

Eine kurze Bemerkung zu dem Bericht über das Buch „Bewegungswissenschaftliche Grundlagen des Bogenschiessens“ Im Bogensport Magazin (BSM) Nr. 3 vom Juni 2009

Es ist erfreulich, über das Bogenschießen etwas Grundlegendes zu lesen, dass im normalen Trainingsbetrieb anwendbar ist. Insofern halte ich es auch für sehr wichtig, diese Teile, die jetzt öffentlich sind, zu diskutieren.

Das Prinzip der Gegenwirkung

Biomechanik unterscheidet sich nicht von der normalen technischen Mechanik, auch hier müssen die naturgesetzlichen Gegebenheiten, die sich aus den Newton Axiomen ableiten, gelten. Das ist selbstverständlich. Der einzige Unterschied wird sein, dass bei der klassischen Mechanik die Drehpunkte von Hebeln wesentlich besser zu definieren sind. Da bedeutet allerdings nicht, dass sie immer fixiert sind.¹ Jedenfalls muss bei jedem statischen Objekt² die Summe aller Kräfte und Momente gleich Null sein.

Es gibt keinen Muskel, der Druckkräfte aufbaut. So müssen alle Druckkräfte durch Knochen, Gelenke und Muskelmassen aufgenommen werden.³ Der Aufbau einer Druckkraft kann also nie durch bewusste Aktivierung eines Muskels erfolgen⁴.



Abb. 2: Kräftegleichgewicht: Die Zugsbewegung erfordert eine gleichgroße Druckerhöhung.

Bild 1 entnommen aus BSM Nr. 3, Juni 2009

Deshalb kann *Bild 1* keine richtige Darstellung sein.

Im folgendem Bild sind die Kräfte und Momente dargestellt, die sich beim Freimachen⁵ des Systems „Bogenschießen, Vollauszug“ zeigen. Die beiden Momente um die Schultergelenke, hervorgerufen durch die Zugkräfte der starken Muskelgruppen des Kapuzen-, Delta-, und Rautenmuskels, nehmen die äußeren Kräfte des Bogens auf. Seine Eigenmasse und die zusätzlichen Momente durch die Stabilisation bleiben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt. Diese beiden Momente bewirken den Zug und die Bewegung der Zughand nach hinten, die Druckkräfte werden durch den Schultergürtel aufgenommen, der durch seine Muskeln, zu denen auch der Sägemuskel gehört, stabilisiert wird.

¹ Man denke nur an den Drehpunkt des Hebels am Beispiel eines Bootriemens.

² Der Schütze ist, wenn er in Auszug steht, quasi statisch, dynamische Massenkräfte treten nicht auf.

³ Das kann nur passiv sein, genau wie ein Gymnastikball, auf den man sich setzt, nur passiv den Gegendruck aufbauen kann. (durch Zugspannungen in seiner Hülle)

⁴ Der Ausdruck „kinetischer Muskel“ beschreibt einen Muskel, der willentlich aktiviert werden kann, aber was sind „modulare“ Muskel?

⁵ Unter „Freimachen“ versteht man in der Mechanik das „Herausschneiden“ des betrachteten Punktes und das Anbringen der benötigten Kräfte und Momente, um den betrachteten Punkt in Ruhe zu halten.

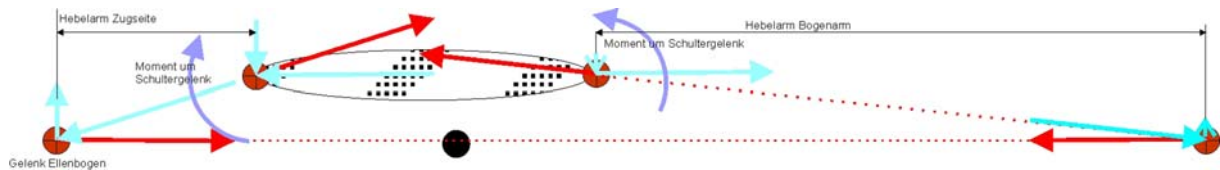


Bild 2 Schematische Darstellung der Kräfte und Momente beim Halten, von oben gesehen

Aus Vereinfachungsgründen wurde das Bogenhandgelenk und das Ellenbogengelenk des Bogenarmes weggelassen, es würde sich nichts grundsätzlich ändern. Ein Anwinkeln der Bogenhand und des Bogenarmellenbogengelenkes würde das erwähnte Moment in den Schultergelenken⁶ vergrößern.

