

Compound und Recurve - ein Vergleich unter biomechanischen Gesichtspunkten.

Vorgeschichte

Als wir bei einem Städtevergleichskampf zwischen Koblenz und ihren Partnerstädten an der Großsporthalle standen und den kleinen Turnerinnen applaudierten, die nach einer begeisternden Vorstellung stolz die Bühne verließen, sagte eine neben mir stehende Vereinskameradin, eine Physiotherapeutin, nüchtern und etwas melancholisch, „in zehn Jahren sind das alle meine Patientinnen...“

In den fast 40 Jahren, in denen ich selber Bogen schieße, mich mit den physikalisch-technischen Zusammenhängen beschäftige und Bogenschützen im Verein ausbilde, sind mir etliche, für meinen Geschmack zu viele Fälle bekanntgeworden, bei denen Sportler aus gesundheitlichen Gründen (Beschwerden im Schulterbereich und den Schultergelenken) den Sport aufgegeben haben bzw in einigen Fällen vom Recurve zum Compound umgestiegen sind.

Vor Jahren sagte mir im Gespräch eine Recurvebogenschützin, die von der Anatomie her ideale Längen/Hebelverhältnisse hatte, dass sie, wenn sie in den Endauszug kommt, das Gefühl hat, dass die Spannkraft kleiner wird. Mir war der eigentliche Ansatzpunkt, der ihrer Bemerkung zugrunde lag, klar. Sie meinte, wenn auch unbewusst, das vom Bogenkraftvektor mit dem Hebelarm gebildete Drehmoment um ihre Schultergelenke, das bei ihr im Endauszug sehr klein wurde. Nur ist die Herleitung zu einer technisch richtigen und gleichzeitig allgemein verständlichen Darstellung nicht trivial. Hier ist der Versuch einer Erklärung.

Grundlagen

Das Spannen des Bogens wird von oben betrachtet. Der Bogen wird ideal gespannt, nur mit den Rückenmuskelgruppen, Zughand und Zugunterarm bleiben in einer Linie. Die Drehung erfolgt nur über das Schultergelenk des Zugarmes. Selbstverständlich sind weitere Variationen möglich, aber sie werden die Schlußfolgerungen und Ergebnisse nicht maßgeblich beeinflussen.

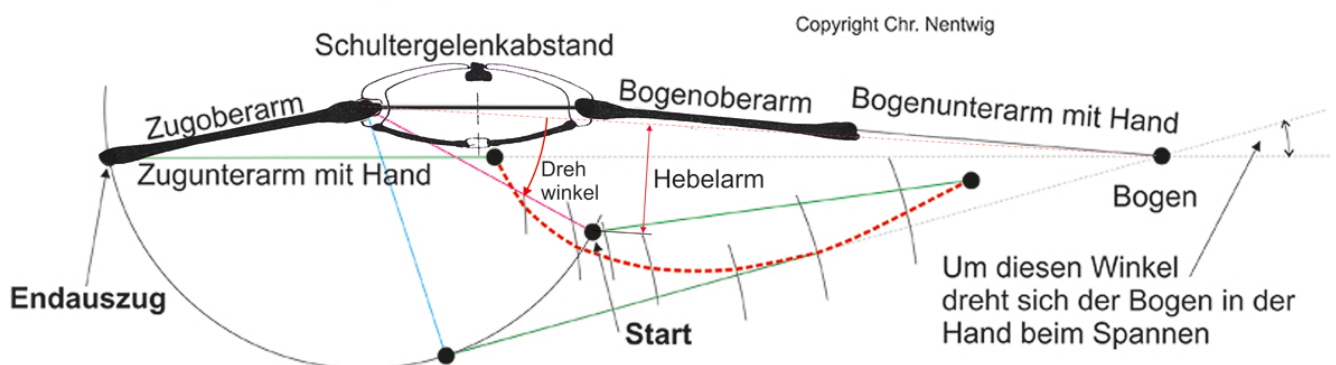


Bild 1

In Bild 1 ist das grundsätzliche Kinegramm dargestellt, der Brustkorb, Zugober- und Bogenoberarm sind skizziert, Zugunterarm und Bogenunterarm nur als Strecken dargestellt. Die rot gestrichelte Linie zeigt den Weg des Pfeilnockpunktes an, wenn mit gestreckter Hand gespannt wird. Der Hebelarm, der maßgeblich die aufzubringenden Drehmomente um die Schultergelenke beeinflusst, ist der

