

Ballistik des Bogenschießens

2. verbesserte Auflage 11.2021

OstR. Prof. Mag. Gunter Stangl

Staatlich geprüfter Trainer

Universitätsinstruktor

Ehemaliger Ausbildungsreferent des ÖBSV

40 Jahre Obmann des BSC ARCUS

Leiter der Bogensportschule Goldener Pfeil

Ballistik

Für alle Aspekte des Feuerschießens – obwohl bei weitem nicht so alt wie das Schießen mit Pfeil und Bogen - gibt es sehr viel Literatur. Die Phänomene des Schusses sind gut erforscht, weil Jagd und Krieg – besonders letzterer – sehr an den Themen der Ballistik des Feuerschusses interessiert waren und sind. Und für Forschung viel Geld ausgegeben wurde!

Für das Bogenschießen gibt es Literatur zu ballistischen Teilbereichen:

Bogentuning, Pfeilbau, Zieltechnik, Lade- und Lösetechnik, und ein mit der Schreibmaschine geschriebenes und kopiertes Skript eines Amerikaners, der allerdings das englische Maßsystem verwendet.

Während beim Schuss mit einer Kanone nur rein mechanische Fragen zu lösen sind, kommen beim Schuss mit Pistole oder Gewehr auch der körperliche und mentale Einsatz zum Tragen und damit zur Sprache.

Verstärkt wird beim Pfeilschuss Gewicht auf das Körperliche gerichtet und in Form einer Biomechanik des Schusses behandelt. Der Körper muss stark genug sein, die erforderlichen Kräfte für das Aufziehen des Bogens und die Stabilität während des Lösens zu liefern. Auch die mentale Einstellung findet stets Beachtung und Behandlung. Die Bedeutung des Bogens als Kriegswaffe trat mit der Einführung des Gewehrs rasch in den Hintergrund, obwohl die Schussfrequenz des Bogens über Jahrhunderte unübertroffen blieb. Die Ausbildung eines Bogenschützen bedurfte etlicher Jahre, stetes Training war erforderlich. Einen Gewehrschützen konnte man in wenigen Stunden „ausbilden“, Pulver und Munition waren leicht herzustellen, das Knallen verbreitete Angst und Schrecken. Schon vor den Gewehren kamen primitive Kanonen zum Einsatz, die oftmals für die Kanoniere gefährlicher waren als für die Feinde.

Zur Zeit der Kriege mit dem Bogen gab es einen Wettlauf zwischen immer stärkeren Bögen und immer besseren (und schwereren) Rüstungen. Diese machten die Reiter sehr unbeweglich und erforderten auch schwere Pferde, die nicht leicht aufzutreiben waren.

Die Wirkung der Gewehre gewann dadurch gegenüber dem Bogen, dass man bei der neuen Art der Kriegsführung auf Rüstungen verzichtete.

Geschichte:

Der Name leitet sich von Griechisch *ballein* = Werfen (*βαλλεῖν*) ab.

Begründet wurde die Ballistik von Nicolo Tartaglia im 14. Jhdt. Er fand die Flugkurve „Parabel“. Obwohl die Kegelschnittkurve „Parabel“ mehr als 15 Jahrhunderte früher schon gründlich im antiken Hellas untersucht worden war, war bisher niemandem die Form der Flugbahn eines Geschosses aufgefallen!

Folgende Methoden werden zur Untersuchung eingesetzt:

Messen von Masse, Beschleunigungen (Kräfte, Geschwindigkeiten); Messen von Winkeln, Formänderungen, gespeicherte und abgegebene Energie. Die nachstehenden Teilgebiete der Mechanik werden zur Betrachtung herangezogen:

Kinetik: Untersucht Bewegungen von Körpern unter der [Beschleunigung](#) von [Krafteinwirkung](#)

Kinesis: Bewegung griechisch: Lehre von Geschwindigkeit und Beschleunigung

Dynamik: Untersuchung von [Massen](#) und den wirkenden [Kräften](#)

Diese Teilgebiete der Mechanik, die sich zunächst nur mit starren Körpern befassen, werden erweitert auf biologische Systeme, speziell werden die verschiedenen Wirkungen von Kraft untersucht: Impuls, Drehmoment, Drehimpuls, Reibungskräfte. Und die Schwerkraft!

Elastomechanik – elastische Verformungen (speziell die Wirkung von Federn ist relevant)

Beim Bogen werden elastische Materialien eingesetzt, auch den Pfeil betreffen diesbezügliche Untersuchungen.

Dazu gehört auch die Untersuchung von Federn aller Art als Kraftspeicher für potentielle Energie!

Die Wurfarne von Bögen sind Federn!

Hookesches Gesetz: Die Federkraft ist proportional zur Verformung (Auslenkung).

Federarten: Federn gibt es in vielen Formen: Sprungfedern (Torsionfedern), Schraubenfedern, Blattfedern, Spiralfedern (Uhren u. a.), die entweder auf Druck, Zug, Verdrehung oder Biegung beansprucht werden.

Physik gasförmiger Körper und hier speziell die Strömungslehre: Wie verhält sich Luft beim Anströmen eines Körpers, bzw. wenn sie von einem Körper (Wurfarne, Sehne, Geschoss) durchdrungen wird.

Was geschieht, wenn ein Körper von nicht selbst erzeugten Strömungen getroffen wird.

Vergleicht man die Weite, die ein Pfeil ohne Luftwiderstand erreichen könnte, mit jener Weite, die er tatsächlich erreicht, dann sieht man, dass der Luftwiderstand xx% der Maximalweite kostet. Beim Flight-Schießen versucht man alles auszureizen, was den Luftwiderstand minimiert. Vor allem gilt es, turbulente Strömungen zu minimieren. Und die Schwerkraft. Die Form der Spitze, die Form und Größe der Fletches und die Materialien der Oberflächliche kommen dafür in Betracht.

In großer Höhe kann man wegen dünnerer Luft weiter schießen als auf Meeresebene. Ebenso in trockener Luft. Deswegen alle Weitschussrekorde in einer hochgelegenen Wüste zustande kamen.

Gliederung der Ballistik

Innenballistik

- Funktionsballistik Bogen
- Funktionsballistik Pfeil a
- Ladeballistik
- Zielballistik
- Abgangsballistik allgemein
- Abschussballistik

Außenballistik

- Flugballistik
 - Flugbahnen – Physik der Parabel
 - Das Geschoss im Flug
 - Strömungsprobleme (Reibung und Verwirbelung)
 - Wind
- Geschossballistik
 - Funktionsballistik Pfeil b
 - Bauweise und Funktion des Geschosses
 - Material, Befiederung, Spitzen, Nocken
 - Parameter (Spine, Spline, besondere Punkte, ..)

Endballistik

- Endgeschwindigkeit, End-Energie, Auftreffwinkel
- Geschosszweck
- Geschosstypen
 - Spitzenformen und Zweck der Spitzen
 - Art des Einbaus der Spitzen und Nocken
- Wirkung auf das Zielobjekt
- Auftreffwirkung auf das Ziel

Sicherheitsballistik

- Sicherheit für den Schützen
- Sicherheit für andere Personen und die Umgebung
- Sicherheit und Schonung für das Material
- Sicherheit für die Umwelt

Wundballistik**Innenballistik**

Aufgabe des Bogens: Ein Geschoss einer bestimmten Masse auf eine (vorbestimmte) Geschwindigkeit zu beschleunigen und entlang einer gewünschten – physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterworfenen Bahn – zu schleudern.

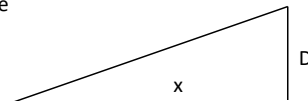
A) Funktionsballistik

Beim Bogen handelt es sich um eine „Federwaffe“, d.h. das Geschoss wird durch Federkraft beschleunigt. Beim Spannen einer Feder wird Arbeit verrichtet, d.h. Kraft längs eines Weges aufgewendet. Es wird „elastische“ Energie als potenzielle Energie gespeichert. Eine Feder ist ein elastischer Körper, der bei Verformung Energie speichert, sie als „Rückstellkraft“ zum Teil wieder frei gibt, und in seine Ausgangsform zurückkehrt.

Je nach Federart sprechen wir von Zug-, Druck-, Torsions- und Biegespannung

Als Federn können Blattfedern (Wurfarme), Schrauben- und Spiralfedern, Gummizüge wie bei Steinschleudern, aber auch Gase, die komprimiert werden, dienen.
Eine lineare Feder zeigt die folgende Leistungskurve

Hookesches Gesetz: Kraft proportional zum Weg



Dies gilt zumindest im inneren Bereich der Feder. In den Grenzbereichen der Belastung (ganz wenig Zug oder an der Grenze der Belastbarkeit) weicht das Diagramm von der Geraden ab. Recurvebögen mischen zwei „Blattfedern“ – innerer, gerader Teil des Wurfarmes und der gekrümmte Recurve-Teil - dies bringt eine leichte Welle in das Diagramm.

Die Fläche des Dreiecks (allgemein: die Fläche unter der Zugkraftkurve, wie immer diese aussieht) entspricht der zum Spannen aufgewendeten Energie. Vereinfacht: Die aufgewendete Kraft ergibt sich aus $F = D \cdot x$, wobei D die für die Bauart der Feder typische Zugkonstante, x der Spannweg ist. Wird mit 50cm Zug ein Zuggewicht von 20 Pfund erreicht, dann mit 1cm 0,4 Pfund. Wir können als Federkonstante dieser Wurfarme $D = 0,4$ festlegen und leicht für jede andere Zuglänge das Zuggewicht berechnen.

Problem: Die Wurfarme sind vorgespannt. Mit welcher Biegekraft? Der Zug erfolgt nicht quer zur Feder, sondern anfangs sehr schräg und erst gegen Ende des Spannvorgangs einigermaßen vertikal. Diese Vorspannung steht aber nicht zur Beschleunigung zur Verfügung.

Vergleichen wir dies mit den Zugkraftkurven-Diagrammen aus von Bögen, dann sehen wir dort Kurven, die von der Linearität etwas abweichen, weil die Wurfarme als Federn nicht homogen sind. Für die klassischen Bogentypen sind diese Abweichungen gering, für Compoundbögen sehr deutlich.

Für experimentelle Bögen hat man verschiedenste Federsysteme versucht. Beim Compound ist man von der Recurveform völlig abgekommen, beim Recurvebogen versucht man noch immer, in den hochpreisigen Produkten, die Recurveform individuell zu optimieren.

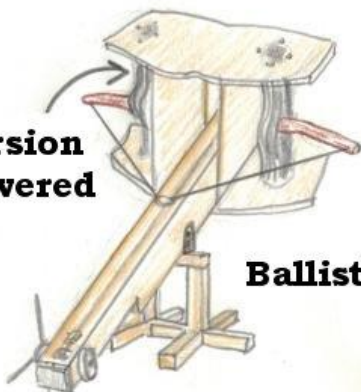
Man kann aus den Zugkraftkurven auch erkennen, dass ein Langbogen schlechter, ein Recurvebogen besser, der Compoundbogen wesentlich besser als eine gleich stark gespannte lineare Feder wirkt. Der Recurvebogen speichert ca. 26%, der Compoundbogen ca. 36% mehr Energie als ein gleich starker Langbogen! Will man nur gleich viel Energie speichern wie im Langbogen, dann braucht man nur 80% der Zugkraft beim Recurve oder 75% der Zugkraft beim Compound.

Da die gespeicherte Energie auch zum Beschleunigen der Wurfarme und der Sehne verwendet wird, steht dem Pfeil nicht der volle Betrag zur Verfügung. Der Anteil der gespeicherten Energie, der zur Beschleunigung des Pfeils bereitgestellt wird, bestimmt den Wirkungsgrad des Bogens. Kann man die Geschwindigkeit v_0 des Pfeils und dessen Masse m bestimmen, dann kann man dessen Energie leicht mit der Formel $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ ausrechnen. Dies ist die Energie, die der Bogen freigegeben hat! Der Wirkungsgrad ergibt sich als Quotient $\eta = E_{kin}/E_{pot}$.

Damit der Bogen schussfähig wird, muss er aufgespannt werden. Die verschiedenen Methoden werden in einem Kapitel des Anhangs erläutert, weil dies nicht unmittelbar mit dem Hauptthema zusammenhängt.

Andere Federwaffen sind Katapult, Ballista, Gummisteinschleuder, Luftdruckgewehr mit Kipplauf

Torsion Powered



Ballista



Federgerät: In Federn wird potentielle Energie gespeichert! Elastische Verformung!

Recurvebogen Verschiedene Bauformen

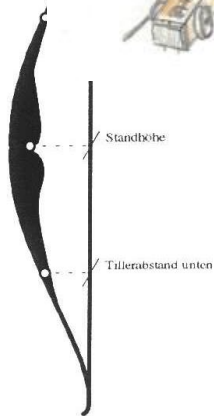


Abb. 2.6 Standhöhe und Tiller

Im Lauf der Geschichte wurde schon vor mindestens 20000 Jahren erkannt, dass man einen Stab als Feder benutzen kann, um einen kleinen Speer zu schleudern. Bereits vor mehr als 4000 Jahren lernte man (wahrscheinlich aus Mangel an langen Stäben) komplexere Federn zu konstruieren, indem man den Bogen aus mehreren Teilen zusammen setzte, und Beschichtungen aus Horn (Druckseite) und Sehnen (Zugseite) auf Holz aufbrachte. Auch die Recurve-Form als das Biegen erleichternder Hebel wurde schon früh gefunden.



Fast alle alten Kulturen hatten den Bogen als Jagd- und Kriegswaffe. Rechts: ein klassisches Modell. Bogen mit starren Wurfarmenden, die als Hebel zum Biegen.

Links: Mittelstück mit Griffmulde, Wurfarme, Sehne. In einem Stück. Vor der Erfindung der zerlegbaren Bögen (österreichische Erfindung durch Alois Zopf!) der Standard. Insbesondere bei modernen Bögen ist die Form der Recurve-Biegung von wesentlicher Bedeutung. Sie sollte im Idealfall zur Auszugslänge des Schützen passen.

Das Mittelstück bestimmt durch seine Länge, seine Masse, durch die Form des Schussfensters und durch die Möglichkeit für „Einbauten“ ebenfalls die Qualität des Schusses.

Die Einbauten (Pfeilauf- und anlage, Stabilisierung, Dämpfungen, Schwingungsbegrenzer, etc...) sind je nach Regelwerk begrenzt oder technisch aufwändig.



Oben im Bild ein koreanischer Bogen (verkehrt gekrümmt), unten ein mandschurischer Bogen, deutlich länger. Man sieht, dass es sich um einen Reflexbogen handelt, weil die Wurfarmenden im entspannten Zustand vom Schützen weg zeigen. Die steifen Wurfarmenden werden Siyahs genannt. Diese Bögen wiesen oft ein Zuggewicht von über 80 Pfund auf!

Auch die Art der Sehne (Material, Bauart, Zahl der Stränge, Wicklungen, Nockfixatoren etc.) ist wichtig. Siehe **Sehnen**.

Konstruktionsmerkmale

Tiller – die Kraftverteilung der Zugkraft auf die beiden Wurfarme. Es ist wichtig, dass die Wurfarme gleichzeitig mit der Rückstellung fertig sind und den Pfeil linear abschießen. Der Tiller hängt davon ab, wo im Mittelstück die Bogenhand ansetzt und wo die Zughand an die Sehne gesetzt wird. Die Hände müssen jedenfalls so gesetzt werden, dass im Bogen keine Drehmomente aufgebaut werden!

Das Tillern des Bogens war (und ist) eine hohe Kunst. Durch Abhobeln oder Abschleifen wurde ein Wurfarm so geschwächt, dass das gewünschte Gleichgewicht in der Zugverteilung hergestellt wurde.

Bei modernen Bögen ist es möglich, den Winkel des Wurfarms zum Mittelstück so zu verstellen, dass sich der gewünschte Tillereffekt einstellt.

Nockpunkt - jener Punkt an der Sehne, an dem der Pfeil seinen Abschuss-Impuls erhält. Dieser Punkt kann durch Erfahrung annähernd vorbestimmt werden. Die exakte Lage kann nur der Schütze selbst in Versuchsreihen bestimmen.

Abweichung des Pfeils von der idealen Bogenmitte. Idealerweise wird der Pfeil durch die Mitte des Bogens geschossen (Centershot). Das lässt sich aber nur bei Metall- und Carbon-Mittelstücken realisieren. Entweder wird ein Bogenfenster ausgespart oder der Bogen beidseitig am Pfeil vorbeigeführt (Durchschuss-Fenster). Dank des Pfeilreflexes fliegt der Pfeil aber auch bei Off-Center-Pfeilanlagen ohne Probleme aus dem Bogen.

Reflex-Deflex der Wurfarme – wohin zeigen die Wurfarme in abgespanntem und aufgespanntem Zustand des Bogens. Deflex: Zum Schützen Reflex: Vom Schützen. Langbögen werden durch Ermüdung zu Deflexbögen. Um dem vorzubeugen, wird der moderne Langbogen leicht reflex konstruiert mit einem zarten Recurveschwung. Compoundbögen sind deflexe Geräte.

Reflex-Deflex des Mittelstücks – in welche Richtung ist das Mittelstück gekrümmt, bzw. wo befindet/sich die Bogenhand in Bezug auf die „Wurzeln“ der Wurfarme. Insbesondere bei den modernen Compounds mit fast parallelen Wurfarmen ist ein reflexes Mittelstück nötig, weil sonst eine zu große Aufspannhöhe zu einem geringeren Powerstroke bzw. zu einem zu langen Auszug führen würde. Da bei reflexen Mittelstücken bei Drehmomenten die Pfeilaufgabe deutlich in allen Achsen geschwenkt wird, sind solche Bögen sehr empfindlich beim Abschuss.

Pfeilauf- und Anlage

Primitivbogen: Der Pfeil liegt auf dem Handrücken der Bogenhand auf. Der Handrücken wird durch einen Handschuh oder ein Schild vor dem Pfeil geschützt.

Trad. Bogen: Pfeil auf dem Shelf, Auflage aus Fell oder Leder

Recurve: Auflage und Anlage: Zahllose Modelle, von einfachen aufgeklebten bis zu mechanischen, verstellbaren, angeschraubten Modellen. (siehe Anlage E)

Normalerweise befindet sich die Auflage über dem Pivot-Point. Befindet sich die Auflage näher am Schützen, spricht man von Overdraw. Dieser erlaubt die Verwendung kürzerer Pfeile. Wichtig ist auch, wie weit sich der Pfeil oberhalb der Bogenhand befindet. Von Bedeutung ist auch das Dilemma, dass man nicht gleichzeitig von der Mitte der Sehne schießen und den Bogen in der Mitte halten kann.

Nur bei fußgestützten Bögen oder Armbrüsten lässt sich dies umsetzen.

Anlage: Der Pfeil berührt den Bogen stets auch seitlich. Technisch kann diese „Anlage“ in einem Modul mit der Auflage integriert sein, als Button (zahllose Modelle, Mittelschüssigkeit und Anpressdruck verstellbar) oder als Springfeder konstruiert sein.

Pfeilsitz an der Sehne

Ohne Nockfixatoren: Pfeil wird nach Abnutzungsspuren eingesetzt.

1 Nockfixator a) oberhalb

Pfeil drückt in Ruhelage nach oben und hält seine Position.

Bei Untergriff (Blankbogen) kann der Pfeil bei schlecht sitzender Nocke zum obersten Zugfinger abrutschen und dann einen „Sprungstart“ hinlegen“!

b) unterhalb (z. Bsp. Reiterbogen).

Der Pfeil wird irgendwo oberhalb eingenockt und dann abwärts geschoben, bis er am Nockfixator aufsitzt.

c) Zwei Fixatoren

Fixatoren: Aus Metall (verschiedene Durchmesser), geknotet, auf Sehne aufgefädelt Schlauche, die zugleich als Ersatz für einen Fingerschutz dienen.

Zwischen den Fixatoren muss etwas mehr als Nockdurchmesser Abstand sein, weil die Sehne im Vollauszug schräg zum Pfeil steht.

d) Eine kleine Spule, deren Ränder die Fixatoren ersetzen.

e) Kugel: Auf der Sehne ist eine kleine Kugel aufgefädelt, dazu gehören passende Nocken

Zwischen den Fixatoren muss etwas mehr als Nockdurchmesser Abstand sein, weil die Sehne im Vollauszug schräg steht.

f) Stahlkugel – Magnetnocke: Eine kleine Stahlkugel wird auf der Sehne aufgefädelt oder aus zwei Kugelhälften aufgeschraubt. Im Boden der Nocken befinden sich kleine Magnete.

Das Auffädeln ist allerdings etwas mühsam, ebenso das Verstellen!

Compound

Der Compound kann ebenfalls mit den Fingern geschossen werden. Dann gibt es auch Pfeilauf – und Anlage. Da aber der Compound mehr Energie freisetzt, müssen die Dinge dann eine wenig stabiler sein.

Der häufigere Fall ist aber das Lösen mit einer Releasemaschine (zahllose Modelle). In diesem Fall gibt es nur eine Pfeilaufgabe, die aber den Pfeil auch beidseitig etwas stützt. Verschiedenste Formen!

Kurze Auflistung der gängigsten Systeme:

- a) Trigger Release Aids b) Back tension

Bei a) wird der Schuss durch Drücken eines Hebels oder Knopfs ausgelöst, bei b) durch Kippen der Maschine. Auslöser kann der Daumen, Zeige- oder Mittelfinger, aber auch der kleine Finger sein.

- c) Hand gehalten d) Handgelenk-Band. Bei c) muss die Griffform zur Hand des Schützen passen, bei d) hat man eine ganz entspannte Zughand, allerdings kann die Handgelenksbefestigung nach vorne rutschen bzw. auf Dauer einschneiden.

Verschiedene Kopfformen

- e) drehbare oder starre Köpfe

Bei starren Köpfen kann es auch zu seitlichem Verbiegen der Sehne kommen!

- f) Schnurrelease: Eine Schlinge wird vom Release weg um die Sehne gelegt und an einem Haken des Release eingehängt. Dieser Haken wird vom Schützen gelöst. Er kippt weg und gibt die Schlinge frei. Seit der Erfindung des D-Loop kaum noch in Gebrauch

- g) Hakenrelease: Ein Haken wird an der Sehne oder im D-Loop eingehängt und per Hebeldruck gelöst.

- h) Zangenrelease: 1) Halbzange Es bewegt sich nur eine Zangenhälfte 2) Vollzange Die Zange geht nach beiden Seiten auf.

Bei f), g) und h1) bewegt die Sehne ein wenig zur Seite ähnlich dem Lösen von den Fingern!

Siehe auch Anlage F

Insbesondere für die Jagd gibt es Auflagen, die verhindern, dass der Pfeil beim Pirschen (Stalking) aus dem Bogen fällt. Der Pfeil wird von einem Ring von Borsten gehalten. Der Pfeilabgang ist dabei nicht ganz so exakt wie bei Wettkampfauflagen, außerdem leiden auch die Federn. Für den Jagderfolg ist das aber ohne Belang.

Compound- Pfeilauflagen können auch wegfallend konstruiert werden. Die Auflage wird

- a) beim Aufziehen in Position gehoben und fällt beim Abschuss
- b) beim Abschuss weggezogen
- c) durch den Abschuss-Schock magnetisch oder mechanisch zum Fallen gebracht. Das Wegfallen wird durch einen Federspeicher beschleunigt.

Diverse Auflagen siehe Anhang

Pfeilsitz an der Sehne

Prinzipiell sitzt der Pfeil immer an der Sehne. Es kann aber - wie beim Recurve – eine kleine Spule die Fixatoren ersetzen.

Nockfixatoren.

D-Loops ersetzen die geklemmten Fixatoren, häufig wird aber wenigstens ein Fixator verwendet, um das Loop offenzuhalten und einen gleich verteilten Zug im Loop zu bewirken.

