

Ein Upgrade für Robin Hood

Das Archer's Paradox versetzt einen fliegenden Pfeil in starke Schwingungen. Moderne Bögen halten die Flugbahn des Pfeils dank diverser Verbesserungen ruhig.

Sabrina Patsch



Pfeil und Bogen erfreuen sich heute in der Freizeit großer Beliebtheit. Ein traditioneller Langbogen, die Waffe Robin Hoods, besteht aus einem einfachen, durch eine Sehne gespannten Stab, der ohne Zielhilfe auskommt. Die Schlichtheit der Waffe und ein rätselhaftes Phänomen machen das Zielen zu einer Herausforderung: Der in der Bogensehne verankerte Pfeil liegt neben dem Bogenholz auf der Hand des Schützen auf. Beim Spannen der Sehne verkleinert sich der Winkel zwischen Pfeil und Bogenachse, also der Verbindungslinie zwischen den Händen (**Abb. 1a**), sodass der Pfeil im ungespannten Zustand in eine andere Richtung zeigt als im Vollauszug. Wird die Sehne gelöst, fliegt der Pfeil entlang der Bogenachse – obwohl das Bogenholz scheinbar den Weg versperrt.

Die Lösung des als „Archer's Paradox“ bekannt gewordenen Phänomens liefert die Physik: Der Pfeil schwingt um das Bogenholz herum (**Abb. 1b**). Beim Lösen der Sehne wirkt eine Kraft auf den Pfeil, der sich wie ein einseitig eingespannter Stab ver-

hält und einknickt, sobald die Kraft der Bogensehne die kritische Druckkraft übersteigt: Ein Teil der potentiellen Energie des gespannten Bogens wird in Schwingungsenergie umgewandelt, und der Pfeil windet sich um den Bogen herum. Die Knoten der

Schwingung beschreiben seine Flugbahn. Da der Pfeil steif ist, flacht die Oszillation nach etwa zehn Schwingungen nahezu vollständig ab.

Der Pfeil fliegt jedoch nur geradeaus, wenn seine Flexibilität exakt zur Zugkraft des Bogens passt. Ist der Pfeil zu weich oder zu hart, streift er das Bogenholz und fliegt am Ziel vorbei. Das Maß für die Biegefestigkeit des Pfeils ist der statische Spine-Wert, der in englischen Pfund ($1 \text{ lb} = 454 \text{ g}$) angegeben wird. Um den Wert zu ermitteln, wird der Pfeil auf zwei Stützen in festem Abstand gelegt und mittig mit einem vorgegebenen Gewicht belastet. Für die Kombination aus Holzpfeil und Langbogen sollte der Spine des Pfeils dem Zuggewicht des Bogens entsprechen, also typischerweise zwischen 20 und 70 lbs betragen. Wie sehr sich der Pfeil beim Schuss durchbiegt, hängt noch von weiteren Faktoren ab, wie dem Gewicht des Pfeils, dem Material der Sehne und der Auszuglänge des Bogens, die wiederum von der Armspanne bestimmt wird. Diese Faktoren fließen in den dynamischen Spine-Wert ein,