senkrechte Abstand zwischen der Strecke Zugarmschultergelenk bis Druckpunkt in der Bogenhand und dem Zugarmellenbogen. Der Drehwinkel ist der Winkel zwischen der Strecke Zugarmschultergelenk bis Bogenhand und dem Zugoberarm. Er ändert sich von einem Minimalwert (ca 30°) bis zum Maximalwert (ca 150°) im Endanschlag. Wird beim Spannen gleichzeitig der Bogenarm um sein Schultergelenk gedreht (was ja richtig ist, auf beiden Seiten sollte das gleiche Drehmoment aufgebracht werden), dann ändert sich grundsätzlich nichts Wesentliches an diesem Modell, da die Grundlage der weiteren Betrachtungen immer die Strecke Zugarmschultergelenk bis Druckpunkt Bogenhand ist.

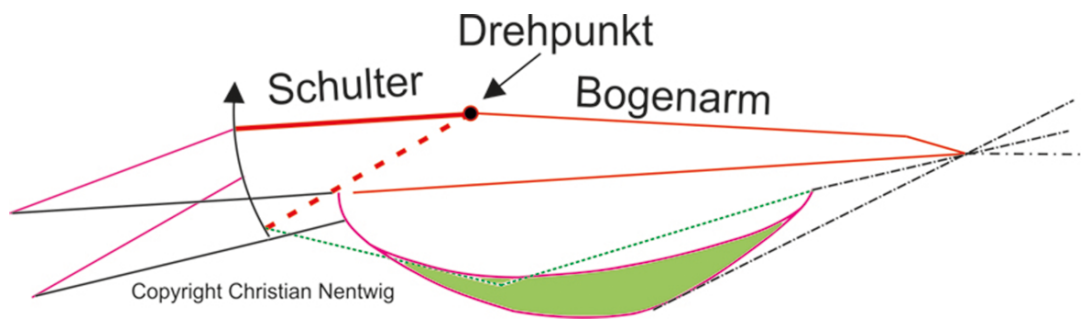


Bild 2

Die grün unterlegte Fläche zeigt den Bereich an, innerhalb dessen sich der Nockpunkt des Pfeiles bewegen wird, je nachdem wie stark die Schulter bzw. der Bogenarm um das Bogenarmschultergelenk gedreht wird.

Das Modell

Die im Bild 1 gezeigten geometrischen Bedingungen wurden auf eine Auszugslänge von 0,5m skaliert, das entspräche einer vom Button aus gemessenen Auszugslänge von 0,7m, den Sehnenstand zugerechnet.

Weiter wurden die Auszugskurven eines Recurvebogens mit einer Endhaltekraft von ca 180N (40lbs) und einem Compound mit einem Peak Weight von 270N (60lbs) verwendet.

