

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. Und natürlich kamen bald auch Kanonen dazu.

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: Geschwindigkeit und Beschleunigung)

Dynamik: Untersuchung von [Masse](#) 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 Wurfarms von Bögen sind Federn!

Hookesches Gesetz: Federkraft 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 (Wurfarms, 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 Max. weite kostet. Beim Flight-Schießen versucht man alles auszureizen, was den Luftwiderstand minimiert. Vor allem gilt es, turbulente Strömungen zu minimieren. 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 Meeresniveau. 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

Außenballistik

Flugballistik

Flugbahnen

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

Wirkung auf das Zielobjekt

Auftreffwirkung auf den Pfeil

Sicherheitsballistik

Sicherheit für den Schützen

Andere Personen und die Umgebung

Das Material

Die Umwelt

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) Funktion

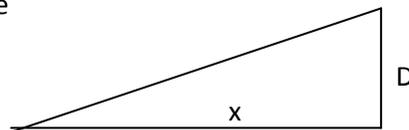
Beim Bogen handelt es sich um eine „Federwaffe“, d.h. das Geschoss wird durch Federkraft beschleunigt. Beim Spannen einer Feder wird Arbeit verrichtet, d.h. Kraft längs eines Weges aufgewendet. Es wird „elastische“ Energie als potenzielle Energie gespeichert. Eine Feder ist ein elastischer Körper, der bei Verformung Energie speichert, sie als „Rückstellkraft“ zum Teil wieder frei gibt, und in ihre 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 Wurfarms 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 Wurfarms $D=0,4$ festlegen und leicht für jede andere Zuglänge das Zuggewicht berechnen.

Problem: Die Wurfarms sind vorgespannt. Mit welcher Biegekraft? Der Zug erfolgt nicht quer zur Feder, sondern mit der Vergrößerung des Auszugs immer schräger!

Kann man sagen, dass die Vorspannung die Federkonstante festlegt?

Vergleichen wir dies mit den Zugkraftkurven-Diagrammen aus der Biomechanik, dann sehen wir dort Kurven, die von der Linearität etwas abweichen, weil die Wurfarms 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.

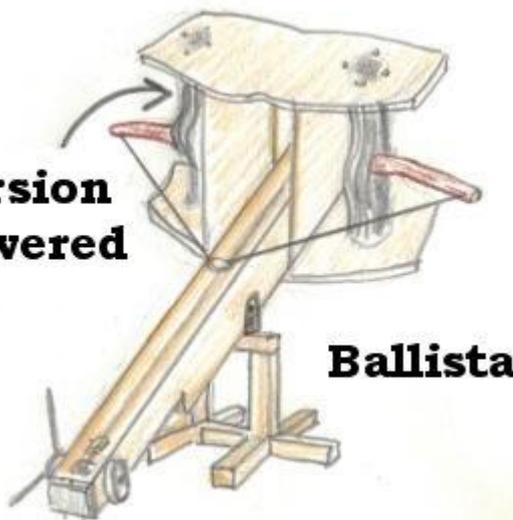
Man kann aus den Zugkraftkurven auch erkennen, dass ein Langbogen schlechter, ein Recurvebogen besser, der Compoundbogen wesentlich besser als eine gleich stark gespannte lineare Feder wirkt. Der Recurvebogen speichert ca 26% , der Compoundbogen ca 36% mehr Energie als ein gleich starker Langbogen! Will 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 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. Der Wirkungsgrad ergibt sich als Quotient $\eta = E_{kin}/E_{pot}$

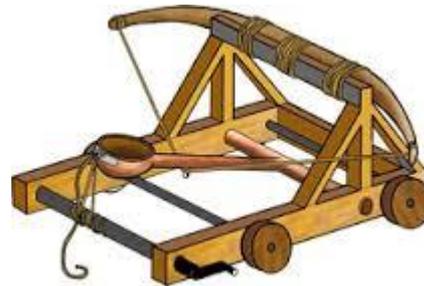
Damit der Bogen schußfähig wird, muss er aufgespannt werden. Die verschiedenen Methoden werden in einem Kapitel des Anhangs erläutert, weil dies nicht unmittelbar mit dem Hauptthema zusammenhängt.

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

**Torsion
Powered**



Ballista



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

Recurvebogen Verschiedene Bauformen
Im Lauf der Geschichte wurde schon vor mindestens 20000

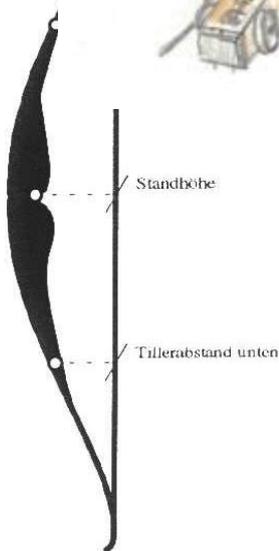
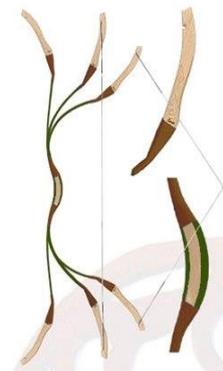


Abb. 2.6 Standhöhe und Tiller

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 zusammensetzte, Beschichtungen aus Horn (Druckseite) und Sehnen (Zugseite) auf Holz aufbrachte. Auch die Recurve-Form als das Biegen erleichternde 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 dienen.

Links: Mittelstück mit Griffmulde, Wurfarme, Sehne. In einem Stück.

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.

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 vorbei geführt (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 im Bezug auf die „Wurzeln“ der Wurfarne. Insbesondere bei den modernen Compounds mit fast parallelen Wurfarne 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: Pfeil auf Handrücken. Handrücken wird durch einen Handschuh oder Schild vor dem Pfeil geschützt

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

Recurve: Auflage: Zahllose Modelle, einfach, mechanisch, verstellbar, geklebt, geschraubt (siehe Anhang)

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

Keine 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

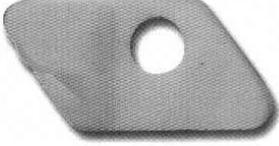
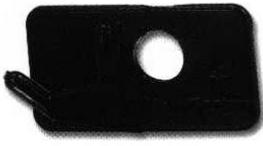
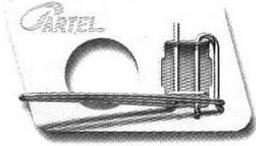
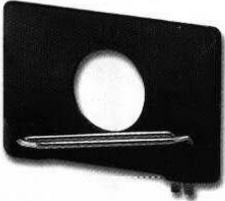
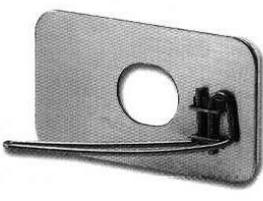
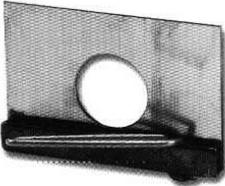
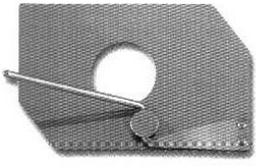
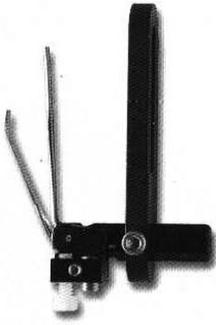
Fixatoren: Aus Metall, verschiedene Durchmesser, geknotet, auf Sehne aufgefädelt, Eine kleine Spule, deren Ränder die Fixatoren ersetzen.

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

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

Nocken

e) Stahlkugel - Magnetnocke . Im Boden der Nocke befindet sich ein kleiner Stabmagnet , der für den Halt des Pfeils an der Sehne sorgt.

			
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.	



BOGENBAUER-KNOTEN *verstellbarer Knoten für die untere Sehnenschlaufe*

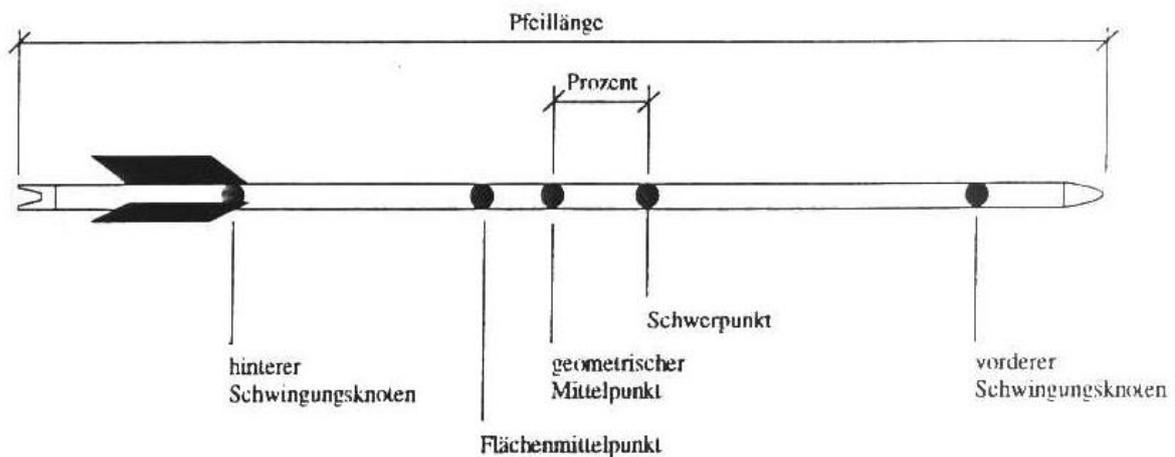


Abb. 2.3 Geometrie des Pfeiles

Compound

Der Compound kann ebenfalls mit den Fingern geschossen werden. Dann gibt es auch Pfeilauf- und Anlage. Da aber der Compound mehr Energie frei setzt, 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!