Das Freiwerden der Momente kann nach dem Schuss beobachtet werden. Ein sehr gutes Beispiel, um das zu studieren, ist auf dem hervorragenden Poster des Deutschen Schützenbundes über Bogenschießen zu sehen, nach dem Schuss bewegt die Schützin Haidn-Tschalova den Bogenarm nach dem Schuss schulbuchmäßig waagrecht nach außen. Das Moment um das Gelenk der Bogenarmschulter hat durch sein Freiwerden dem Bogenarm eine Winkelbeschleunigung⁷ und somit eine Drehbewegung gegeben. Auf Grund des Trägheitsmomentes⁸ des Armes und des Bogens *um den Drehpunkt des Bogenarmschultergelenkes* ist diese Beschleunigung nur klein und somit wird die Winkelgeschwindigkeit des Bogenarmes nur gering, aber trotzdem gut beobachtbar bleiben. Eine Bewegungsstudie von Yu Min Jin, die von André Gegg aufgenommen, und im BSM 2004 erschienen ist, zeigt den gleichen Bewegungsablauf. Diesen Effekt kann man durch einfache Versuche gut darstellen und so auch Anfängern klarmachen.

Das Prinzip der Koordination der Teilimpulse

In *Bild 2* sind die Momente dargestellt, die bei einem guten, rationellen oder wie in dem Artikel gesagt, ökonomischen Kraftaufbau entstehen und die gut steuerbar sind. Ein Moment, das im Zugellenbogengelenk durch Einsatz des Bizeps entsteht, ist schädlich und wird mit Sicherheit zu fehlerhaften Schüssen führen. Das Zugellenbogengelenk darf nur durch die inneren Zug und Druckkräfte, wie gezeigt, belastet werden. Ein Spannen des Bogens mit dem Bizeps ist daher unbedingt zu vermeiden. Momente im Bogenarmellenbogengelenk und im Bogenhandgelenk wären unschädlich, wenn sie von Schuss zu Schuss definiert erzeugt werden, das heißt, dass die Winkelstellung immer gleich bleiben muss. Da das Kinegramm⁹ von individuellen Gegebenheiten abhängt, werden sich diese Haltungen im Einzelfall nicht vermeiden lassen.

Die Ausführungen von Axford, so wie in BSM Nr. 3 2009 dargestellt, treffen nicht zu. Die senkrechte Kraftkomponente ergibt sich aus dem Winkel zwischen Krafrichtung und Richtung des Bogenarmes. Dieser Winkel ist aus verständlichen Gründen zwangsläufig. Die Gewichtskraft aus der Masse der Bogens inklusive seiner

⁶ In beiden, denn: beide sind gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet.

⁷ Analog zur gradlinigen Beschleunigung ist dies die Beschleunigung einer Masse um einen Drehpunkt.

⁸ Der Analog zur Masse bei der gradlinigen Beschleunigung ist dies das Widerstandsvermögen, das eine Masse aufbringt, ihre Bewegung um einen Drehpunkt zu ändern

⁹ schematische Darstellung der geometrischen Abmessungen des Schützen beim Auszug, von oben gesehen.

Stabilisation bleibt bei dieser Untersuchung, die die Kräfte und Momente bei Vollauszug, also kurz bevor der Klicker fällt, betrachtet, unberücksichtigt.