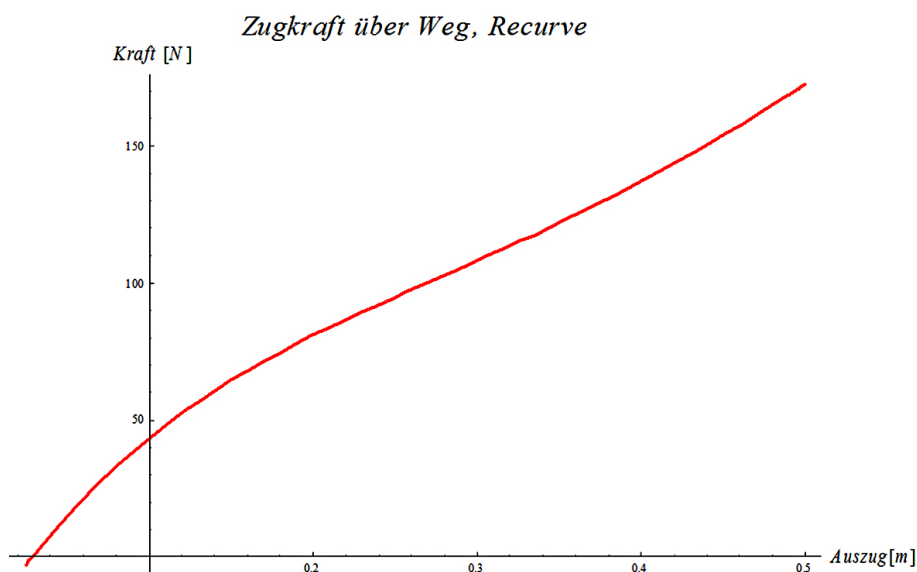


Bild 3 Auszugskurve des Recurvebogens

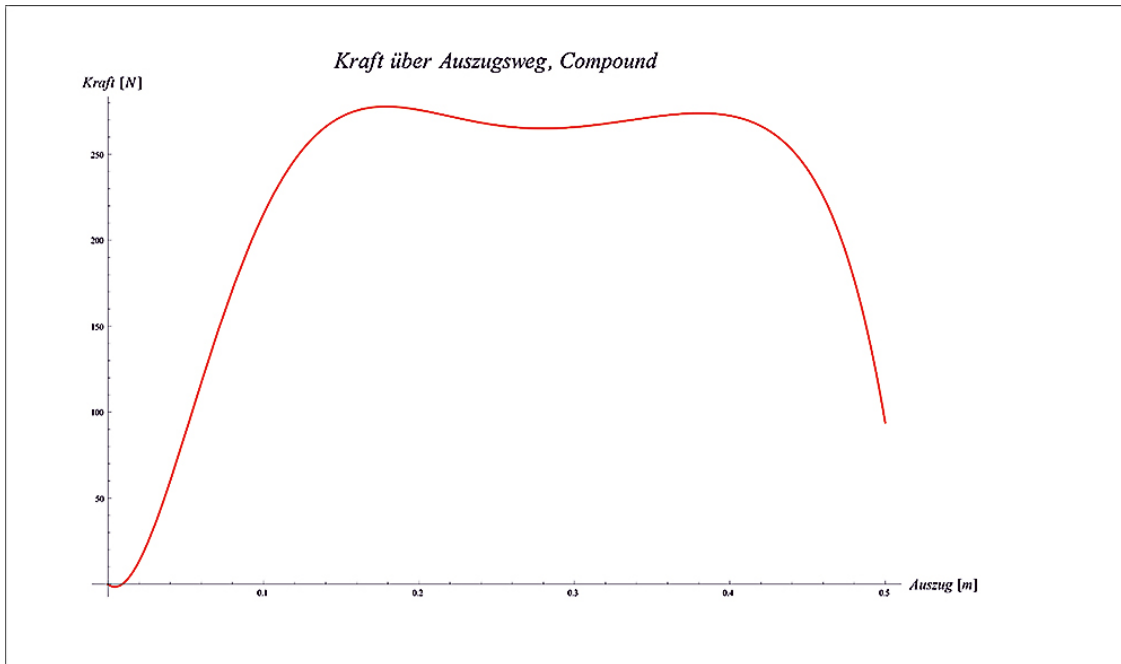


Bild 4 Auszugskurve des Compoundbogens

Beim Spannen werden im Körper Druckkräfte und Drehmomente erzeugt. Die Druckkräfte werden durch die Skelettstruktur passiv aufgenommen. Sie sind nicht beeinflussbar, da kein Muskel fähig ist, Druckkräfte aufzubauen. Die Drehmomente werden durch Muskelgruppen, die sich zusammenziehen und an den entsprechenden Knochenhebeln angelenkt sind, aufgebracht. Sie sind es, die beherrscht werden müssen.

Wie groß werden sie bei den entsprechenden Bogentypen und wann treten ihre Maximalwerte auf? Diese beiden Fragen sollen geklärt werden.

Über die Zuordnung der auftretenden Zugkraft des Bogens zum Auszugsweg ist eine Zuordnung zum Drehwinkel des Zugoberarmes möglich. Der Drehwinkel wird ab hier als Radiant [rad] angegeben. Eine Umrechnung ist einfach: der Wert muss mit 57,3 bzw. überschlagsmäßig mit 60 multipliziert werden, und man hat die übliche Gradzahl.

Als erstes wird der Hebelarm betrachtet. Er steigt von einem Minimalwert (bei ca 0,5 rad) über ein Maximum und fällt danach auf einen kleinen Wert ab. Dieser Verlauf ist für beide Bogentypen gleich und sieht wie folgt aus.