Insbesondere gibt es für die Jagd 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 Jägerfolg ist das aber ohne Belang.

Compound- Pfeilaufgaben können auch wegfallend konstruiert werden

- Auflage wird beim Aufziehen in Position gehoben
- Wird beim Abschuss weggezogen
- Wird durch den Abschuss-Schock magnetisch oder mechanisch zum Fallen gebracht. Das Wegfallen wird durch einen Federspeicher beschleunigt.

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

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

Bei Loops wird die Releasemaschine 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.

Release Aids können auch direkt an der Sehne mit einem Haken, einer Zange oder einer Schlinge angehängt werden.

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 C. das Peep in die Sehne eingebunden: Eine schräge Metallscheibe mit Loch in der Mitte!

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)

Peep mit Zuggummi –Ausrichtung

Peep mit Linse oder austauschbarem Loch.

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 sieht, dann ist der Bogen so ausgerichtet, als würde man durch ein Peep schauen. Vorteil: Kein Verdrehen, kein Lichtverlust. Nachteil: Zentrieren des Visiers entfällt. 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 die Peep-Öffnung größer sein!

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

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

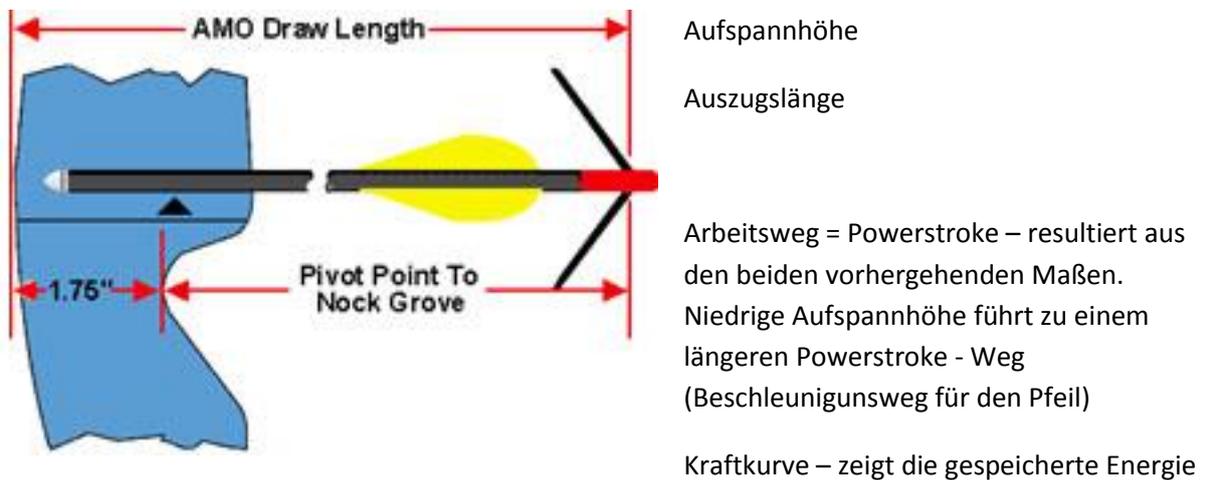
Overdraw

Verschiebt man die Pfeilauflage 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.

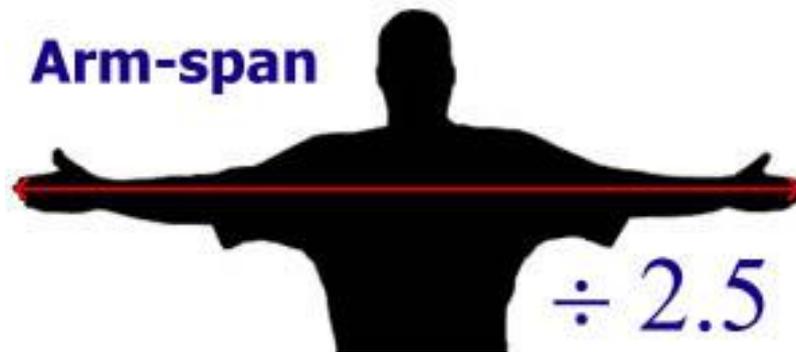
Pivotpoint – jener Punkt, um den sich der Bogen um seine mechanische Querachse dreht, tiefster Punkt im Griff, siehe Bild unterhalb.

Relevante Bogendaten



und das Zugverhalten des Bogens auf

Spannweitenformel – ein Bogen muss zur Auszugslänge des Schützen passen. Diese 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 : Geradeaus, hängend, pendelnd, schräg, asymmetrisch.

Zylindrisch, oval, aus mehreren Rohren. Zusatzgewichte, Dämpfungselemente. Wo überall, Welche Stabis, welche Systeme

Wichtige Funktionen der Stabilisierung:

Günstige Schwerpunktlage des Systems.

Dämpfung von Schwingungen ruhiges Zielen!!!

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

Gewicht der Stabilisierung wächst mit Zuggewicht und physischer Stärke des Schützen

Dämpfungs-Vorrichtungen

Sehrendämpfer

Schwingungsdämpfer Im Bogen integriert, aufgeschraubt, aufgeklebt, in den Stabis.

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.

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 die Form des Kornes: Außenform (Quadrat oder Zylinder) Innenform (Loch(blende), Punkt, Lichtsammler,..)

Beim Compound Linse oder Stacheln.

Nummernskala oder selbsterstellte Marken

Der Visierläufer sollte gegen Losprellen gesichert sein.

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 Ziel auftaucht ist die richtige Auszugslänge erreicht. Vorteil: Man kann nachlassen und nochmals in Position gehen.

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

Das Geschoss ist in der einfachsten Form ein Zylinder mit einem Länge-Durchmesserverhältnis 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, das Gewicht die Einstellung der Pfeilauflage. Die Nockengröße ist für den richtigen Sitz auf der Sehne und den Abstand der Nockfixatoren wichtig.

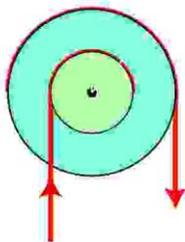
Alle anderen Eigenschaften sind für die Flugeigenschaften und die Endballistik von Bedeutung und werden später behandelt.

Ladeballistik

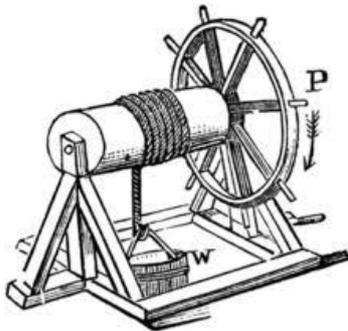
Wie verhält sich der Bogen beim Laden (aufziehen, öffnen)? Wie biegen sich die Wurfarme, wieviel Energie wird pro Einheit gespeichert. Wieviel Energie wird gesamt gespeichert?

Beim Aufziehen eines Recurvebogens werden zuerst jene Teile der Wurfarme gebogen, die zwischen Recurve und Griffstück liegt. Der Recurve (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 Sehenaugen. 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.

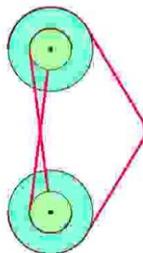
Beim Compoundbogen kommen exzentrisch gelagerte und meist asymmetrische Wellräder zum Einsatz. Das Wellrad gehört zu den einfachen mechanischen Maschinen, wird auch als Kraftwandler bezeichnet, ist seit der Antike bekannt und für viele Zwecke in Anwendung.



Zu Beginn des Ladens liegt die Sehne am kürzeren Hebelarm, während des Ausziehens (je aggressiver die Cams um so 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.



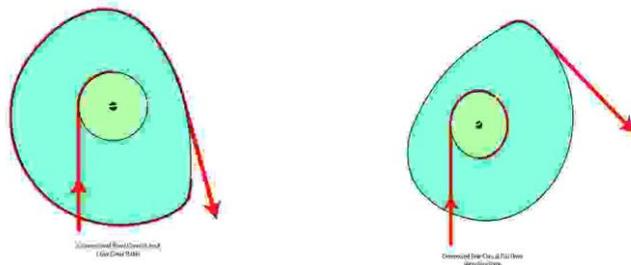
Eine typische Anwendung seit tausenden Jahren ist das Brunnenrad.



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 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 (gesplittete Sehne), deshalb auch manches Mal als Yokekabel bezeichnet. Nachteil: Eine sehr lange Sehne (bis 2.5m), vertikale Nockbewegung.

1b) Um die lange Sehne zu vermeiden, gibt es das Idlerwheel auch zweispurig. 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 zweispuriges 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.