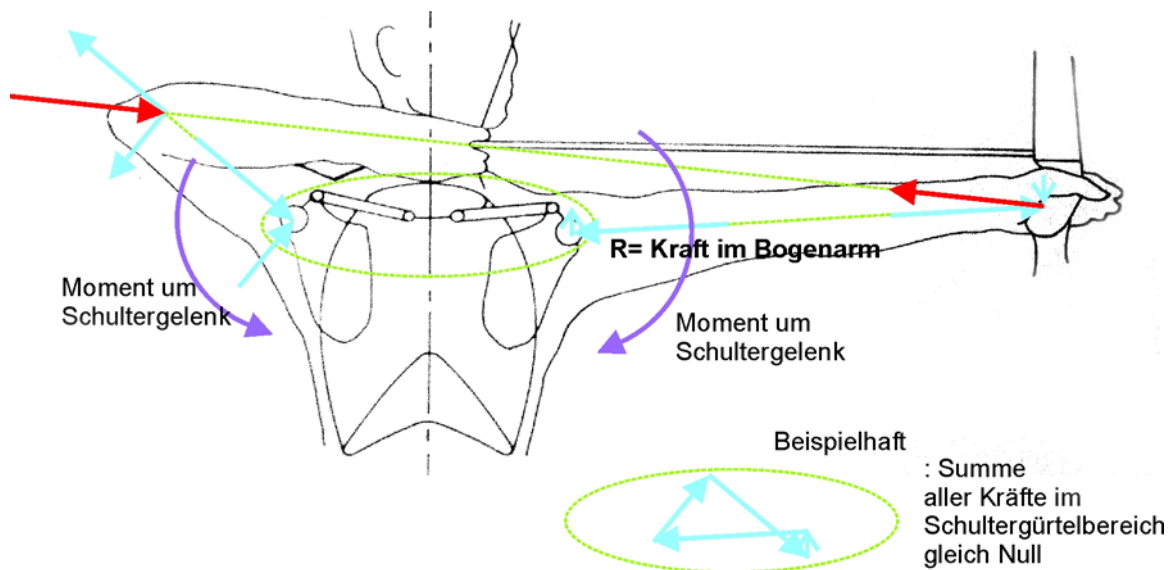


Bild 3 Schematische Darstellung der Kräfte und Momente beim Halten, von der Seite gesehen, Basiszeichnung aus Archery Anatomy, Ray Axford, 1995

Vergleicht man die Kinegramme von oben (Bild 2) mit der Seitenansicht (Bild 3) erkennt man sofort, dass in beiden Fällen im Schultergürtelbereich Druckkräfte aufgenommen und Momente aufgebracht werden. Diese Momente sind an beiden Schultergelenken gleich groß¹⁰ und werden durch Zugkräfte in den starken Muskeln Delta- Kapuzen- und Rautenmuskel aufgebracht, die den Hebel Bogenarm bzw. Zugoberarm nach hinten drehen. Selbstverständlich erfolgt diese Drehung nicht in einer Ebene, sondern räumlich. Die Fixierung/Stabilisierung der Schultergelenke erfolgt zusätzlich durch den Sägemuskel. Die Druckkräfte werden durch die Übertragung Schlüsselbein- Schulterblatt Muskelmasse übertragen. Eine Vergrößerung des Abstandes der beiden Schultergelenke und damit das Aufbringen einer zusätzlichen Druckkraft ist nur möglich, wenn der Sägemuskel die Schulterblätter um den Drehpunkt des Schlüsselbeines nach unten zieht. Die dazu aufzuwendende Kraft wäre bei Wettkampfbögen viel zu hoch, um das gleichmäßig, reproduzierbar und kontrolliert durchzuführen. Der umgekehrte Weg ist -leider- viel einfacher: Bei zu langem Stehen unter Vollauszug versagt der Sägemuskel, die Schulterblätter steigen hoch, der Abstand der beiden Schultergelenke verringert sich, der Schütze kommt nicht durch den Klicker.

Das Stop and Go Prinzip

Hier wird die Annahme vertreten, dass zwischen der Hauptzugphase und der "Klickerendphase" verschiedene Muskelgruppen zur Anwendung kommen. Daraus wird abgeleitet, dass Anfänger während des Ankern¹¹ einen Stop einbauen sollten, um z.B. den Klicker zu kontrollieren und/oder die Zug- und „Druck“arbeit anderen Muskelgruppen zu übergeben, die feinkoordinierter arbeiten sollen. Weiter heißt es, durch das Weiterziehen ohne Haltephase wäre ein kontrollierter, feinkoordinierter Bewegungsablauf durch die Anwendung der starken Muskeln nicht möglich.

¹⁰ Wenn dem nicht so wäre, würde sich der Schütze im Auszug kontinuierlich drehen.

¹¹ Dieser Ausdruck suggeriert schon den Eindruck von etwas Statischen, Fixierten, der Ausdruck „Anschlag“ aus dem Schießsport ist deutlich neutraler.

Begründet wird dies im Wesentlichen durch Geschwindigkeitsverlaufsmessungen bei Spitzensportlern.