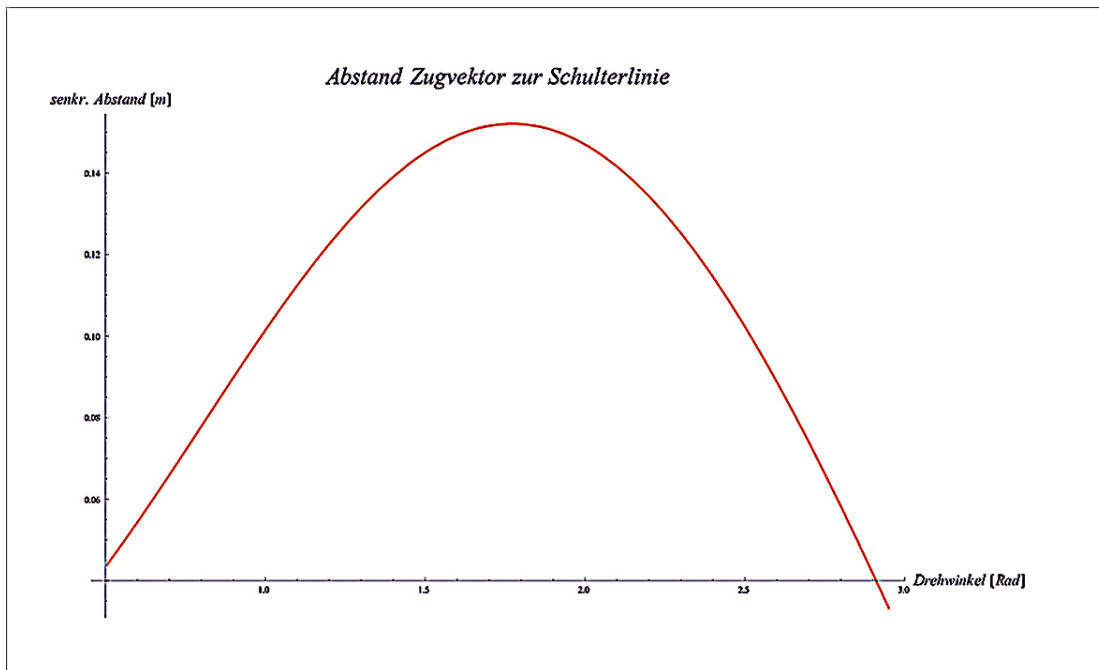


Bild 5 Verlauf der Größe des zum Zugvektor gehörenden Hebelarmes beim Spannen.
Diesem Hebelarm wird die entsprechende Zugkraft des Bogens zugeordnet.

$$M_D = F(\alpha) \cdot \text{Hebelarm}(\alpha)$$

M_D -> Drehmoment [Nm]

$F(\alpha)$ -> örtlicher Zugkraftvektor [N]

Hebelarm(α) -> dazugehöriger Hebelarm [m]

