen Status, verfällt das Wild in einen Art Schockzustand. Dieser manifestiert sich in schwindendem Bewusstsein und Nervosität, in bleichen Schleimhäuten und Durstgefühl. Wenn möglich wird das getroffene Wild versuchen Wasser zu schöpfen. Aufgrund der

körperlichen Schwächung wird es versuchen einen sicheren Platz zu erreichen um sich ins Wundbett zu legen und zu rasten.

Mit weiter fortschreitendem Blutverlust können die zentralen vitalen Funktionen nicht mehr aufrechterhalten werden und das Wild verliert das Bewusstsein und verendet. Dies passiert bei einem Blutverlust von ca. 35% des gesamten Blutvolumens wenn der Blutverlust schnell passiert. (3).

Blutvolumen und Blutgefäße

Hirsche (Weisswedel oder Maultierhirsche) mit einem Gewicht aufgebrochen von 45 Kg haben ein Blutvolumen von 2,8 Liter. (3). Ein Blutverlust von 20%, den das Wild noch kompensieren kann beträgt also 0,6 Liter. Ein tödlicher Blutverlust von 35% entspricht also 1,0 Liter Blut.

Das aufgebrochene Gewicht eines weiblichen Damtieres beträgt ca. 35 kg, eines reifen Rothirsches ca. 100 – 120 kg. (4). Mit der gleichen Relation von Blutvolumen zur Körpermasse bedeutet ein tödlicher Blutverlust von 35% im ersten Fall 1,1 Liter, im zweiten ca. 3,1 bis 3,7 Liter.

Rehwild, mit einem Gewicht aufgebrochen von 20 kg entspricht umgerechnet bei einem Blutverlust von 35% ca. 0,4 Litern Blut.

Die Durchmesser von Brustraumarterien bei Rehwild sind gemessen worden und betragen 1,5 cm (Ursprung der Lungenarterie) und weniger. Der Innendurchmesser der Aorta beträgt im Durchschnitt ca. 1,0 cm. Die Durchmesser der Arterien verengen sich mit weiterführender Verzweigung. Die meisten Arterienzweige im Brustraum, die zur Lunge, zum Nacken, Haupt und den vorderen Extremitäten führen, haben einen Innendurchmesser von 0,5 cm (Messungen durch den Autor).

Zeitsequenz

Blutung

Die Geschwindigkeit des Blutverlustes aus einem zerstörten Blutgefäß hängt vor allem vom Blutdruck, dem Druckwiderstand des Umgebungsgewebes, der Distanz zum Herzen und der maximalen Pumpfrequenz des Herzens ab (beim Menschen normalerweise 1 Liter pro 10 Sekunden. (2)).

Wenn das Herz oder die Aorta zerschnitten werden, sinkt der Blutdruck fast augenblicklich ab, die Blutversorgung des Gehirns wird unterbrochen und das Wild verliert das Bewusstsein innerhalb von 8 – 15 Sekunden. Die Gehirnzellen sind irreparabel geschädigt und sterben nach 4 – 5 Minuten ab.

Bei einem Pfeiltreffer in den zentralen Lungenbereich werden unweigerlich einige Lungenarterien zerschnitten. Bis zu einem gewissen Grad kann die Zeitdauer der Blutung auch bildlich durch Wasser illustriert werden, dass durch drei Schläuche mit einem Innendurchmesser von 0,5 cm mit dem Druck der Lungenarterien fließt. 0,5 Liter fließen auf diese Art und Weise innerhalb von 6 Sekunden aus.

Bilateraler Kollaps der Lungenflügel

Die Lunge ist ein extrem elastisches Organ, mit der Außenmembrane im Brustraum aufgehängt und in engem Kontakt mit der Brustwand und dem Zwerchfell, welches den Brustraum und den Bauchraum trennt.