D-Loop-Formen

- a) Geknotet
- b) Sicherheitsloop. (Siehe Konstruktionsbeschreibung im Anhang!
- c) Metallloop. Einfach zu montieren und verstellen, vor allem beim Einschießen des Bogens, aber Belastung für die Sehne und die Abschuss-Maschine.

Die Releasemaschine (= Release Aid) wird im Loop eingehängt, und damit auch die Sehne geschont. Die Größe des Loops beeinflusst auch die Auszugslänge.

Als weiterer Ansatz für die Maschine kann auch eine Metallkugel verwendet werden. Dies bedarf eines speziellen Zangenkopfes am Release Aid.

Ein wesentlicher Unterschied zu allen anderen Bogenarten besteht darin, dass Compoundbögen auch eine „Kimme“ besitzen. Während bei anderen Bögen die Kimme nur virtuell als möglichst immer gleicher Abstand Auge – Nocke vorhanden ist, hat man beim Compound das Peep in die Sehne eingebunden: Eine schräge Metallscheibe mit Loch in der Mitte dient als Kimme.!

Das Peep muss mehrere Anforderungen erfüllen.

Der Abstand vom Pfeil muss so bestimmt werden, dass ohne Kopfbewegung der Blick ins Visier erfolgen kann.

Das Peep muss quer zum Blick stehen.

Die Lochgröße muss so gewählt werden, dass man das Visier zentrieren kann.

Je kleiner das Loch, umso besser die Tiefenschärfe, aber umso weniger Licht!

Standardpeep: Schräge Kerben zur Aufnahme der Halbsehnen, Nut rundherum zur Befestigung gegen Wegfliegen und Verrutschen.



Jagdpeep: Stellung egal. Man sieht immer Ellipse, allerdings auch immer einen Sehnenstrang. Das ist aber immer noch besser als beim Auftauchen des Jahrhundert-Bocks vielleicht gar nicht zu sehen, weil sich das Peep verdreht hat.

Peep mit Zuggummi: Am Peep wird ein Gummistrang oder Schlauch befestigt, der zu einem Kabel oder dem Bogen führt. Wird der Bogen aufgezogen, dann spannt sich der Gummi und dreht das Peep in die gewünschte Position und dreht beim Anspannen das Peep in die gewünschte Position.

Peep mit Linse oder austauschbarem Locheinsatz.

Peep mit Dach gegen Blendung und Regen

Als Ersatz gibt es das **Nopeep**. Eine optische Vorrichtung wird im Bogenfenster montiert. Wenn man im Fenster dieses Gadgets einen schwarzen Punkt im roten Kreis sieht, dann ist der Bogen so ausgerichtet, als würde man durch ein Peep schauen. Vorteil: Kein Verdrehen, kein Lichtverlust.



Nachteil: Zentrieren des Visiers entfällt, und man muss 2 Punkte im Blickfeld haben. Nur für jagdliches Schießen geeignet (Skorpionvisier).

Peepinbau, Ausrichtung, Befestigung

Der Einbau muss mittig in der Sehne erfolgen (auf beiden Seiten gleich viele Stränge). Wichtig ist der Abstand vom Pfeil. Es muss sichergestellt werden, dass der Schütze keine Kopfneigung durchführen muss, um nach dem Ankern ins Peep schauen zu können. Bei kurzen Bögen läuft die Sehne flacher vom Pfeil weg. Das bedingt, dass das Peep an der Sehne weiter vom Pfeil **und** vom Auge weg ist als bei langen Bögen, und es muss also das Peep einen anderen Winkel in der Sehne einnehmen und die Peep-Öffnung größer sein!

Ein großes Problem ist die Ausrichtung des Peep quer zum Blick.

Dass Peep sollte gegen Wegfliegen gesichert sein, damit bei Trockenschuss oder Sehnenbruch das teure Ding nicht verloren geht. Ein abfliegendes Peep kann auch vom Bogen zurückprallen und den Schützen oder Umstehende gefährlich verletzen.

Overdraw

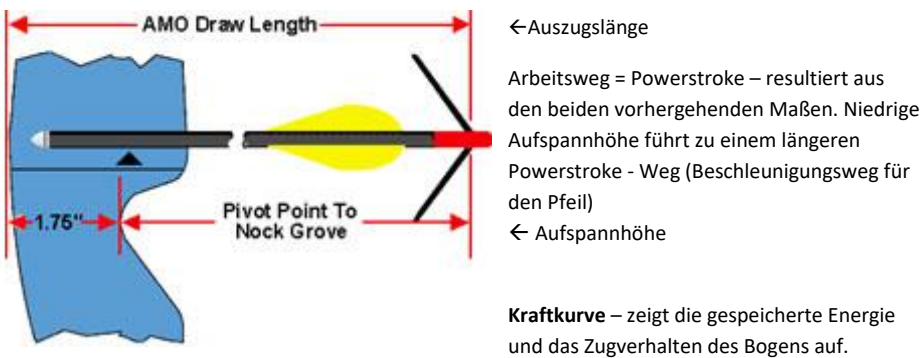
Verschiebt man die Pfeilaufgabe über den Pivotpunkt hinweg Richtung Zughand, dann kann man kürzere (leichtere) und damit schnellere Pfeile schießen.

3 Probleme: Wie beim reflexen Mittelstück entsteht höhere Drehmoment-Empfindlichkeit, und kurze Pfeile könnten für den Bogen zu leicht werden, d.h. es bleibt zu viel Energie im Bogen, die das

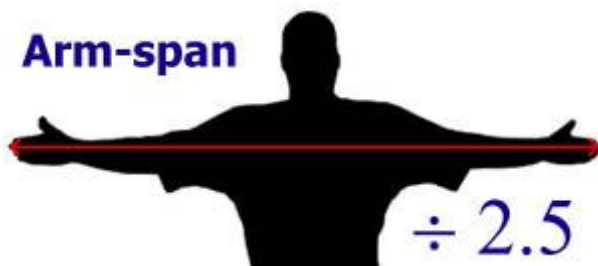
Material schädigen könnte. Außerdem besteht das Risiko, sich in den Arm zu schießen, wenn der Pfeil von der Auflage fällt. Dies versucht man durch eine Unterbau-Schiene zu verhindern.

Pivotpoint – jener Punkt, um den sich der Bogen um seine mechanische Querachse dreht, tiefster Punkt im Griff, siehe Bild unterhalb.

Relevante Bogendaten



Spannweitenformel – ein Bogen muss zur Auszugslänge des Schützen passen. Die Auszugslänge ist von der Spannweite abhängig (etwa 40%).



Ist das gleiche wie 40% der Spannweite!

Ist der Bogen zu kurz, dann wird er mechanisch überbelastet, ist er zu lang, dann erreicht er nicht seine beste Wirksamkeit. Mit der Bogenlänge ändert sich auch der Sehnenwinkel am Pfeil im Vollauszug. Dieser Winkel hat für den Druck auf die Finger und den Gesichtskontakt der Sehne Bedeutung.

Ein kurzer Bogen, der bis an die Grenzen seiner Belastbarkeit gezogen wird, „stackt“, d.h. er wird steif, lädt überproportional viel Kraft pro Inch, fühlt sich unangenehm an.

Stacklinie – das Ende der gleichmäßigen Federbiegung Richtung „Brechen“

Weitere Einbauten in Bögen

Je höher die Technikklasse des Bogens umso mehr Möglichkeiten werden geboten, Zusatzeinrichtungen zu befestigen. Allerdings werden durch diverse Klassenregeln strikte Grenzen gezogen.

Stabilisierung:

Im Bogenmittelstück befinden sich stets diverse Buchsen oder Gewindelöcher zur Aufnahme von Stabilisatoren, Gewichten oder Dämpfer. Der Hauptstabi hat seinen Sitz knapp unterhalb des Griiffs und kann geradeaus oder schräg abwärts montiert werden. Die Seitenstabilisierung wird häufig direkt am Hauptstabilisator angebracht. Sie kann pendelnd, unter verschiedenen Winkeln, aber auch asymmetrisch in Bezug auf Winkel oder Gewicht ausgeführt sein.

An der Vorder- oder Rückseite des Bogens, oberhalb oder unterhalb des Schussfensters.

Die Stangen können zylindrisch oder oval oder aus mehreren Rohren gefertigt sein. Zusatzgewichte, Am Beginn der Rohre, in diesen oder an deren Enden können Dämpfungselemente eingebaut sein oder angebracht werden. Die Gewichte an den Enden lassen sich meist verändern.

Wichtige Funktionen der Stabilisierung:

Günstige Schwerpunktlage des Systems.

Dämpfung von Schwingungen ruhiges Zielen!!!

Angenehmes Gefühl beim Abschuss (geringer Schock, kontrollierte Nachbewegung,..)

Das Gesamtgewicht der Stabilisierung wächst mit dem Zuggewicht und der physischen Stärke des Schützen.

Dämpfungs-Vorrichtungen

Neben den Dämpfern an oder in den Stabis gibt es die Sehnendämpfer. Diese bremsen die Sehne ab, während sie über die Nullstellung zurückschlägt. Der Aufschlag auf den Dämpfern führt aber zu einer erhöhten Sehnenabnutzung.

Schwingungsdämpfer, die im Bogen integriert, aufgeschraubt oder an den Wurfarmen aufgeklebt sind, sollen das Nachvibrieren dämpfen, den Schuss angenehmer machen und das Material schonen.

Handschlaufen: Werden entweder angebunden oder mit dem Mittelstabi befestigt. Eine einfache, aber im Hochleistungssport nicht übliche Sicherung des Bogens.

Köcher: Für die Jagd werden häufig Köcher direkt am Bogen montiert. Diese beeinflussen die Genauigkeit des Schusses. Kommt für Wettkampf nicht in Frage. Außerdem erhöht ein solcher Köcher die Windempfindlichkeit des Geräts

Elektronische Hilfen Entfernungsmesser für Jagd und Training o.k., sonst nicht erlaubt

Laserepointer für Training gut brauchbar, um Eigenbewegungen und die Art der Zielsprache zu erkennen

Visiere

Ein weites Feld. Unterschiedlichste Möglichkeiten von Vorbauten, Visierbalken und Verstellmöglichkeiten. Wichtig für den Schützen ist die Form des Kornes: Außenform (Quadrat oder Zylinder) Innenform (Loch(blende), Punkt, Lichtsammler, ..). Der Dot kann auch beleuchtet werden! Beim Compound hat man die Wahl zwischen Linse oder Stacheln, wobei es die Wettkampfordnung zu beachten gilt.

Man hat die Wahl zwischen Nummernskala oder selbsterstellte Marken.

Der Visierläufer (und alle Schrauben und Schraubteile) sollten gegen Losprellen gesichert sein.

Es gibt auch Laser-Visiere. Dabei erspart man sich jegliches Zielen mit Korn oder Kimme/Korn, sondern richtet einfach den Laserstrahl auf das Ziel. Laservisiere sind aber schwierig zu justieren, bei Sonnenlicht ist ein Laserstrahl kaum zu sehen. Mit dem Strahl kann man auch Augenverletzungen provozieren!

Mittlerweile experimentiert man bereits an Visieren, die sich mit Hilfe eines Entfernungsmessers selbst justieren!

Elektrik und Elektronik sind allerdings bei allen Wettkampfsarten verboten.

Auszugskontrolle

Um konstante Abschussgeschwindigkeit zu erreichen, verwendet man verschiedene Kontrollgeräte:

Klicker: Der Pfeil wird unter einem Blechplättchen durchgezogen, dass gegen den Bogen „klickt“, wenn der Pfeil durch ist: Das Signal für den Schützen, zu lösen.

Spiegel: Oben im Schussfenster wird ein schräger Spiegel (sehr klein) befestigt: Sobald die Spitze des Pfeils im Spiegel auftaucht, ist die richtige Auszugslänge erreicht. Vorteil: Man kann nachlassen und nochmals in Position gehen. Nachteil: Man muss noch etwas beobachten!

Stehauf: Unter dem Pfeil liegt ein Plastikstreifen, der aufsteht, sobald der Pfeil weit genug gezogen wurde. Zugvorgang kann ebenfalls wiederholt werden.

Frosch: Diese akustische Methode wird über eine an der Sehne befestigte Schnur aktiviert. Bei passender Auszugslänge erzeugt eine Blechform beim Umschnappen ein Geräusch. Ebenfalls wiederholbar.

Die letzten 3 Methoden führen nicht so leicht zu reflexhaftem Abschuss wie der Klicker.

Geschossballistik = Funktionsballistik a des Pfeils

Das Geschoss ist in der einfachsten Form ein Zylinder mit einem Länge-Durchmesser Verhältnis zwischen 40:1 und 160:1.

Der Zylinder kann voll sein (Glasfaser, Holz) oder ein Rohr, wobei das Verhältnis Wandstärke – Durchmesser die Steifigkeit bestimmt.

Für die Innenballistik ist die Länge wesentlich, weil diese die mögliche Auszugslänge bestimmt.

Der Durchmesser bedingt die Einstellung der Mittelschüssigkeit und der Höhe des Nockpunktes, das Gewicht die Einstellung der Pfeilauflage, die v_0 die Spannung des Buttons, die Nockengröße ist für den richtigen Sitz auf der Sehne und den Abstand der Nockfixatoren wichtig.

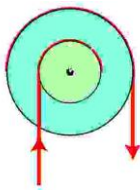
Alle anderen Eigenschaften sind für die Flugeigenschaften und die Endballistik von Bedeutung und werden später behandelt.

Ladeballistik

Wie verhält sich der Bogen beim Laden (aufziehen, öffnen)? Wie biegen sich die Wurfarme, wieviel Energie wird pro Einheit gespeichert. Wieviel Energie wird insgesamt gespeichert?

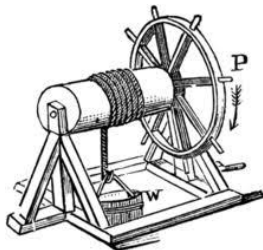
Beim Aufziehen eines Recurvebogens werden zuerst jene Teile der Wurfarme gebogen, die zwischen Recurve und Griffstück liegt. Der Recurveveteil (bei Reiterbögen häufig aus Holz und starr) dient dabei als Hebel. Dann beginnt der Recurve aufzurollen, idealerweise bis knapp vor Vollauszug. Schließlich berührt die Sehne, die anfangs am Recurve aufliegt, die Wurfarme nur mehr in den Sehnenaugen. Um optimales Zugverhalten zu erreichen, bedarf es einer starken Recurvekrümmung, die auf die Auszugslänge des Schützen abgestimmt sein muss. Eine Maßanfertigung macht durchaus Sinn, ist aber natürlich teuer.

Beim Compoundbogen kommen exzentrisch gelagerte und meist asymmetrische Wellräder zum Einsatz. Das Wellrad gehört zu den einfachen mechanischen Maschinen, es wird auch als Kraftwandler bezeichnet, ist seit der Antike bekannt und für viele Zwecke in Anwendung.

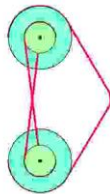


Zu Beginn des Ladens liegt die Sehne am kürzeren Hebelarm, während des Ausziehens (je aggressiver die Cams umso später) schlagen die Wellräder (Cams) um und die Sehne liegt dann am längeren Hebelarm. Dies bedeutet, dass der Schütze nun nur mehr einen Teil der Vollast zu ziehen hat (Letoff). Will man eine Last heben, dann muss man mehr Seil ziehen als dem Hub der Last entspricht, braucht aber dafür weniger Kraft.

Eine typische Anwendung seit tausenden Jahren ist das Brunnenrad.

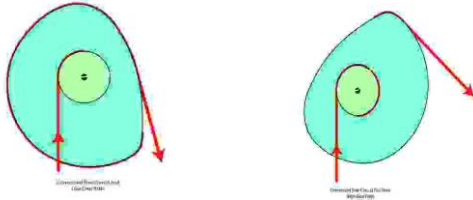


Symbolische Darstellung eines Binary Cam Bogens. Hier würde sich der Zug nur allmählich steigern, es gibt keinen definierten Auszugstop.



Bei Jugend- Bögen mit universaler Auszugslänge – wenig Wurfkraft – zu finden.

Will man eine andere Zugkraftcharakteristik, dann muss man die Wellräder zum einen exzentrisch lagern, zum anderen auch die Form vom Kreis abweichen lassen.



Anfangs liegt die Sehne nahe an der Achse (ungünstiges Hebelverhältnis), nach der Rechtsdrehung steht der Sehne ein deutlich längerer Hebel zur Verfügung, der Schütze spürt dies als Verringerung der Zugkraft.

Ursprünglich waren an manchen Compound mehr Rollen befestigt, die eher wie ein Flaschenzug wirkten.

Abweichend vom Camsystem an den Enden der Wurfarme gibt es noch einige exotische Ideen, die aber im Sport wenig Rolle spielen.

Es gibt die folgenden gebräuchlichen Camsysteme:

1a) Single (Mono) Cam. Unten ein Cam, oben ein Rad. Die Sehne beginnt am Cam, läuft um das Rad (Idlerwheel) und endet am Cam. Ein Kabel (Buskabel) startet am Cam und endet links und rechts an der oberen Achse in einem Yoke (gesplittetes Kabel), deshalb auch manches Mal als Yokekabel bezeichnet. Nachteil: Eine sehr lange Sehne (bis 2,5 m) und vertikale Nockbewegung.

1b) Um die lange Sehne zu vermeiden, gibt es das Idlerwheel auch zweiseitig. Die von unten kommende Sehne endet in der einen Spur, in der anderen Spur beginnt ein Kontrollkabel. Die Funktion ist genau gleich wie vorhin, aber Sehne und Kontrollkabel sind jeweils kurz. Nachteil: Ein zweiseitiges Wheel ist schwerer als ein einspuriges. Vorteil: Die Sehne kann parallel zum Bogen geführt werden.

2) Hybrid Cams. Unten ein Arbeitscam, oben ein Controlcam. Kabel wie eben bei 1b)

3) Double Cam: Oben und unten symmetrische Cams, deren Kabel jeweils an den Achsenden der gegenüberliegenden Seite in einem Yoke enden. Durch Ein- oder Ausdrehen der Kabel kann die Synchronität der Rollen hergestellt werden. Damit das Synchronisieren leichter fällt, gibt es an den Cams Markierungen. Durch einseitiges Verändern eines Yoke kann dem Camlean gegengesteuert werden.

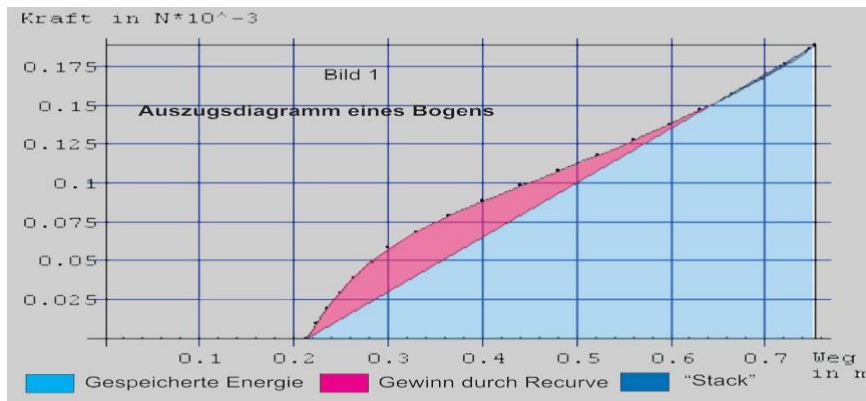
4) Binary Cam: Hier enden die Kabel nicht im Yoke, sondern im anderen Cam. Diese Cams sind mehr oder minder selbst synchronisierend, aber das Camlean ist schwer in den Griff zu bekommen. Bei allen Systemen gibt es Soft-, Medium- und Hardcams. Bei allen Systemen gibt es auch Cams mit der Möglichkeit, durch Verstellen von Modulen die Parameter Auszuglänge und Letoff zu verändern.

Um Bögen vergleichbar zu machen, werden normierte Bögen verglichen.

AMO (Armery Manufacturer Organisation) und IBO (International Bowhunting Org.) geben zwei Normen vor.

AMO 60 lib(Zuggewicht) 365gr(Pfeilgewicht) 30 inches(Auszug) 6gr/lib
 IBO 70 lib 350gr 30 inches 5gr/lib

1



Die gespeicherte Energie lässt sich in Form eines Auszugs-Diagramms sichtbar machen. Hier handelt es sich um einen Recurvebogen.

Zielballistik

Ausrichten des Bogens für die richtige Flugbahn des Geschosses

Normalerweise versucht man, mit dem Schuss ein Ziel zu treffen. Dazu ist es nötig, zwei Winkel und die Abschussgeschwindigkeit zu kontrollieren (und einen sauberen Abschuss zu schaffen!).

3 Parameter gilt es zu kontrollieren:

Horizontalwinkel: Links-rechts; Elevationswinkel: Auf-ab; v_0 .

Ein Beispiel: Um die Zehn auf 70m zu treffen – 12cm Durchmesser – ist es nötig, die beiden Winkel auf 4 Bogenminuten genau einzuhalten und v_0 darf nur um 0,5 km/h variieren!

Zum Anpeilen der Abschussrichtung (jene zwei Winkel!) gibt es zwei Verfahren:

Zeigen

Angeboren ist uns die Fähigkeit zum zielgerichteten Greifen, und als Steigerung das zielgerichtete Zeigen. Die Technik sieht so aus, dass man bereits nach dem Anheben mit dem Pfeil auf die gewünschte Flugbahn „zeigt“, und ihn anschließend wie auf einer Schiene linear in die Abschussposition zurückzieht. Durch das Zeigen werden beide Winkel gleichermaßen eingestellt. Die Abschussgeschwindigkeit wird durch einen exakten Anker und eine perfekte Zugtechnik normiert. Zu vermeiden ist auf jeden Fall ein Blick auf die Pfeilspitze, weil dann die Gefahr besteht, die Spitze ins Ziel zu bringen, was dann für fast alle Distanzen zu einem Hochtreffer führt.

Siehe „Persönlicher Bereich“

Diese Art der Pfeilausrichtung setzt intensives Üben für jeden Meter Entfernung innerhalb der Wettkampf-Distanzen voraus.

Zielen

Zielen heißt, dass ein oder zwei Objekte zwischen Auge und Ziel verwendet werden, um den Pfeil optimal anzustellen. Das einfachste Objekt ist die Pfeilspitze. Man sieht zwar nicht die „Spitze“, sondern nur die Kontur, aber kann damit doch recht gut zielen. Wichtig ist dabei, dass alle Pfeile gleich lang sind und immer gleich weit ausgezogen wird. Aber dies ist ohnehin das Bestreben, weil man ja immer gleich schnell abschießen will.

Die technische Steigerung heißt „Visier“. Begonnen hat es mit waagrechten Bleistiftstrichen am Mittelstück, über deren Ende man zielen konnte. Es folgten Gummiringel, die man hinauf oder runterschieben konnte. Die ersten Visiere waren an der „Bauchseite“ befestigt, so konnte man immer die Skala sehen. Dann wanderte das Visier auf den Rücken des Bogens. Aber weil man feiner einstellen kann, wenn das Visier vom Auge weiter weg ist, wurde schließlich der Vorbau erfunden. Daran befindet sich ein höhenverstellbarer Läufer mit einem seitverstellbaren Pin. Eine Skala am Visier, eine Spindel für die Höhenverstellbarkeit und verschiedene Pin- und Tunnelformen sollen für den Schützen das beste Ergebnis bringen.

Über die Form des Kornes herrschen Meinungsunterschiede. Tunnel in einem Zylinder oder Würfel, mit Pin oder nur als Loch, verstellbare Lochgröße (um immer die gleichen Farben auf der Scheibe zu sehen), mit Glasfibernadel, die Licht einfängt und einen Leuchtpunkt erzeugt, und verschiedenes mehr gibt reiche Auswahl. Als günstig hat sich erwiesen, wenn das Außenmaß des Kornes einen Zentimeter beträgt, weil man dann die Seitenabweichung besser aufs Visier übertragen kann. Prinzipiell erfolgt das Zielen mit dem Auge der Zugseite, doch schießt man günstiger Weise mit beiden Augen offen, um optische Nachteile zu vermeiden. Ein geschlossenes Auge meldet dem Gehirn Dunkelheit. Dies führt dazu, dass auch das offene Auge die Pupille vergrößert, mit dem Nachteil geringerer Tiefenschärfe.