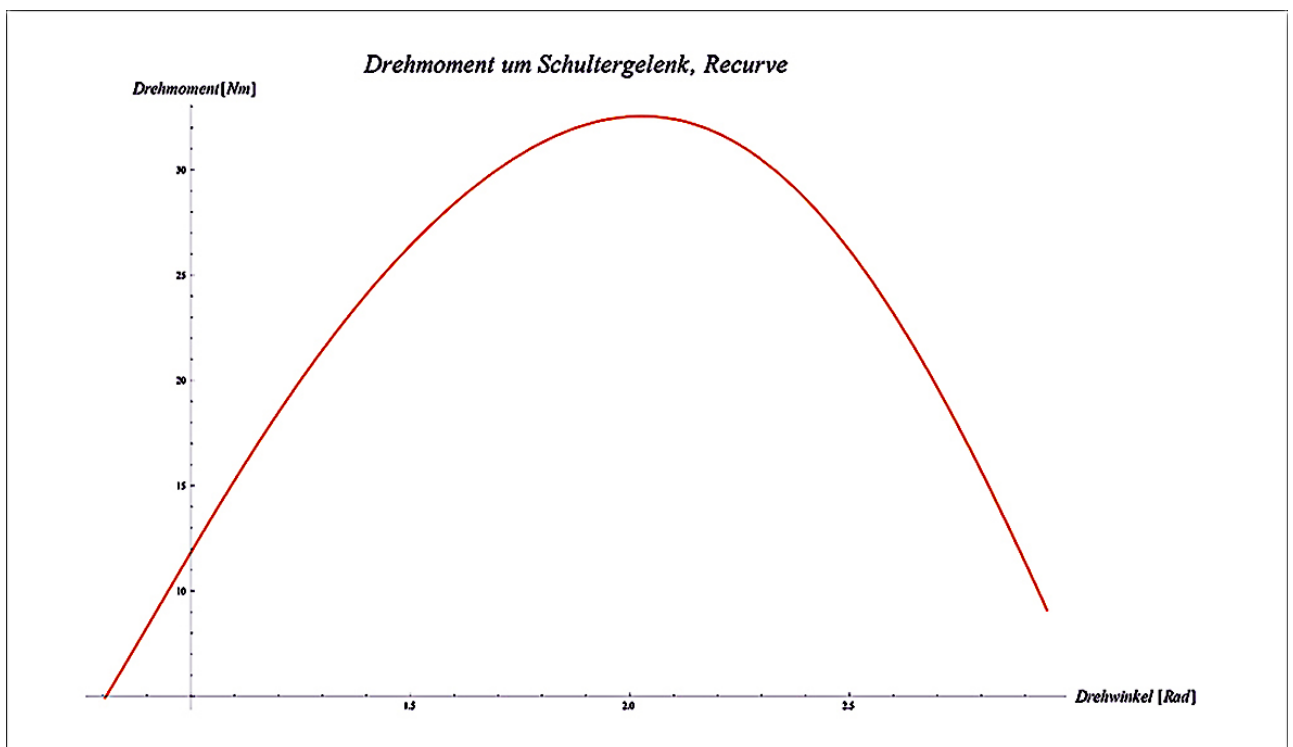


Bild 6 Drehmoment um das Schultergelenk beim Recurve

Hier tritt das maximale Drehmoment von 32Nm bei einem Drehwinkel von 2,2rad (ca120°) auf. Dieses Moment fällt auf 9,1Nm im Endauszug ab.