Die Spannung der Lungenflügel wird durch das Vakuum verursacht, das am Rippenfell – dem dünnen Zwischenraum zwischen den Lungenflügeln und dem

Brustraum – herrscht und der Lunge ermöglicht, während des Atmens ohne Reibungswiderstand an den Brustwänden zu gleiten.

Falls das Rippenfell durchstoßen wird, wodurch Luft in den Brustraum eindringt, fällt dieses Vakuum mit Eintritt der Luft graduell ab. Dadurch kommt es durch die Eigenelastizität des Lungengewebes zur Kontraktion der Lungen. Im Endstadium der Kontraktion beträgt das Lungenvolumen nur mehr ein Siebtel des normalen Ausmaßes. Durch den Abfall des Vakuums im Brustraum aufgrund einer Verletzung des Rippenfells verliert also die Lunge ihre Funktion als Atmungsorgan.

Bei einer einseitigen (unilateralen) Durchlöcherung des Rippenfells kann die respiratorische Kapazität der unversehrten Lungenflügelseite erhalten bleiben und somit genügend Sauerstoffaustausch stattfinden, um die vitalen Funktionen des Wildes zu erhalten. Wenn aber das Rippenfell auf beiden Seiten durchstoßen bzw. geöffnet wird nimmt die Lungenfunktion graduell ab, da immer mehr Luft durch die Atmungsbewegungen in den Brustraum eingesaugt wird. In Folge verendet das Wild aufgrund eines akuten Sauerstoffmangels.

Der Zeitraum bis zum Eintritt der Bewusstlosigkeit aufgrund eines bilateralen Lungenkollaps variiert abhängig von der Größe der Öffnung des Brustraumes zwischen 1 und 5 Minuten . Da aber diese Öffnung praktisch immer mit massiven Blutungen einhergeht ist der Zeitraum in der Regel sehr kurz. Nur bei einem sehr hohen Treffer im Brustraumbereich wird der beidseitige Lungenkollaps die primäre Todesursache darstellen.

Blutstockende Mechanismen

Bei Verletzungen von mittelstarken Arterien, wie jene die zu den Knochen und dem Verdauungstrakt führen, oder bei Verletzungen von kleineren Arterien treten verschiedene Mechanismen in Gang, die die Blutung zu unterbinden versuchen.

1. Entstehung von Thrombosen in den verletzten Arterien
2. Arterielle Spasmen
3. Blutgerinnung
4. Erhöhung des Druckes im Gewebe, das die verletzte Arterie umschliesst

1) Entstehung von Thrombosen (4)

Eine Arterie, die teilweise oder ganz zerstört ist, kann kurzweilig die Blutung durch Kontraktion um die Thrombose stoppen. Dieser Vorgang passiert, wenn die Verletzung der Arterie ausreichend stark ist. Es kommt ein Mechanismus in Gang, bei dem die verletzten Arterienwände eine Reaktion anstossen, in deren Folge sich die Blutkörperchen an den Arterienwänden ansammeln und damit rasch einen Verschluss der Arterie verursachen. Substanzen, die bei diesem Vorgang produziert werden, verstärken diesen Blutpfropfen mit einem zähen Fasernetz, welches einen Verschluss der Arterien dauerhaft macht. Simultan mit der Bildung des Gerinnsels kontrahiert die Arterie durch Spasmen der Muskelschichten der Arterienwand stark um das Gerinnsel herum. Je großflächiger die Verletzung der Arterienwand ausfällt, desto effizienter und schneller kommt es zur Entwicklung des Gerinnsels und zur Kontraktion um dieses herum.

2) Arterielle Spasmen (5)

Eine beschädigte Arterie kann eine spasmische Kontraktion in der Muskelschicht der Arterienwand bewirken, die den Arterien Durchmesser enger macht. Dieser Spasmus kann über eine Länge von mehreren Zentimetern passieren und kann so stark ausfallen, dass der Blutfluss durch die Arterie komplett unterbunden wird. Arterielle Spasmen passieren meistens bei einer stumpfen Verletzung der Arterie und bei Beschädigungen durch Überdehnung der Arterienwände.

