

Bogenschießen im Namen der Wissenschaft

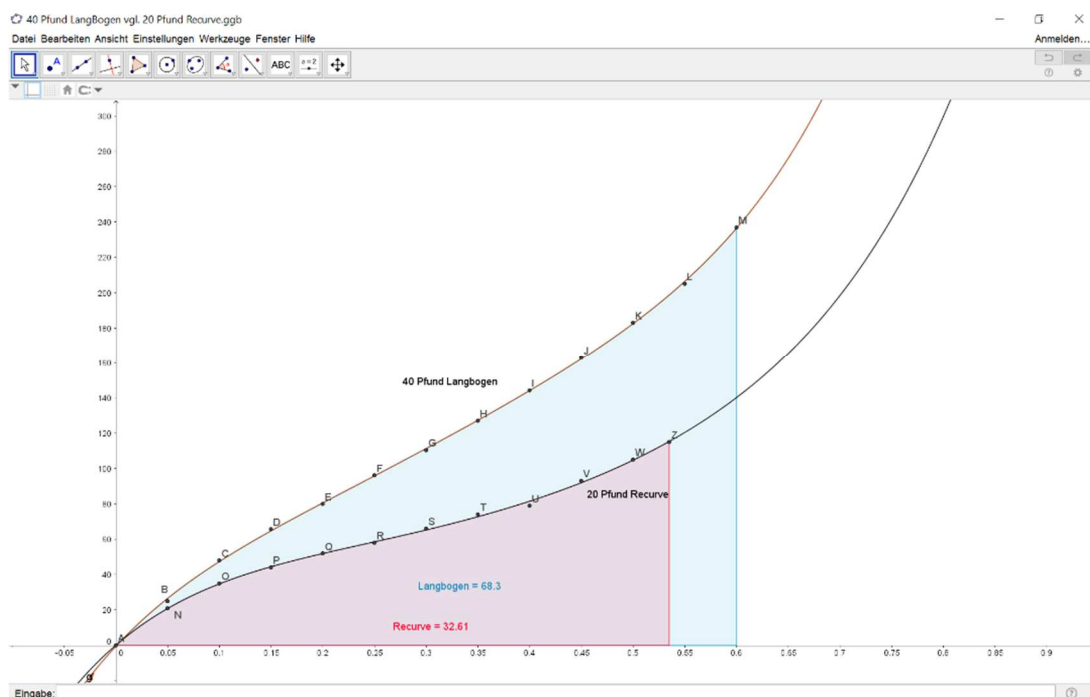
Forschungswerkstatt Physik 2016/2017

Unter der Leitung von Prof. Höfler trafen sich in diesem Schuljahr jeden Freitagnachmittag einige Physik – Begeisterte, um über Probleme der Naturwissenschaft zu diskutieren, zu experimentieren und um die Leidenschaft für das Fach zu teilen. Neben Themen wie die experimentelle Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons oder die Messung des elektrischen Widerstandes einer Frankfurterwurst, einen Expertenvortrag von der aktuellen Fusionsforschung an der TU-München/Garching oder auch die spektrale Untersuchung von verschiedensten Lichtquellen, kristallisierte sich im Zuge dieser Treffen bald das beliebteste Thema heraus – die Frage, ob es möglich ist, die Schusskraft eines Sport-Bogens und so auch die Flugweite eines Pfeiles experimentell herauszufinden und zu berechnen.

Das Projekt erforderte, wie in der Wissenschaft üblich, etliche neue Versuche und Methoden, doch schlussendlich war das Ergebnis so akkurat, dass auch ein Bericht auf der Homepage unserer Schule nicht fehlen durfte.

Die grundlegende Frage unseres Experiments bestand darin, auszurechnen, welchen Unterschied in Bezug auf die Flugweite es macht, wenn ein Pfeil aus einem Recurvebogen mit 20 Pfund und einem Langbogen mit 40 Pfund abgeschossen wird?