Beim Visieren wird nur der Elevationswinkel kontrolliert. Dies setzt allerdings einen sehr exakten Anker voraus. Um den Horizontalwinkel kontrollieren zu können, wird auch die Sehne mit einbezogen. Die unscharf gesehene Sehne (Sehnenschatten) wird am Pin ausgerichtet.

Beim Compoundbogen umgeht man dieses Problem mit dem Peep, einem Metallring, der in die Sehne eingebaut ist, und der Kimme der Feuerwaffen entspricht

Eine andere Möglichkeit bietet das Nopeep, das durch Schwarzfärbung einer Linse anzeigt, dass der Bogen exakt zum Schützen ausgerichtet ist. Das Nopeep ist vor allem bei der Verwendung von Mehr-Pin-Visieren und bei der Jagd von Vorteil. Es nimmt kein Licht weg und kann auch bei Regen nicht blind werden.

Die konstante Abschussgeschwindigkeit beim C. ergibt sich durch die gerätbedingte Auszugslimitierung. Allerdings ist auch hier ein technisch sauberer Abschuss nötig, will man konstante Geschwindigkeit.

Bei Compoundbögen für die Jagd verwendet man häufig Skorpion-Visiere. Bis zu 5 horizontale Stacheln werden auf die wichtigsten Entfernungen eingeschossen. So ist es beim Ansprechen eines Wildes nicht nötig, das Visier langsam und mühsam zu verstellen. Man muss sich bloß für einen Stachel entscheiden.

Direktes Zielen:

Visierlinie: Auge – Ziel. Auf dieser Linie müssen auch Kimme und Korn liegen. Beim direkten Zielen zeigt diese Linie in den gewünschten Auftreffbereich. Bei Vergrößern des Abstands zum Ziel kommt

die Distanz, ab der der Bogen bzw. die Bogenhand das Ziel abdeckt. Dies ist die persönliche Distanz! Geht man umgekehrt nahe genug an das Ziel heran, dann kann es bei kurzen Schussfenstern dazu kommen, dass der Bogen von oben her das Ziel abdeckt.

Man hat nun in beiden Fällen zwei prinzipielle Möglichkeiten:

- Indirektes Zielen: Man wählt einen anderen Zielpunkt so geschickt, dass man das eigentliche Wunschziel trotzdem trifft
- man ändert Ankerposition, Griffposition an der Sehne, Gewicht der Pfeile oder Stärke des Bogens.

Idealer Weise sollte die Ziele deutlich innerhalb der persönlichen Grenze liegen und immer sichtbar sein.

Zum Zielen gehört auch dazu, das Korn möglichst ruhig im Ziel zu halten. Ausgeatmet den Atem anhalten und den Bauch anspannen! Aber auch eine passende Stabilisierung ist hilfreich!

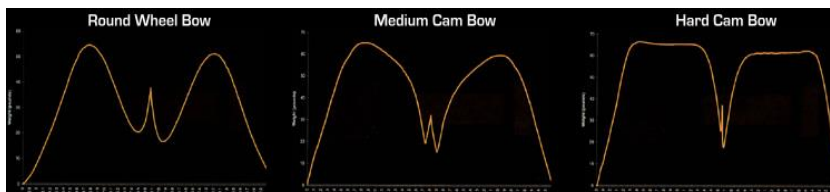
Abgangsballistik

Physikalische Grundlagen

Was geschieht beim Freigeben der gespeicherten Energie? Potentielle Energie geht in kinetische Energie über. Es entsteht Bewegung.

Die Diagramme unterhalb zeigen, dass nicht die gesamte potentielle Energie zur Beschleunigung des Pfeils verwendet wird. Beim Compound ist das Verhältnis allerdings recht gut (80%).

Verschiedene Cams



Links die gespeicherte – rechts die abgegebene Energie

Beim Lösen wird Energie auf den Pfeil übertragen, aber nicht die gesamte Energie. Energie geht durch Wärme, Reibung, Verformung, Lärm, Vibrationen ect. verloren. Man spricht von Hysterisis. Je mehr der gespeicherten Energie auf den Pfeil übertragen wird, desto effektiver ist der Bogen.

Energie wird auch zum Beschleunigen der beweglichen Bogenteile (Wurfarme, Sehne) benötigt.

Die Reihenfolge in der Effektivität: Links wenig, rechts viel.

Langbogen < Recurve < Jagdrecurve < Compound

Ein Langbogen gibt kaum 50% der investierten Zugenergie auf den Pfeil ab, beim Compound sind es über 80%. Will man mit einem Langbogen genau so schnell schießen wie mit einem Recurve, so muss

der Langbogen wesentlich stärker sein! Außerdem verlangt der Langbogen auch nach schwereren Pfeilen, was einen weiteren Schnelligkeitsnachteil bedeutet.

Ein kürzeres Mittelstück bei gleichen Wurfarmen und Auszug ergibt mehr Zugkraft!

Auf Recurve-Wurfarmen gibt es daher meist mindestens zwei Zugkraftangaben für die Verwendung unterschiedlich langer Mittelstücke.

Physikalische Maße

Joule – das Maß für Energie. Bei allen Schusswaffen wird die Energie des Geschosses in Joule angegeben. Siehe spätere Beispiele! Aus dieser Angabe und der Masse des Geschosses lässt sich v_0 berechnen.

Formel: $e = M \cdot v^2 / 2$ $v = m/s$ Dimension: $kg \cdot (m/s)^2$

Zu den Maßen: F (Force = die Kraft) = Masse x Beschleunigung. $F = M \cdot a$. Dimension: $kg \cdot m / s^2$. Die Kraft ist umso größer, je größer die Masse oder die Beschleunigung ist. Gewicht (skraft) = Masse x G (Erdbeschleunigung). Maß für die Kraft ist das Newton.

Ein Newton ist jene Kraft, die die Masse von 1 kg mit einer gleichbleibenden Beschleunigung von $1m/s^2$ auf die Geschwindigkeit von $1m/s$ beschleunigt. Oder: Die man benötigt, eine Last gegen eine Beschleunigung von $1m/s^2$ zu heben.

Wird durch die Anwendung von Kraft entlang eines Weges der Energiezustand eines Körpers verändert, dann wurde Arbeit verrichtet.

$W(\text{Work}) = F \cdot \text{Weg}$ $W = kg \cdot m/s^2 \cdot m$ Dimension: $kg \cdot m^2/s^2$

Selbe Dimension wie in der Formel für e! Einheit Joule. 1kg wird unter der Beschleunigung $1m/s^2$ 1m bewegt.

Arbeit, die auf Zeit verrichtet wird, wird zur Leistung. $e = A/s$ $e = F \cdot m/s^2$ Dimension : $kg \cdot m^2/s^3$

Bei Luftpistolen entscheidet das Joulemaß, ob es sich um eine Spielzeugwaffe handelt oder eine Reglementierung nötig ist. $e < 0.5 J$: Spielzeug; $e < 7.5J$: Frei ab 18 Jahren.

Beispiel 1: Fortek-Gewehr 2001. Geschossmasse 42g Mündungsgeschwindigkeit 823 m/s

14224J. Nach 6km 175m/s und 643 J Auftreffenergie.

Beispiel 2: Dicke Bertha: Geschossgewicht 1200kg. $V_0 = 435m/s$ **114MJ**

Nach 9km $v = 310m/s$ und immer noch 58MJ!

Man sieht: Schwere Geschosse fliegen weiter, weil ihnen der Luftwiderstand weniger zusetzt.

Beispiel 3: Bogen: $v_0 = 60m/s$ Pfeilgewicht 300 grain (5 Grain/pound empfohlene Mindestmasse)

1 grain = 0,0647989 Gram Pfeilgewicht = 19,44 Gramm = 0,01944kg $e = 0,01944 \times 60^2 / 2 = 35J$

Die Bewegungen des Bogens

Zeitlupe-Aufnahmen vom Abschuss zeigen die vielen Eigenbewegungen des Bogens, unter anderem auch die Schwingungen und Verwindungen des Materials. Schwingungen fühlen sich für den Schützen unter Umständen schlecht an und können auch zu Entzündungen führen, Schwingungen führen auch zu Materialermüdung bis hin zu Verformung und Bruch!

Besonders unangenehm der sogenannte Handschock, das Zurückschlagen des Bogens in die Bogenhand.

Zusätzlich kann sich der Bogen um seine 3 Raumachsen bewegen. Das hängt vom Druck der Bogenhand, von der Gegenwirkung des Pfeils, vom Lösen der Sehne, der Stabilisierung, der Synchronität der Wurfarme, Verformung beim Aufziehen (z. Bsp. Camlean), Winddruck und Restenergie ab.

Relativ leicht zu testen sind die Zustände im ruhenden Bogen (z. Bsp. statischer Schwerpunkt), schwieriger wird es im Vollauszug (z. Bsp. dynamischer Schwerpunkt), ganz schwierig während des Schusses: Bahn des Schwerpunkts, Drehmomente, Bahn des Nockpunktes, Pfeilbewegung etc. Ab 2000 pps (pics per second) kann man Einsichten gewinnen, die unter anderem auch für das Tuning verwendet werden können.

Jeder Bogen, der ein seitliches Schussfenster hat, hat eine asymmetrische Masse. Dazu kommt noch das seitlich befestigte Visier. Im Falle der Verwendung einer Stabilisierung versucht man diesen Mangel mittels einer asymmetrischen Einstellung auszugleichen (mehr Gewicht oder größerer Winkel am Seitenstabi der Dfefizitseite).

Einige moderne Compoundbögen verwenden ein Durchschuss-Fenster, einige davon auch ein symmetrisches Doppelkabelsystem und sind dann komplett massesymmetrisch in Bezug auf die Vertikalebene - abgesehen vom Visier.

Beim Aufziehen des Bogens wandert der Schwerpunkt Richtung Zughand, idealerweise in Höhe der Pivotzone, damit keine „Salto“ impulse beim Abschuss entstehen.

Bleibt noch die Asymmetrie in Bezug auf die Horizontalebene.

Statische und dynamische Lage des Nockpunkts in Bezug auf die Pfeilauflage (wie kontrolliert man das? Laserstrahl?)

Die statische Lage kann man leicht mit einem Sehnenchecker messen. Für den Endauszug, aber auch für Zwischenstufen kann man den Bracer von Beiter verwenden, und damit eventuell auch den Nock-Travel, die Kurve des Nockpunktes beim Abschuss ermitteln. Nicht vergessen darf man allerdings die Gegenwirkung des Pfeils, die man nur mit Highspeed-Aufnahmen sichtbar machen kann.

Belastung der Sehne – Dehnung. Die Sehne wird beim Aufziehen auch etwas gedehnt. Im Allgemeinen gilt die Regel: Je dehnbarer die Sehne desto geringer die Energieübertragung, also langsamere Pfeile! Besonders dehnbar sind gespleißte Sehnen, die auch noch den Nachteil größerer Masse (und Trägheit) haben, aber sich und das Material schonen.

„Weiche“ Sehnen verringern auch den Bogenschock, den dieser bei Rückkehr der Sehne in die Nullposition bzw. beim Überspringen der Nullposition erfährt.

Sehnenwinkel: Je kürzer der Bogen (bei gleichem Auszug), desto spitzer wird der Sehnenwinkel dort, wo die Zugkraft ansetzt. Damit ergeben sich einige Probleme: Beim Zug mit den Fingern werden diese gegen einander gedrückt, der Pfeil wird möglicherweise zwischen den Nockfixatoren geklemmt, dadurch zu stark auf die Pfeilauflage gedrückt oder beim Abschuss angehoben.

Dabei kommt es zu einer Schiebelastung auf die Fixatoren, die die Sehnenwicklung schädigt.

Auch der gewünschte Kontakt der Sehne mit der Nase wird beeinflusst. Manches Mal erleichtert eine veränderte Bogenlänge den Nasenkontakt bei aufrechter Kopfhaltung. Dies hängt auch vom Gesichtsprofil und der entsprechenden Ankertechnik ab. Will man Sehnen-Nasenkontakt, dann muss man den Anker weiter ins Gesicht verlegen, was eine Änderung der Auszugslänge und unter Umständen unerwünschtes Sehnenstreifen an der Wange nach sich zieht.

Beim Compound bewirkt der kurze Bogen, dass das Peep weiter weg vom Auge zu liegen kommt und man das durch Änderung der Lochgröße berücksichtigen muss. Je weiter das Peep vom Auge entfernt ist umso größer muss das Loch sein, aber je größer das Loch umso unschärfer wird das Visier.

Durch die Verwendung eines D-Loops kann das Stück Sehne, das Kontakt mit dem Pfeil hat, fast vertikal gehalten werden. Aber auch hier muss dafür gesorgt werden, dass im Vollauszug der Pfeil nicht geklemmt wird! Die Größe des D-Loop beeinflusst die Auszugslänge!

Ein zu langes Loop kann sich beim Abschuss um 180° drehen und die Nocke erwischen.

Druck auf den Pfeil -> Biegung. Der Pfeil wird über die Änderung des Sehnenwinkels, aber auch durch die Finger einerseits von oben nach unten gegen die Pfeilauflage, aber auch gegen die Anlage gedrückt und dadurch etwas seitlich abwärts gebogen. Dazu kommt noch die Wirkung der Schwerkraft im Vollauszug.

Unter der Wucht der Abschussbeschleunigung verstärkt sich die Biegung des Pfeils zunächst, indem eine Stoßwelle durch den Pfeil läuft, wobei beim Erreichen der Max-Biegung eine Gegenbewegung beginnt, die den Pfeil um seine Schwingungsknoten schwingen lässt. Dieses Verhalten des Pfeils, das einem Schlingeln ähnelt und als Pfeilparadoxon bezeichnet wird, macht es möglich, dass der Schwerpunkt des Pfeils durch die Längsachse des Bogens geht, ohne dass Teile der Pfeilmasse diese Mitte passieren.

Unmittelbar nach dem Lösen beginnt auch die Rotation des Pfeils, die die Schlingelbewegung überlagert.

Pfeildruck auf die Auflage und die Anlage. Diese Drucke sind sehr vom Spinewert des Pfeils abhängig. Pfeile mit falschem Spine drücken stärker und schädigen Auf- und Anlage merklich.

Wirkung der Finger auf Sehne und Pfeil

Zunächst ist die Position der Finger an der Sehne wichtig. Navajogriff und Untergreifen für das Blankbogenschießen machen eine andere Tillerung und einen anderen Nockpunkt nötig.

Die Dicke der Finger, aber auch die Zugkraftverteilung auf die einzelnen Finger ist für die Abstimmung von Bedeutung. Die Zugkraftverteilung wird durch die Höhe des Zugellenbogens in Relation zur Pfeillinie beeinflusst.

Die Finger können den Pfeil klemmen, ein sich vorzeitig streckender Mittelfinger kann den Pfeil anheben, wodurch hohe Treffer entstehen.

Ist die Befiederung zu nahe an der Nocke, dann streifen die sich öffnenden Finger die Federn.

Der wichtigste Effekt ist aber die seitliche Auslenkung der Sehne, wenn diese die Finger verlässt. Da kommt eine gute Technik zum Tragen. Eine entspannte Zughand, bei der die Grundglieder der Finger vom Pfeil wegzeigen, und das Abschalten der Fingermuskeln anstatt eines bewussten Streckens sind die Elemente zum Erfolg. Zusätzlich muss während des Lösens die Gesamtspannung erhalten werden, sodass die Zughand beim Lösens Richtung Ohr gleitet.

Man sollte allerdings auch den Fingerschutz nicht außer Acht lassen. Biigsam, aber nicht eindrückbar, glatt, richtige Maße. Fingerhandschuhe sind etwas problematisch.

Die Rolle der **Stabilisierung** beim Laden. Änderung des Schwerpunkts

Der Schwerpunkt des Bogensystems wandert Richtung Sehne. Auch das Gewicht des Zugarms spielt für den Systemschwerpunkt eine Rolle.

Eigengewicht des Bogens. Hier ist die Masse des Bogens gemeint. Ein schwerer Bogen widersteht Drehmomenten mehr als ein leichtes Gerät und setzt den vorschnellenden Wurfarmer auch mehr Masse entgegen, was zu einer besseren Energieübertragung und geringerem Handschock führt.

Bei verschiedenen Bogenklassen darf man Zusatzgewichte am Bogen befestigen, bzw. verwendet man besondere schwerer gemachte Mittelstücke.

Das Gewicht des Bogens sollte idealerweise so groß sein, dass im Vollauszug die Vertikalkomponente der Zugkraft der Gewichtskraft des Bogens entspricht.

Bei leichten Bögen (Jagdrecurve, Langbogen, Reiterbogen, etc.) muss der Schütze aktiv gegen die Vertikalkraft der Zugkraft nach unten drücken, damit der Bogen nicht angehoben wird. Dadurch kommt es beim Abschuss zu einem Abwärtsruck der Bogenhand, wenn man die Schulter nicht sehr stabil unter Vorwärtsdruck hält.

Befiederung

Neben der Aufgabe, den Pfeil in Rotation zu versetzen und damit eventuelle Geschoßfehler zu neutralisieren, soll die Befiederung die Ausrichtung des Pfeils beschleunigen. Aber vor allem bei Seitenwind kommt der Befiederung eine entscheidende Bedeutung zu. Die Zahl der Federn ist standardmäßig 3, die Schrägstellung $1,5^\circ$. Das entspricht etwa einer Umdrehung auf 1,5m.

Seitliche Strömungskräfte kann man sich in einem Punkt ansetzend vorstellen. Dieser Punkt = Lateralschwerpunkt liegt beim Pfeil hinter dem Schwerpunkt, weil der Pfeil wegen der Befiederung hinten mehr Querschnittsfläche hat. Bei Seitenwind führt das dazu, dass der Pfeil seine Spitze gegen

den Wind dreht (wie ein aufkreuzendes Schiff) und etwas seitlich fliegt (er driftet). Dadurch können Pfeile relativ gut ihre Flugbahn auch bei deutlichem Seitenwind einhalten.

Durch die Rotation ändert sich der Lateralquerschnitt ständig. Bei nur zwei Federn merkt man ein dadurch bedingtes Schwänzeln deutlich, bei 3 Federn kaum noch. 4 oder 6 Federn wären da natürlich noch besser, aber mit mehr Federn kommen andere Probleme ins Spiel!

Im Gegensatz zu Projektilen aus dem Feuerschießen, die eine größere Masse und deutlich schnellere Rotation haben, spielt die Pfeilrotation für die Flugstabilität wenig Rolle.

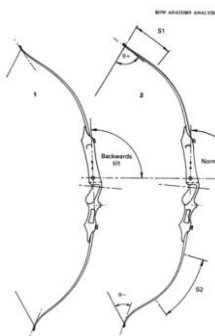
Zusätzliche Aufgaben der Befiederung

- Ästhetik durch Form und Farbe
- Individualisierung
- Leit- und Beifedern erkennbar
- Sichtbarkeit
- Extra Bremswirkung (Flu-Flu)



Effizienz: Gemessen in % der abgegebenen Energie in Bezug auf die gespeicherte Energie. Schwere Pfeile nehmen mehr Energie aus den Bogen, das Schießen mit schweren Pfeilen fühlt sich ruhiger und angenehmer an. Die theoretische Maximalgeschwindigkeit eines Pfeils ist die Nullgeschwindigkeit der Sehne. Allerdings raten alle Hersteller, dass Pfeile ein Mindestgewicht pro Pfund Zuggewicht haben sollten. Von 5 Grains per pound bei Compounds bis 12 Grains per Pound bei Selbstbögen.

Eine Folge der oben erwähnten Materialermüdung ist auch das Ungleichwerden der Recurves.



Im rechten Bild ist der obere Recurve vollständig gestreckt, während der untere noch deutlich gekrümmt ist. Dies bedeutet, dass die Wurfarme ihre Tätigkeit nicht synchron beenden. Dies der Nockpunkt bekommt zur horizontalen auch noch eine vertikale Beschleunigung. Diesen – unerwünschten – Zustand kann herausfinden, wenn man den Bogen auf einer Platte liegend in Zollschritten aufzieht und jeweils die Position der Wurfarme nachzeichnet. Im Normalfall ist ein neues Paar Wurfarme nötig!

Abschuss-Ballistik

Was geschieht beim Abschuss? Der mechanische Ablauf

Ein sehr kurzer, aber sehr komplexer Vorgang (ca 1/80- 1/1000 Sekunde), bei der beachtliche Beschleunigungen auf einer sehr kurzen Beschleunigungsstrecke auftreten.

Siehe weiter unten

Die Wurfarme gehen in ihre Nullstellung zurück und ziehen dabei die Sehne in ihre Nullstellung. Dabei muss natürlich auch die Masse der Wurfarme beschleunigt werden! Schwere Wurfarme -> weniger Beschleunigung -> langsamerer Pfeil.

Bewegt sich ein Teil eines Systems, dann ergibt sich eine Gegenwirkung auf den Rest der Masse.

Schwingen die Wurfarme vorwärts, dann wird das Mittelstück rückwärts geschoben! Aber: Wird das Mittelstück nicht an der Rückbewegung durch soliden Stütz gehindert, dann verpufft Energie für den Schuss! Bei vielen Bögen meldet sich diese Rückbewegung als Handschock, vor allem wenn die Masse des Mittelteils gering ist (Langbogen, keine Stabilisierung). Vergleichbar ist die Situation mit einem Hochsprung vom harten Boden bzw. aus dem Sand.

Wurfarme, die eher parallel zueinander stehen, also eher nach oben und unten schlagen, arbeiten mit der Rückstoßwirkung gegeneinander, der Schütze spürt kaum den Beschleunigungs-Schock. Allerdings bewirkt auch das Vorwärtsschieben des Pfeils eine Rückbewegung der Mitte. Es handelt sich dabei aber um eine geringe Masse.

Die Wurfarme und die Sehne stoppen aber nicht genau in der Startposition, sondern schwingen etwas darüber und dann wieder zurück und wieder nach vorne....

Je besser der Bogen eingestellt ist, je besser die Wurfarme und je höher das Zuggewicht, umso schneller enden diese Schwingungen. Auch die Stabilisierung und verschiedene Einbauten verbessern die Dämpfung.

Welche Energie wird freigesetzt von dem gespeicherten Vorrat?

Die Energie wird in Joule gemessen. Der Gesetzgeber schreibt beispielsweise vor, wieviel Joule Luftdruckpistolen leisten dürfen, um noch an Jugendliche verkauft werden zu dürfen.

Welche Beschleunigungen treten auf?

Es erfolgt eine Beschleunigung eines Pfeils auf 200-300km/h auf der Strecke des Powerstroke, 50-55cm. $a = v^2/2h$ $a = 60^2/(2 \times 0.5) = 3600 \text{m/s}^2$ $G \sim 10 \text{m/s}^2$ -> $a \sim 360 G$!!

Eine Beschleunigung mit 360-facher Erdbeschleunigung!

In welcher Zeit? $t = v/a$ $60/3600 = 1/60 \text{s}$ oder $0,016 \text{s}$ $16/100 \text{ s}!!$ Pretty fast!

Bis der Pfeil ganz am Bogen vorbei ist dauert um so viel länger wie der Pfeil für die Strecke Aufspannhöhe + Mittelstück benötigt. Ca 25cm. $t = s/v$ $0.25/60 = 1/240$ ca. $4/1000 \text{ s}$

Synchronität der Wurfarme

Bei allen Bögen ist es wichtig, dass die Wurfarme synchron arbeiten. Sie müssen dazu im richtigen Kräfteverhältnis zueinander stehen, damit ihre Arbeit gleichzeitig beendet wird.