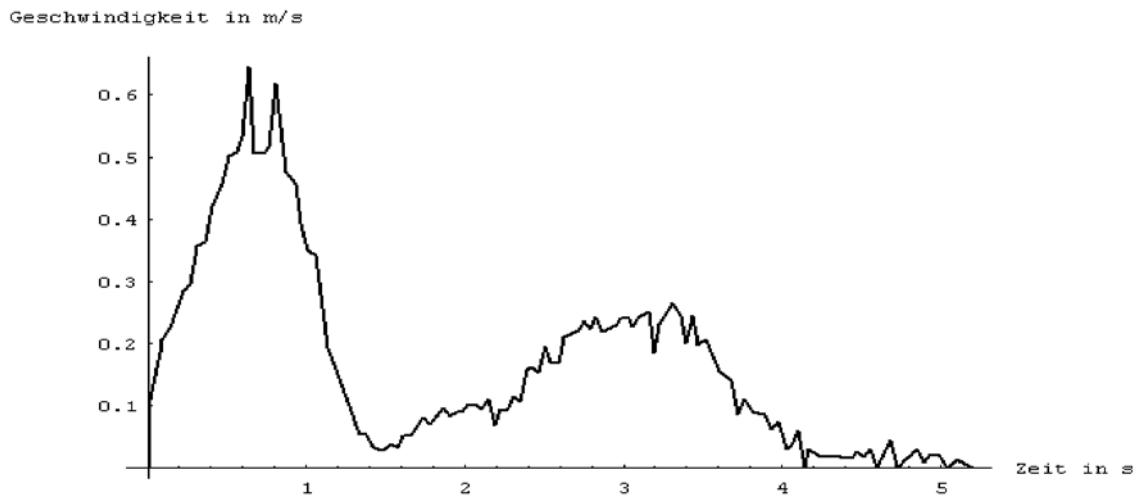


Bild 4 Digitalisierte Grafik des Bildes Geschwindigkeitsverlaufsmessung bei Park Sung Hyun

Eine Messreihe wurde als Beispiel veröffentlicht. Bei flüchtiger Untersuchung sieht man, dass die Schützin nicht nur während des Erreichen des Ankerpunktes ihre Zuggeschwindigkeit auf Null verringert hat, sondern während der Klickerphase bis zum Schuss sechsmal. Das scheint die Theorie des Stop and Go zu stützen. Ein „Stop“ ist aber durch eine Zeitspanne gegeben, nicht durch einen Zeitpunkt. Diese Zeitspanne ist nicht erkennbar. Die Messfrequenz war ca. 20 Hz, das heißt, mit bloßen Auge hätte niemand bei dieser Messreihe einen „Stop“ bemerkt, weil die Zeitdauer dieses Stops kleiner als 1ms war. Mit „niemand“ ist auch die Schützin gemeint, sie hat auch den ersten „Stop“ bei Erreichen des Ankerpunktes nicht bemerkt. Zeitspannen von $\leq 50\text{ms}$ sind nicht bemerkbar, und diese Zeitspanne hätte in dem veröffentlichten Diagramm ungefähr 1mm ausgemacht. Ein Stop von 0,1s hätte auf der Skala 2,3mm bedeutet.

Diese Diskrepanz führte zu einer genaueren Untersuchung dieses Diagramms. Das Diagramm wurde digitalisiert, bei der Übertragung treten systematische Fehler auf, das ist unvermeidbar. Diese können jedoch an der Schlussfolgerung nichts ändern. Es wurden 107 Messwerte erfasst. Aus diesem Diagramm wurde ein Weg-Zeit Spektrum generiert, zu jeder Geschwindigkeit wurde der dazugehörige Weg errechnet.