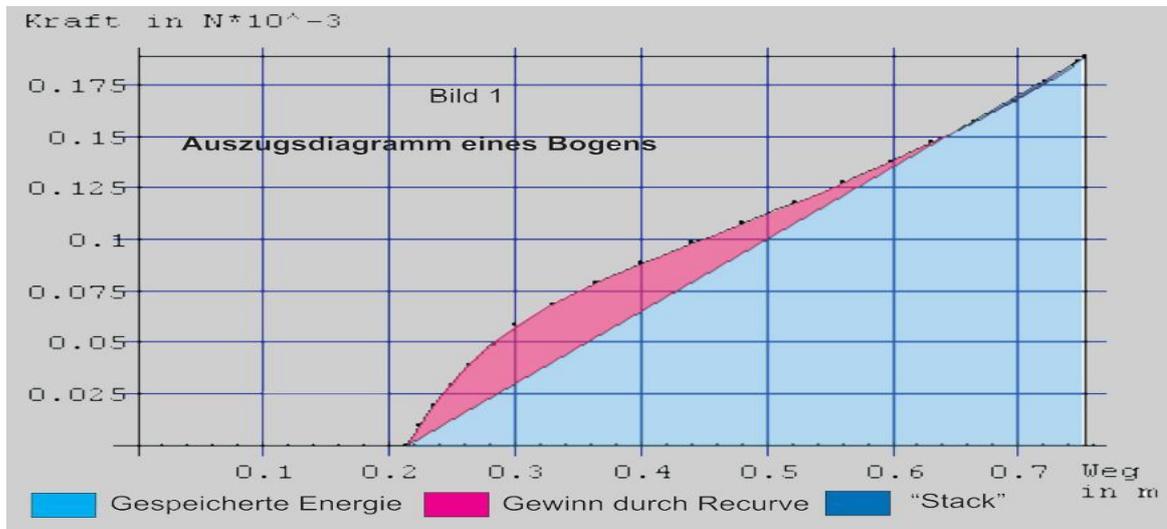
4) Binary Cam: Hier enden die Kabel nicht im Yoke, sondern im anderen Cam. Diese Cams sind mehr oder minder selbst synchronisierend, aber das Camlean ist schwer in den Griff zu bekommen. Bei allen Systemen gibt es Soft-, Medium- und Hardcams. Bei allen Systemen gibt es auch Cams mit der Möglichkeit, 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 inch(Auszug) 6gr/lib
 IBO 70 lib 350gr 30 inch 5gr/lib

1



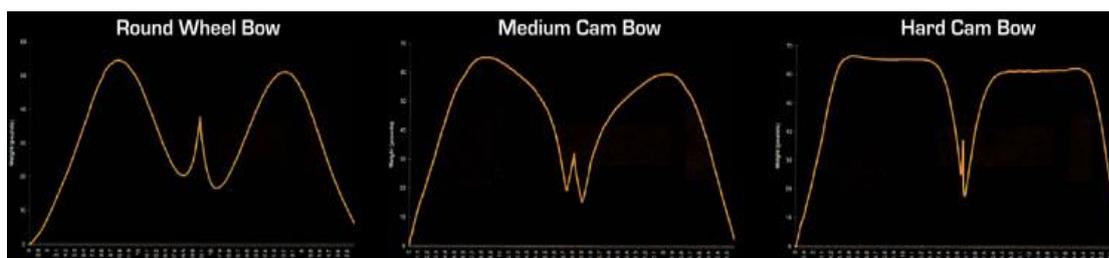
Die gespeicherte Energie lässt sich in Form eines Auszugs-Diagramms sichtbar machen. Hier handelt es sich um einen Recurvebogen.

Abgangsballistik

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. 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 Recurvewurfarmen gibt es daher meist mindestens zwei Zugkraftangaben für die Verwendung unterschiedlich langer Mittelstücke.

Langbogen < Recurve < Jagdrecurve < Compound

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 um so größer, je größer die Masse oder die Beschleunigung. 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. $e < 0.5$: Spielzeug ; $e < 7.5$: Frei ab 18 J.

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: $v_0 = 60\text{m/s}$ Pfeilgewicht 300 grain (5 Grain/pound empfohlene Mindestmasse)

1 grain = 0,0647989 Gram Pfeilgewicht = 19,44 Gramm = 0,01944kg

$e = 0,01944 \times 60^2 / 2 = 35\text{J}$

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 Wurfarne, 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 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 gegengerichteten asymmetrischen Einstellung auszugleichen.

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 gegeneinander gedrückt, der Pfeil wird möglicherweise zwischen den Nockfixatoren geklemmt, dadurch zu stark auf die Pfeilaufgabe 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 von oben nach unten gegen die Pfeilanlage 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 Schlängeln ähnelt und als Pfeilparadoxon bezeichnet wird, macht es möglich, dass der Schwerpunkt des Pfeils durch die Längsachse des Bogens geht, ohne dass Teile der Bogenmasse diese Mitte passieren.

Unmittelbar nach dem Lösen beginnt auch die Rotation des Pfeils, die die Schlängelbewegung 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

Eigengewicht des Bogens. Hier ist die Masse des Bogens gemeint. Ein schwerer Bogen widersteht Drehmomenten mehr als ein leichtes Gerät und setzt den vorschnellenden Wurfarmen 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

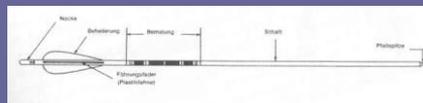
Neben der Aufgabe, den Pfeil in Rotation zu versetzen und damit eventuelle Geschoßfehler zu neutralisieren, soll die Befiederung die Ausrichtung des Pfeils beschleunigen. Aber vor allem bei Seitenwind kommt der Befiederung eine entscheidende Bedeutung zu. Die Zahl der Federn ist standardmäßig 3, die Schrägstellung 1,5°. 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 (trifftend). Dadurch können Pfeile relativ gut ihre Flugbahn auch bei deutlichem Seitenwind einhalten.

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 Befiedern erkennbar
- Sichtbarkeit
- Extra Bremswirkung (Flu-Flu)



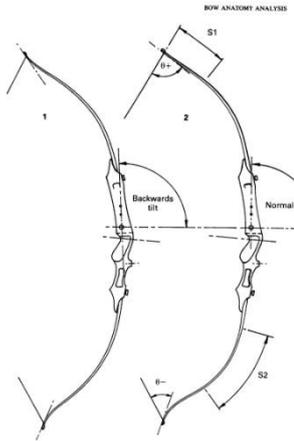
Overdraw

Definition: Von Overdraw spricht man, wenn die Pfeilauflage näher am Schützen liegt als der tiefste Punkt des Griffs. Auf diese Weise kann man kürzere, leichtere und damit schnellere Pfeile schießen (und auch weichere Pfeile!). Nachteile: Pfeile, die von der Auflage fallen, fallen auch aus dem Bogen Richtung Bogenhand!! Bei Vorwärts- oder Rückwärtsdrehmomenten wird die Pfeilauflage stark vertikal bewegt.

Pivotpoint: Eigentlich „Drehpunkt“, der tiefste (vom Schützen am weitest entfernter Punkt des Griffs, ungefähr ident mit der Zone der Tabatiere.

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!

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

Zielen

Zielen heißt, dass ein Objekt zwischen Auge und Ziel verwendet wird, 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 Gummiringerl, 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 gehende Sehne (Sehnenschatten) wird am Pin ausgerichtet.

Beim Compoundbogen umgeht man dieses Problem mit dem Peep, einem Metallring, der in die Sehne eingebaut ist.

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.

Abschuss-Ballistik

Was geschieht beim Abschuss ?

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 Wurfarms gehen in ihre Nullstellung zurück und ziehen dabei die Sehne in ihre Nullstellung. Dabei muss natürlich auch die Masse der Wurfarms beschleunigt werden! Schwere Wurfarms -> 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 zu einander 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. Formeln!

Welche Beschleunigungen treten auf?

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

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 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 Compounb. 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 $10\text{m} \times 3600 = 36\text{km}$ 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 frei kommen. 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 die selbe Richtung bewegt wird.

Beim Abschuss mit einem Release Aid hängt die Sehnenbewegung von der Art der Maschine ab: Einseitiger Mechanismus (Halbzange, Schlinge, Haken); symmetrischer Mechanismus(Zange). Außerdem kann die Maschine auch eine Verdrehung der Sehne in der Längsrichtung bewirken.

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 unruhigem Pfeilflug und schlechteren Gruppierungen.

Hier endet die Abschussballistik des Pfeils!

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), der Releasemaschine

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 los schlagen kann. Es gibt ganz kleine Federwaagen, mit denen man den Klemmwiderstand messen kann.

Auch die Aufspannhöhe ist wichtig. Ein zu niedrig gespannter Bogen gibt den Pfeil nicht sauber frei. Das führt zu einem schlechteren Trefferbild.

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? Pfeil-Paradoxon

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 kann dazu führen, 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

Siehe Schwingungsknoten-Experiment

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 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

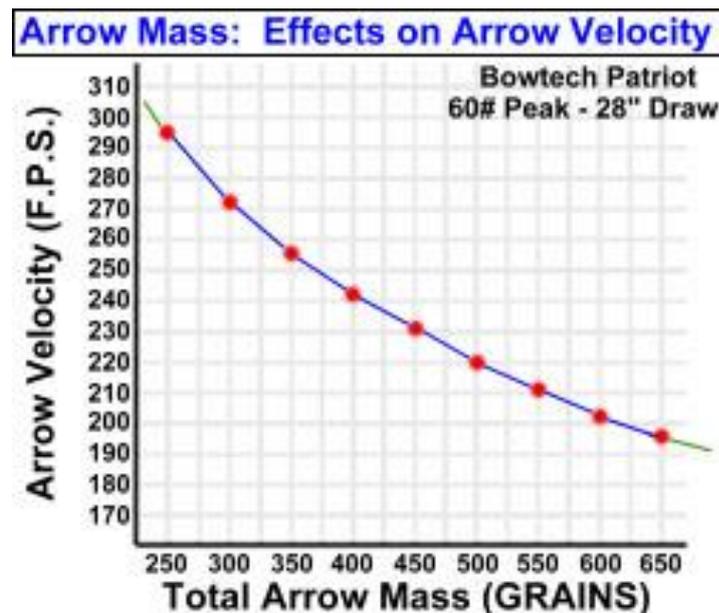
Er zeigt an, dass Dinge locker sind

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.

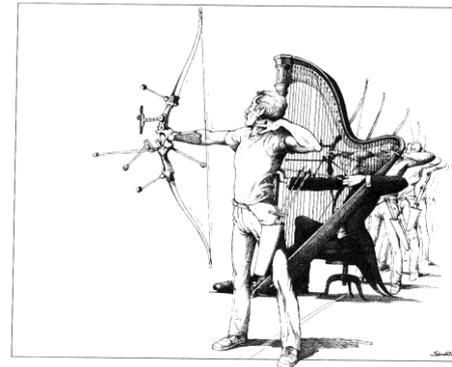


Ein Pfeil wird waagrecht abgeschossen und beginnt sofort zu fallen. Leider ist hier keine Startgeschwindigkeit angegeben.