Bei einfachen Bögen (geschnitzt = Primbow) wird das mithilfe eines Tillerbretts und durch Materialverminderung am stärkeren Wurfarm erreicht. Bei modernen Bögen kann durch Verstellen der Wurfarmwinkel, bzw. bei Compoundbögen auch durch Änderung der Kabel-Längen, bei beiden Bogentypen durch richtiges Setzen der Nockfixatoren der synchrone Zustand eingestellt werden.

Asynchrone Wurfarme bewirken zum einen, dass der Bogen ein Drehmoment entgegen dem stärkeren Wurfarm erfährt, zum anderen wird die Sehne vom langsameren Wurfarm in Richtung Tip gezogen. Man merkt das beim Papier-Test, weil dann – egal wie man die Nockfixatoren setzt – immer ein vertikaler Riss entsteht.

Welche v_0 wird erreicht?

Ein olympischer Bogen erreicht etwa 230km/h, ein 60-Pfund Compound über 300 km/h.

In der Physik und beim Feuerschießen redet man aber von m/s. Ein 100m-Sprinter, der die Strecke in 10 Sekunden schafft, erreicht 10m/s. In 3600s würde er bei gleichbleibendem Tempo 10m x 3600 = 36km erreichen, also mit einer Geschwindigkeit von 36km/h laufen.

Dividiert man 216 durch 36 erhält man 6. D.h. 216 km/h entspricht 60m/s. Dies, damit man sich ein wenig eine Vorstellung von den Verhältnissen machen kann.

Wie bewegt sich die Sehne?

Die Sehne muss aus den Fingern freikommen. Je entspannter die Finger beim Lösen sind, desto geradliniger verlässt die Sehne die Hand. Es kommt aber auch auf die Form der Hand beim Ziehen an. Ein wenig wird die Sehne immer von den Fingerspitzen ausgelenkt. Dazu kommt, dass durch den Pfeilreflex die Sehne ebenfalls in dieselbe Richtung bewegt wird.

Beim Abschuss mit einem Release Aid hängt die Sehnenbewegung von der Art der Maschine ab (siehe Release Aids).

Wann und wie verlässt der Pfeil die Sehne?

Das hängt sehr davon ab, wie gut der Bogen getunt ist. Tunen bezieht sich auf Nockpunkt, Mittelschüssigkeit, Aufspannhöhe und Sitz der Nocken, den Spine des Pfeils. Dies soll aber bei der Geschossballistik besprochen werden.

Der Pfeil kommt von der Sehne erst etwas nach der Nullstellung der Sehne frei. Der Zeitpunkt hängt auch davon ab, ob Sehnenstopper zur Anwendung kommen. Zu geringe Aufspannhöhe des Bogens und zu fest klemmende Nocken führen zu spätem Lösen, unruhigem Pfeilflug und schlechteren Gruppierungen.

Es ist aber auch wichtig, was der Bogen und die Sehne während des Abschusses machen.

Sehnenbewegung beim Verlassen der Finger (es ist wichtig, dass die Finger alle gleichzeitig aufgehen), Releasemaschinen machen da kaum Probleme.

Es ist wichtig, dass der Pfeil immer gleichartig die Sehne verlässt. Dazu ist es nötig, dass alle Nocken gleich stark klemmen, aber nur so fest, dass man den an der Sehne hängenden Pfeil mit einem Schnippen des Zeigefingers losschlagen kann. Es gibt sehr kleine Federwaagen, mit denen man den Klemmwiderrstand messen kann.

Wie bewegt sich der Bogen? Drehmomente?

Die Bewegungen des Bogens hängen von mehreren Mechanismen ab. Die Lage des Schwerpunkts ist entscheidend, ob der Bogen vorwärts oder rückwärts dreht.

Die Massenasymmetrie entlang der Längsachse (vertikal), aber auch seitliches Stützen der Bogenhand kann zu einer Querrotation führen.

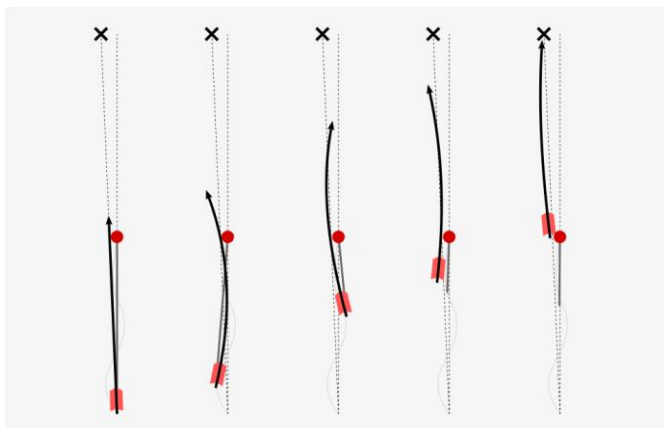
Der sich beim Abflug krümmende Pfeil dreht den Bogen beim Abschuss zunächst nach rechts (Rechtshandbogen), bei der Gegenbewegung des Pfeils dann wieder nach links. Um diese Bewegung nicht zu stören und dem System zu erlauben, sich selbständig wieder zu zentrieren, sollte man dem Bogen durch lockeren Griff diese Bewegung erlauben.

Da ein lockerer Griff aber dazu führen kann, dass der Bogen aus der Hand springt, sichert man ihn mit einer Finger- oder Handschlinge.

Mit Hilfe einer Stabilisierung kann man einerseits den Schwerpunkt des Bogens tiefer und weiter nach vorne setzen, andererseits die Trägheit in allen Achsen so erhöhen, dass der Bogen den Drehmomenten verzögert folgt und erst nach Freigabe des Pfeils merklich reagiert.

Wie bewegt sich der Pfeil? Archers Paradoxon

Sehr häufig sprechen Schützen vom Pfeilparadoxon, dieses stammt aber von griechischen Philosophen Zenon. Der Pfeil verhält sich nicht paradox, sondern streng nach physikalischen Regeln. Für den Schützen allerdings (vor allem bei Langbögen) ist es paradox, dass sich der Pfeil im Abschuss zunächst seitlich weg biegt, aber dennoch das Ziel erreicht.



Durch den Pfeil läuft die Stoßwelle des Abschuss-Impulses. In der Zeitlupe sieht dies wie ein Schlängeln aus, das zwischendurch zu gleichmäßigen Krümmungen führt. Dieses Schlängeln führt dazu, dass der Schwerpunkt des Pfeils

durch den Bogen „fliegt“ und somit auf einer geraden Bahn bleibt.

Diese Stoßwelle führt auch dazu, dass der Pfeil gegen den Bogen gedrückt wird. Ein Button kann einen Teil dieses Drucks aufnehmen. Stößt sich der Pfeil im Bereich eines Schwingungsknotens vom Bogen ab, dann wird der Pfeil nicht weggeprellt. Der Pfeil muss mit seinem Schwingungsverhalten zum Abschussimpuls des Bogens passen! Siehe Schwingungsknoten-Experiment

Spine, Spline, Masse und Art der Befiederung sind wesentlich für die Pfeilbewegung beim Start!

Siehe Geschossballistik weiter unten!

Wie und wo berührt der Pfeil den Bogen?

Der Pfeil liegt bei fingergezogenen Bögen auf und an. Beim Abschuss hebt sich bei diesen Bögen der Pfeil sehr bald vom Bogen ab. Weitere Berührungen (Schaft, Federn) sollten durch gutes Tuning und gute Releasetechnik vermieden werden.

Beim Release-Schuss drückt der Pfeil nur nach unten und streift etwas länger an der Auflage. Um Streifen der Federn zu unterbinden, verwendet man häufig Fallaway-Auflagen, die aber weitere Probleme ins Spiel bringen können.

Nockpunkt-Kurve

Idealerweise bewegt sich der Nockpunkt auf der Verlängerung der Flugbahn, aber: Verschiedene Camsysteme führen zu einer abweichenden Nockpunktkurve (ev. mit verstärktem Druck auf die Auflage), die Tuning – Probleme bedingt.

Wirkung des Pfeils auf den Bogen

Da beim Fingerabschuss der Pfeil die Sehne zur Seite drückt, wird auf das Griffstück ein leichtes Drehmoment ausgeübt. Lockerer, zentraler Griff heißt die entsprechende Maßnahme.

Klang

Ein guter Schütze merkt sofort am Klang (auch anderer Bögen), ob etwas nicht in Ordnung ist.

Der Klang zeigt an, wie viel Energie im Bogen verbleibt

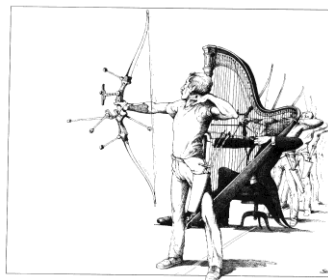
Er zeigt an, dass Dinge locker sind

Er zeigt an, ob die Aufspannhöhe stimmt (oder nicht stimmt)

Er zeigt an, ob die Sehne anschlägt

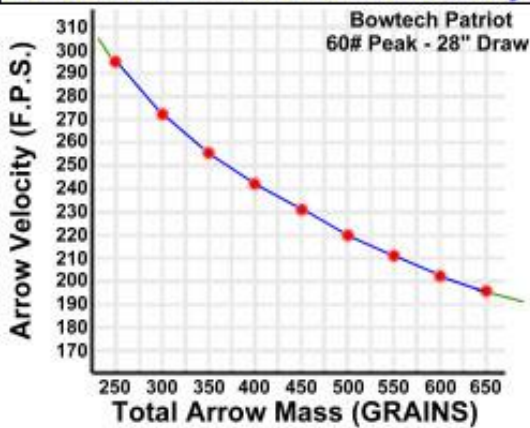
Er lässt auch die Qualität des Lösens erkennen, wenn man den Schützen länger beobachtet.

Auch lose Befiederung oder Spitzen kann man hören.



Pfeilmasse und Geschwindigkeit

Arrow Mass: Effects on Arrow Velocity



Das Diagramm zeigt die Abnahme der Geschwindigkeit des Pfeils bei steigendem Pfeilgewicht.

Wie zu erwarten: Je schwerer das Geschoss, desto langsamer.

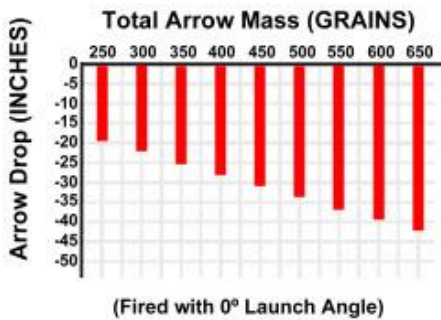
Aber: Ein schweres Geschoss nimmt mehr Energie auf, und wird durch den Luftwiderstand etwas weniger gebremst.

Mit einem schweren Pfeil schießt der Bogen ruhiger!

Höhenverlust beim waagrechten Schuss auf eine 30 Yards entfernte Scheibe

Man kann die Abnahme der Abschussgeschwindigkeit bei steigendem Pfeilgewicht auch durch den Höhe-Verlust illustrieren!!

Loss of Shot Trajectory at 30 Yards



Ein Pfeil wird waagrecht abgeschossen und beginnt sofort zu fallen. Leider ist hier keine Startgeschwindigkeit angegeben.

Der Höhenverlust verhält sich ziemlich linear.

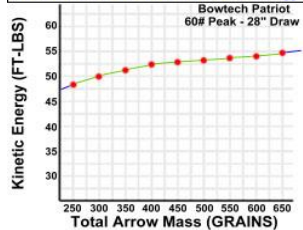
Einerseits kann man schwerere Pfeile verwenden, um den Bogen durch größere Energie-Ableitung zu schonen.

Andererseits ist durch einen schwereren Pfeil auch die Wirkung auf das Ziel (Jagd, Wild) höher. Und eventuell kann man auch das Speedlimit einhalten.

Der Einfluss des Pfeilgewichts auf die auf den Pfeil übertragene kinetische Energie

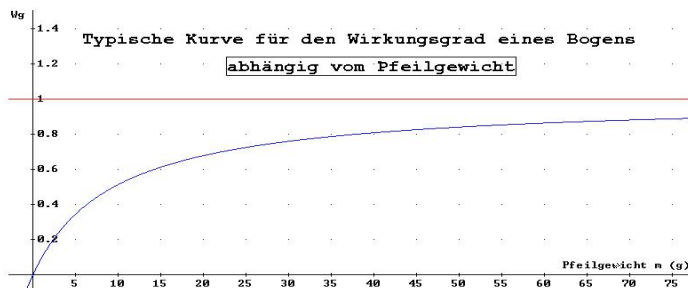
Wie man aus dem Diagramm ablesen kann: Ein 250gr-Pfeil entnimmt dem Bogen 47,5 Joule, ein 650gr-Pfeil schafft Joule. Man hat das Gefühl, dass der Bogen mit einem schweren Pfeil viel ruhiger schießt.

Arrow Mass: Effect on Kinetic Energy



55

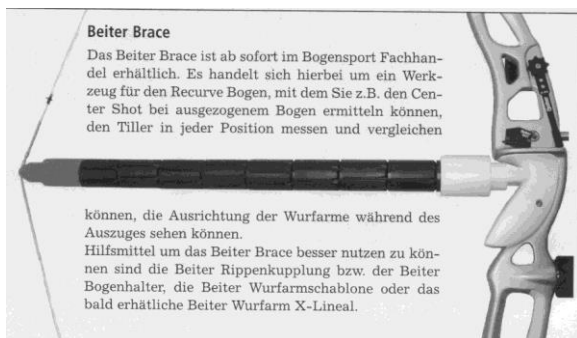
Ist die maximal mögliche Energieabgabe 1, dann kann man mit einem sehr schweren Pfeil 0,8 erreichen.



Werkzeuge

Zum Einstellen und Warten eines Bogens gibt es eine Vielzahl von Werkzeugen und Geräten.

Tillerbrett und Bowbracer (die beiden Abbildungen unterhalb) halten den Bogen in verschiedenen Aufspannhöhen offen. Man kann so die Krümmung der Wurfarme Inch für Inch untersuchen.



Die Stange besteht aus 10 Teilstücken, sodass man verschiedene Aufspannhöhen erreichen kann, um die dynamischen Veränderungen des Bogens zu überprüfen.

Zugwaagen, elektronisch oder Federwaagen, messen das Endgewicht und beim Compound auch das Maximalgewicht. **Chronographen** (Geschwindigkeitsmessgeräte) ermitteln die v_0 , aber auch die

Endgeschwindigkeit des Geschosses. V_0 sagt uns, wie gut der Bogen die gespeicherte Energie freigibt.



Das einfachste Mittel, um zu überprüfen, ob ein Bogen noch seine Effizienz hat, besteht in einem Geschwindigkeitstest. Ein Schuss über zwei Lichtschranken oder Radarmessung geben Auskunft. Außerdem kann so ein Test zeigen, ob man gleichmäßig schießt.

Es kann auch als Wettkampffregel eine Höchstgeschwindigkeit festgelegt werden. Die Geschwindigkeit kann durch Verstellen der Wurfarme oder Ändern des Pfeilgewichts beeinflusst werden.

Imbus-Schlüssel

Bei technischen Bögen sind (Innensechskant-Hersteller verwendet dabei welchem Maßsystem natürlich auch für jegliches Imbusschrauben finden sich Pfeilauflagen, etc.



die meisten Schrauben Imbus)schrauben. Der größere Teil der das Zoll-Maß. Also überprüfen, nach vorgegangen wurde. Diese Überlegung gilt Zubehör. in Visieren, Button, Wurfarmtaschen,

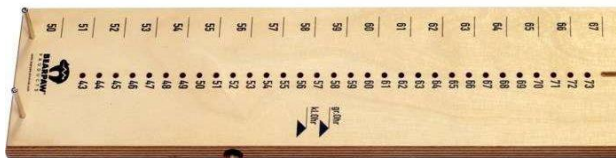
Sehnenbau und -wartung

Nicht jeder wird sich seine Sehne oder Kabel selber bauen, aber zumindest die Wicklungen sollte man selber machen können.

Für den Bau von Sehnen wird entweder ein Sehnengalgen

(für Endlos-Sehnen)

oder ein Sehnenbrett (z. Bsp. Bearpaw) für gespleißte Sehnen verwendet.

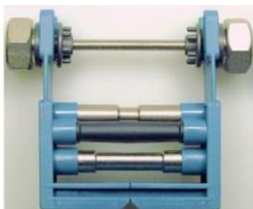


Außerdem braucht man natürlich das richtige Garn (Dacron für empfindliche Bögen, Dynema oder ähnliches für alle anderen.

Es gilt auch, die Zahl der Stränge festzulegen. Eine dünne Sehne ist schneller, aber man muss zusammen mit der Mittenwicklung auf einen Durchmesser kommen, der zu den Nocken passt.

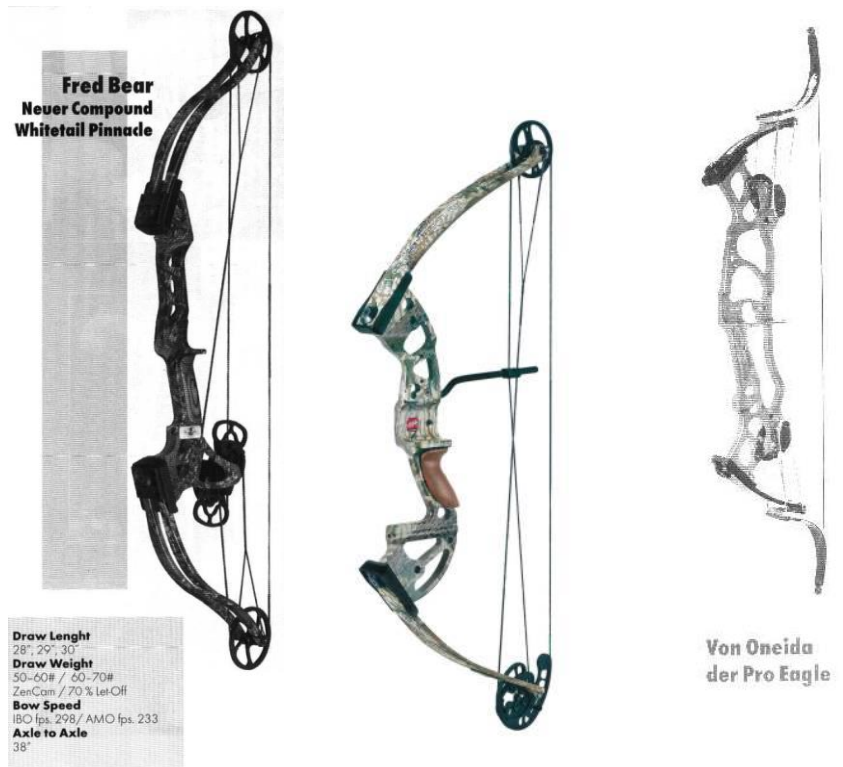
Und man muss die Bauart der Sehne festlegen: Endlossehne oder gespleißt!

Zum Anbringen der Wicklungen empfiehlt sich die Verwendung eines Wickelgeräts. Auf der obersten Achse wird die Garnspule aufgezogen. Natürlich gilt es wieder Überlegungen in Bezug auf Garnstärke und Qualität anzustellen.

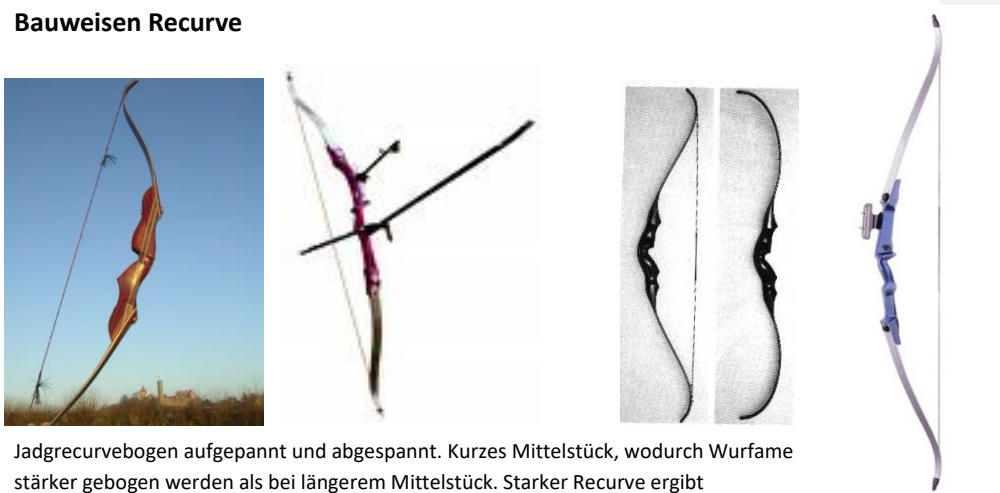


Gutes Wickelgarn ist wesentlich teurer als Sehnengarn, weil es wie ein Kletterseil aus Kern und Ummantelung besteht.

Bauweisen Compound

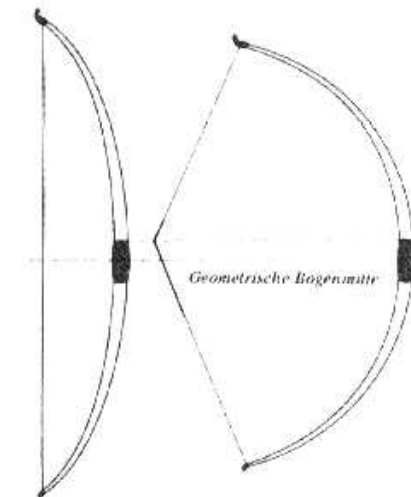
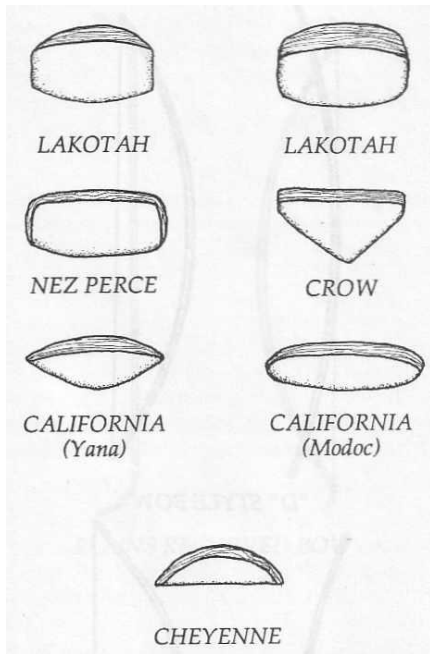


Bauweisen Recurve

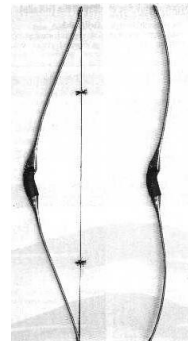
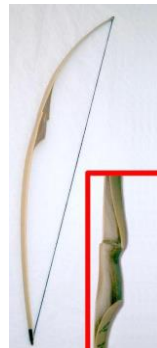
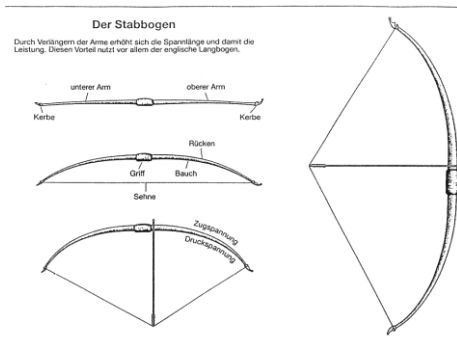


Jadgerecurvebogen aufgepannt und abgespannt. Kurzes Mittelstück, wodurch Wurfarme stärker gebogen werden als bei längerem Mittelstück. Starker Recurve ergibt angenehmes Zugverhalten. One piece Bow. Nicht zerlegbar, d.h. sperriger beim Transport, und wenn ein Teil kaputt geht, ist der gesamte Bogen zu entsorgen.

Bauweisen von Langbögen



Langbogen, der im Griff arbeitet und im Auszug kreisförmig wird



Langbögen kommen in vielen Kulturen vor. Sie unterscheiden sich durch die verwendeten Holzarten, aber auch durch die Profile des Querschnitts. Außerdem gibt es den Unterschied starres Mittelstück oder durchgehende Biegung.