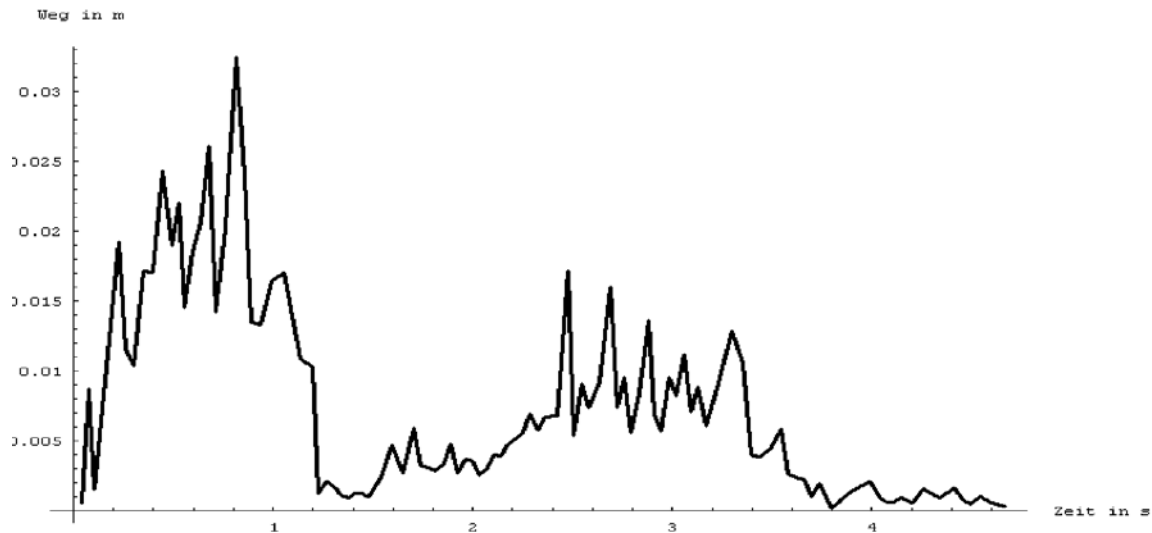


Bild 5 Weg-Zeit-Spektrum der Zughand von Park Sung Hyun

Es zeigt sich kein ausgeprägter „Stop“ Die Schwankungen sind eher durch den natürlichen Tremor zu erklären, der in der Gegend von 12Hz und größer liegt. Und wenn der Klicker bei 4,2 s gefallen wäre, dann hätte Park Sung Hyun eben da geschossen und genauso die 10 getroffen, wie zu irgendeinem Zeitpunkt in dieser Phase zwischen 4 und 5,5 s.

Als letztes wurde der Weg über die Zeit aufsummiert.

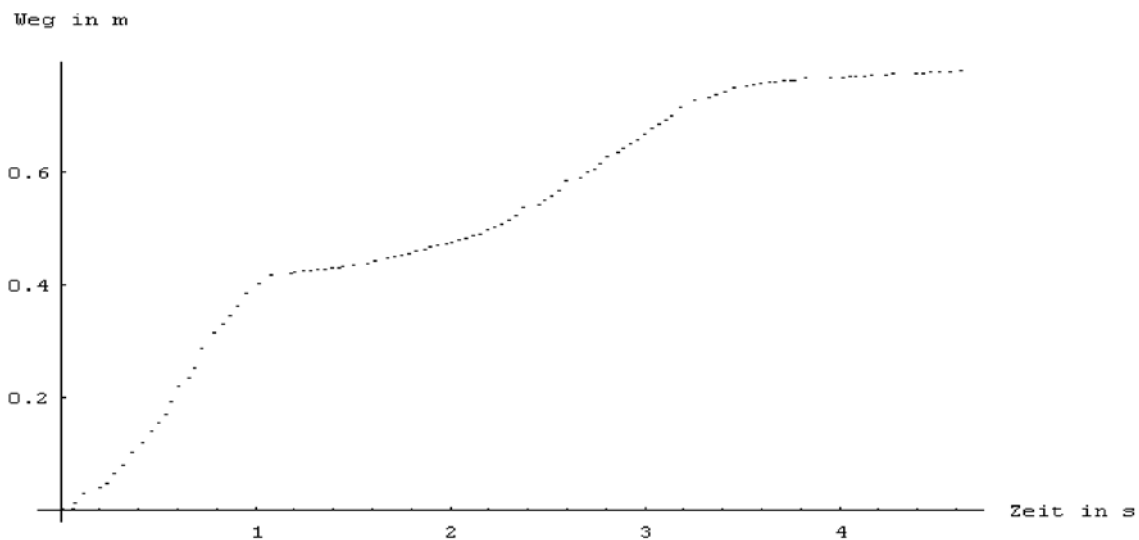


Bild 6 Weg-Zeitkurve der Zughand von Park Sung Hyun Wenn die Zeitspanne von 4,2 s zu 5,2s ausgewertet wird, kommt man zu einer konstanten Zuggeschwindigkeit von ca. 1,6 cm/s. Bei dem Diagramm sollte nicht vergessen werden, dass die Zeiteilung 0,2s beträgt

Ein „Stop“ wäre in dieser Kurve sofort durch einen waagerechten Verlauf über einen längeren Zeitraum zu erkennen. Da ist nichts.