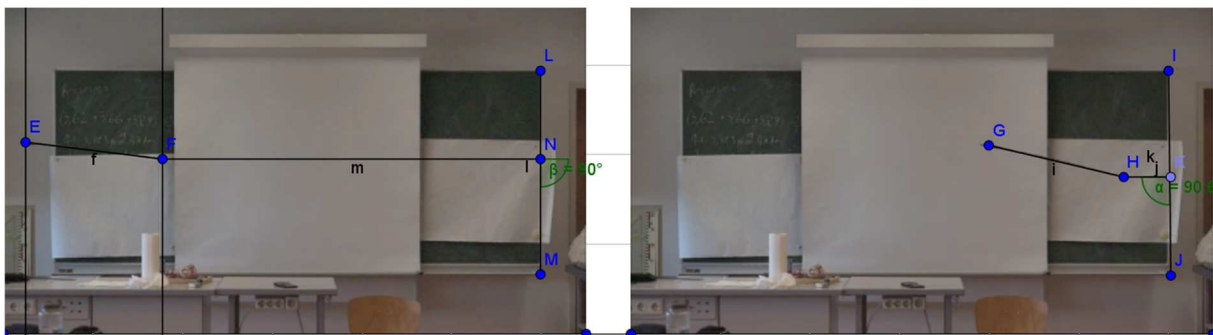
Wie weit ein Pfeil fliegt, hängt von seiner Geschwindigkeit ab. Die Geschwindigkeit erhält der Pfeil jedoch aus der Vorwärtsbewegung der Bogensehne. So war es im ersten Schritt notwendig, die Energie eines Langbogens und eines Recurvebogens bei einer fixen Zuglänge zu bestimmen. Dazu wurden beide in 5 cm Schritten weiter gespannt, die Zugkraft in Newton gemessen und in folgender Grafik modelliert:



Um jedoch die für die Geschwindigkeitsberechnung benötigte Arbeit zu ermitteln, mussten noch die Integrale der Kraftfunktionen berechnet werden (rot und blau hinterlegte Flächen).

Aus reinen Demonstrationszwecken wird nur die Geschwindigkeit des Pfeiles beim Langbogen berechnet, die Berechnung beim Recurvebogen erfolgt nach dem gleichen Schema. Beim Langbogen entspricht diese Arbeit $\int_0^{0.6} F(x)dx = 68.3 \text{ J}$. Die Berechnung der Geschwindigkeit des Pfeiles erfolgt über die Formel der kinetischen Energie $E = \frac{mv^2}{2}$. Durch Einsetzen der oben berechneten Energie und der Masse des Pfeiles $m = 0.024 \text{ kg}$ ergibt sich $68.3 = \frac{0.024 v^2}{2}$, woraus folgt $v = \sqrt{\frac{68.3 \cdot 2}{0.024}} = 75.4 \text{ m/s}$. Der Pfeil hat also eine Geschwindigkeit von 271.44 km/h beim Verlassen des Bogens.

Um die errechnete Geschwindigkeit zu überprüfen, wurden Hochgeschwindigkeitsvideos aufgenommen, aus denen dann anhand von zwei Standbildern mit der Bildrate von t Sekunden und dem auf den Bildern errechneten zurückgelegten Weg zwischen den Standbildern s die Geschwindigkeit mittels der Formel $v = \frac{s}{t}$ berechnet. Diese stimmte mit der anhand der Energie des Bogens errechneten überein.



Um die Flugweite eines Pfeiles bei einem Abschusswinkel von $\alpha = 45^\circ$ zu berechnen, müssen die entsprechenden Parameter in die Formel $x = \frac{v_0^2}{g} * \sin(2\alpha)$ eingesetzt werden, was eine Weite von $\approx 573 \text{ m}$ bei einer durch $t = \frac{v_0 * \sin(\alpha)}{g}$ berechneten Flugzeit von $\approx 5.4 \text{ s}$ ergibt.

Nachdem auch alle Berechnungen beim Recurvebogen durchgeführt wurden, war das Ergebnis sehr eindeutig: Der Langbogen mit 40 Pfund hat mit einer Pfeilflugweite von 573 m ein deutlich besseres Ergebnis als der 20 Pfund Recurvebogen mit 278.8 m.

Neben der Faszination, die das Experimentieren und die Möglichkeit, komplexe Fragestellungen durch mathematische Modelle zu berechnen, ausüben, wurde uns klar, dass man in der Physik auch aus Rückschlägen lernen kann und sich nicht mit einem halbwegs passenden Ergebnis zufrieden gibt – man setzt alles daran, seine Möglichkeiten auszuschöpfen um zum bestmöglichen Ergebnis zu kommen, auch wenn das manchmal bedeutet, dass die sich die Natur anders verhält als gedacht.