In der Klasse der Primitiv-Bögen – kurz Primbögen – sind Bögen, die aus einem Stück herausgearbeitet wurden. Holzart und Trocknungszustand, aber auch Länge und Querschnitt sind für die Effizienz maßgeblich.

Moderne Langbögen sind aus mehreren Schichten gefertigt und können auch Kunststoffe enthalten.

Diese Bögen haben auch eine kleine Einkerbung, die den Pfeil aufnimmt (Shelf). Primitivbögen

Wie weit ist ein Wurfarm eine technische Feder nach dem Hooke'schen Gesetz?

Der Bogen ist im Gegensatz zu einer klassischen Blattfeder nicht im gesamten federnden Bereich gleichmäßig dick und breit. Der Querschnitt eines Wurfarms ändert sich kontinuierlich, sodass sich der Bogen nicht in einen Kreisbogen biegt, sondern sich gegen die Enden zu mehr biegt.

Was biegt sich wo und wann?

Gegen das Mittelstück hin wird der Wurfarm immer steifer. Den Punkt, an dem inneres und äußeres Laminat zum schmalen Wurfarm zusammenlaufen, nennt man Fade out-Punkt. In Zeitlupenaufnahmen sieht man, dass auch die „dicken“ Teile des Bogens nach dem Abschuss eines Pfeils schwingen, also auch ein wenig federn, aber diese Federwirkung liefert nur einen verschwindend kleinen Betrag zur Beschleunigung.

Wann startet der Rollout des Recurve?

Ein Wurfarm mit Recurve ist eigentlich ein System aus zwei Federn. Der deutlich steifere Recurve dient für den inneren Wurfarmteil zunächst als „Spannhebel“ ehe er auszurollen beginnt. Dieses Ausrollen sollte zur Auszugslänge des Schützen passen. Daher muss man ein Bogenmodell in der passenden Länge verwenden oder man besorgt sich einen Custom made Bogen, was natürlich teurer als Massenfertigung ist.

Bei vielen Recurvebögen der Reitervölker ist der Recurve teil starr (ein festes Stück Holz), und dient nur als Hebel. Zugleich erlaubt aber diese Wurfarmverlängerung den Einsatz einer längeren Sehne und damit auch einen längeren Auszug ohne den federnden Teil des Bogens zu überlasten.

Manche einfache Langbögen sind durchgehend biegsam, man spricht dann von einer aktiven“ Mitte.

Bezeichnung der verschiedenen Bogenteile: Es ist günstig zu wissen, wie die verschiedenen Bogen- und Pfeilteile heißen. Einerseits versteht man dann, was in der Literatur gemeint ist, andererseits kann man sich beim Händler besser verständlich machen und auch mit Kollegen besser kommunizieren.

Abnützung durch Gebrauch, durch Lagerung, durch Transport: Sorgsamer Umgang verlängert die Lebensdauer eines Bogens wesentlich, und auch die Ästhetik. Verwenden von ausreichend schweren Pfeilen, Vermeiden von Überhitzung, Vermeiden von „Pfeilstichen“ beim Pfeileinlegen hinter der Sehne vorbei ins Mittelstück, Abstellen in einem Bogenständern, Verwahren ohne Belastung und ohne Kontakt zu harten Gegenständen.

Viele Verleiher spannen die Bögen nicht mehr ab (diese Bögen werden meist nach der Saison ausgetauscht), aber von meinen Compoundbögen weiß ich, dass die Wurfarme der Dauerspannung nicht standhalten!

Überprüfung eines Bogens beim Ankauf oder vor dem Tuning für andere:

Seitigkeit (manche Bögen kann man auf beiden Seiten schießen!)

Zugkraft bestimmen beim Normauszugslänge, um zu sehen, ob der Bogen hält, was er verspricht. Tillermaße ermitteln, um zu wissen, ob die Balance der Wurfarme stimmt.

Tiller: Verhältnis der Wurfkraft des oberen Wurfarms zum unteren. Man misst mit dem Sehnenchecker jeweils den Abstand der inneren Wurfarmenden (außerhalb des Griffstücks) von der Sehne.

Der Tiller ist gleich oberer Tiller minus unterer Tiller. Der Tiller in Kombination mit dem Griff (individuell) bestimmt die Lage des Nockpunkts.

Messen am Tillerbrett ergibt mehr Erkenntnisse über das Biegeverhalten!

Geradheit: Man stellt den Bogen aufrecht ab, und überprüft einäugig, ob die Sehne von oben bis unten mittig durch den Bogen läuft. Es gibt dafür spezielle Teile, die man auf die Wurfarme stecken kann und die eine markierte Mitte aufweisen.

Bei Compoundbögen der alten Art (auswärts strebende Wurfarm) muss man auf den Wurfarmen Markierungen anbringen, die den seitlichen Versatz der Sehne berücksichtigen. Man kann auch die Laufrillen der Sehne an den Cams ins Auge fassen, wenn kein Cam-Lean vorhanden ist. Bei modernen Compoundbögen (waagrechte oder nach innen zeigende Wurfarme) kann mit etwas schrägen Hinschauen überprüfen, ob die Sehne zu einer Kante des Griffstücks parallel läuft. Das funktioniert allerdings nicht mit Monocambögen, weil da die Sehne leicht schräg zur Vertikalebene verläuft. Mittigkeit der Pfeilaufgabe (Center shot): Einen zum Bogen gehörigen Pfeil einlegen, und einäugig (hier ist der Einäugige König!) kontrollieren, wie weit bei zentriert gesehener Sehne die Pfeilspitze von der Sehne abweicht. In der Praxis sollte die Spitze gegen den Bogen hin ein wenig von der Sehne abgedeckt werden. Diese doch recht anfällige Methode kann man mit einem Lasergerät objektivieren. Dieses Gerät wird anstelle des Visiers an den Bogen geschraubt. Der drehbare Laserpointer wird zuerst so eingestellt, dass er auf die Sehne zeigt, anschließend gegen den Pfeil gedreht. Jetzt gilt es die Pfeilanlage (Button) so zu justieren, dass die gewünschte Pfeilposition erreicht wird.

Nockpunkthöhe: Es gibt Erfahrungswerte, die aber auch vom Tiller und der Pfeilstärke abhängen. Grobe Fehler kann man mit dem Sehnenchecker erkennen, die genaue Einstellung muss der Schütze mit Testschüssen ermitteln.

Steifigkeit der Auflage in zwei Dimensionen: Nach unten und nach innen! Bei Buttons kann man die Spannung verändern, bei Compoundbögen die nach oben gerichtete Federkraft. Allerdings kann man unter Umständen von nicht verstellbaren Auflagen von Beginn an sagen, dass sie wegen des Gewichts, der Geschwindigkeit der Pfeile oder der Art des Bewerbs nicht geeignet sind.

Längenverhältnisse (Wurfarme, Mittelstück, Länge des Bogenfensters): Die Länge der Wurfarme, aber auch die Länge des Gesamtsystems sind für die Auszugslänge, aber auch für die Effizienz bei der Energieübertragung von Bedeutung. Die Länge des Schussfensters ist ebenfalls wichtig, weil man bei kurzem Schussfenster ein Visier nicht mit Unterkinnanker verwenden kann.

Sehne: Zustand bei Gebrauchtbögen, Sehnenmaterial, Wickelmaterial, Art der Nockfixatoren, Art der Wicklung (endlos oder flämischer Spleiß), Anzahl der Stränge, Art der Sehnenaugen

Visiereinstellung: Ein einäugiger Blick mit Sehnenzentrieren auf das Korn des Visiers zeigt zumindest grobe Fehleinstellung auf. Das Korn muss nahe der Sehne sein, meist auf der vom Bogen abgewandten Seite. Mit einer am Visierbalken angelegten Scheckkarte kann man bei zentrierter

Sehne überprüfen, ob dieser (ansonst so nicht sichtbare Balken) parallel zur Sehne verläuft. Tut der Balken das nicht, dann hat das Visier bei jeder Höhe eine andere Seiteneinstellung! Ist man genau, dann kann man das auch mit kleinen Wasserwaagen checken.

Abschussgeschwindigkeit: Dieser Test hat erst Sinn, wenn der Schütze seine Pfeile ausgewählt hat. Dieser Test soll auch zeigen, ob der Bogen für die gewünschte Maximaldistanz stark genug ist.

Auswirkung von Materialfehlern: Materialfehler wirken sich natürlich auf das Trefferbild aus. Man kann diese Fehler bei obigen Inspektionen entdecken, aber auch durch die Art des Pfeilflugs oder das Trefferbild darauf aufmerksam werden und sich dann auf die Suche machen.

Für jedes biomechanische System Schütze – Bogen gibt es optimale Einstellungen, diese werden durch das Tuning gefunden. Näheres dazu in einem späteren Kapitel (Seite 58).

Über Flugbahnen allgemein

Viele Anfänger wollen wissen, wie weit oder wie hoch sie schießen können. Das führt dazu, dass sie es einfach ausprobieren. Aber Achtung!

Auch Anfängerbögen schaffen Weiten von 200m!

Gefahr von Steilschüssen:

Man sieht den herunterkommenden Pfeil nicht!

Ein Schuss von 83 Grad geht so weit wie ein Schuss von 7 Grad. Sieben Grad bedeuten aber die Überhöhung bei 90m. Das heißt, dass man auch bei einem solchen Steilschuss mit +90m Flugweite rechnen muss.

Damit man sich möglicherweise gefährliche Experimente erspart, sollen hier recht einfache Formeln für den reibungslosen (kein Luftwiderstand) Schuss oder Wurf gegeben werden.

Zunächst aber einige Geschwindigkeiten in Meter pro Sekunde:

Geworfener Stein: 10 – 20 Pistolen- Revolverschuss: 250 – 400 Gewehr: 600 – 1000

Schallgeschwindigkeit: In der Luft (15⁰) 340 Im Wasser (20⁰) 1483 In Stahl 5180

Bogen 40 – 90

Die mathematische Funktion der Flugbahn (ohne den Luftwiderstand zu berücksichtigen)

Zunächst betrachten wir für den Wurf ohne *Schwerkraft* die Geradengleichung in Abhängigkeit von der Zeit (α = Abschusswinkel)

$$x_t = t \cdot v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$y_t = t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha \quad \text{Diese Flugbahn ist eine Gerade!}$$

Der y-Teil des Gleichungspaares (die vertikale Komponente) wird von der Schwerkraft beeinflusst, d.h. es muss die Formel für den freien Fall hinzugefügt werden.

Diese lautet: $h = \frac{1}{2} \cdot G \cdot t^2$ Dabei ist $G = 9,81 \text{ m/s}^2$

Damit geht die sogenannte Parameterdarstellung der Flugbahn über in

$x_t = t \cdot v_0 \cdot \cos \alpha$ Als wesentliche Schlussfolgerung ergibt sich, dass die Steig- und Fallzeit eines Körpers unabhängig von der horizontalen Geschwindigkeit bzw. horizontalen Reichweite ist.

$y_t = t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot G \cdot t^2$

Die Flugzeit hängt nur von Steig- und Fallhöhe ab und kann mit der einfachen Formel für den freien Fall leicht bestimmt werden, wobei der steigende Teil und der fallende Teil der Flugbahn getrennt berechnet und anschließend die Zeiten addiert werden müssen.

$$t = \sqrt{\frac{2H}{G}}$$

Wenn der Pfeil in Abschusshöhe landet, dann kann etwas ungenau, aber vereinfachend die aus der Höhe berechnete Zeit $\times 2$ genommen werden.

Weiß man umgekehrt die Flugzeit des Pfeils (leichter als die Höhe zu bestimmen), dann kann man durch Einsetzen der halben Zeit in diese Formel die Flughöhe ermitteln.

Beispiel: Schuss auf 90m, Flugzeit 1,4 s.

Umkehrung der Formel $t^2 = \frac{2H}{G}$ $H = \frac{t^2}{2 \cdot G}$ oder

$t/2 = 0.7$ $0.7^2 = 2H/10 = H/5 \rightarrow H = 0.49 \cdot 5 = 2,5\text{m}$ (ein wenig gerundet)

Dazu kommt die Starthöhe des Pfeils vom Kinn weg, z. Bsp. 1,6m.

Dies ergibt eine Gesamthöhe von 4,1 m.

Eliminiert man t aus dem obigen Gleichungspaar (Seite 35 unten), so erhält man die geschlossene Formel

$$y = x \cdot \tan \alpha - \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot v^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

Oder nur in Tangens:

$$y = x \cdot \tan \alpha - (1 + \tan^2 \alpha) \cdot \frac{G \cdot x^2}{2 \cdot v^2}$$

Im Anschluss gebe ich einige Formeln an (alle unter Vernachlässigung der Luftreibung), die mit Hilfe eines Taschenrechners leicht angewandt werden können.

I Normierte horizontale Weite

Formel dafür, wie weit der Pfeil fliegt, bis er wieder die Abschusshöhe erreicht. Vorgegeben wird der Abschusswinkel und v_0 .

$$\text{Normweite} = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{G} \quad \text{Beispiel: } v_0=55\text{m/s} \quad \alpha=10^\circ \quad \text{Normweiteweite}= 105\text{m}$$

Da in dieser Formel Winkel, die einander auf 90° ergänzen, den gleichen Sinus ergeben, erhält man dieselbe Weite auch mit einem 80° -Schuß.

II Die maximale Höhe (über Nockpunkt), die der Pfeil bei seinem Flug erreicht.

$$\text{Maxhöhe} = \frac{v^2 \times \sin^2(2\alpha)}{2G} \quad \text{Konkret für unseren 105m-Schuß } 4,65\text{m über Nockpunkt.}$$

Diese Höhe kann auch über die Flugzeit ermittelt werden. Zuerst muss die Flugzeit für die Normweite errechnet werden: $t = \frac{\text{Normweite}}{v \cdot \cos \alpha}$. Die halbe Zeit wird dann in die Formel für den lotrechten Wurf oder freien Fall eingesetzt.

Die Flugzeit für eine Strecke x kann auch geschätzt werden, wenn v_0 und die Geschwindigkeit am

$$\text{Ende der Strecke bekannt ist.} \quad t_x = \frac{2x}{v_0 + v_x}$$

Die Maximale Höhe wird genau in der Mitte des Fluges erreicht:

$$\text{Maxhöhe} = \frac{G \cdot t^2}{8} \quad (\text{Hauptsche Formel}), \text{ wobei } t \text{ die Zeit für den genormten Flug ist}$$

III Der senkrechte Schuss

Dazu eine einfache Faustregel:

Die Höhe bei senkrechtem Schuss entspricht der halben Weite bei einem 45 Grad -Schuss

Die überhaupt erreichbare Maximalweite bzw. Maximalhöhe lassen sich wie folgt berechnen:

$$W = \frac{v^2}{G} \quad H = \frac{v^2}{2G} \quad \text{d.h., man kann halb so hoch wie weit schießen. Konkret:}$$

$v=70\text{m/s}$ (entspricht 252km/h): $W = 500\text{m}$ $H = 250\text{m}$

IV Aus der Weite (horizontal) und v_0 soll der **Abschusswinkel** ermittelt werden:

$$\text{a) } \alpha = \frac{1}{2} \cdot \arcsin\left(\frac{G \cdot \text{Entfernung}}{v^2}\right) \quad \text{oder} \quad \text{b) } \alpha = \arctan\left(\frac{G \cdot t^2}{2 \cdot \text{Entfernung}}\right)$$

V Aus dem Abschusswinkel und der gewünschten (horizontalen) Entfernung soll die nötige **Abschussgeschwindigkeit** ermittelt werden.

$$v = \sqrt{\frac{\text{Entfernung} \cdot G}{\sin(2\alpha)}}$$

Ausschlaggebend für die Flugdauer ist ausschließlich der vertikale Teil der Flugbahn, d.h., die maximale Höhe über der Horizontalen gibt an, wie lange der Pfeil unterwegs ist. Die Zeit ist unabhängig von der Flugweite!

Am Beispiel des reibungslosen Pfeilflugs (Abschussgeschwindigkeit 55m/s) konnte gezeigt werden, dass jene Flugbahnen, deren Abschusswinkel einander auf 90° ergänzen, die gleiche horizontale Distanz erreichen. Beim großen Winkel ist der Pfeil allerdings viel länger unterwegs.

Er ist somit länger dem Luftwiderstand ausgesetzt und wird daher nicht ganz die Weite erreichen, die ohne Luftwiderstand möglich wäre.

Zur Berechnung des Abbremsens durch den Luftwiderstand dient die folgende Formel:

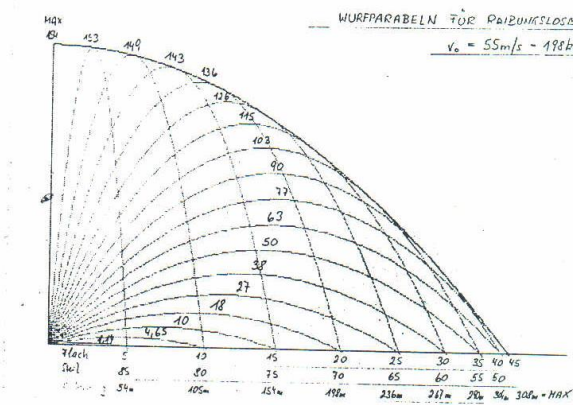
$$a = -c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{q}$$

c_w ist der formabhängige Luftwiderstandsbeiwert (wie bei Autos), ρ die Luftdichte,

q die schon erwähnte Querschnittsbelastung. D. h. eine hohe v_0 ergibt auch eine hohe Abbremsung (diese steigt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Deshalb sind bei Fahrzeugen so viele PS nötig, will man mehr als 300km/h erreichen!) Ein schweres Geschoss hat eine geringere Abbremsung, aber damit erreicht man keine hohe v_0 ! Während ein Geschoss zwischen 0,5 und 1m/s Geschwindigkeit pro Meter Flugweg verliert, handelt es sich beim Pfeil nur um 0,1 – 0,2m/s! Das sind auf 100m rund 5% der Anfangsgeschwindigkeit. Ein schwingender Bogenpfeil verliert mehr Geschwindigkeit als der kürzerer stabil fliegende Armbrustpfeil!

Das unten stehende Diagramm zeigt alle Kurven zwischen 5° und 90° in 5°-Schritten für $v_0 = 55\text{m/s}$.

Die Außenkurve nennt man Hüllkurve, sie berührt alle Parabeln.



II Eine ähnliche Formel ergibt den höchsten Punkt (über Nockpunkt) einer Flugbahn.

Bei idealen Parabeln liegt der höchste Punkt der Flugbahn genau über der Mitte der horizontalen Verbindung zwischen Beginn und Ende der

Flugbahn. Und es vergeht bis zum Erreichen dieses Punktes genau die halbe Flugzeit.

Für alle, die gerne rechnen (Taschenrechner genügt), folgen nun zehn Beispiele:

VI Will man wissen, mit welcher Geschwindigkeit man auf ein Ziel in Nockpunkthöhe bei gegebenem Winkel schießen muss, dann gilt:

$$v = \sqrt{\frac{\text{Weite} \times G}{\sin(2\alpha)}} \quad \text{Für } \alpha = 7^\circ, W = 90\text{m} : \quad v = 60\text{m/s}$$

VII Welcher Winkel gehört zu vorgegebener v_0 und Weite ?

$$\alpha = \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{G \cdot \text{Entfernung}}{v^2}\right) \quad \text{oder zu } v_0 \text{ und } t: \quad \alpha = \arctan\left(\frac{G \cdot t^2}{2 \cdot \text{Entfernung}}\right)$$

$$\text{Bsp.: } v = 60\text{m/s}, W = 120\text{m} \quad \alpha = 9,54^\circ$$

VIII Der Abschusswinkel und die Entfernung sind vorgegeben. Mit welcher v_0 ist zu schießen?

$$v = \sqrt{\frac{W \cdot G}{\sin(2\alpha)}} \quad \text{Bsp.: } W = 120 \quad \alpha = 7^\circ \quad v = 69,75\text{m/s}$$

IX Unter welchem Winkel muss man auf ein Ziel schießen, das horizontal d und vertikal h entfernt ist ?

d kann auch - wenn e die direkte Entfernung ist - ersetzt werden durch $d = \sqrt{e^2 - h^2}$

$$\tan \alpha_{1,2} = \frac{v^2 \pm \sqrt{v^4 - G(2v^2h + Gd^2)}}{Gd}$$

Es kommt dabei heraus, dass das Visier so eingestellt werden muss, als würde man auf ein Ziel in der Entfernung d schießen! Voraussetzung ist allerdings, dass man trotz Körperneigung die Ankerposition und die v_0 stabil halten kann.

X Aus der Geschwindigkeit eines Pfeiltyps kann man die Geschwindigkeit aller anderen Pfeiltypen ermitteln, wenn man auch deren Masse kennt.

Setzt man in die Energieformel $e = \frac{m \cdot v^2}{2}$ die Masse des Pfeils ein (Gewicht in kg) und die Geschwindigkeit in m/s, dann erhält man die auf den Pfeil übertragene Energie.

Beispiel: ACE-Pfeil $m = 0,0187\text{kg}$ $v_0 = 269\text{ft/s} \times 1,1 \Rightarrow 296\text{km/h} : 3,6 \Rightarrow 82,2\text{m/s}$

$$e = 0,0187 \cdot 82,2^2 / 2 = 63\text{J (oule)} \quad \text{Dreht man die Formel nach } v \text{ um, so erhält man: } v = \sqrt{\frac{2e}{m}}$$

Setzt man nun für m die Masse eines anderen Pfeils ein, z. Bsp. ACC, für e den errechneten Wert (ändert sich ja nicht), dann erhält man die v_0 des neuen Pfeils. Also: ACC $0,0236\text{kg}$ $00 \Rightarrow v = 73\text{m/s}$. Und dieser Wert stimmt ganz genau mit der Messung überein!!

Einige Flugdaten (ohne Berücksichtigung der Reibung) für einen Schuss über 90m:

v_0 in km/h	v_0 in m/s	Abschuss- winkel	Höhe über Horizontale	Flugzeit
300	83,33	3,68°	1,24	1,086 s
250	70	5,19°	2,07	1,3 s
200	55	8,49°	3,35	1,65 s
150	42	15° !!!	6,5	2,21

Visierüberhöhung (zu messen von der Waagrechten abwärts) in cm bei 1m Abstand vom Auge

1°	1,745cm
2°	3,49cm
3°	5,24cm
3,68°	6,43cm

5,19°	9,1cm
8,49°	14,9cm
15°	26,79cm !!!

Geschoss in der Strömung

Der Pfeil bewegt sich nicht nur auf das Ziel zu, er hat auch Bewegung in sich: Schwingungen kurz und lang, rotieren, Andrehen gegen den Wind.

Der Pfeil ist der Luft- Strömung (Reibung und Verwirbelung) ausgesetzt.

Die Form der Spitze, aber vor allem Größe, Form und Struktur der Befiederung wirken sich stark auf die Geschwindigkeit aus. Über die Auswirkungen der Oberflächenbeschaffenheit gibt es kaum Aussagen. Von der Bewegung im Wasser (Schiffe, Fische) ist aber bekannt, dass es da signifikante Unterschiede in Bezug auf das Gleitverhalten gibt.

Zusätzlich zur primären Geschoss-Strömung gilt es auch noch, Wind zu berücksichtigen.

Gegen- und Rückenwind: Ersterer bremst den Pfeil schneller ab, zweiterer vermindert den Luftwiderstand, der Pfeil beschreibt eine flachere Parabel, trifft höher als bei Windstille.

Seitenwind: Der Lateralschwerpunkt sitzt hinter dem Masseschwerpunkt (Center of Gravity). Wind von der Seite wirkt auf den Lateralschwerpunkt und dreht den Pfeil mit der Spitze gegen den Wind. Der Pfeil driftet, d.h. er kreuzt wie ein Segelboot gegen den Wind und verliert nur wenig Richtung, aber ein wenig Höhe! Der Querschnitt der Befiederung im Verhältnis zur Dicke des Pfeils und die Lage des Schwerpunkts (Gewicht der Spitze) sind maßgeblich dafür, wie stark der Pfeil dreht.