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.

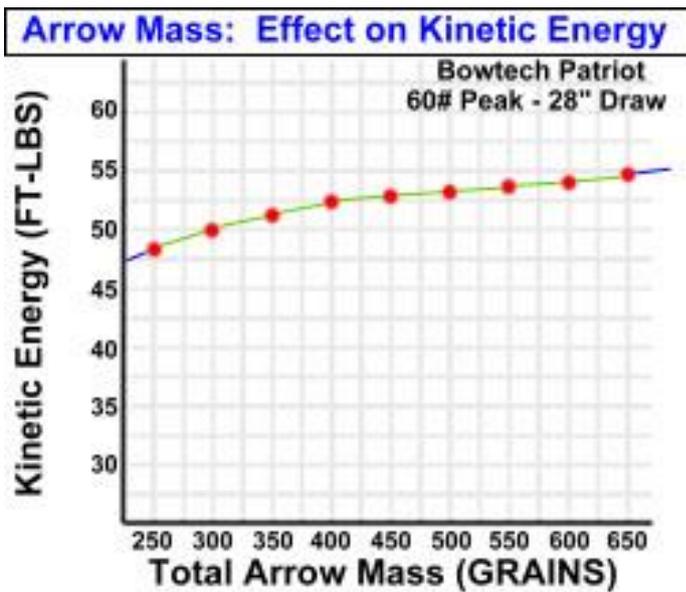


Wie zu erwarten: Je schwerer das Geschoss, desto langsamer.

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



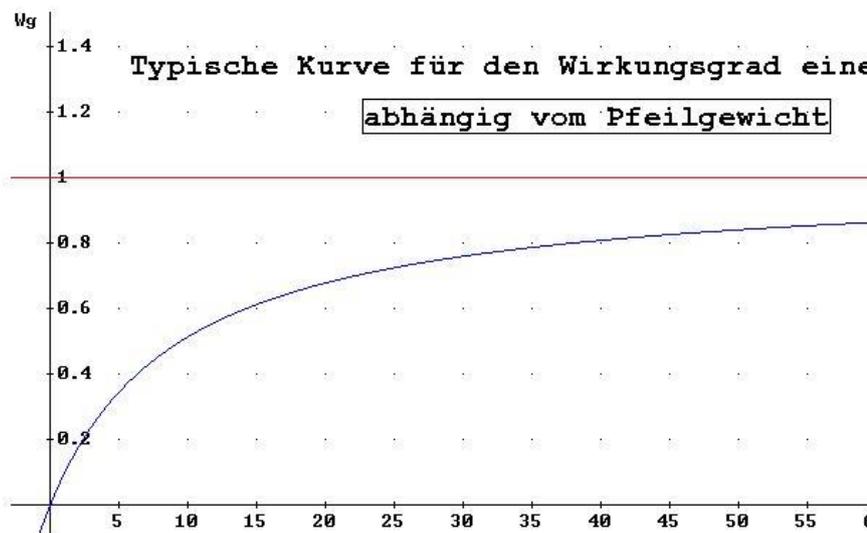
Und eventuell kann man auch das Speedlimit einhalten.



Wie man aus dem Diagramm ablesen kann: Ein 250gr-Pfeil entnimmt dem Bogen 47,5 Joule, ein 650gr-Pfeil schafft 55 Joule. Man hat das Gefühl, dass der Bogen mit einem schweren Pfeil viel ruhiger schießt.

Effizienz 2

Diese Kurve kann mittels 2 verschieden schwerer Pfeile ermittelt werden.



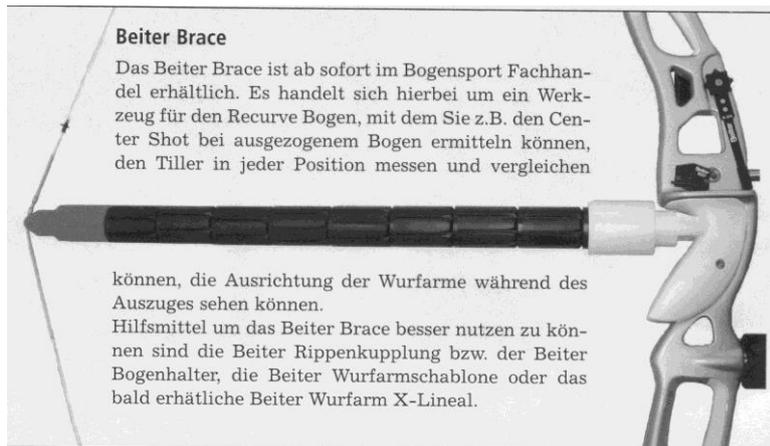
Ist die maximal mögliche Energieabgabe 1, dann kann man mit einem sehr schweren Pfeil 0,8 erreichen.

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.





Zugwaagen, elektronisch oder Federwaagen, lassen das Endgewicht und beim Compound auch das Maximalgewicht messen

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 Erhöhen des Pfeilgewichts erreicht werden.

Imbus-Schlüssel

Bei technischen Bögen sind die meisten Schrauben Imbus (Innensechskant-)schrauben. Der größere Teil der Hersteller verwendet dabei das Zoll-Maß. Also überprüfen, nach welchem Maßsystem vorgegangen wurde. Diese Überlegung gilt natürlich auch für jegliches Zubehör.

Imbusschrauben finden sich in Visieren, Button, Wurfarmtaschen, Pfeilauflagen, etc.

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 oder ein Sehnenbrett (z.Bsp. Bearpaw) verwendet. Außerdem braucht man natürlich das richtige Garn (Dacron für empfindliche Bögen, Dynema oder ähnliches für alle anderen.

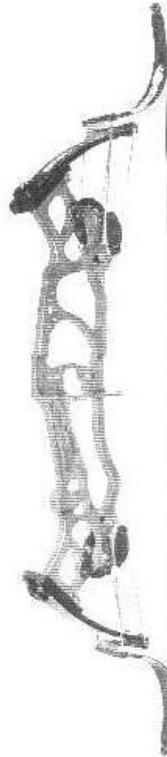
Es gilt auch, die Zahl der Stränge festzulegen. Eine dünne Sehne ist schneller, aber man muss zusammen mit der Mittenwicklung auf einen Durchmesser kommen, der zu den Nocken paßt.

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

Zum Anbringen der Wcklungen empfiehlt sich die Verwendung eines Wickelgeräts (Bild) und 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



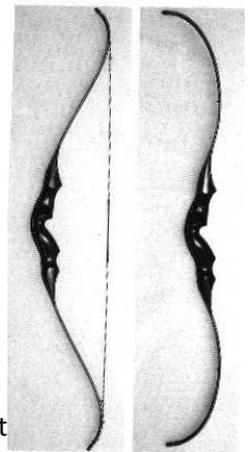
**Fred Bear
Neuer Compound
Whitetail Pinnacle**

Draw Length
28", 29", 30"
Draw Weight
50-60# / 60-70#
ZenCam / 70% Let-Off
Bow Speed
IBO fps. 298 / AMO fps. 233
Axle to Axle
38"

Bauweisen

Von Oneida
der Pro Eagle

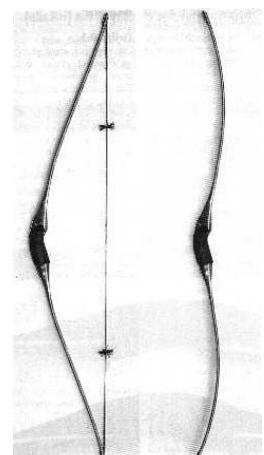
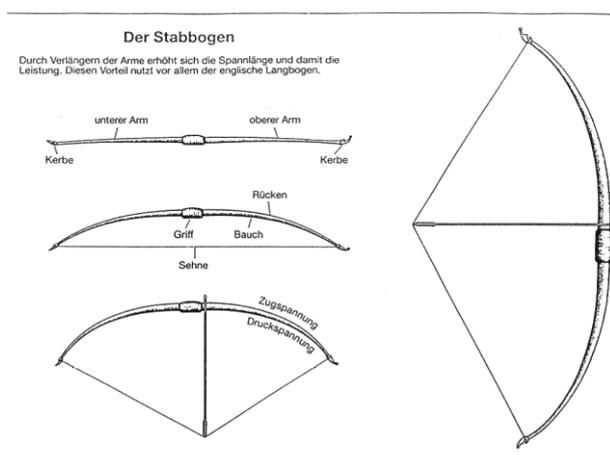
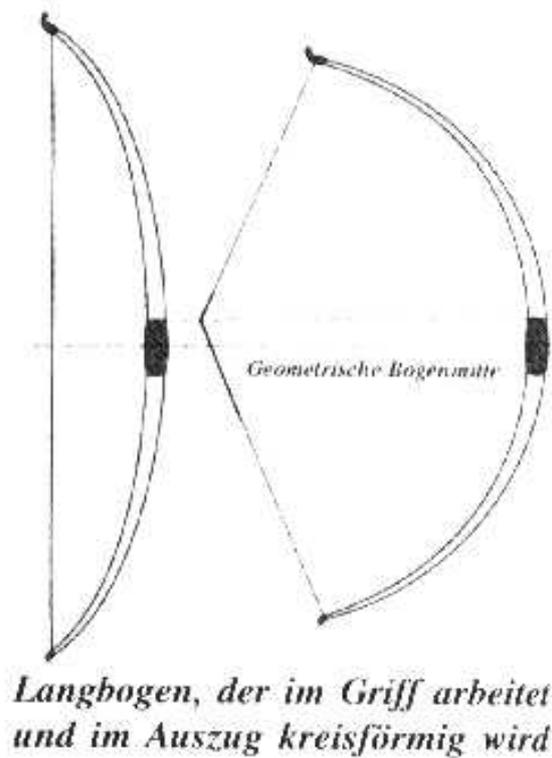
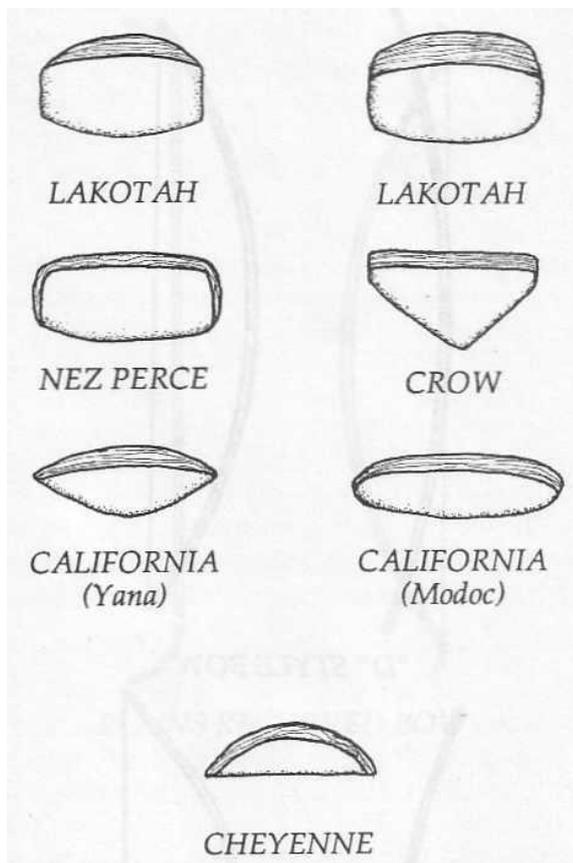
Recurve