3) „Blutgerinnung“

Als „Blutgerinnung“ bezeichnet man die Fähigkeit des Blutes zäh zu werden. Das kann auf zwei Arten passieren:

eine **langsame Blutgerinnungsreaktion** beginnt an den inneren Arterienwänden durch die Aktivierung eines Proteins, welches das erste Element in einer Kette von langsamen Reaktionen ist, die schliesslich die sehr schnelle Terminalphase der Blutgerinnung in Gang setzt.

Eine **schnelle Blutgerinnungsreaktion** beginnt mit der Freisetzung eines Lipid-Wirkstoffes im verletzten Gewebe. Im Falle einer sehr starken Gewebeerstörung in und rund um eine Arterie kann die Ausschüttung dieses Lipid-Wirkstoffes so stark sein, dass damit direkt die schnelle Terminalphase der Blutgerinnung in Gang gesetzt wird.

4) Erhöhter Druck im Gewebe, welches eine verletzte Arterie umschliesst

In Fällen, in welchen sich die verletzte Arterie in einem Muskel oder anderen festen Gewebestrukturen befindet, kann die Blutung rasch durch den erhöhten Druck im Gewebe rund um die Arterie verringert werden.

In Fällen bei welchen das umliegende Gewebe des beschädigten Blutgefässes ausreichend stark aufgerissen wird oder in Fällen in denen das verletzte Blutgefäss von weichem Gewebe umgeben wird, wie z.B. im Brust- oder Bauchraum, wird der Blutverlust nur durch geringen Gegendruck behindert und die Blutung stärker und schneller vonstatten gehen.

Ein Jagdpfeil mit einer breiten Jagdspitze öffnet einen ausreichend großen Wundkanal, damit die Blutung nicht durch den Gewebedruck behindert wird. Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass die zerschnittenen Muskelfasern durch die eigene Spannung auseinandergezogen werden, ähnlich einem elastischen Gummiband.

Rasiermesserscharfe Jagdspitzen

Die ersten drei oben genannten Mechanismen, die die Blutung behindern oder unterbinden, fallen umso stärker aus, je stärker und umfangreicher die Beschädigung der Arterie und des umliegenden Gewebes ausfällt.

Das ist der Grund, warum die Jagdspitzen des Bogenjägers rasiermesserscharfe Schneiden haben müssen. Dies ist auch der Grund, warum manchmal die Ausblutung bei einem Treffer mit einer rasiermesserscharfen Jagdspitze sogar schneller vonstatten geht als bei einem Treffer mit einem Zerlegungsgeschoss aus einer Feuerwaffe. Ähnlich kann auch die Oberfläche der Wunde bei einer

rasiermesserscharfen und breiten Jagdspitze größer sein als bei einem Zerlegungsgeschoss.