Funktionsballistik des Pfeil, Geschossballistik b

Bauweisen

Standard ist die Zylinderform, weil am leichtesten herzustellen. Die Barreiform bedeutet, dass der Pfeil im mittleren Teil dicker (faßförmig) ist. Dies macht den Pfeil zu den Enden hin biegsamer. Schwierig ist beim Kürzen des Pfeils zu entscheiden, wo man wegschneidet.

Getapert bedeutet, dass der Pfeil zum Nockende hin dünner wird. Auch hier hat man Kürzen die Wahl, an welchem Ende man abschneidet.

Materialien

Es gibt die zwei Möglichkeiten: Homogene Bauweise aus einem Material oder zusammengesetzt.

Von alters her wurden **Naturmaterialien** verwendet.

Je nach Region werden verschiedene Hölzer oder Bambusarten verwendet. Dabei ist jeder Pfeil etwas anders gebaut. Mehr Homogenität erreicht man durch Pressen des Holzes.

Künstliche Materialien:

Glasfiber als Stab oder Rohr. Sehr stabil, nicht wirklich exakt formbar. Als Anfänger-, Jagd oder Fischpfeil im Einsatz.

Aluminium: Hier kann man sowohl Durchmesser als Wandstärke sehr exakt formen.

Die Eloxierung bietet weitere physikalischen Einfluss. Ein Gerät zu Ausrichten gehört ins Werkzeug-Arsenal jedes ernsthaften Schützen, um seine Pfeile auf Geradheit zu testen und eventuell auszurichten.

Carbon: Zurzeit das Material der Wahl. Leicht, stabil, exakt formbar. Von der einfachen Längsanordnung von Fasern über mehrschichtigen Aufbau mit Fasern auch schräg zur Längsrichtung lassen sich trotz geringem Durchmesser große Steifigkeitswerte erreichen. Im Gegensatz zu Alu ist keine Verbiegung zu befürchten.

Alu Carbon: Über einen Kern aus Alurohr werden Carbonfasern gesponnen. Sehr exakter, aber sehr teurer Pfeil.

Auch Holz kann gemischt werden, wenn man am Vorderende härteres Holz einspleisst.

Physikalische Eigenschaften des Pfeils

Gewicht: Das Gewicht ist unmittelbar für die Geschwindigkeit des Pfeils verantwortlich.

Es setzt sich aus dem Schaftgewicht (je länger desto schwerer), dem Gewicht der Spitze und dem Gewicht von Befiederung und Nocke zusammen. Bei besseren Pfeilen kann das Gewicht durch den Einsatz verschiedener Spitzen variiert werden.

Länge: Die Länge muss natürlich mindestens der Auszugslänge des Schützen entsprechen. Überlänge bedeutet unnötigen Ballast und geringere Geschwindigkeit als möglich. Aber: Kürzen verändert die Schwingungseigenschaften! Ein längerer Pfeil reagiert „weicher“.

Durchmesser: Je dicker desto steifer. Vor allem bei Holzpfeilen geht es nicht anders. Der größere Durchmesser wird oft verwendet, um größere Löcher zu schießen und eher Innenringe anzureißen.

Wandstärke: Hier gilt die gleiche Regel



Spine: Steifigkeitsverhalten bei querer Biegebelastung. Der Messwert bei genormter Länge und Belastung dient als Grundlage für die Auswahl eines Pfeils. Um die Steifigkeit zu überprüfen, legt man die Pfeile in einen Spinetester, siehe Abbildung.

Dynamischer Spine: Biegeverhalten bei Schubbelastung. Dieses Verhalten ist von vielen

Faktoren abhängig, vor allem vom Gewicht der Spitze.

Spline: Ein Pfeil biegt sich nicht nach allen Richtungen gleich. Spline ist die Maximalbiegung bei gleicher Belastung. Man muss Pfeile so befiedern, dass alle Pfeile den Spline in dieselbe Richtung – am besten waagrecht zum Bogen hin – aufweisen. Zwecks Austesten muss man die Pfeile in einem Spinetester drehen, um die Maximalauslenkung zu erkennen. In einem Splintester werden die Pfeile auf Rollen gelagert, und in der Mitte mit Rollen unter Druck gesetzt: Die Pfeile „schnappen“ dann von selbst in die Position ihrer „Lieblingsbiegung“!

Präzision: Mit den modernen Fertigungstechniken können Toleranzen im 1/1000-Bereich erzielt werden. Trotzdem sollte man auch bei Spitzenprodukten Pfeile aus derselben Produktionsserie in einem Set vereinen. Da sich Pfeile im Gebrauch abnutzen (Materialverlust durch Abrieb, Steifigkeitsverlust durch Materialermüdung) ist es problematisch, einen neuen Pfeil zusammen mit langdienenden Pfeilen einzusetzen (Spinetest!, Präzissionswaage!).

Die besonderen Punkte des Pfeils

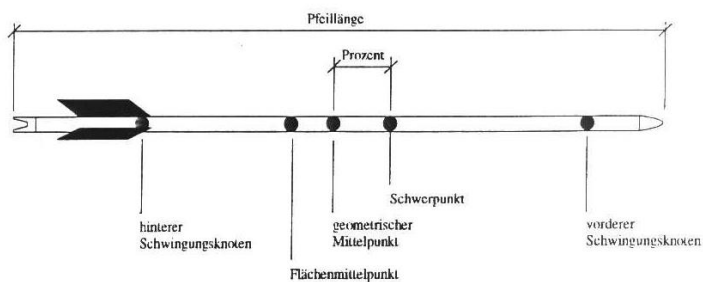


Abb. 2.3 Geometrie des Pfeiles

Wie in der

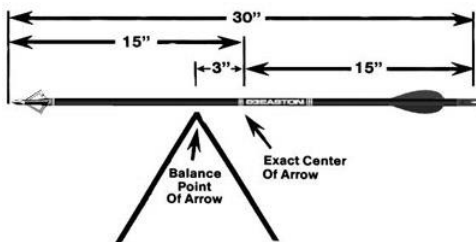
Abbildung zu sehen ist gibt es 5 davon. Die beiden Schwingungsknoten, den Schwerpunkt, den Lateralschwerpunkt und den geometrischen Mittelpunkt.



Die Schwingungsknoten bleiben relativ zu den anderen Teilen des schwingenden

Abb. 2.2 Vorderer und hinterer Schwingungsknoten

Mediums in Ruhe. Der Pfeil sollte seinen stärksten Kontakt am Bogen beim Abschuss in der näheren Umgebung des vorderen Schw. Knotens haben, damit sich der Pfeil nicht seitlich vom Bogen wegschnellt.



Der Schwerpunkt (Center of Gravity) muss deutlich vor der geom. Mitte liegen, damit sich der Pfeil im Flug schnell stabilisiert.

Der hinter dem Schwerpunkt liegende Lateralschwerpunkt sorgt dafür, dass der Pfeil bei Seitenwind die Richtung einigermaßen beibehält.

By the way: Ein Surfbrett wird über den Lateralschwerpunkt gesteuert. Der

Windlateralschwerpunkt wird durch das Schwenken des Segels vor, in oder hinter der Wasserlateralschwerpunkt gebracht (abfallen, Kurs halten, anluven).

Der Pfeil luvt an, driftet aber gleichzeitig ab. Beides sollte sich in etwa die Waage halten.

Einbauten

Spitzen: Die einfachste Form ist das feuerverhärtete Holz, eventuell ein Hartholzpleiss, damit der Pfeil kopflastig wird.

Spitzen sind normalerweise aus Metall, können übergeschoben, mit einem Dorn eingeschoben werden, oder es werden beide Methoden kombiniert.

Die Spitze kann aus einem Stück sein (one piece) oder aus einem Insert und einer Schraubspitze bestehen. Zu teureren Pfeilen gibt es stets Inserts und Spitzen in verschiedenen Gewichten, deren Kombination beim Tunen verwendet wird.

Auch die Form der Spitze ist oft wählbar aus einer Reihe von Formen. Sie soll einerseits sicheres Eindringen gewährleisten, andererseits auch das Dämpfermaterial schonen. Oft ist der Spitzendurchmesser etwas größer als der Pfeildurchmesser.

Spitzen können aus Stahl, Messing oder sogar Wolfram sein. Bei Naturvölkern findet sich auch Obsidian, Stein, Knochen oder Dornen als Material der Spitze.

Spitzen antiker Pfeile waren aus Eisen, hartem Stein, Knochen oder Muschelteilen.

Nocken

Die einfachste Art der Nocke ist die Selfnocke. In den Pfeil wird ein Spalt eingeschnitten oder gefeilt.

Diese Art der Nocke kann durch ein Hornplättchen oder Umwicklung mit Garn verstärkt werden.

Den Pfeil am Ende kegelförmig zu gestalten und eine Nocke überzuschieben war die nächste Entwicklungsstufe, die sich immer noch bei einfachen Pfeilen, vor allem jenen aus Holz, findet. Dieser Kegel kann auch in Form eines Bushing, eines Metallteils, der ein- oder übergeschoben wird, zum Einsatz kommen.

Übergeschobene Nocken sind ebenfalls eine einfache Lösung, die aber etliche Nachteile aufweist. State of the Art ist die eingeschobene Nocke, die Luxusform die Pinnocke, bei der die Nocke auf dem Stachel eines eingeschobenen Metallteils sitzt.

Nocken können in unterschiedlichsten Farben auch zur Individualisierung des Pfeils verwendet werden. Die Farbe der Nocke spielt auch für Erkennbarkeit des Treffers eine Rolle.

Auch die Öffnung der Nocke kann unterschiedlich gewählt oder angepasst werden.

Sonderformen: Leuchtnocken

Magnetnocken

Kugelnocken

Nocken, die auf der Sehne verbleiben

Befiederung: Seit Urzeiten weiß man, dass „Federn“ die Flugeigenschaften eines Geschosses verbessern. Vom im Pfeil eingeklemmten Blatt, hin zu Federbüscheln, Umwicklung mit einem Fellstreifen oder Baumwollgewebe wurden viele Möglichkeiten gefunden, Pfeile zu stabilisieren.

Am Verbreitetsten und immer noch im Einsatz: Schwungfedern, die meist gefärbt angeboten werden.

Federn aus Flügeln haben eine natürliche Drehrichtung. Man muss also Federn je nach gewünschtem Drehsinn links- oder rechtsdrehend kaufen. Bei Federn kann mit der Größe in Länge und Höhe, aber auch der Form des Profils experimentiert werden. Es gibt spezielle Stanzen oder Brenngeräte, um bestimmte Federprofile herzustellen.

Die Anzahl der Federn ist gewöhnlich drei, es gibt aber auch 2, 4 oder 6 Federn und verschiedene Sonderformen.

Neben dem Aufkleben wird auch Umwickeln des Pfeils mit festem Garn als Befestigung verwendet.

Die moderne Form der Stabilisierung sind Fletches (kleine Fahnen aus Kunststoff) mit einer Vielzahl von Querschnitten und Farben. Es gibt auch Modelle, die sich im Flug aufstellen und selbstdrehend sind.

Die Aufgaben der Befiederung

Stabilisierung des Pfeils, damit er möglichst rasch ein folgsames Geschoss wird. Große Federn stabilisieren schnell, aber bremsen auch stark. Große Federn streifen auch eher am Bogen.

Rotation des Pfeils: Im Gegensatz zum schweren Gewehrgeschoss dreht der Pfeil nicht sehr schnell (etwa 40-60 x pro sec). Es ist nicht Stabilität durch Rotation, die gesucht wird, sondern das Ausmitteln von Pfeilfehlern.

Die beim Abschuss erzeugten Schwingungen gehen durch die Befiederung in rotierendes Schwingen über. Da sich der Lateralquerschnitt bei der Rotation ständig ändert, bewirkt dies bei Seitenwind ebenfalls leichtes Schwingen.

Stabiler Flug bei Wind

Ein Pfeil ohne Federn würde mit Windgeschwindigkeit seitlich wegdriften.

Individualisierung: Pfeile sollen auf einem Blick von Fremdpfeilen unterschieden werden können.

Auch kann mit der Befiederung einem Rollenbild (trad. Bogenschießen) entsprochen werden.

Spotten und Finden: Kräftige Farben lassen den Pfeil am Zielobjekt und im Gras besser erkennen.

Extremes Abbremsen: Bei manchen Schussaufgaben ist das rasche Bremsen des Pfeils ein Gebot. Durch eine Flu-Flu-Befiederung kann erreicht werden, dass selbst ein stark geschossener Pfeil nicht weiter als 75m fliegt.



Federn / Fletches / Vanes können mit Klebstoff, aber auch mit doppelseitigen Klebebändern befestigt werden. Um die exakte Schrägung und Abstände zu erreichen, werden Befiederungsgeräte eingesetzt. Für die bessere Sichtbarkeit insbesondere auch bei der Jagd können auch Ringe aus Flaumfedern angebracht werden.

Cresting: Farbringe auf dem Pfeil individualisieren und schmücken den Pfeil

Wrapping: (kennen wir vom eingewickelten Essen) Bedeutet, den hinteren Teil des Pfeils mit einer sehr dünnen Folie zu umwickeln, auf der auch die Befiederung aufgebracht wird. Grelle Farben erleichtern Spotten und finden und individualisieren ganz deutlich.

Physik des Pfeilflugs

Nun sollen einige physikalische Begriffe zur Verfügung gestellt werden.

Ein guter Teil wurde den beiden Büchern „Geschosse“ Band 1 und Band 2 von Beat B. Kneubuehl, einem Klassiker der Ballistik für Feuerwaffen, entnommen,

Die Abkürzungen werden teils in Klammern, teils explizit erklärt.

Durchschnittsgeschwindigkeit: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ gemessene Wegstrecke durch verbrauchte Zeit.

Durchschnittsbeschleunigung: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ Unterschied zwischen Anfangs- und Endgeschwindigkeit durch verbrauchte Zeit. (t von tempus ist das Zeichen für Zeit).

$s(\text{Weg}) = v \cdot t$ $v(\text{Momentangeschwindigkeit}) = a \cdot t$ $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} v \cdot t$

$t = \frac{2s}{v}$ $a = \frac{v^2}{2s}$ $F(\text{orce}) = \text{Kraft}$ $m = \text{Masse}$ $F = m \cdot a$ (Kraft ist Masse mal Beschleunigung)

$W(\text{ork}) = \text{Arbeit}$ $W = F \cdot x$ Kraft mal Weg $E_{\text{kin}} = \text{kinetische Energie} = \text{Energie der Bewegung}$

$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (Einstein!)

$E_{\text{pot}} = \text{potentielle Energie} = \text{Energie der Lage}$ $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ $g(\text{ravitiy}) = \text{Schwerkraft}$ $h(\text{öhe})$

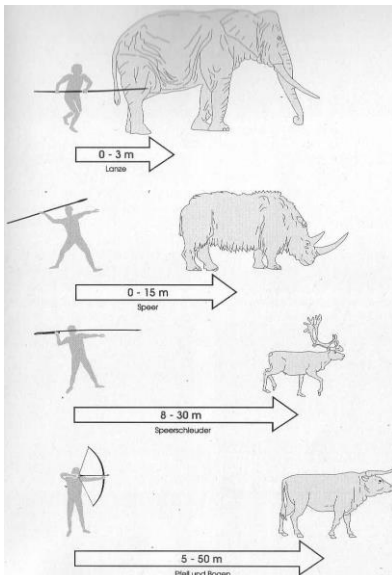
Trägheitsmoment $J = m \cdot r^2$ Drehimpuls $L = J \cdot \omega$ $\omega = \text{Winkelgeschwindigkeit}$

Torque = Drehmoment $T = F \cdot r = J \cdot \alpha$ $\alpha = \text{Winkelbeschleunigung}$

E_{rot} = Rotationsenergie $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J \cdot \omega$ Eine wichtige Kennzahl ist die Querschnittsbelastung q , die sich $q = \frac{m}{A}$ ergibt, wobei m die Masse, A der Querschnitt des Geschosses ist. Diese Kennzahl ist bei Pfeilgeschossen besonders hoch.

Der Wirkungsgrad des Bogens steigt mit zunehmender Geschossmasse. Man merkt, dass ein Bogen ruhiger schießt, wenn man etwa von dünnen ACE-Pfeilen zu 2312-Hallenpfeilen wechselt, weil mehr Energie auf den Pfeil übertragen wird, und der Bogen daher weniger Vibrationsenergie erhält. Dies heißt, dass auch der Wirkungsgrad eines schweren Geschosses größer ist (panzerdurchschlagende schwere Langbogenpfeile!), aber die v_0 ist gering! Dies bedingt hohe Flugbahnen und lange Flugzeiten, vielleicht liegt das Ziel sogar außer Reichweite!

Es muss also je nach Problem eine spezielle Optimierung angestrebt werden. Will ich weit schießen, punktgenau treffen oder einen Elefanten jagen?



Die nebenstehende Grafik zeigt, welchen Fortschritt die Erfindung des Bogens für die Urmenschen bedeutete. Obwohl man mit einer Speerschleuder auch bis zu 300m werfen kann, sind natürlich der jagdlichen Verwendung viel engere Grenzen gesetzt.

Manche Forscher behaupten, dass durch den Bogen der Jäger von der Zusammenarbeit mit anderen Jagdgefährten unabhängig wurde und sich dadurch neue soziale Strukturen, ja vielleicht sogar die Familie im heutigen Sinne entwickelte.

Zusätzlich wird überlegt, dass der Bogen auch den Beginn der instrumentalen Musik (Monocord) bedeuten könnte.

Die Erfindung vergifteter Pfeile erhöhte die Wirkung dieser Waffe zusätzlich, sodass sogar Großtiere im Alleingang erlegt werden konnten. Bei großen Tieren dauert es allerdings, bis Gift wirkt. Im europäischen Raum ist von Jagd mit vergifteten Geschossen nichts bekannt. Wohl aber starb König Harald von Norwegen an einem vergifteten Pfeil, den er auf einen Feind schießen wollte. Dieser Pfeil fiel ihm aus der Hand und

traf ihn in die Großzehe. Deshalb sollte man beim Bogenschießen keine Sandalen tragen wie König Harald!

Wohl aber gibt es diese Jagd mit Giftpfeilen in Afrika und Südamerika. Dort haben sie dafür extra die Pfeilgiftfrösche!

Ein Problem ist immer der Abtransport der Beute und deren Verteidigung gegen Raubtiere.

Außenballistik

Ein Spezialgebiet der Kinetik, die sich mit Beschleunigung, Geschwindigkeit, und der Bahn eines bewegten Objekts befasst.

Außenballistik wurde im militärischen Bereich intensiv bearbeitet, für den Pfeiflug gibt es wenig Literatur. Die Flugbahn eines Geschosses (ohne Eigenantrieb und Steuermechanismen) wird von folgenden Parametern festgelegt:

- Anfangsgeschwindigkeit
- Abschusswinkel
- Masse
- Form
- Drall
- Luftwiderstand
- Schwerkraft
- Witterung

Nullwinkel des Bogens ermitteln

Aus 2m Entfernung auf einen Punkt in Aughöhe zielen und einen Punkt treffen, der im Auge-Pfeilschaftabstand unterhalb des Zielpunktes liegt. Die Marke für diese Einstellung liegt oberhalb der höchsten Visiermarke und dient auch als Ausgangspunkt für die Visierüberhöhung, wobei allerdings ein anderer Auge-Visierabstand proportional umgerechnet werden muss.

Ein Helfer kann auch eine Wasserwaage waagrecht halten und über ihre Kante dem Schützen helfen, den Pfeil waagrecht zu positionieren. Der Schütze muss dann nur schauen, worauf sein Visier zeigt, um wiederholbar Null-winkel-Schüsse durchführen zu können.

Normalerweise stellt man ja das Visier auf den Zielpunkt ein! Es kann in der Praxis leicht passieren, dass man diese Einstellung mit einer normalen Einstellung des Visierbalkens gar nicht machen kann, weil der Balken nach oben hin zu kurz ist!

Was geschieht mit dem Geschoss während des Fluges

Ganz wichtig: Der Pfeil ist ein "folgsames" Geschoss! Auf Grund des Luftwiderstands folgt der Pfeil tangential seiner Flugbahn. Während kurze Gewehrgeschosse auf Grund ihres Dralls in der Position fliegen, mit der sie den Lauf verlassen, dreht sich der Pfeil auf den Aufschlagpunkt zu.

Deshalb werden militärisch Geschosse, die mit der Spitze auftreffen müssen (z. Bsp. panzerbrechende Granaten) in Pfeilform gefertigt. BILD

Einfluss auf die Geschossbahn: Höhenlage und Witterung (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Temperatur,..)

Die Bogenweltrekorde wurde alle in ein hoch liegenden Wüste (4000m) bei sehr trockener Luft erzielt

Flugbahn bei ungünstigem Nockpunkt

Zeichnet man die Visiereinstellungen in einem Diagramm ein und verbindet die Punkte, dann erhält man eine „glatte“ Kurve. Bei falschem Nockpunkt erhält diese Kurve einen Knick! Man hat dann Schwierigkeiten Zwischeneinstellungen zu interpolieren. Außerdem schwingt der Pfeil so stark, dass er bei nahen Zielen nicht tangential an seiner Bahn anliegt und daher den Spot nicht trifft.

Die math. Parabel ist eine idealisierte Flugbahn (ohne Luftwiderstand). In der Realität sprechen wir von einer ballistischen Geschossbahn (Trajektorie), deren zweiter Teil auf Grund des Luftwiderstands stärker gekrümmt ist.

Weitschießen (Flight Shooting) ist ein Bewerb von Spezialisten. Es werden verschiedene Waffen benutzt: Recurvebogen, Armbrust, Compound, fustgestützter Bogen. Bei allen erreichte man fast dieselbe Weite von ca 1850m! Harry Drake hat sich da in allen Disziplinen hervor getan!

Fluggeschwindigkeiten

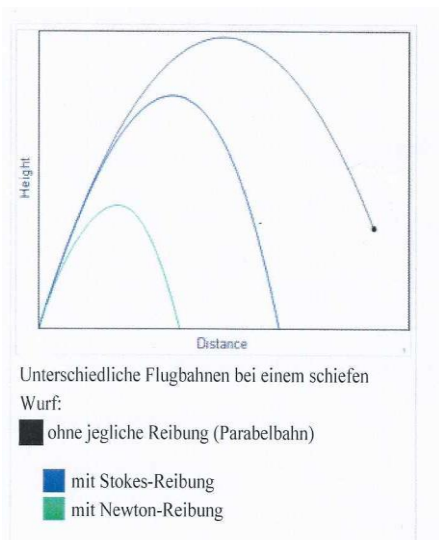
Mit Experimentalbögen und extrem leichten Pfeilen erreichte man eine v_0 von über 500km/h.

Bei Wettkämpfen wird die v_0 entweder direkt auf 300km/h begrenzt oder indirekt durch Zuggewichtsbegrenzung auf 60 Libs und Mindestgewicht der Pfeile von 5 Grains/Lib eingeschränkt.

Körpergröße und Zielhöhe

Von der Körpergröße (und von der Art des Ankerns) hängt es ab, ob ein Schuss waagrecht, bergauf oder bergab geschossen wird. Der Schütze sollte sich stets über sein Verhältnis zur Zielhöhe im Klaren sein, weil davon seine Körperhaltung abhängen sollte. Für kleine Leute kann das ein Bergaufschuss sein, was für einen Großen ein Bergabschuss ist!

Was für ein Schuss vorliegt hängt von der Höhe des Ziels in Bezug auf den Nockpunkt und seine Entfernung ab. Ein tiefes Ziel kann bei größerer Entfernung durchaus einen Bergaufschuss benötigen!



