Theoretische Grundlagen

Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundwissens zum Thema: Handball (Wurf und Pass)

Impuls

Unter dem Impuls versteht man umgangssprachlich die „Wucht" eines Körpers (oder Balles). Der Impuls $\vec{p}$ ist das Produkt aus der Masse m und der Geschwindigkeit $\vec{v}$ eines Balles.

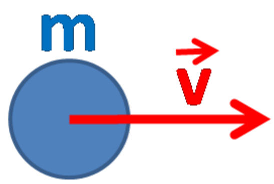

Abb. 1: Impuls eines Balles

$$p = m \cdot v$$

Die Einheit des Impulses ist $\left[\frac{kg \cdot m}{s}\right]$. In der Regel erfolgt eine Änderung des Impulses durch eine Geschwindigkeitsänderung, da die Masse des Körpers, z.B. eines Handballs, konstant ist.

Der Impuls beschreibt den Bewegungszustand des Körpers, er ändert sich durch eine Krafteinwirkung (z.B. Gewichtskraft, oder Luftwiderstandskraft).

Ein Ball mit geringer Masse (z.B. ein Softball) kann bereits bei kleiner Krafteinwirkung eine hohe Geschwindigkeit erreichen, umgekehrt bedarf es einer großen Krafteinwirkung, um beispielsweise einen Medizinball auf eine hohe Geschwindigkeit zu beschleunigen.

Koordination von Teilimpulsen

Im Handball lässt sich mit dem Schlagwurf ein maximal „harter Wurf" erzeugen, die Abfluggeschwindigkeit des Balls ist hier am größten (Geschwindigkeiten über $100\, km/h$).

Eingeleitet durch den Stemmschritt beim Schlagwurf erfolgt eine Impulsübertragung vom Körper auf den Ball. Wird beispielsweise der Ball von der Hand durch eine bestimmte Kraft beschleunigt, so verzögert dieselbe Kraft die Hand (actio = reactio). Der Impuls der Bewegung geht von der Hand in den Ball über.

Um eine möglichst hohe Geschwindigkeit des Balles zu erreichen, muss die Hand selbst einen großen Impuls in Bewegungsrichtung besitzen. Dies wird erreicht, indem der Impuls des Körpers von proximal nach distal übertragen wird:

Von der Hüfte ausgehend wird Impuls auf die Schulter, den Ellenbogen, das Handgelenk und zuletzt die Hand übertragen. Die Hand überträgt den Impuls dann auf den Handball. Man spricht von einer (zeitlichen) Koordination der Teilimpulse einzelner Körpersegmente.

In Abb. 2 sind die Geschwindigkeitsverläufe der Körpersegmente während eines Schlagwurfes dargestellt. Diese entsprechen für jedes Körpersegment den Impulsverläufen, da deren Massen konstant bleiben ($p = m \cdot v$).

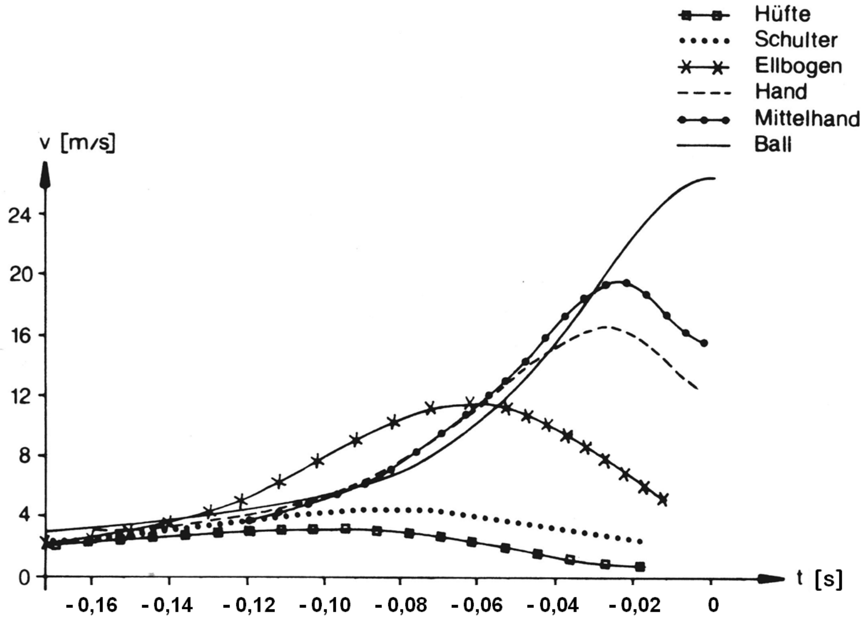

Abb. 2: Koordination von Teilimpulsen beim Schlagwurf (nach Ballreich, R. & Kuhlow-Ballreich, A. (1992). Biomechanik der Sportspiele. Teil 2. Mannschaftsspiele (S. 53 Handball - Müller, E., Kornexl, E. & Menzel H.-J.). Stuttgart: Enke, Band 3.)

Die Geschwindigkeitsmaxima der Körpersegmente werden von proximal nach distal zeitlich nacheinander erreicht. Dadurch wird die Endgeschwindigkeit der (Mittel-)Hand und damit des Balls maximal.