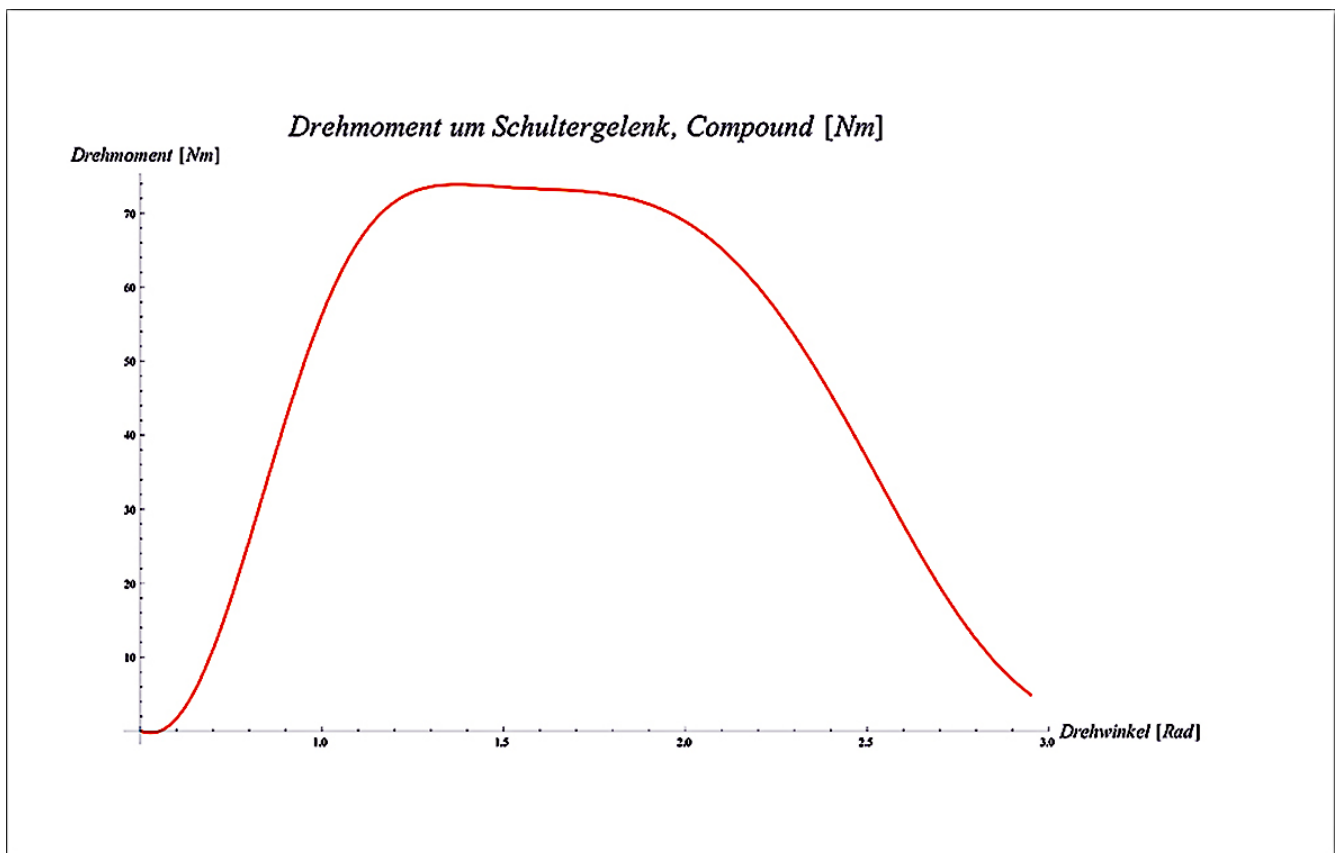


Bild 7 Drehmomentenverlauf beim Compound

Das maximale Drehmoment beträgt beim Compound ca 72Nm und tritt fast konstant zwischen dem Drehwinkel 1,0 (ca 60°) und 2,0 (ca 120°) auf. Im Endauszug fällt es auf 4,9Nm ab.

Zusammenfassung

Zwei Bogentypen wurden hinsichtlich der durch sie erzeugten Belastung auf die Muskeln/Skelettstruktur untersucht. Ein Recurvebogen mit einer Endhaltekraft von 180N belastet den Körper beim Spannen mit einem maximalen Drehmoment von 32Nm. Diese Belastungen treten auf, wenn das Kinegramm dem Ideal (im Endauszug bilden die Punkte, von oben gesehen Druckpunkt Bogenhand – Zughand - Zugellenbogen eine Gerade) entspricht. Ist das nicht der Falle, steht also der Zugellenbogen außerhalb des Zugkraftvektors, verschlechtern sich die Bedingungen. Ein Compound bringt es unter sonst gleichen Bedingungen auf mehr als die doppelte Belastung. Und das auch noch über einen weit größeren Drehwinkel.

Diskussion

1. Meine Schützenschwester hat Recht mit ihrer Bemerkung.
2. Der Compound erzeugt eine weit höhere Belastung auf die Muskeln/Skelettstruktur als von mir angenommen und abgeschätzt. Sie ist weitaus größer als bei einem Recurve mit 180N Endhaltekraft. Selbst wenn der Recurvebogen mit 250N Endhaltekraft gespannt wird, würde er nicht die Belastung durch die Drehmomente erzeugen wie der Compoundbogen.

3. Welchen Rat soll der Trainer einem Schützen geben, der aus gesundheitlichen Gründen (z.B. Schmerzen im Schulterbereich) auf Compound umsteigen möchte?
4. Sollen Schüler und Jugendliche Verbandswettkämpfe (Meisterschaften) mit dem Compound austragen? Wenn ja, welche Randbedingungen wären dann zu beachten?

Zu 3: Mein Rat wäre, den leichtesten Recurve zu schießen, der möglich ist, und u. U. auf Wettkämpfe bei größeren Entfernungen zu verzichten. Soll es unbedingt ein Compound sein, muss das Peak Weight auf mindestens 90N (20lbs) bis 110N (25lbs) heruntergedreht werden, um eine deutlich geringere Belastung im Vergleich zum ursprünglichen Recurve zu erreichen.

Zu 4: Bei Schülern ist ein offizielles Wettkampfschießen mit Compound abzulehnen. Die Gefahr, durch Überlastung körperliche Schäden zu verursachen, u.U. noch zusätzlich gepuscht durch den Ehrgeiz der Eltern, darf nicht unterschätzt werden. Im Zuge dieser Arbeit ist mir bekannt geworden, dass noch nicht einmal Peak Weight Begrenzungen für Jugendliche und Schüler vorgesehen sind. Sollte -aus welchen Gründen auch immer- das Wettkampfschießen mit Compound für Schüler zugelassen werden, ist für Schüler eine Begrenzung des Peak Weights auf max 20lbs und auch für Jugendliche auf 25lbs meiner Meinung nach zwingend notwendig. Die Gründe habe ich dargelegt.

Verwendete Unterlagen

Die Auszugskurve des Compound stammt aus einer Veröffentlichung im Bogensportmagazin und wurde von mir aufbereitet, so dass die Auszugskurve verwendbar wurde. Die Auszugskurve des Recurvebogens wurde von mir selber vermessen. Das verwendete Kinegramm stammt aus „Bogenschießen“ von Haidn/Weineck.

Das Modell wurde mit Mathematica von Wolfram Research gerechnet. Die Arbeit wurde von Edelgard Nentwig redaktionell auf Verständnisfehler überprüft.

Copyright

Dieser Artikel unterliegt meinem Copyright. Eine Verwendung in Vereinen zur Weiterbildung ist zulässig.