Bis jetzt wurden nur die reinen Daten, die sich aus dem Diagramm in BSM Nr.3 2009 ergeben, ausgewertet. Die „Zappeleien“ in der Kurve sind nichts Besonderes und für jeden, der Versuchsergebnisse sorgfältig auswertet normal. Hier in diesem Fall können sie als der natürliche Muskelzittern bei dieser Schützin angesehen werden, sie sind also für eigentliche Auswertung ohne Belang. Sie können aber auch zum größten Teil als Messwertfehler interpretiert werden, außer den starken Schwankungen in der Vorzugsphase, die aber keine Rolle spielen. Eine Untersuchung derartiger Kurven, bei denen keine direkte Korrelation zu erkennen ist, erfolgt durch Kurvenanpassung n-ter Polynome.

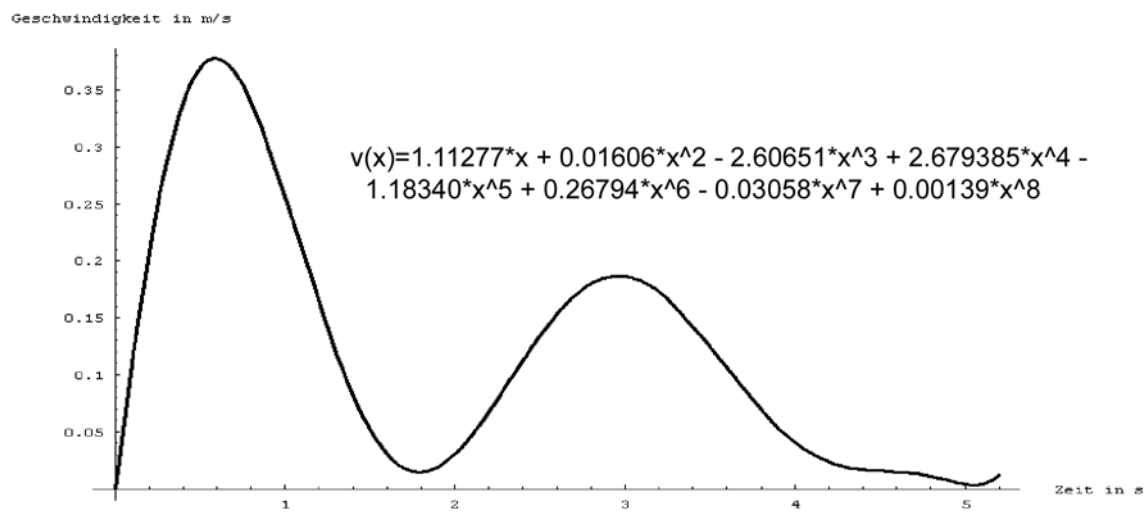


Bild 7 Geschwindigkeits-Zeitkurve der Zughand von Park Sung Hyun

Leicht ist zu erkennen, dass in der Phase, in der sie ihren Anschlag erreicht und der Klickerphase, in der der Schuss bricht, kein Stoppen erfolgt. Im Gegenteil. Die Zuggeschwindigkeiten sind sogar höher als erwartet.