Schiefer Wurf

Der schiefe Wurf ist ein Bewegungsvorgang, bei dem ein Körper horizontale (v_x) und vertikale (v_y) Geschwindigkeit besitzt. Die resultierende Geschwindigkeit beider Komponenten wird als Vektor $\vec{v}$ bezeichnet. Alle Größen mit Index „0“ beziehen sich auf den Zeitpunkt des Abflugs. Der Abflugwinkel wird α_0 genannt.

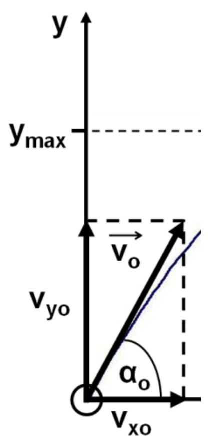

Abb. 3: Der schiefe Wurf

Mathematische Zusammenhänge

Die Abfluggeschwindigkeit $\overrightarrow{v_0}$ hat den Betrag: $v_0 = \sqrt{{v_{x_0}}^2 + {v_{y_0}}^2}$

[Satz des Pythagoras im rechtwinkligen Dreieck aus v_0, v_{x_0} und v_{y_0}]

Horizontale Geschwindigkeit : $v_{x_0} = v_0 cos(\alpha_0)$ [Winkelfunktion: $cos(\alpha_0) = \frac{v_{x_0}}{v_0}$]

Vertikale Geschwindigkeit: $v_{y_0} = v_0 sin(\alpha_0)$ [Winkelfunktion: $sin(\alpha_0) = \frac{v_{y_0}}{v_0}$]

Flugdauer, Flugweite

Für den zurückgelegten Weg s eines Körpers mit konstanter Geschwindigkeit v gilt allg.:

$$s = v \cdot t$$

In y-Richtung erfährt der Ball die Erdbeschleunigung g. Für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung gilt allgemein:

$$s = \frac{1}{2} g t^2.$$

Für die zeitliche Entwicklung der y-Koordinate des Balls $y(t)$ gilt:

$$y(t) = v_{y_0} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Es handelt sich um eine Überlagerung aus einer gleichförmigen Bewegung nach oben $[s = v \cdot t]$ und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung nach unten $\left[s = \frac{1}{2} g t^2\right]$.

Den Zeitpunkt der Landung erhält man durch die Bedingung $y(t) = 0$

Es folgt:

$$t_{Landung} = \frac{2 v_{y_0}}{g} = \frac{2 v_0 sin(\alpha)}{g}$$

Berechnung der Flugweite x_{max}: Einsetzen von $t_{Landung}$ in $s = v_{x0} \cdot t$

$$\Rightarrow x_{max} = \frac{2}{g} \cdot v_{x0} \cdot v_{yo} = \frac{2\, v_0^2 \cdot \cos(\alpha_0) \cdot \sin(\alpha_0)}{g}$$

Der ideale Abwurfwinkel für eine maximale Flugweite x_{max} lässt sich durch Untersuchung der Extremstellen von $x_{max}(\alpha_0)$ berechnen.

Intuitiv lässt sich der Winkel wie folgt begründen:

Die Flugweite wird bei vorgegebenem $\overrightarrow{v_0}$ maximal, wenn das Produkt aus v_{x0} und v_{yo} maximal wird, da $\frac{2}{g}$ nicht vom Abwurfwinkel abhängig ist.

Das Produkt ist - geometrisch interpretiert - der Flächeninhalt eines Rechtecks mit den Seiten v_{x0} und v_{yo} und der Diagonalen $\overrightarrow{v_0}$ (vgl. Abb. 4). Der Flächeninhalt eines Rechtecks wird bei vorgegebener Diagonale maximal, wenn es ein Quadrat ist, also für den Winkel $\alpha_0 = 45°$. In Abb. 2 ist das linke Rechteck ein Quadrat, es hat den größeren Flächeninhalt.

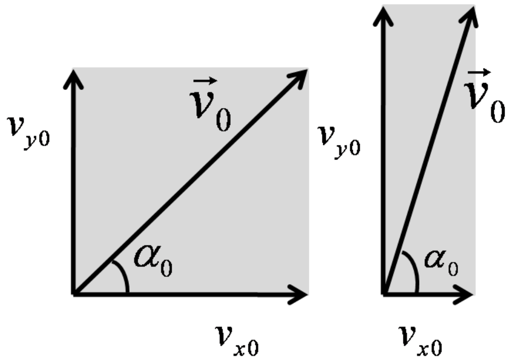

Abb. 4: Rechtecke mit gleicher Diagonale und verschiedenem Flächeninhalt

Zusatz

Liegt die Abwurfhöhe oberhalb der Landehöhe, so wird die Flugweite vergrößert. Der Winkel für einen maximal weiten Flug ist dann kleiner als 45°.

Die charakteristische, parabelförmige Flugkurve beim Handball ist, aufgrund der hohen Ballgeschwindigkeiten und des häufig flachen Abwurfwinkels nicht immer als solche erkennbar. Dennoch wird die Flugkurve, sofern der Ball nicht nach unten geworfen wird, durch eine ev. gestauchte Parabel beschrieben.