eit

Jagdrecurvebogen aufgepannt und abgespannt. Kurzes Mittelstück, wodurch Wurfame 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



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.

Die 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.

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

Diese haben auch eine kleine Einkerbung, die den Pfeil aufnimmt (Shelf). Primitivbögen werden meist „über die Hand“ geschossen. (Probleme der Griffhöhe, Verletzung durch Federn)

Bauweise Langbögen 2

Auszugs-Diagramme verschiedener Bogentypen

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

Was biegt sich wo und wann? Fade out-Punkt. Wann startet der Rollout des Recurve?

Recurve als Hebel, zwei Federn in einem Wurfarm.

Verschiedene Recurveformen. Starre Recurveenden – flexible Recurveenden

Welche Teile des Bogens sind biegsam? Aktive Mitte bei Langbögen. Mittelstück als weitere Feder.

Zusammenhang zwischen Auslenkung der Wurfarme, Steigerung der Zugkraft und Auslenkung der Sehne messen.

Verhalten des Bogens beim Spannen (Öffnen): Innenballistik)

Standhöhe, Auszugslänge. Auszug – Standhöhe = Powerstroke

Materialkunde: Die verschiedenen Bogenarten (mit und ohne Kraftverstärker), die verschiedenen Materialien.

Verstärkung der Energiespeicherung durch Hebelsysteme.

Flaschenzug. Wellrad. Verschiedene Camformen von soft bis hard.

Verschiedene Führung und Befestigung von Sehne und Kabeln.

Verschiedene Kabelsysteme. Durchschuss-Prinzip

Bezeichnung der verschiedenen Bogenteile

Abnutzung durch Gebrauch, durch Lagerung, durch Transport

Überprüfung eines Bogens:

Zugkraft bestimmen, Tillermaße, Abschussgeschwindigkeit, Geradheit, Mittigkeit der Pfeilauflage, Nockpunkthöhe, Steifigkeit der Auflage, Längenverhältnisse (Wurfarme, Mittelstück, Bogenfenster)

Tiller: Verhältnis der Wurfkraft des oberen Wurfarms zum unteren. Messen am Tillerbrett!

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

Sehnenmaterial, Wickelmaterial, Art der Nockfixatoren, Art der Wicklung (endlos oder flämischer Spleiss), Anzahl der Stränge, Art der Sehnenaugen

Auswirkung von Materialfehlern

Optimierung des Schussverhaltens = Tuning Über A, B und C übergreifendes Kapitel

Zwischen Laden und Abschuss: **Zielballistik:**

Zielballistik

Visierlinie: Auge – Kimme – Korn – Ziel in Kombination mit der Abschuss-Geschwindigkeit

Wie zielt man? Einflüsse auf die Streuung

Zielbereich: Das Ziel liegt unterhalb oder auf der maximalen Visierlinie

Persönlicher Bereich

Danach beginnt die Waffe, das Ziel für das zielende Auge abzudecken!

Bestimmung der Flugkurve aus Anstellwinkel, Horizontalwinkel und v_0

Ruhighalten des Bogens: Geometrie, Stabilisation

C Abgangsbalistik

Was passiert beim Lösen des Schusses, bis sich die Waffe wieder im Ruhezustand befindet.

Wie viel der gespeicherten Energie wird bei welchem Bogentyp frei?

Restenergie (Hysteräs): Verformung, Vibrationen, Lärm, Wärme, Beschleunigung anderer Massen
Luft, Körperteile, Armschutz,....)

Wieviele Energie wurde auf den Pfeil übertragen? V_0 und Masse des Pfeils $e = m \cdot v^2 / 2$

Leer (Trocken)schuss: V_0 um Faktor 3 schneller!!

Einschub: Energieauswertung Gewehr. Energieabgabe anderer Schusswaffen

40-48% Wärme, 30-45% Bewegungsenergie, Rest Reibung , Erschütterung, Rotation

Was macht der Bogen beim Lösen der Sehne?

Bewegung der Wurfarme

Bewegung der Mitte

Zentraler Schub

Drehmomente und Vibrationen

Bewegung der Sehne

Beim Verlassen der Finger, der Releasemaschine

Während de Pfeilbeschleunigungs

Beim Lösen vom Pfeil

Nach dem Lösen bis zum Ruhezustand

Nocktravelkurve

Die Funktion von Pfeilauf-, anlage

Die Funktion der Bogenschlinge

Bewegung von Zubauten (Stabilisierung, Visier,..)

Die Klemmkraft der Nocke

Die Form der Nocke

Bewegung des Pfeils

Wie sollte er sich idealerweise bewegen? Tuningmaßnahmen

Der Pfeilreflex

Überwindung von Trägheitsmomenten

Statischer und dynamischer Spine. Spline

Testen von Pfeilen

Der Bau von Pfeilen

Abschuss-Ballistik-Zusatz

Der Pfeil unter dem Beschleunigungsdruck erfährt eine Stoßwelle, die den Pfeil zuerst zum Bogen hin (klassisches Design) oder nach unten Compound) biegt. Der Bogen reagiert mit Auslenkung der Sehne zur Gegenseite und Drehung des Griffstücks. Deshalb sollte man den Griff nicht festhalten.

Im Idealfall bewegen sich die beiden Schwingungsknoten (siehe besondere Punkte des Pfeils) auf der Wurfbahn.

Beschleunigungswerte: In 50cm auf 300km/h! Rechenbeispiele für verschiedene

Bogenkonfigurationen: $v = \sqrt{2as}$ wobei a die Beschleunigung und s der Beschleunigungsweg ist.

Funktioniert im Meter-Sekundensystem. 300km/h müssen zuerst in m/s konvertiert werden:

$$73,3 \text{ m/s} \quad \text{In die Formel für v eingesetzt: } 73,3 = \sqrt{2 \cdot a \cdot 0,5} \quad \text{Quadrieren: } 73,3^2 = 2 \cdot 0,5 \cdot a$$

$$a = 73,3^2 / 2 = 5372,8 \text{ m/s}^2$$

Entspricht etwas mehr als der 500-fachen Erdbeschleunigung. Geht natürlich auch schnell

$$\text{Aus } s = a \cdot t^2 \text{ folgt } t = \sqrt{\frac{s}{a}} \quad \text{In unserem Fall: } t = \sqrt{\frac{0,5}{510}} \quad t \text{ ca } 0,001 \text{ s!!}$$

Beschleunigungsweg, Beschleunigungsverhalten, bewegte Massen (Rückstoß!). Masse der Wurfarme, Sehne, Pfeil. Verhalten des Geschosses (Stauchung). Energieverteilung: Pfeil, Bogen (Hysteräs), Umwelt (Lärm, Wärme, Luftbewegung).

Auch das Verwinden des Pfeils kostet Energie. Man müßte also eigentlich von der Energie –Effizienz des Bogen-Pfeil-Systems sprechen! Wirkungsgrad der Pfeile liegt bei 99% und höher!

Energieaufnahme des Geschosses abhängig von Geschoß-Masse.

Masse als Problem der Pfeilbeschleunigung

Längere Wurfarme: Mehr Masse, mehr Luftwiderstand

Normung der Leistung eines Bogens:

Um die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Fabrikate vergleichen zu können, vergleicht man genormte Bögen: 30 Zoll Auszug, 60 Pfund, 300 Grain-Pfeile (5 Grain per Pound)

Kürzerer und längerer Auszug bei gleichem Endgewicht.

Ausreichendes Pfeilgewicht

Zum Schutze des Materials und des Schützen: Minimum -Grains per pound:

Empfehlung Compound: Minimum 5 Grains per pound

Selfbows: 12 Grains per Pound

http://www.andinet.de/technik/programmierung/pfeil_und_bogen_simulation.php

Wie reagieren die Stabilisierung und etwaige Dämpfungssysteme?

Außenballistik – Flugballistik

Die **Außenballistik** befasst sich mit dem Geschoss im Flug.