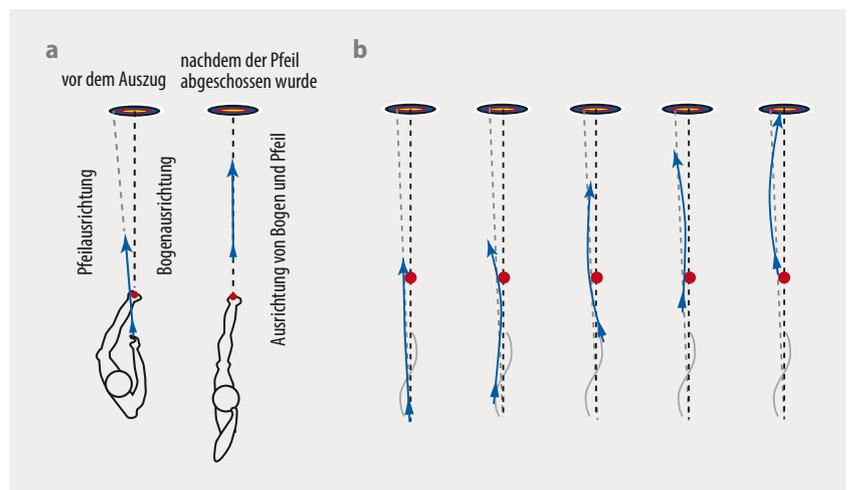


Abb. 1 Der Pfeil zeigt vor und nach dem Spannen des Bogens in verschiedene Richtungen, fliegt aber immer entlang der Ausrichtung des Bogens (a). Denn der Pfeil knickt aufgrund der Krafteinwirkung durch die Bogensehne ein und schwingt um das Bogenholz herum (b). So kann der Pfeil das Ziel erreichen.

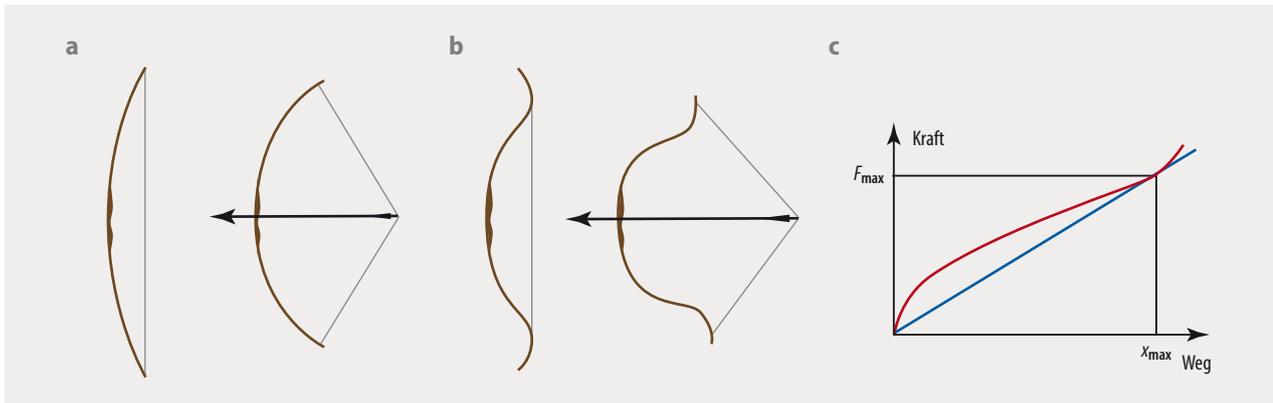


Abb. 2 Langbogen (a) und Recurvebogen (b) unterscheiden sich vor allem in der Befestigung der Sehne. Durch die unterschiedliche Aufhängung unterscheiden sich die Kraft-Weg-Diagramme beim Schuss mit Langbogen (c, blau) und Recurvebogen (rot).

der nicht messbar und höchst individuell ist. Meisterschützen sind damit so vertraut, dass sie die Richtung des Pfeils exakt vorhersehen und eine kleine Kopfschmerztablette im Flug treffen können.

Nicht nur die Schwingung des Pfeils um das Bogenholz herum hilft ihm, sein Ziel zu treffen. Ein einfacher Holzstock würde aufgrund inhomogener Luftschichten oder Wind leicht von seiner Flugbahn abweichen oder sich überschlagen. Federn am Pfeil helfen, die Flugbahn weiter zu stabilisieren. Sobald der Pfeil schräg zur Flugrichtung steht, wirkt der Gegenwind besonders auf die Federn am hinteren Ende, da sie die größte Angriffsfläche bieten. Durch ihren größeren Luftwiderstand dreht sich der Pfeil um seinen Schwerpunkt, bis er wieder eine Linie mit der Flugbahn bildet. Leicht schräg am Holz angebrachte Federn versetzen den Pfeil in eine Rotation um seine Längsachse, die seine Flugbahn zusätzlich stabilisiert. Mit Naturfedern gelingt dies auch bei gerader Befiederung, da die raue Unterseite der Feder einen größeren Reibungswiderstand hat als die glatte Oberseite.