Geringere Folgewirkungen von Verwundungen im Vergleich zu Kugeltreffern

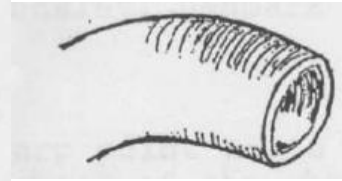
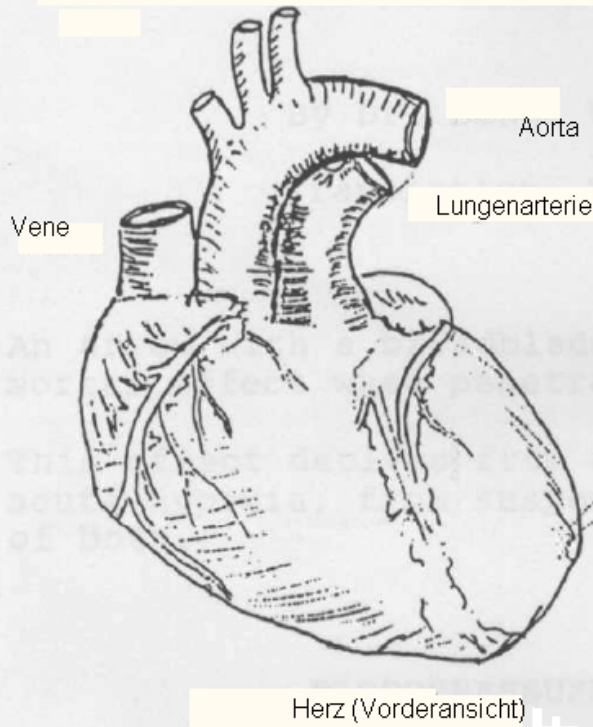
Ein oberflächlicher Treffer in Muskel- und Hautgewebe mit einer rasiermesserscharfen Jagdspitze ist für das beschossene Stück weniger behindernd als ein vergleichbarer Treffer mit einer Kugel. Eine Jagdspitze verursacht eine relativ saubere Wunde, in die relativ wenig Verschmutzungen und Deckenteile eingebracht werden. Im Muskelgewebe blutet eine Pfeilwunde relativ stark und reinigt diese gleichzeitig. Die Jagdspitze verursacht keine von der Schnittwunde weiter entfernte Verletzungen und die eigentliche Wunde ist frei von Quetschungen und Prellungen. Eine solche Wunde heilt in der Regel sehr schnell und beeinflusst die generelle Verfassung des beschossenen Wildes relativ wenig.

Eine ähnliche Wunde durch ein Zerlegungsgeschoss, vor allem bei einer hochrasanten Laborierung, verursacht weitreichende lokale Gewebequetschungen und -prellungen und bringt viele Decken- und Haarpartikel in die Wunde ein. Neben sekundären Verletzungen durch Geschoss- und/oder Knochensplitter können auch Verletzungen durch die temporäre Wundhöhle entstehen. Diese Art von Gewebeerstörung birgt ein viel höheres Risiko einer Wundinfektion, Blutvergiftung, multipler Thrombosen, Vergiftungserscheinungen aufgrund der Zersetzung von zerstörtem Gewebe mit verzögertem Heilungsverlauf. Kurz nach dem Treffer verursachen solche Wunden stärkere Schmerzen, längeres Leiden mit deutlich geringeren Chancen die Verletzung zu überstehen.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Timisjaervie J: Left ventricular volumes and functioning of the reindeer heart. Basic Res Cardiol. 73 (4). 1978 355-364
- 2) Evans: Principles of Human Physiology. Churchill. London 1962.
- 3) The National Bowhunter Education Foundation: Bowhunting Deer. Ed W Wadsworth. Nova Scotia Dept. of Lands and Forest. 1986.
- 4) Krih J et al: Hjortvilt i lantbruksföretaget. Sveriges Lantbruksuniversitet, Speciella Skrifter 26. Uppsala 1987.
- 5) de Tabats G: Vascular Surgery. Saunders. London 1959.
- 6) Eastcott H HG: Arterial Surgery. Pitman Medical. London 1978

Arterien der Vorderläufe und des Hauptes

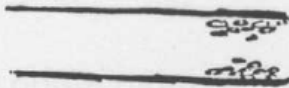


Die Arterienwand ist dünn und besteht hauptsächlich aus elastischem fibrigem Gewebe ohne Kontraktionsfähigkeit



Eine mittelstarke oder dünnere Arterie hat eine dicke Wandstärke mit einer starken Schicht von rund verlaufenden Muskelfasern

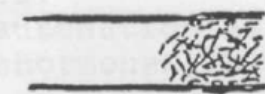
THROMBOSE



1. Ansammlung von Blutkörperchen



2. Bildung von Fibrin



3. Fibrin Pfropfen

4. Pfropfen mit vaskularen Spasmen

Arterieller Spasmus