Flugbahnen

Die Flugbahn eines Geschosses ergibt sich einerseits aus dem Anstellwinkel, andererseits aber auch aus der Qualität des Abschusses (zentraler oder exzentrischer Schub, Verlauf der Beschleunigung). Im weiteren Verlauf bestimmt die Luft und die Schwerkraft die Form der Kurve.

Die Luft als Wind oder als reiner Reibungswiderstand. Wind schiebt den Pfeil aus seiner Idealbahn, und zusammen mit dem Luftwiderstand, verändert die Geschwindigkeit des Pfeils. Es kann dazu kommen, dass aus einer 2-dimensionalen Bahn eine dreidimensionale wird. Bei einem zentralen Abschuss kommt es zu keinem „Segelflug“, weil der Pfeil nie auf einem Luftpolster aufsitzt, sondern in seiner Position der Kurve seiner Bahn tangential folgt. Man nennt dieses Verhalten „folgsam“.

Der Reibungswiderstand hängt vom Strömungsverhalten, dieses wiederum von der Form des Pfeils, der Oberflächenbeschaffenheit und der Befiederung ab.

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)

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

Zeichnung!

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

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.

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

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.

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

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

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:

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

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

I Maximale horizontale Weite für vorgegebene v_0 und Winkel α

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

II Die maximale Höhe, die der Pfeil bei seinem Flug erreicht.

$$\text{Zuerst muss die Flugzeit für die Maxweite errechnet werden: } t = \frac{\text{Maxweite}}{v \cdot \cos \alpha}$$

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

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

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

$$\text{Maxhöhe} = \frac{G \cdot t^2}{8} \quad (\text{Hauptsche Formel})$$

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

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

IV 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) kann 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:

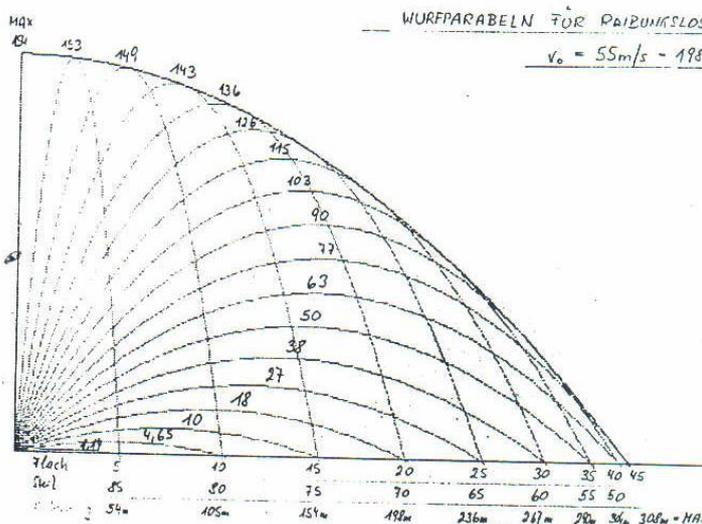
$$a = -c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{q}$$

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 Gewehrsgeschoss 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):

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

$$Maxweite = \frac{v^2 \cdot \sin(2\alpha)}{G}$$

Ist $\alpha = 10^\circ$ und $v_0 = 55\text{m/s}$ dann ergeben sich 105m.

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

$$Maxhöhe = \frac{v^2 \times \sin^2(2\alpha)}{2G}$$

Konkret für unseren 105m-Schuß 4,65m über Nockpunkt.

Dazu eine einfache Faustregel:

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

überhaupt erreichbare Maximalweite bzw. Maximalhöhe lassen sich wie folgt berechnen: $W = \frac{v^2}{G}$

$H = \frac{v^2}{2G}$ 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 Will man wissen, mit welcher Geschwindigkeit man auf ein Ziel in Nockpunkthöhe bei gegebenem Winkel schießen muss, dann gilt:

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

V Welcher Winkel gehört zu vorgegebener v_0 und Weite ?

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

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

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

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

VII 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.

VIII 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 $m = 0,0187\text{kg}$ $v_0 = 269 \text{ ft/s}$ $\times 1,1 \implies 296\text{km/h}$: $3,6 \implies 82,2\text{m/s}$

$e = 0,0187 \cdot 82,2^2 / 2 = 63 \text{ J (oule)}$ Dreht man die Formel nach v 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 0,0236kg $00 \Rightarrow v = 73\text{m/s}$. 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	$3,68^0$	1,24	1,086 s
250	70	$5,19^0$	2,07	1,3 s
200	55	$8,49^0$	3,35	1,65 s
150	42	15^0 !!!	6,5	2,21

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

1^0	1,745cm	$5,19^0$	9,1cm
2^0	3,49cm	$8,49^0$	14,9cm
3^0	5,24cm	15^0	26,79cm !!!
$3,68^0$	6,43cm		

Das Geschoss im Flug

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.

Strömungsprobleme (Reibung und Verwirbelung)

Die Form der Spitze, aber vor allem Größe, Form und Struktur der Befiederung wirken sich stark auf die Geschwindigkeit aus.

Wind

Gegen- und Rückenwind: Ersterer bremst den Pfeil schneller ab, zweiterer vermindert den Lufwiderstand, 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 ist maßgeblich dafür, wie stark der Pfeil dreht.

Geschossballistik

Für den Abgang sind auch Spine und Federgröße von Bedeutung

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, 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.

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

Carbon: Zur Zeit 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.

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 Außenringe 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.

Dynamischer Spine: Biegeverhalten bei Schubbelastung. Dieses Verhalten ist von vielen Faktoren abhängig, vor allem vom Gewicht der Spitze.

Präzision: Mit den modernen Fertigungstechniken können Toleranzen im 1/1000-Bereich erzielt werden. Trotzdem sollte man auch bei Spitzenprodukten Pfeile aus der selben Produktionsserie in einem Set vereinen.

Die besonderen Punkte des Pfeils

Wie in der Abbildung zu sehen gibt es 4 davon. Die beiden Schwingungsknoten, den Schwerpunkt, den Lateralschwerpunkt und den geometrischen Mittelpunkt. Schwingungsknoten bleiben relativ zu den anderen Teilen des schwingenden Mediums in Ruhe. Der Pfeil sollte seinen stärksten Kontakt am Bogen beim Abschuss in der näheren Umgebung des vorderen Schw. Knoten haben, damit sich der Pfeil nicht seitlich vom Bogen wegschnellt.

Der Schwerpunkt 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: Surfbrett wird über den Lateralschwerpunkt gesteuert. Der Windlateralschwerpunkt wird durch das Schwenken des Segel 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.

Die besonderen Punkte des Pfeils

- Geometrische Mitte
- Schwerpunkt (wird durch die Schaftform und die Zusätze (Spitze, Nocke, Befiederung) bestimmt.
- Lateralschwerpunkt
- Schwingungsknoten

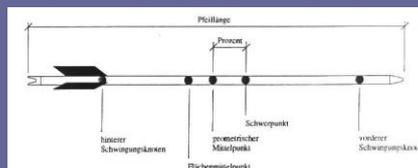


Abb. 2.1 Geometrie des Pfeiles

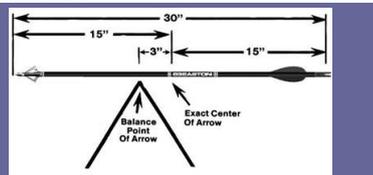


Abb. 2.2 Vorderer und hinterer Schwingungsknoten

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

Spitzen 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 oft wählbar aus einer Reihe von Formen. Sie soll einerseits sicheres Eindringen gewährleisten, andererseits auch das Dämpfungsmaterial schonen. Oft ist der Spitzendurchmesser etwas größer als der Pfeildurchmesser.

Spitzen können aus Stahl, Messing oder sogar Wolfram sein.

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 Rolle spielt auch für Erkennbarkeit des Treffers eine Rolle. Auch die Öffnung der Nocke kann unterschiedlich gewählt oder angepaßt werden.

Sonderformen: Leuchtnocken

Magnetnocken

Kugel

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.

Die Anzahl 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 40x 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

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.

Schmuck Sichtbarmachen und Personalisieren

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 Pfeiflugs

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, 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(orce) = Kraft m = Masse $F = m \cdot a$ (Kraft ist Masse mal Beschleunigung)

W(ork) = 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(ravity) = Schwerkraft h(öhe)

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

T(orque) = Drehmoment $T = F \cdot r = J \cdot \alpha$ $\alpha = \text{Winkelbeschleunigung}$

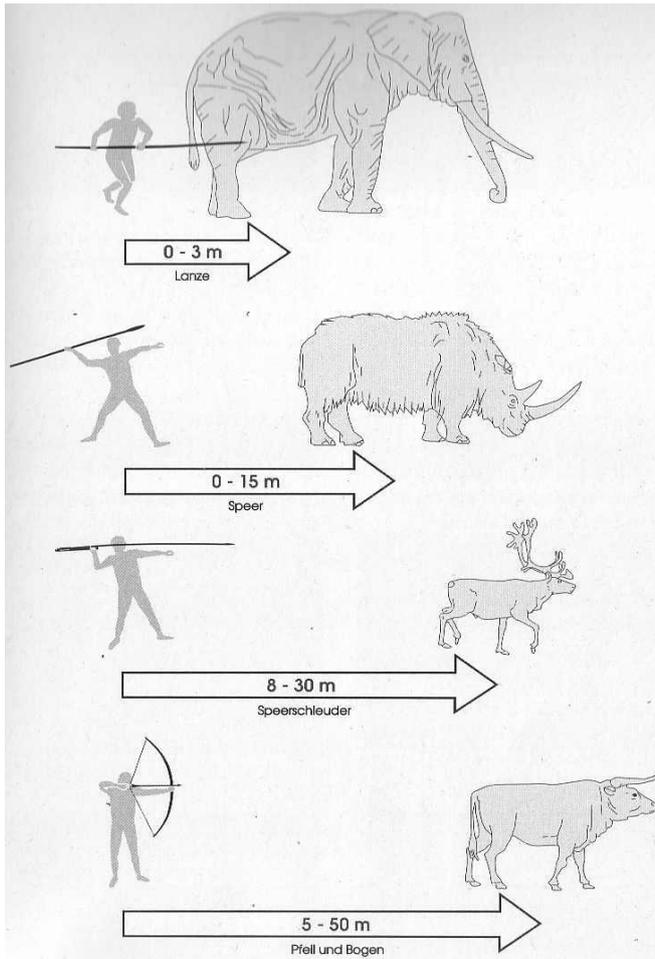
$E_{\text{rot}} = \text{Rotationsenergie}$ $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J \cdot \omega$ Eine wichtige Kennzahl ist die Querschnittsbelastung q, die sich

$q = \frac{m}{A}$ 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 gibt es diese Jagd in Afrika und Südamerika.

