

Wie hoch kann ein Stabhochspringer springen?

Vorbemerkung

Bevor (quantitativ) gerechnet wird, muss zunächst der Vorgang qualitativ genau verstanden sein. Daher zunächst ein paar Dinge rund um den Hochsprung.

Warum nimmt man bei vielen Sportarten Anlauf?

Bei vielen Sportarten geht es darum, innerhalb eines sehr kurzen Momentes große Energiemengen „freizusetzen“. Dies gelingt am besten, indem man den Körper zuvor mit Energie in einer Form „auflädt“, in der sie schneller frei gesetzt werden kann, als in der im Muskel gespeicherten chemischen Energie. Daher „pumpt“ man vor dem Absprung oder dem Abwurf Bewegungsenergie in den Körper hinein, die im entscheidenden Moment dann blitzschnell zumindest teilweise in andere Energieformen umgewandelt oder auf das Wurfgerät übertragen werden kann.

Welche Energieformen spielen beim Stabhochsprung eine Rolle?

Die im Muskel gespeicherte **chemische Energie** wird beim Anlauf zunächst in **Bewegungsenergie** umgewandelt. Im Moment des Absprungs wird sie als **Spannenergie** in den Stab hineingesteckt. Durch den eigentlichen Absprung steckt man zusätzliche Bewegungsenergie in den Körper hinein. Der Stab gibt dann die Spannenergie wieder an den Körper zurück, der dabei in die Höhe steigt und auch wieder beschleunigt wird. Der Körper gewinnt also **Lageenergie und Bewegungsenergie**. Auch die Bewegungsenergie wird beim Aufstieg vollständig in **Lageenergie** umgewandelt. Beim Herunterfallen wird aus der Lageenergie wieder **Bewegungsenergie**, die von der Matte schließlich in **Wärme** umgewandelt wird.

Warum kann ein Stabhochspringer höher springen als in Hochspringer ohne Stab?

Beim Hochsprung geht es darum, die beim Anlauf aufgesammelte Bewegungsenergie möglichst vollständig im Körper zu belassen und nur die Bewegungsrichtung des Körpers zu ändern. Dies gelingt mit Hilfe des Stabes wesentlich besser als ohne Stab. **Der Stab erzeugt also keine Energie sondern hilft nur, die Bewegungsenergie des Anlaufs zwischenspeichern**, damit die Bewegungsrichtung geändert werden kann.

Rechnung

Zunächst muss die Bewegungsenergie beim Anlauf errechnet werden. Dazu geht man davon aus, dass sie maximal der Geschwindigkeit des Weltrekords im 100 m-Lauf entspricht, also ca.

$$v = 100\text{m}/10\text{s} = 10 \text{ m/s}$$

(Bei Wikipedia <http://de.wikipedia.org/wiki/Stabhochsprung> ist angegeben, dass die maximale Anlaufgeschwindigkeit 9,5 m/s beträgt.)

Wir haben angenommen, dass die Bewegungsenergie des Anlaufs über einige Zwischenstationen vollständig in Lageenergie umgewandelt wird. D.h. es gilt:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{100 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 5\text{m}$$

(Mit dem Wert von Wikipedia für die maximale Anlaufgeschwindigkeit kommt man auf ca. 4,5 m)

Wieso konnte dann der aktuelle Weltrekordhalter Serhij Bubka 6,14 Meter hoch springen, obwohl die Energieumwandlung sicher nicht perfekt ist.?

Der Springer führt an zwei weiteren Stellen dem Körper Energie zu:

1. Beim Absprung mit den Beinen
2. Beim Aufsteigen mit den Armen

Der wichtiger Effekt besteht jedoch darin, dass der Springer seinen Körper um eine horizontale Achse durch seinen Schwerpunkt dreht. Dazu ist keine Energie notwendig. Da der Schwerpunkt etwa in Höhe des Nabels liegt, ist er bereits vor dem Absprung in einer Höhe von 1m.