Konzentration und Koordination

Neben Konzentration und Koordination stärkt das Bogenschießen auch den Körper. Der populäre Frauensport des viktorianischen Englands entwickelte sich in kürzester Zeit zur kompetitiven Präzisionssportart. Seit 1972 ist Bogenschießen auch olympisch: Aus der Waffe entwickelte sich ein Sportgerät, das sich deutlich vom

traditionellen Langbogen (**Abb. 2a**) unterscheidet. Die Wurfarme olympischer Bögen sind zurückgezogen, weshalb sie „Recurvebogen“ heißen (**Abb. 2b**). Das verbessert die mechanischen Verhältnisse beim Auszug des Bogens. Während sich die Wurfarme des Langbogens verhalten wie Federn und die Kraft beim Spannen des Bogens proportional zum Auszug der Sehne steigt, liegt die Sehne beim Recurvebogen zunächst einige Zentimeter auf dem Bogenholz an und wird erst beim Spannen freigegeben. Das verlängert den Hebel, und die Kraft-Weg-Kurve flacht mit zunehmendem Auszug ab (**Abb. 2c**). Der Bogen lässt sich nahe des Maximalauszugs weicher und angenehmer spannen. Da das Integral über die Kraft-Weg-Kurve die Spannungsenergie ergibt, speichert ein Recurvebogen bei gleicher maximaler Zugkraft mehr Energie als ein Langbogen und erlaubt eine Geschwindigkeit des Pfeils von knapp 250 km/h.

Als Sportgeräte besitzen Recurvebögen weitere Vorrichtungen, um die Präzision zu erhöhen. Eine Einkerbung im Griff platziert den Pfeil genau in der Bogenmitte, sodass er weniger um das Bogenholz herumschwingt. Gänzlich unterdrückt dieser „Centercut“ das Schwingen nicht, da beim Schuss die Finger von der Bogensehne abrollen und sich deren Schwingung auf den Pfeil überträgt. Abhilfe schaffen hier mechanische Auslöser: Bei modernen Bögen wird die Sehne in einen „Release“ eingehakt, und das Betätigen eines Hebels gibt die Sehne fast ohne Schwingung frei.

In den 1960er-Jahren montierte der US-Amerikaner Holless Wilbur Allen ovale, exzentrisch aufgehängte Rollen an den Spitzen eines Bogens. Diese Camwheels koppeln die Sehne an ein Kabel, welches die Wurfarme spannt. Das steigert die gespeicherte Spannungsenergie trotz geringerer maximaler Zugkraft, sodass diese „Compoundbögen“ Höchstgeschwindigkeiten von 350 km/h ermöglichen. Centercut, ein Visier mit Vergrößerung, Stabilisatoren und Wasserwaage machen ihn so präzise, dass er insbesondere in den USA für die Bogenjagd und als Sportgerät sehr beliebt ist.

Ob mit dem Langbogen beim Turnier auf dem Mittelaltermarkt, mit dem Recurvebogen beim Kampf um die Goldmedaille oder mit dem Compoundbogen im Schützenverein – das Bogenschießen spricht viele Zielgruppen an. Welcher Bogen zum Einsatz kommt, ist vor allem Geschmackssache: Profis schaffen auch mit einem Langbogen den „Robin-Hood-Schuss“, bei dem sie einen zuvor geschossenen Pfeil mit einem anderen aufspießen. Könnte Robin Hood heute die technischen Fortschritte seiner Lieblingswaffe sehen, würde sich der wohl bekannteste Langbogenschütze aber wohl auch für ein Upgrade entscheiden.