Geschwindigkeitsverluste durch Reibung

Newtonreibung: Proportional zur Geschwindigkeit

Stokes-Reibung: Reibung erhöht sich mit dem Quadrat der Geschwindigkeit

Liegt z. Bsp. bei Autos an.

Der steile und der flache Schuss

Ein Ziel lässt sich immer über zwei Parabeln erreichen: Steiler Schuss, flacher Schuss. Der steile Schuss kann nötig sein, wenn zwischen Ziel und Schützen ein Hindernis steht. Oder man will, dass die Pfeile gut sichtbar im Boden stecken! Bei flachen Schüssen können die Pfeile auch vom Boden abprallen und viel weiter fliegen als geplant! Allerdings kann man beim steilen Schuss nicht direkt zielen. Man könnte aber beispielsweise ein Objekt im Hintergrund (Baum, Haus) als Referenz verwenden.

Will man optimales Flugverhalten und gutes Gruppieren der Pfeile, dann muss mittels Tuning das System Bogen-Pfeil-Schütze optimieren. Zum gut eingestellten Bogen muss der passende Pfeil gefunden werden (und der Bogen jetzt nochmals nachjustiert werden!), der Schütze aber muss eine optimale Schusstechnik lernen und die Ausdauer erwerben, viele Pfeiler hintereinander gleichmäßig gut zu schießen.

Siehe Tuning Seite 58

Endballistik – Zielballistik

Der Schuss ist mit dem Auftreffen des Geschosses fast zu Ende (Endballistik). Meist geht es um das Treffen eines bestimmten Ziels (Zielballistik). Wie wirkt der Pfeil auf das Ziel, wie wirkt das Auftreffen auf den Pfeil.

Die verschiedenen Schusszwecke

Zielschuss auf eine Scheibe, ein 3D-Tier.

Vergnügen: Die Ausrüstung kann hier im Niedrigpreissegment sein, gut eingestellt ist dennoch Spaß garantiert.

Wettkampf: Das Teuerste ist gerade noch gut genug, das Tuning und die Schießtechnik liegen auf einem hohen Niveau

Von einem Pferd: Die Pfeile müssen etwas länger als der Normauszug sein, weil man im Galopp ohne Anker schießt und dabei etwas weiter aufzieht.

Schuss auf bewegte Ziele, z. Bsp. Wurfscheiben: Die Pfeile haben Flu-Flu-Befiederung, um ihre Reichweite einzuschränken.

Jagdlicher Schuss: Säuger, Vögel, Fische. Hier variiert die Spitzenform von Tier zu Tier. Größere Säuger werden mit schneidenden Spitzen geschossen, Kleintiere mit stumpfen Spitzen (Blunts) oder Judo-Spitzen. Für Fische verwendet man Spitzen mit Widerhaken. Für manche Vogelarten werden Heulpfeile eingesetzt. Wenn die Vögel den Pfeil hören, denken sie an den Angriff eines Falken. Ihre Abwehrstrategie ist das Zusammenrotten zu einer Kugel. Was für den Falken Orientierungsprobleme bedeutet, ist für den Vogelschützen ideal.

Eine ähnliche Täuschung gelingt, wenn man Gänse jagt, die auf dem Boden sitzen. Man schießt über die Tiere mit einem Flu-Flupfeil hinweg. Sie interpretieren das Rauschen mit dem Angriff eines Raubvogels und erstarren. Man hat nun ein paar Schüsse Zeit, sein Jagdglück zu suchen.

Für die Jagd können auch vergiftete Pfeile verwendet werden. Der Umgang mit solchen Pfeilen ist doppelt gefährlich, auch beim Bergen des Pfeils.

Cloutschuss: Clout ist ein Tuch, das als Fahne an eine Stange gebunden wird. Beim Cloutschießen geht es darum, seine Pfeile nahe einer Fahne zu platzieren, die je nach Bogenart zwischen 110m und 160m stehen kann. Man dabei die Schussweite durch erhöhtes Pfeilgewicht oder verringerte Auszugslänge einschränken. Als Abschusshilfe kann ein Winkelmesser eingesetzt werden. Auf jeden Fall will man, dass die Pfeile schräg im Gras stecken. Würde man bei einem starken Bogen die flachste mögliche Parabel schießen, dann könnten sich die Pfeile entweder in die Grasnarbe wühlen, oder abgellen und sehr viel weiter weg aufschlagen.

Weitschuss: Beim Weitschuss gilt es optimale Weite zu erreichen. Der Abschusswinkel wird also nahe 45 Grad liegen, die Pfeile stecken dann auf jeden Fall schräg im Boden. Das Geschoss wird auf Strömung optimiert. Ganz kleine, extrem dünne Fletches, eine besonders aerodynamische Spitze. Die Pfeile sind unter Umständen nur für einen einzigen Schuss geeignet. Vom Treffer erwartet man nur, dass die Distanz gemessen werden kann.

Lärmschuss (Heulfeile): Abgesehen von oben beschriebenem Jagdweck, werden Heulpfeile zu kultischen Zwecken eingesetzt. Früher dienten sie im Krieg auch dazu Angst und Schrecken zu verbreiten. Hier ist nicht Treffen der Zweck, sondern der Flug!

Feuerschuss: An der Spitze des Pfeiles wird ein kleiner Korb befestigt, der glühendes Material enthält. Ziel war es, Häuser, Schiffe und Wagen in Brand zu setzen. Bei den olympischen Spielen in Barcelona wurde die Feuerschale im Eröffnungsstadion durch Überschießen mit einem Brandpfeil entzündet, der zuvor sein Feuer von einer olympischen Staffelfackel erhalten hatte.

Kriegsschuss: Ziel war stets das Verwunden und Töten von Kriegerern und deren Pferden. Da man sich durch Rüstungen und besondere Jacken vor den Schüssen zu schützen versuchte, war es das Bestreben der Schützen, immer stärkere Bögen mit immer schärferen und härteren Spitzen einzusetzen. Dies führte dazu, dass Rüstungen immer schwerer und vor allem immer teurer wurden.

Bei **modernen Kriegsspielen** (ähnlich Paintball) werden Spitzen eingesetzt, die wie kleine Ballons aussehen. Das Zuggewicht der Bögen ist außerdem auf 30 Pfund beschränkt. Die „Krieger“ müssen leichte Rüstungen und Helme mit Visier tragen. Man kann die Spitzen auch dazu verwenden, einen Farbstempel zu hinterlassen.

Trickschüsse: Trickschusspfeile unterscheiden sich normalerweise nicht von Wettkampfpfeilen, aber interessant sind die Ziele. Luftballons, Flaschenöffner, pendelnde Bälle, fliegende Bälle oder Scheiben, Spielkarten, Kerzenflammen,...

Mehrfachschuss: Mehrere Pfeile werden gleichzeitig in den Bogen eingelegt und abgeschossen. Dabei kann auch versucht werden, mehrere Ziele zu gleich zu treffen. So gibt es einen Weltrekord, bei dem Zehn Luftballons gleichzeitig von 10 Pfeilen getroffen wurden, die von einem einzigen Bogen abgeschossen wurden. Auch dabei kommen ganz gewöhnliche Pfeile zu Einsatz.

Schnellschießen: Es gilt, in einer vorgegebenen Zeit möglichst viele Pfeile abzuschießen. Möglicherweise wird auch eine gewisse Treffergenauigkeit verlangt. Um rasch laden zu können,

werden Nocken mit trichterförmiger Öffnung verwendet, die Pfeile werden oberhalb eines Nockfixators an die Sehne gesetzt und während des Aufziehens an den Fixator heran geschoben.

Bei einem Weltrekord schaffte es der Schütze, gleichzeitig 11 Pfeile in der Luft zu haben. Einfacher endballistischer Zweck: Niemanden treffen, alle Pfeile wiederfinden, und vor allem erkennen können, wann der erste Pfeil einschlägt.

Schuss ins Wasser: Verwendet man Pfeile, die schwimmen, dann erlebt man überrascht, dass die Pfeile fast genau dort auftauchen, wo sie ins Wasser eingedrungen sind. Wasser bremst Pfeile erstaunlich gut ab. Schon nach wenigen Metern ist der Pfeil gestoppt und schwimmt rückwärts zur Oberfläche. Schwere Pfeile stehen danach senkrecht im Wasser, Pfeile mit großem Innendurchmesser und leichten Spitzen treiben wie Boote! Ein Abprallen des Pfeils von der Wasseroberfläche ist nicht zu befürchten!

Wir sehen also, dass nicht bei allen Schüssen der Treffer im Vordergrund steht. Aber natürlich will man die Pfeile wieder verwenden (ausgenommen Brandpfeile) und daher auch finden. Vor allem möchte man oft auch erkennen können, wie und ob man überhaupt getroffen hat. Leuchtnocken, Federbällchen rund um den Schaft, grelle Farbe der Nocke sollen dabei helfen. Und natürlich ein Fernglas!

Verschiedene Spitzenformen sind im Anhang zu sehen. **Anlage A**

Wirkung auf das Ziel

Für Krieg und Jagd ist das klar. Beim Wettkampf- und Hobbysport wünscht man sich, dass die Ziele einerseits lange halten, andererseits den Pfeil gut freigeben. Außerdem sollten die Pfeile in der Einflugrichtung stecken bleiben, damit sie nicht von nachfolgenden Geschossen quer getroffen werden. Bei den Dämpfern ist man mittlerweile fast völlig auf Kunststoff umgestiegen. Scheiben werden oft aus untereinander austauschbaren Modulen zusammengesetzt, um ihre Verwendungsdauer zu verlängern. Im Idealfall sollte die Dämpferfläche eben sein und senkrecht zum ankommenden Pfeil stehen. Der Dämpfer sollte auch so dick sein, dass die Pfeile nicht durchschlagen. Und so elastisch, dass sich Pfeillöcher wieder weitgehend schließen.

Es gibt allerdings immer noch runde Strohscheiben, die wesentlich billiger als Kunststoff sind. Aber: Solche Scheiben können nicht repariert werden, die wellige Oberfläche macht Kartonieren der Auflagen unumgänglich, die Wülste der Strohstränge können Pfeile so ablenken, dass diese zerbrechen. Im Stroh enthaltene Stoffe können durch die Reibungswärme der eindringenden Pfeile mit dem Pfeil verschmelzen und das Ziehen der Pfeile enorm erschweren. Es kann geschehen, dass man für das Ziehen der Pfeile mehr Energie aufwenden muss als für das Schießen. Dieser Umstand kann sich durchaus negativ auf das Ergebnis auswirken.

Watte: Watte dämpft selbst Gewehrkegel ganz schnell ab, wird dabei nicht kaputt, sondern nur verschoben. Der Nachteil: Watte kann einen Pfeil nicht in seiner Einschussrichtung festhalten. Man benötigt als eine Deckschicht (Karton, dichtes Gewebe), die diese Aufgabe übernimmt, damit man mehrere Pfeile auf einen Wattedämpfer abschießen kann, ohne vorher andere Geschosse zu entfernen.

Reisstroh oder Schilf: Man erzeugt Bündel und schießt von der Querfläche her in diese Bündel. Die Pfeile dringen zwar tiefer ein als bei Kunststoffdämpfern, werden aber sachter abgebremst und lassen sich ganz leicht ziehen. Papierauflagen auf solchen Dämpfern müssen allerdings auf Karton aufgezogen werden, weil sie ansonst ganz rasch zerfetzt werden.

Sicherheitsballistik

Sicherheit für den Schützen

Beim Tragen von Pfeilen und Bogen besteht die Möglichkeit, dass das Ende eines Pfeils oder des Bogens gegen ein festes Hindernis stößt, das andere Ende den Träger trifft, speziell bei Stürzen im Gelände kommt das immer wieder vor.

Beim Abschuss eines Pfeils kann dieser zerbrechen, wenn er schon vorgeschädigt ist oder einen zu niedrigen Spinewert hat. Zerbrechen kann aber auch passieren, wenn der Pfeil beim Aufziehen aus der Sehne rutscht und sich die Nocke unter der Zughand wieder an die Sehne klemmt. Die Querbeschleunigung beim Abschuss zerbricht den Pfeil. Das Stück mit der Nocke kann die Bogenhand treffen, aber auch vom Bogen zurückprallen in das Gesicht des Schützen.

Zerspringende Nocken oder Nockfixatoren können ebenfalls die Bogenhand oder das Gesicht treffen. In seltenen Fällen kann sogar der Schlag der Sehne gegen den Unterarm sehr unangenehme Verletzungen verursachen.

Bei Schüssen auf sehr nahe Ziele muss auch ein Zurückprallen der Pfeile bedacht werden. Dies passiert häufig, wenn mit leichten Zuggewichten auf stark abgenützte Scheiben geschossen wird. Auch stumpfe Spitzen können zu einem Abpraller führen!

Manches Mal zerbrechen auch Mittelstücke. Auch dabei kann der Schütze getroffen werden. Eine falsche (zu unelastische) Sehne, zu leichte Pfeile oder Trockenschüsse können das Material zerstören. Eine falsche Schießtechnik und/oder zu hohes Zuggewicht bedeuten für die Schultern Gefahr: Abnützung und Entzündungen können zum Aufgeben des Sports zwingen!

Sicherheit für andere Personen und die Umgebung

Jede Schusswaffe bedeutet auch Risiko, dass Geschosse andere treffen können, entweder durch einen Fehler der Waffe, des Schützen oder des Getroffenen. Es muss immer kontrolliert werden, dass das Schussfeld frei ist und auch ein Sicherheitsraum für Abpraller und Abgeller gegeben ist. Ebenso muss dafür gesorgt werden, dass niemand das Schussfeld überraschend betreten kann. Bei manchen Anlagen wäre es überlegenswert, eine Abdeckung gegen zu steiles Schießen zu errichten (wie das auf Feuerschießständen üblich ist), um den Raum hinter den Scheiben zu sichern.

Eine Schießlinie und richtiger Abstand von den Schießpartner soll auch für Sicherheit zwischen den Sportlern sorgen. Diese Partner sind insbesondere beim Pfeile holen und Pfeileziehen gefährdet. Ins Gras geschossen Pfeile werden zu Fußangeln, beim Ziehen der Pfeile besteht die Gefahr, Scheibenkollegen beim Ziehen der Pfeile mit den Nocken zu verletzen. Auch selbst kann man sich verletzen, wenn man sich etwa zum Aufheben einer Scoring-Mappe in die Pfeile bückt.

Sicherheit und Schonung für das Material

Wie in Punkt Eins erläutert, kann falsches oder beschädigtes Material zu wirklich schweren Verletzungen führen. Ein falsch eingestellter Bogen (z. Bsp. ein grob verstelltes Visier) kann aber auch zu gefährlichen Fehlschüssen führen. Die Pfeile müssen immer wieder überprüft werden, ob die Schäfte unbeschädigt sind (Biegetest), die Nocken intakt sind und fest sitzen, die Federn vollständig angeklebt sind, die Spitzen fest sitzen (insbesondere bei Schraubspitzen ein Problem) und nicht angeschlagen sind. Die Nocken müssen auch mit der richtigen Festigkeit an der Sehne klemmen. Zu loser oder zu fester Sitz bedeuten neben erhöhtem Verletzungsrisiko auch ein schlechteres Trefferbild.

Beim Bogen wird vor der Benutzung der Zustand der Wurfarme (der richtige Wurfarm oben?), die Sehne auf Abnutzung und das Setup des Bogens (Aufspannhöhe, Nockpunkt, Visiereinstellung) geprüft. Auch auf die Akustik beim Schuss ist zu achten. Man kann so lockere Teile und lose Federenden entdecken. Sorgfältiges Hantieren und schonende Aufbewahrung erhalten die Funktion und auch die Ästhetik des Geräts.

Sicherheit für die Umwelt

Carbonpfeile und ihre Teile, aber auch die Dämpfer sind mehr oder minder unverrottbar, und gehören daher in den Sondermüll. Man sollte auch bedenken, dass man bei Ausübung eines Sports auch einen CO₂-Abdruck hinterlässt. Weite Anreisen zu Wettkampf und Training mit Motorfahrzeugen bedeuten große Abgasmengen. Also: Fahrrad oder E-Scooter verwenden, das Auto mit Kollegen teilen oder Öffis benützen!

Wundballistik

Glücklicherweise sind schwere Verletzungen bei diesem schönen Sport selten. Im Gegensatz zu Feuerwaffen kommt es beim Bogenschießen nicht irrtümlich ausgelösten Schüssen mit an der Sehne vergessenem Pfeil! Werden die Sicherheitsregeln beachtet, dann ist das Risiko ernstlich verletzt zu werden oder gefährlich zu verletzen sehr gering.

Gefährdet sind speziell die Augen. Von der Sehne abspringende Teile eines Nockfixators, aber auch Splitter oder Teile von zerbrechenden Pfeilen, bzw. „Pfeilstiche“ bei Pfeilziehen haben schon öfter zu schweren Augenverletzungen geführt. Lose Bänder am Jackenkrägen mit Knoten oder Klemmstoppeln am Ende können von der Sehne ins Gesicht geschleudert werden. Brillenträger haben hier jedenfalls einen Sicherheitsvorteil!

Stürze im Gelände beim Feld- und 3D-Schießen werden durch das Tragen von Bogen und Pfeilen noch gefährlicher. Dazu kommen natürlich die Gefahren, die jeden Wanderer betreffen: Insekten, Tierbisse, das Gelände, Unwetter, etc.

Pfeile eines Wettkampfbogens können einen menschlichen Körper in den weichen Regionen ohne weiteres durchschlagen. Pfeile, die im Körper stecken, sollte man da belassen, bis ärztliche Versorgung möglich ist. Zum einen kann der Arzt aus Eindringtiefe und Richtung schließen, welche Schäden möglich sind, zum anderen wird auch mögliches Bluten minimiert. Natürlich muss Sorge getragen werden, dass bei Transport und Lagerung des Verletzten der Pfeile keine weitere Schädigung verursacht.

Kleine Verletzungen durch den Schlag der Sehne, an der Hand streifende Naturfedern, Blasen an den Zugfingern sollte man natürlich vermeiden können. Doch sollte man immer Pflaster, Bandage und Desinfektionsmittel zu Hand haben. Auch eine Pinzette zum Ziehen von Schiefen, die man sich an den Scheibenkonstruktion eingefangen hat, ist nützlich.

Anlage A



Kommentiert [GS1]:



Anlage B

Der Pfeil

- Teile des Pfeils: Spitze Schaft Nocke Befiederung
- Pfeilmaße
- Materialien
 - Glasfiber
 - Holz
 - Gespleißtes Holz
 - Alu
 - Alu-Carbon
 - Carbon linear
 - Carbon gewickelt



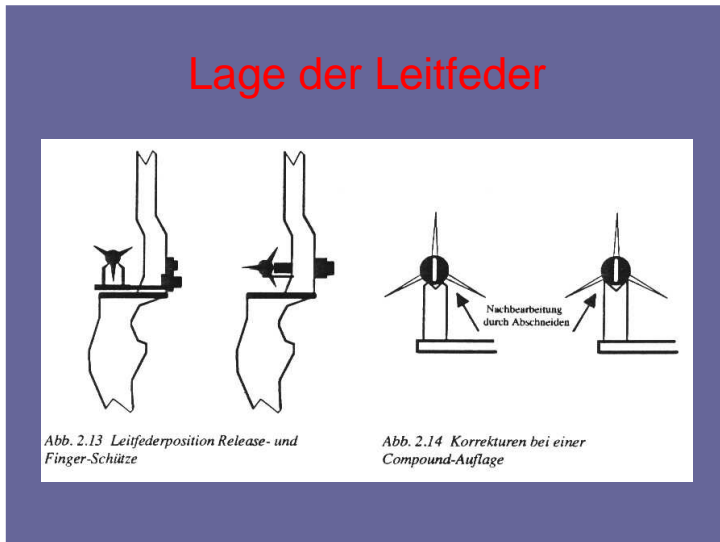
Anlage C

Overdraw und Pivot

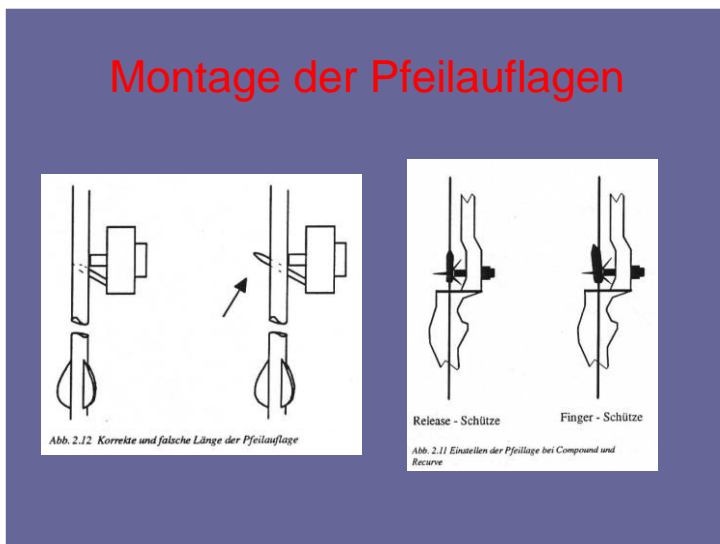


1-2" LESS	2-3" LESS	3-4" LESS
TM Hunter/QuikTune Bodoodle Zapper Trap Door Fall Away	Whisker Biscuit GK Premier Infinity Tuffy Hunter	Muzzy Zero Effect Bodoodle Conquest II Bolt-On Overdraws

Anlage D



Im dritten Bild von links wird die Pfeillage bei Verwendung einer Release Maschine gezeigt, aber: Die Pfeilauflage passt nicht dazu!



Anlage E

			
32000 Hoyt Super Rest Most popular recurve arrow rest. Ideal for beginning archers.	32010 Cartel Super Rest	32020 Hoyt Hunter Rest Ideal for instruction bows. Stronger than standard Super Rest	32210 Cartel Double Wire Rest
			
32100 J.V.D. Flipper Rest Carbon 32110 J.V.D. Flipper Rest Aluminum	32130 Cavalier Flipper Rest T-300 Target	32160 Gompy Flipper Rest Carbon 32170 Gompy Flipper Rest Aluminum	32200 Cartel Flipper Rest Can be cut to length.
			
32230 Win & Win Magnetic Rest Adjustable height, can be cut to length. Best self adhesive arrow rest.	32300 Spigarelli Magnetic Rest *Avalon-Elan-Axis, PSE, Universal 32305 Spigarelli Magnetic Rest GM-Yamaha *Hoyt GM, Yamaha Eolla	32330 Spigarelli Gua Magnetic Rest Highest quality recurve arrow rest currently available.	
			
32340 Cavalier Magnetic Rest Free Flyte All Cavalier magnetic rests can be used as a regular flipper style rest.	32350 Cavalier Magnetic Rest Free Flyte Micro With horizontal micro adjustment.	32370 Cavalier Magnetic Rest Free Flyte Elite CNC machined and adjustable both horizontal and vertical.	

Erweiterung

Die Bedeutung des Tunings

Welche Fehlstellungen kann man bereits beim Laden merken?

Das Tuning soll den idealen Pfeil herausfinden und diesen Pfeil physikalisch optimal aus dem Bogen abgehen lassen. Aus der Erfahrung kann man eine Grundeinstellung treffen (Tiller, Höhe des Nockpunkts, Mittigkeit, Aufspannhöhe; Lage des Peep beim Compound,...)

Alle Einstellungen müssen mit Probeschüssen bestätigt werden. Gutes Tunen setzt voraus, dass man viele Pfeile hintereinander gleichmäßig gut schießen kann. Schussmaschinen helfen nur bedingt, weil diese die persönlichen Parameter des Schützen nicht imitieren können.

Hier sei der Ausspruch eines Indianers des 19. Jahrhunderts vorangestellt, der sagte: Der Bogen ist nicht so wichtig, was zählt ist der Pfeil!