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

Abgangsbalistik

Das Verhalten von Pfeil und Bogen während des Abschusses (Pfeilreflex, Bogenreaktionen) wird an anderer Stelle behandelt (siehe Tuning!).

Außenballistik

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

Zur Außenballistik

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

- Anfangsgeschwindigkeit
- Abschusswinkel
- Masse
- Form
- Drall
- Luftwiderstand

- Schwerkraft

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.

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

Zu nächst 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: v_0 , Winkel, Erdbeschleunigung, Luftwiderstand; Form, Größe und Masse des Geschosses, Drall, Witterung (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Temperatur,..)

Flugbahn: Parameter, Form, max. Höhe, maximale Weite

Flugbahn bei ungünstigem Nockpunkt

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.

Formelsammlung, gerechnete Beispiele

Die diversen Formeln für die Flugbahn.

Wie weit, wie hoch kann geschossen werden. Individuell, absolut, welcher Bogen, welcher Pfeil, welche Befiederung

Weitschießen (Flight Shooting) ist ein Bewerb von Spezialisten. Es werden verschiedene Waffen benutzt: Recurvebogen, Armbrust, Compound, fussgestützter Bogen. Bei allen erreichte man fast die selbe Weite von ca 1850m! Rekorde und Namen der Inhaber

Reibungs-, Geschwindigkeitsverluste

Fluggeschwindigkeiten

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

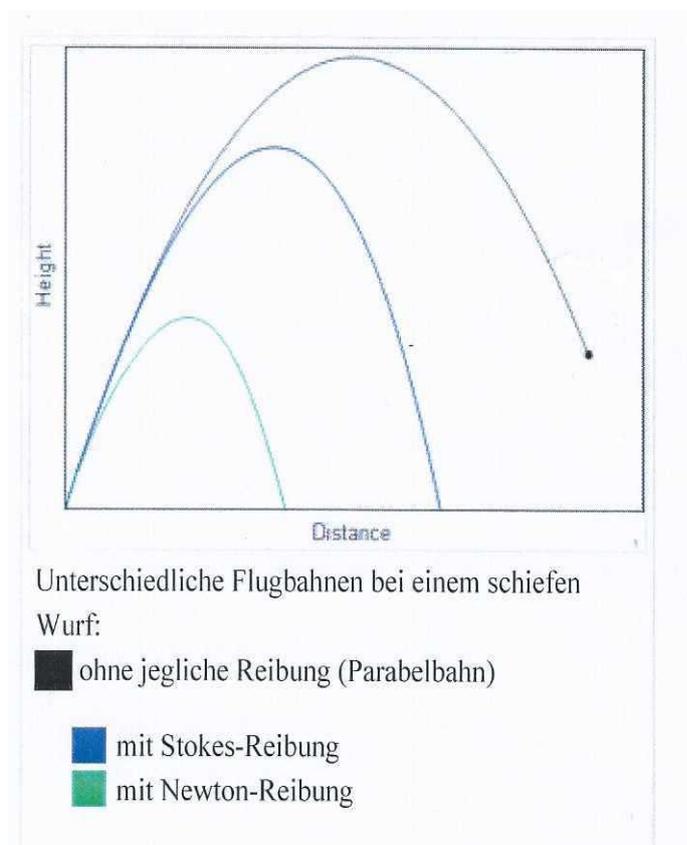
Flugverhalten bei Wind. Lateralschwerpunkt (siehe Geschoss-Ballistik). Dank der Befiederung befindet sich der Lateralschwerpunkt hinter dem Schwerpunkt in Abhängigkeit von Befiederung und Spitzengewicht. Das führt dazu, dass sich der Pfeil bei Seitenwind gegen den Wind dreht, d.h. der Pfeil fliegt etwas seitlich (schiebt und kreuzt auf)

Die Visieränderung bei Steilschüssen

Körpergröße und Zielhöhe

Überschuss-Sicherung

Flugzeiten



Newtonreibung: Proportional zur Geschwindigkeit

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

Eigenbewegungen des Geschosses. Schwingen, Rotieren, Pendeln

Ein Ziel lässt sich immer über zwei Parabeln erreichen: Steiler Schuss, flacher Schuss

Problem Luftwiderstand

Verhalten des Geschosses: Folgsames Geschoss, Schwingungsverhalten, Drall

Geschoss-Energie

Luftinfluss: Reibung, Art der Strömung

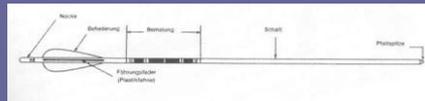
Seitenwind als Störfaktor

III Geschoss-Ballistik

Hier ist ein wichtiges Kapitel das Tuning des Bogens, das heißt das Bestimmen des richtigen Pfeils für den Bogen und den Zweck des Schießens. Vor allem dann, wenn man Serien präziser Schüsse abgeben will, muss der Spinwert des Pfeils passen.

Zusätzliche Aufgaben der Befiederung

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



Masse, Form, Einbauten (Spitze, Federn, Nocken), Steifigkeit, Schwerpunkt, Lateralschwerpunkt, Schwingungsknoten, Strömungsverhalten

IV Endballistik – Zielballistik

Der Schuss ist mit dem Auftreffen des Geschosses 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.

Jagdlicher Schuß: Säuger, Vögel, Fische

Clout- oder Weitschuß

Lärmschuß (Heulfeile)

Feuerschuß

Kriegsschuss

Je nach Zweck werden verschiedene Pfeile, vor allem aber passende Spitzen verwendet.

Auswirkung auf verschiedene Arten von Dämpfern (Haltbarkeit, Ziehbarkeit der Pfeile)

Absicht des Treffers, Zweck des Schusses. Sonderkapitel: Schuss ins Wasser

Die verschiedenen Spitzenformen: Scheiben- und 3D-Spitzen, Jagdspitzen, Kriegsspitzen, Feuer- und Heulspitzen, Lab- und Bluntspitzen

Rolle der Spitzenform, Rolle der Masse und der Geschwindigkeit

Wirkung auf das Ziel

Verschiedene Dämpferformen

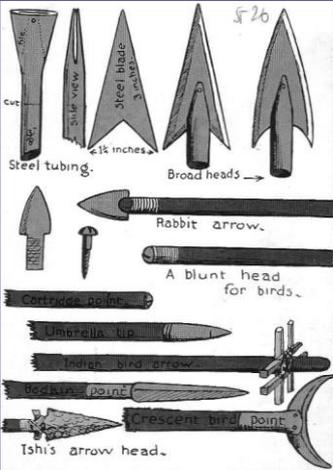
Impact-Energie

Spezialkapitel in der Endballistik, aber auch in der Abgangsballistik: **Wundballistik**

Zielballistik Krieg

- Brandspitze
- Durchdringen von Kettenhemden
- Zerschneiden
- Vergiften

Verschiedene Spitzenformen



Weitere Spitzen

The image displays a variety of arrowheads and shafts. On the left, a vertical list shows different point types: Bullet Point, Blunt Point, Field Point, Judo Point, and Bowfishing Point. In the center, three types of blades are shown: Fixed Blade, Removable Blade, and Expandable Blade. On the right, there are three images of arrow shafts with different fletching and nock designs.

Weitere Spitzen

This section is a duplicate of the one above, showing the same collection of arrowheads and shafts. It includes the same vertical list of point types (Bullet Point, Blunt Point, Field Point, Judo Point, Bowfishing Point), the three blade types (Fixed Blade, Removable Blade, Expandable Blade), and the three shaft images.

Der Pfeil

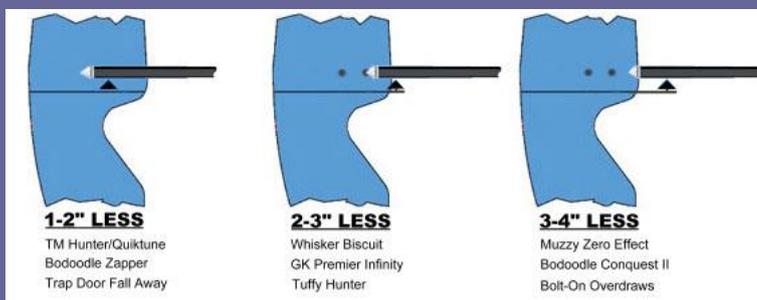
- Teile des Pfeils: Spitze Schaft Nocke Befiederung
- Pfeilmaße