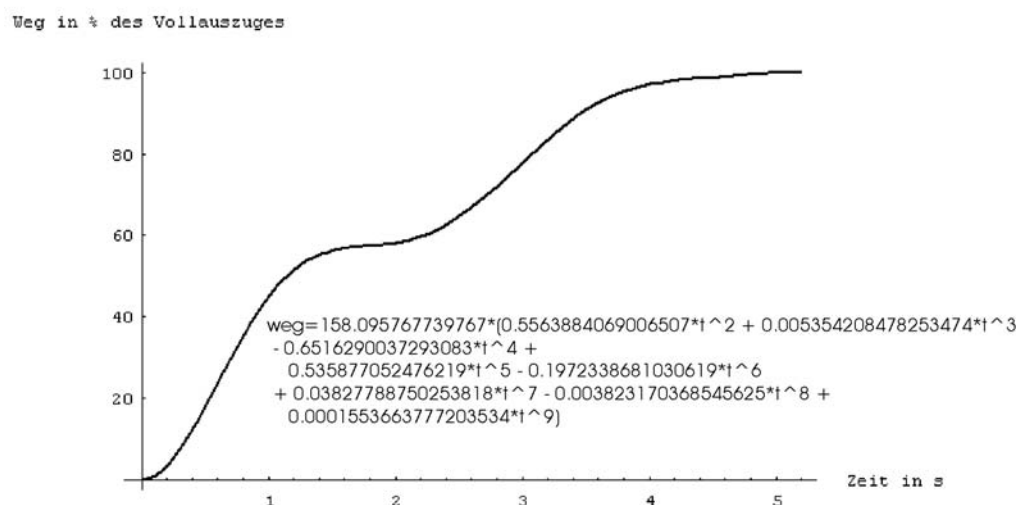


Bild 8 Weg-Zeitkurve der Zughand von Park Sung Hyun

In keiner Phase, selbst in der Vorzugsphase ist zu erkennen, dass die Schützin den Zug unterbricht. Nirgends ist über eine längere Zeitphase, und zwar so lang, dass sie von der Schützin oder eher noch von Außenstehenden wahrnehmbar wäre, ein „Stop“ zu erkennen.

Hier wird aber deutlich, dass ein systematischer Fehler in dieser Auswertung drinsteckt, Denn in der Integration ergäbe sich für sie dann eine Pfeillänge von über 0,8m. Würde bei jedem Meßwert bei der Aufnahme nur ein systematischer Fehler von 1% gemacht, ergäbe sich dieser Wert. Deshalb wurde die Auswertung des Weges auf ihren Endauszug, den sie nach 5,2s erreicht als 100% gesetzt. Es geht hier um qualitative Aussagen, nicht um quantitative, und darauf hat dieser Fehler keine Auswirkungen. Diskutiert man die Weg-Zeitkurve, so findet man keine Singularitäten, die Schwankungen in der Auszugsgeschwindigkeit lassen sich zwanglos durch natürlichen Tremor gerade bei kleinen Geschwindigkeiten erklären. Ein Hinweis auf gewollten, geplanten „Stop and Go“ lassen sich gerade bei dieser veröffentlichten Aufzeichnung nicht herauslesen. Die Weg-Zeitkurve zeigt sogar einen ausgesprochen gleichmäßigen Verlauf und gerade darin wird der große Erfolg dieser Weltklaseschützin zu erklären sein.

Schlussbemerkung

Die Betrachtungen über Kräfte und Momente, wie in dem Artikel beschrieben sind nicht sorgfältig genug ausgeführt und zudem teilweise auch so sachlich falsch, dass sie zu praktischer Arbeit und entsprechenden Schlussfolgerungen im Trainingsbetrieb nicht dienen können.

Die Annahme, kräftige Muskel sind nicht feinfühlig genug, um die notwendige Feinkoordination beim Schießen zu erreichen, ist nicht stichhaltig belegt. Jedenfalls nicht nach den in diesem Artikel vorgelegten Messwerten. Die Elektromyographie-Werte, die dazu vorliegen geben da nichts her, weil sie nur eine Aussage darüber treffen, ob der betreffende Muskel *überhaupt* aktiviert ist, aber nicht in welcher Stärke. Weiterhin ist nirgends eine eindeutige *zeitliche* Zuordnungen von den Aktivierungsphasen des Muskels und den einzelnen Schussphasen bekannt. Das ist schon bei den früheren Veröffentlichungen aufgefallen. Die Idee, mit dem Sägemuskel in der Klickerphase zusätzlichen Druck aufzubauen, ist mindestens fünfundzwanzig Jahre alt, und hat schon damals nicht funktioniert. Der Muskel ist dafür einfach zu schwach ausgelegt. Er kann zwar die Schultergelenke eine Weile stabilisieren, aber auch das nur über einen begrenzten Zeitraum. Er ist nicht fähig, unter Volllast von 150-200N die Schultergelenke nach unten zu ziehen und so feinkoordiniert den Bogenarm¹² ein paar mm nach vorne zu bewegen.

Beim Analysieren des Vorabdruckes kommt der Eindruck auf, als sollte dieses Buch aktuelle Aussagen verschiedener Trainer, für die aber keine belastbaren Grundlagen vorliegen, etwas seriöser mit dem Anspruch der Wissenschaftlichkeit belegen.

Die implizierte Schlussfolgerung, dieser oder jener Trainer hat Erfolg, und deshalb sind auch seine Aussagen „richtig“, ist aber genauso Nonsens wie die Aussage bei medizinischen Belangen „Wer heilt hat recht“.

© Christian Nentwig

Autor:

Christian Nentwig

Maschinenbauingenieur (Ing.grad.) im Ruhestand

¹² Unter Last, wohlgemerkt.

40 Jahre tätig in Entwicklung und Forschung
seit 1975 Bogenschütze