Eine der wesentlichsten Tuningmaßnahmen besteht darin, den für den Bogen am besten geeigneten Pfeil zu finden. Aber der Pfeil muss auch zum Wettbewerb bestens geeignet sein. Ein exakter Pfeil ist wichtiger als ein schneller Pfeil bei Flachbahnwettbewerben. In der Halle muss der Pfeil einen Durchmesser nahe am erlaubten Max-Limit haben, damit die Wahrscheinlichkeit steigt, Ringe anzukratzen oder zu durchschlagen. Diese Eigenschaft darf aber nicht in Widerspruch zur Forderung nach guter Gruppierung stehen! Um den Pfeiflug rascher zu stabilisieren, werden in der Halle des öfteren auch größere Federn verwendet.

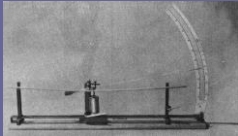


Ein Kriterium für die Wahl des Pfeils ist dessen Spinewert. Der Pfeil wird zur Bestimmung des Spinewerts auf zwei Rollen im Abstand von 28" gelegt, in der Mitte mit einem Normgewicht belastet. Die Durchbiegung wird in Inch angegeben. So bedeutet Spine 1300 eine Durchbiegung von 1,3 Inch.


Spinewert

- Statischer Spinewert:
Biegewert bei
Querbelastung 26
Zoll, 2 Pfund
- Dynamischer
Spinewert:
Biegeverhalten bei
Druckbelastung in
Längsrichtung



Der Pfeil 2

- Spinetest-Maschine 
- Richtgerät 
- Säge 

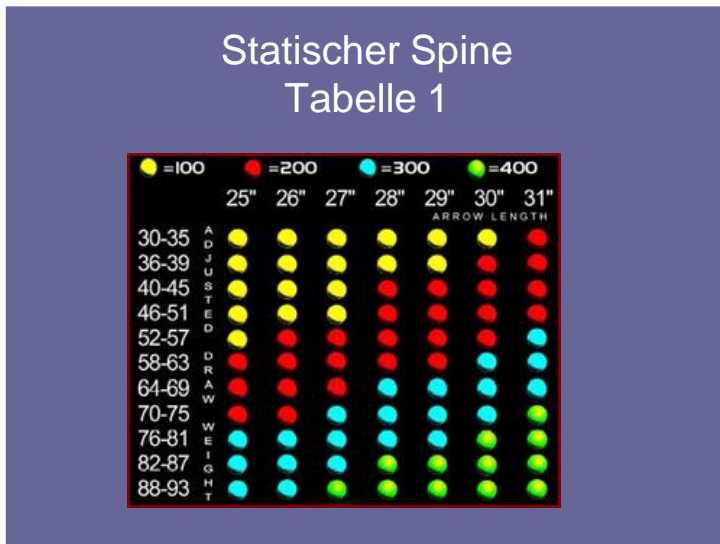


Für den Schützen gibt es zwei Tabellen, die ihm helfen, den richtigen Pfeil für seinen Bogen auszuwählen: Die unterhalb stehende zeigt, welcher Spinewert für welche Zugstärke verwendet werden sollte, allerdings ohne Berücksichtigung der Auszugs- und damit der Pfeillänge!

Zuordnung Spine - Pfund

AMO SPINE CHART		
1.300 - 20#	.566 - 46#	.366 - 71#
1.248 - 21#	.555 - 47#	.361 - 72#
1.196 - 22#	.543 - 48#	.357 - 73#
1.144 - 23#	.532 - 49#	.352 - 74#
1.092 - 24#	.520 - 50#	.347 - 75#
1.040 - 25#	.511 - 51#	.343 - 76#
1.005 - 26#	.501 - 52#	.338 - 77#
.971 - 27#	.492 - 53#	.334 - 78#
.936 - 28#	.482 - 54#	.329 - 79#
.902 - 29#	.473 - 55#	.325 - 80#
.867 - 30#	.465 - 56#	.321 - 81#
.842 - 31#	.457 - 57#	.317 - 82#
.817 - 32#	.449 - 58#	.314 - 83#
.793 - 33#	.441 - 59#	.310 - 84#
.768 - 34#	.433 - 60#	.306 - 85#
.743 - 35#	.426 - 61#	.303 - 86#
.724 - 36#	.420 - 62#	.299 - 87#
.705 - 37#	.413 - 63#	.295 - 88#
.688 - 38#	.407 - 64#	.292 - 89#
.669 - 39#	.400 - 65#	.289 - 90#
.650 - 40#	.394 - 66#	.285 - 91#
.636 - 41#	.388 - 67#	.283 - 92#
.621 - 42#	.383 - 68#	.280 - 93#
.607 - 43#	.377 - 69#	.277 - 94#
.592 - 44#	.371 - 70#	.274 - 95#
.578 - 45#		

Aus untenstehender Tabelle kann man erkennen, dass ein Pfeil bei kürzerem Auszug bei höherem Zuggewicht verwendet werden kann.

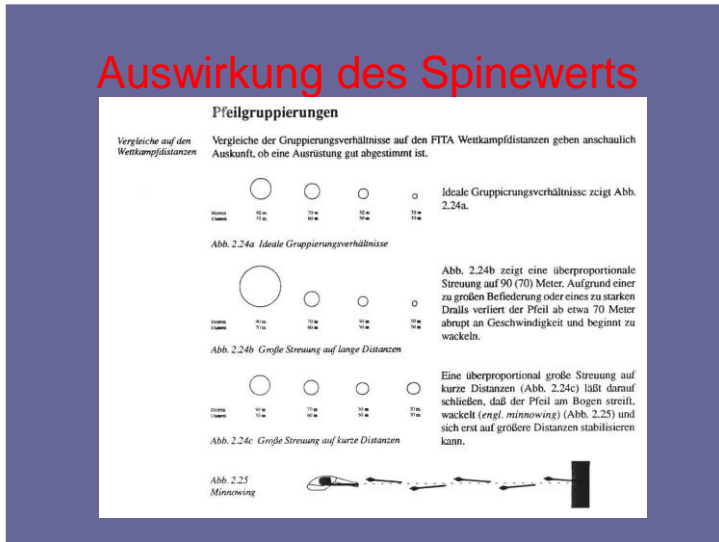


Dies ist die Tabelle einer Produkserie einer Firma, bei der neben Auszugslänge und dabei erreichtem Zuggewicht auch verschiedene Spitzengewichte berücksichtigt werden. Eine schwere Spitze macht den Pfeil dynamisch weicher. Durch ihre größere Trägheit „wehrt“ sich die Spitze länger als eine leichte Spitze gegen die Schubkraft der Sehne, der Pfeil biegt sich mehr, bevor die Spitze Bewegung aufnimmt.

Auch in der folgenden Tabelle werden verschiedene Spitzengewichte ausgewiesen.



Die folgende Abbildung zeigt, wie es sich auf das Gruppieren auswirkt, wenn der Spinewert nicht optimal ist.



Prominente Produkte haben den Spinewert aufgedruckt.

Aber: Wichtig ist, wie sich der Pfeil beim Abschuss biegt. Man nennt das den dynamischen Spine.

Der hängt von der eingebrachten Energie, dem Gewicht der Spitze und von der Vorkrümmung beim Laden ab. Und dieser dynamische Spine muss passen. Man kann die Trägheit des Pfeiles über das Gewicht der Spitze beeinflussen, die eingebrachte Energie (v_0) durch Veränderung der Wurfwinkel, anderes Sehnengewicht u.s.w. verändern.

Als erstes gilt es, den Bogen in den optimalen Abschuss-Modus zu bringen, d.h., für optimale Kraftübertragung vom Bogen auf den Pfeil zu sorgen. Nach der Wahl einer Aufspannhöhe (dafür gibt es auch mehrere Kriterien) wird der Tiller, die richtige Höhe des Nockpunkts und die Mittelschüssigkeit eingestellt. Diese Einstellungen können erst mit dem gewählten Pfeiltyp exakt durch Testschüsse festgestellt werden.

Sinn der Sache: Die Knotenpunkte des Pfeils müssen auf der Trajektorie beschleunigt werden und während des Fluges dort verweilen.

Als nächstes werden die Pfeile unbefiedert auf 30 bis 50m geschossen. Ausreißer versucht man durch

Drehen der Nocke so zu beeinflussen, dass sie in die Gruppe zurückkehren. Schon in dieser Tuningphase kann man versuchen, durch Ändern des Buttondrucks und der Mittigkeit eine kleinere Gruppe zustande zu bringen.

Ehrgeizige Schützen stellen vor dem Benocken den Spline jedes Pfeils fest, das heißt jene Position des Pfeils am Belastungsgerät, bei der er sich am weitesten durchbiegt. Diese Seite wird markiert.

Beim Recurve wird die Nocke so gesteckt, dass die Splinestelle horizontal zum Bogen zeigt, beim Compound sollte der Spline vertikal nach unten weisen, jeweils in Erwartung der ersten Biegung beim Abschuss. Besonders wichtig - und auch deutlicher zu sehen - ist der Spline bei Holzpfeilen.

Um zu entscheiden, ob man links- oder rechtsdrehend befiedert, werden Blankschäfte auf kurze Entfernung geschossen und auf Grund der Nockstellung untersucht, nach welcher Richtung die Pfeile drehen. In diese Richtung sollte auch befiedert werden.

Feintuning

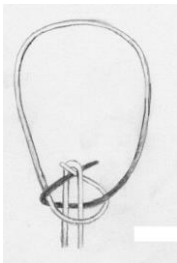
Nach dem Einstellen aller Parameter geht es ans Feintuning: Auf größere Distanz werden Gruppen geschossen. Durch Verändern einzelner Parameter wird versucht, die Gruppierung enger zu machen. Wichtig: Es darf immer nur ein Parameter verändert werden, vor dem Ändern sollte man den Istzustand notieren oder markieren, damit man eventuell wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren kann.

Voraussetzung ist, dass der Schütze viele Pfeile hintereinander mit hoher Qualität schießen kann, und auch in der Lage ist, zu erkennen, wenn er ein „Streichresultat“ produziert hat. Man muss auch im Auge behalten, dass das Ändern einer Einstellung Auswirkung auf andere Einstellungen haben kann.

Eines der Tuningziele ist es auch, dass die seitliche Visiereinstellung bei allen Entfernungen gleichbleibt.

Sehnen

Die Sehnen waren früher aus Naturmaterialien (Hanf, Schilf, Leder, ..), wasserempfindlich, dehnbar.

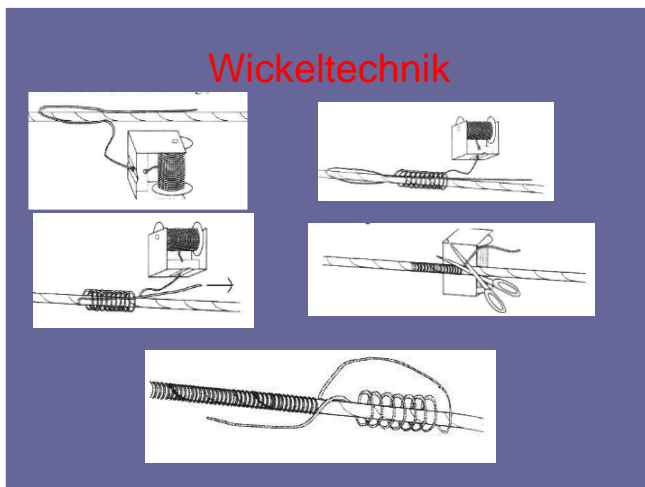


Die Befestigung am Bogen erfolgte mit verschiedenen Knoten. Die Engländer des Hundertjährigen Kriegs hatten an einer Seite der Sehne eine Schlinge, am anderen Ende wurde die Sehne mit einem „Bogenbauer“noten in der gewünschten Aufspannhöhe befestigt. Man kann die Sehne auch mittels einer kleinen Hilfsschleife befestigen, wie sie nebenstehend abgebildet ist. Man damit auch eine im Sehnenauge gerissene Sehne wieder benützlich machen!

Heute werden synthetische Fasern verwendet, die Sehnen aus einzelnen Strängen zusammengesetzt. Die Sehne muss aber im Zusammenwirken mit der Mittenwicklung dick genug sein, dass die Nocken gut sitzen und die Sehne nicht zu tief in den Fingerschutz einschneidet. Das Gewicht der Sehne (Anzahl der Stränge, Material und Länge der Wicklungen) sowie aller Einbauten (Peep, Nockfixatoren, D-Loop) beeinflusst auch die Schnelligkeit des Bogens. Wenig dehnbare Sehnen übertragen mehr Energie auf den Pfeil, aber sie „schocken“ auch den Bogen mehr. Viele Bogenkonstruktionen aus Holz verlangen daher nach „weicheren“ Sehnen.

Die Sehnen können auch durch das Verdrehen zweier „Halbsehnen“ gebaut werden, wobei dann meist Zweifarbigkeit beabsichtigt ist.

Als Konstruktionen sind die Endlossehne bei Bögen, die harte Sehnen vertragen im Gebrauch. Bei vielen Bögen aus dem traditionellen Spektrum kommt der flämische Spleiß zur Anwendung. Dabei wird die Sehne aus einzelnen Strängen konstruiert. Die Enden des Strangbündels werden als Schlaufe zurückgebogen und eingespleisst, wie das Seeleute mit Tauen machen. Vorteile: Die Sehnenaugen sind genau so stark wie die übrige Sehne (bei Endlossehnen nur halb so stark!). Die Sehne ist schon auf Grund der Konstruktion etwas elastisch. Nachteil: Sie ist schwerer als eine Endlossehne mit gleich vielen Strängen.



Sehnen

- Material
- Wickelart
- Sehnenaugen
- Sehnenbau

BOGENBAUER-KNOTEN
verstellbarer Knoten für die
untere Sehnenklaufe

Flämisch Spleiß Sehne

Endlossehne

Das Aufspannen der Sehne auf einen Bogen

Ich habe 40 Jahre am Universitätsinstitut Bogenschießen unterrichtet. Die Studenten der ersten Einheit spannten die Geräte auf, die der letzten wieder ab. In den Einheiten dazwischen fanden meine Schüler meist schon für sie geeignete Bögen in aufgespannten Zustand vor. Natürlich gab es auch eine Lektion, wie man Bogen spannt, aber ich kontrollierte nicht, wer da alles anwesend war.

Ein Student einer mittleren Einheit, der die Spannlektion versäumt hatte, bekam zu Weihnachten von seiner Familie eine Bogenausrüstung geschenkt und wollte natürlich das Geschenk gleich ausprobieren, hatte aber keine Ahnung, wie er die Sehne auf den Bogen bekommen sollte. Die ganze Familie half beim Biegen und Drücken mit, und nach einer Stunde war der Bogen gespannt!

Diese Geschichte soll illustrieren, dass es nicht ganz einfach ist, eine Sehne aufzuziehen, vor allem, wenn der Bogen stark ist.



Die erste Methode, die ich gelernt habe, ist die Methode der Jäger und Krieger, **das Durchsteigen**. Diese Art hat aber den Nachteil, dass der Bogen dabei verdreht wird. Macht man das oft, dann bleibt der Bogen bald verdreht und verliert stark an Qualität.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass man ziemlich kräftig sein und auch den Druck am Schienbein aushalten muss. Weniger schädlich für den Bogen wird es, wenn man um den Knöchel des Stützbeins eine Lederschlinge trägt, in der der Bogen mit seinem Ende eingehakt wird. Siehe nächste Abbildung.

Die kurzen spannen, weil sie im Gegenrichtung Beine aufgespannt.



Durchsteigen mit Fußschlinge.

Reiterbögen sind besonders schwer zu entspannten Zustand sehr stark in der gebogen sind. Sie werden auch über die



Früher und heute. Nicht einfach, wenn der Bogen 80 Pfund hat!

Die Standardmethode für Lang- und Recurvebögen ist jedoch das Aufspannen mit Hilfe einer Spannschnur (Bow Stringer).

Es gibt dabei 3 Typen:

- a) Die Schnur (oder das Band) wird Leder-Käppchen an den Tips des Bogens eingehängt. Dabei muss das Käppchen an der Seite, wo die Sehne einrasten soll, so klein sein, dass die Rille für die Sehne freiliegt. Die Sehne muss schon auf dem Wurfarm aufgeschoben worden sein, und wird dann am Wurfarm entlang in ihre Endposition geschoben.



schlecht halt findet, ohne die Sehnenrille abzudecken.

- b) Das nebenstehende Bild zeigt die Version zwei. An einem Ende des Bogens ist die Sehne bereits eingehängt und wird von der Lederkappe der Spannvorrichtung blockiert, an der anderen Seite liegt eine Schlinge über dem Wurfarm. Diese Methode eignet sich besonders gut, wenn die Sehne so kleine Augen hat, dass diese nicht auf die Wurfarme aufgeschoben werden können, oder die Tips so klein sind, dass darauf ein Lederkäppchen



- c) Die rosa Haken werden auf beiden Seiten über die Wurfarme geschoben, die Tips haben mit dem Spannen nichts zu tun!

Wie man bei b) sieht: Man steigt mit einem Fuß mittig auf Spannschnur oder-band, zieht den Bogen am Griff mit einer Hand hoch, während die andere Hand die Sehne einrasten lässt. Bei b) und c) kann das freie Sehnenende von außen kommen!

Wichtig bei allen Aufspannmethode: Den Bogen möglichst weit außen belasten. Das Biegen sollte gleichmäßig auf beide Seiten verteilt werden, damit nicht eine Seite mehr gebogen wird als sie verträgt!
Die Länge der Spannschnur (des Bandes) muss der Bogenlänge und der Körpergröße des Spanners angepasst werden. Bei zu großer Länge wird das Heben des Bogens sehr anstrengend, zugleich erreicht man aber nicht mehr das Wurfarmende.

Weitere Methoden ohne Spannschnur

a) Das Aufstreifen der Sehne



Diese Methode ist symmetrisch, biegt den Bogen weit außen, aber ist aber gefährlich. Rutscht die Sehnenhand ab, dann wird der Bogen von der unteren Hand gegen den Körper gerissen, das obere Ende des Bogens schnell gegen das Gesicht. Dies ist bei Recurvebögen extrem gefährlich. Es macht Sinn, wenn ein Assistent einen seiner Arme zwischen Körper und Bogen des Spanners hält, um

einen eventuellen Bogenschlag abzufangen. Einen Assistenten benötigt man auch, wenn die Sehne von außen aufgezogen werden soll. Für Kleine ist es sehr schwierig, einen langen Bogen so zu spannen!



b) Der Bogenknecht. Auf der einen Seite wird der Bogen aufgelegt, auf der anderen gegen den Haken gezogen. Das Maschinchen kann zusammengefaltet werden. Die vereinfachte Version: Anstatt des Hakens wird eine Schlinge um den Bogen gelegt, in der auch ein Fuß platziert wird. Als Auflager an der tiefen Seite kann man irgendeine Art von Walze (Flasche, Kanalrohr, Polster) verwenden.

c) Die Spannvorrichtung an der Wand

Montiert man einer Wand zwei Rohre in der richtigen Höhe und mit passendem Abstand zueinander, dann kann man das untere Rohr als Widerlager in der Recurvekrümmung verwenden, das andere Rohr kommt in der Griffmulde zu liegen. Die Sache funktioniert nun wie bei b), nur kann man jetzt aufrecht stehen, und sein Körpergewicht als Biegekraft einsetzen.

Bei eleganten Vorrichtungen kann der Abstand der beiden Rohre verändert werden, um die Anlage an die verschiedenen Bogenlängen anpassen zu können.

d) Es gibt noch die Methode, den Bogen in beiden Recurvekrümmungen aufzulegen und in der Mitte niederzudrücken. Anstelle von starren Materialien kann man als Widerlager menschliche Oberschenkel nehmen! Zwei Leute knien nebeneinander auf einem Bein nieder und stellen das andere Bein mit waagrechtem Oberschenkel nach vorne. Der Abstand muss so gewählt werden, dass die Recurvekrümmungen genau auf die Oberschenkel passen. Eine dritte Person drückt nun den Bogen so weit nieder, bis die Sehne eingehängt werden kann. Der Job als Widerlager ist nichts für Weicheier!

Das „Entspannen“ eines Compoundbogens

Beim Kauf eines CB hat man zunächst kein Spannproblem, bleiben diese Bögen doch immer aufgespannt. Aber dann kommt das Tuning, der Einbau eines Peeps, das Synchronisieren der Cams, der Kampf gegen das Camlean. Und irgendwann müssen auch die Sehne und die Kabel ersetzt werden. Besonders nett wird es, wenn eins von beiden reißt und der Bogen „aufgeht“.

Eine einfache Methode, den CB zu entspannen besteht darin, dass man den Bogen aufzieht und ein Helfer die Cams an den Wurfarmen blockiert, indem er oben und unten einen Schraubendreher durch ein passendes Loch im Cam schiebt. Nach getaner Arbeit (auch Sehnentausch ist so möglich), wird wieder an der Sehne gezogen und der Helfer nimmt die Sperren weg. Ähnlich funktioniert ein Band mit zwei Endhaken, die bei aufgezogenem Bogen an den Wurfarmenden eingehängt werden.

Für viele Arbeiten reicht aber die obige Methode nicht. Für CB mit älterem Design, deren Wurfarme auseinander zeigen, und deren Wurfarme an den Enden Schlitze zur Aufnahme der Cams haben, kann man das nebenstehend abgebildete Spannseil verwenden. Dabei wird Seil mit den Querbalken in den Wurfarmschlitzn eingehängt.



Da dabei das Seil den Wurfarm sehr stresst, gibt es eine verbesserte Version mit Haken, die außerhalb der Cams an den Wurfarmenden eingehängt werden. Bei gesplitteten Wurfarmen bleibt sowie keine andere Wahl.



Leider haben mittlerweile moderne Compound-bögen Wurfarme, die sich stark nach innen biegen. Da funktionieren diese beiden Methoden nicht. Man steckt nun eine Verlängerung an die Wurfarme, und gewinnt zusätzlich noch eine günstige Hebelwirkung.



Es gibt aber auch Maschinen, die das Zusammenpressen des Bogens bewerkstelligen. Diese haben den Vorteil, dass der Bogen dabei stabil eingespannt ist, und man in aufrechter Haltung alle Wartungsarbeiten durchführen kann.

Diese Design eignet sich nur für sehr aufrechte Wurfarme. Der Bogen wird mit den

Wurfarmenden auf die unteren Rollen gelegt, die oberen Rollen werden heruntergekurbelt und drücken auf die Enden des Mittelstücks. Bei modernen Bögen funktioniert das so nicht, weil der Bogen ja mit nach innen weisenden Wurfarmen nicht aufgelegt werden kann. Da



© Cropping/V. Leicester Archery Supply 2011

muss die Maschine etwas komplizierter sein. Vor allem benötigt man auch Möglichkeit, die Maschine auf die vielen verschiedenen Bogen- und Mittelstücklängen anpassen zu können. Und diese Maschine berücksichtigt auch noch große Cams. Würde man innerhalb der Cams auf die oft kurzen Wurfarme drücken, würden diese zu stark belastet. Also muss man neben den Cams in der Nähe der Achsen drücken. Dazu braucht man aber zwei Räder pro Achse.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2	Das Aufspannen einer Sehne	66
Gliederung der Ballistik	4	Das „Entspannen“ eines CBs	69
Innenballistik	5		
Ladeballistik	15		
Zielballistik	17		
Abgangsbalistik	18		
Physikalische Maße	20		
Abschussballistik	25		
Über Flugbahnen im Allgemeinen	36		
Formeln	36		
Geschossballistik b	42		
Physik des Pfeilflugs	46		
Außenballistik	48		
Endballistik – Zielballistik	52		
Sicherheitsballistik	53		
Wundballistik	54		
Anlage A Pfeilspitzen	55		
Anlage B Der Pfeil	56		
Anlage C Overdraw und Pivot	57		
Anlage D Lage der Leitfedern	57		
Anlage E Pfeilauflagen	59		
Anlagen Pfeilauflagen Compound	60		
Bedeutung des Tunings	61		
Sehnen	66		
Wickeltechnik	66		