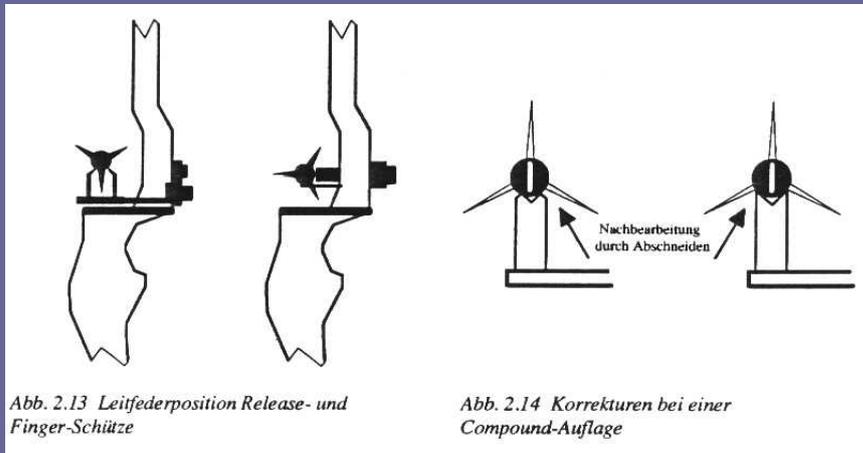
- Materialien
 - Glasfiber
 - Holz
 - Gespleißtes Holz
 - Alu
 - Alu-Carbon
 - Carbon linear
 - Carbon gewickelt



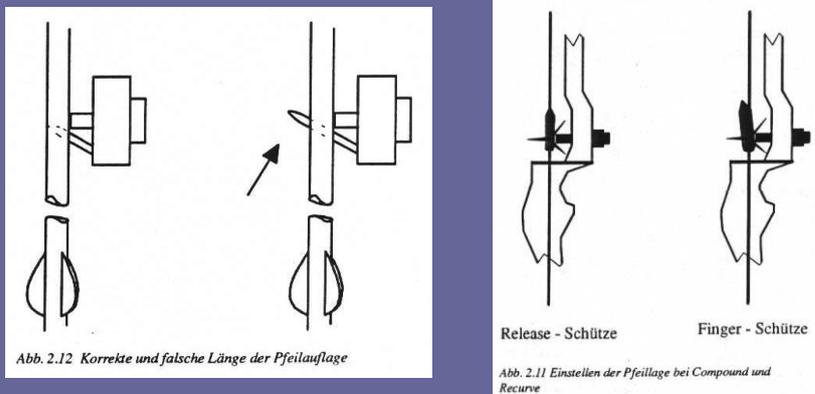
Overdraw und Pivot



Lage der Leitfeder



Montage der Pfeilauflagen



Pfeilauflagen C 2



Pfeilauflagen Compound



Pfeilauflagen



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!

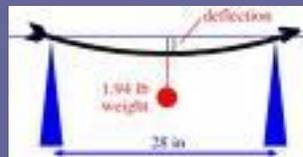
Eine der wesentlichsten Tuningmaßnahmen besteht darin, den für den Bogen am besten geeigneten Pfeil zu finden. Aber der Pfeil muss auch zum Wettbewerb bestens geeignet sein. Ein exakter Pfeil ist

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.

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.

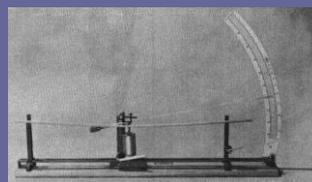
Spinewert

- 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!

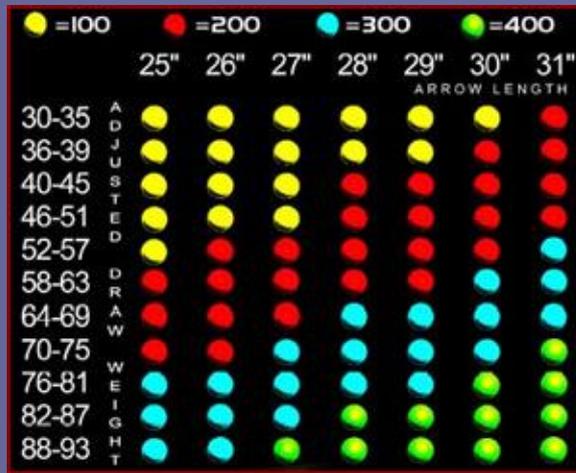
Zuordnung Spine - Pfund

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#
.706 - 37#	.413 - 63#	.296 - 88#
.688 - 38#	.407 - 64#	.292 - 89#
.669 - 39#	.400 - 65#	.289 - 90#
.650 - 40#	.394 - 66#	.286 - 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 dieser Tabelle kann man erkennen, dass ein Pfeil bei kürzerem Auszug bei höherem Zuggewicht verwendet werden kann.

Statischer Spine Tabelle 1

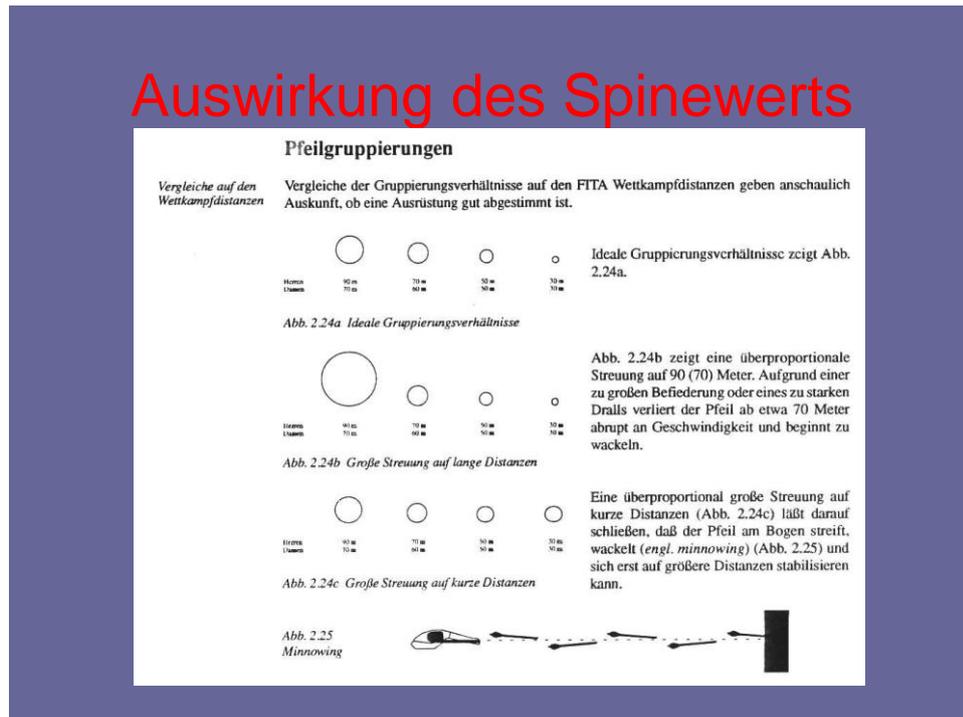


Dies ist die Tabelle einer Produktserie einer Firma, bei der neben Auszugslänge und dabei erreichtem Zuggewicht auch verschiedene Spitzengewichte berücksichtigt werden. Eine schwere Spitze macht den Pfeil dynamisch weicher. Durch ihre größere Trägheit „wehrt“ sich die Spitze länger als eine leichte Spitze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

Statischer Spine Tabelle 2



Die folgende Abbildung zeigt, wie es sich 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 Sehnenngewicht 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 mit dem gewählten Pfeiltyp 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

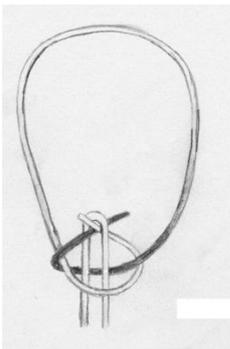
Nach dem Einstellen aller Parameter geht es ans Finetuning: Auf größere Distanz werden Gruppen geschossen. Durch Verändern einzelner Parameter wird versucht, die Gruppierung enger zu machen.

Voraussetzung ist, dass der Schütze viele Pfeile hinter einander 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 gleich bleibt.

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.

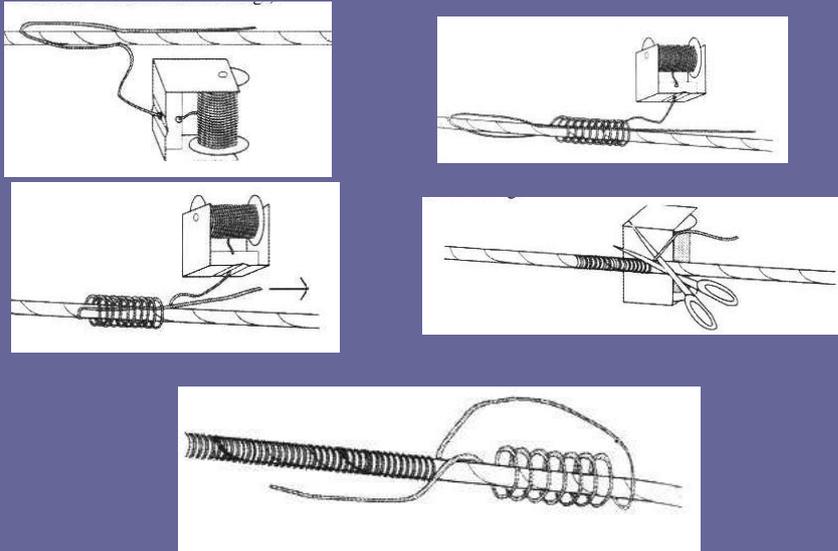
Heute werden synthetische Fasern verwendet, die Sehnen aus einzelnen Strängen zusammen gesetzt. Die Sehne muss aber im Zusammenwirken mit der Mittenwicklung dick genug sein, dass die Nocken gut sitzen und die Sehne nicht zu tief in den Fingerschutz einschneidet. Das Gewicht der Sehne (Anzahl der Stränge, 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 eingespleist 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.

Wickeltechnik



Sehnen

- Material
- Wickelart
- Sehnenaugen
- Sehnenbau



Ergänzungen

Auflagen

Anlagen

Aufspannen des Bogens

Pfeilschmuck

Release Aids

Tabs

Armschutz

Bogenköcher

Stabilisierungen

Visiere