Theoretische Grundlagen

Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundwissens zum

Thema: Leichtathletik: Schleuderball

Eigenschaften des Schleuderballs

Der Schleuderball gehört zur Gruppe der Wurfgeräte in der Leichtathletik. Schleuderbälle bestehen entweder aus Leder oder aus dickwandigem Hartgummi und sind meist handgenäht. Das Schleudern ermöglicht die etwa 2,5cm breite Lederschlaufe.

Maße des Schleuderballes:

Masse m = 1kg (Frauen), 1,5kg (Männer)
Umfang U = 0,55m (Frauen), 0,62m (Männer)
Durchmesser d = 0,175m (Frauen), 0,197m (Männer)
Schlaufenlänge l_s = 0,28 ± 0,04m

Abb. 1: Schleuderball

Rotation und Translation

Translation

Unter Translation versteht man eine Bewegung, bei der sich alle Punkte eines Körpers um dieselbe Streckenlänge auf geraden oder gekrümmten Bahnen fortbewegen.

Bewegungsbeispiele: 100m-Lauf, Ski fahren, Bob fahren, Paragleiten,…

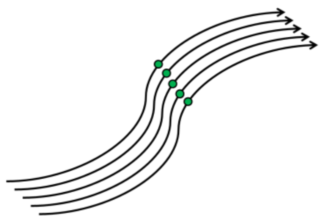

Abb. 2: Translation

Rotation

Unter Rotation versteht man eine Bewegung, bei der alle Punkte eines Körpers in gleicher Zeit gleiche Winkel (α) durchstreichen.

Bewegungsbeispiele: Riesenfelge, Pirouette, …

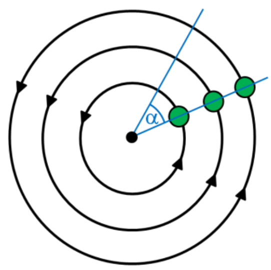

Abb. 3: Rotation

Überlagerung von Translation und Rotation

Die meisten sportlichen Bewegungen setzen sich aus translatorischen und rotatorischen Elemente zusammen. Ein Beispiel hierfür ist die Flugrolle; neben der Rotation um die Breitenachse findet zugleich ein translatorischer Raumgewinn statt. Beim Anlaufen und Ankreisen des Schleuderballs überlagern sich ebenfalls Translation und Rotation.

Zentripetal- und Zentrifugalkraft

Die Zentripetalkraft tritt beim Schleuderball bei allen Rotationsbewegungen auf, z.B. beim Ankreisen. Sie ist eine physikalische Kraft, die an einem Körper angreift, der sich auf einer kreisförmigen Bahn bewegt. Die Zentripetalkraft hält den Körper auf seiner Kreisbahn und ist zum Kreismittelpunkt bzw. zur Drehachse gerichtet.

Beim Ankreisen des Schleuderballs spürt der Athlet die Zentripetalkraft. Er muss den Ball an der Schlaufe aktiv ins Zentrum ziehen, damit dieser die Kreisbahn nicht verlässt. Die Zentrifugalkraft spürt der Athlet, wenn er selbst eine Kreisbahn durchläuft. Er wird scheinbar nach außen weggedrückt.

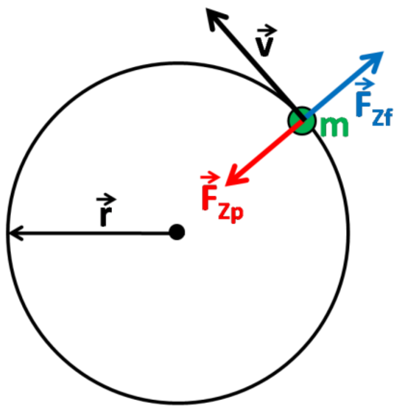

Abb. 4: Zentripetalkraft als Ursache einer Kreisbewegung

Zentrifugalkraft F_{Zf} und Zentripetalkraft F_{Zp} zeigen in entgegengesetzte Richtungen. Welche Kraft zu spüren oder zu beobachten ist, hängt davon ab, in welchem Bezugssystem man sich befindet. Von außen betrachtet wirkt eine Zentripetalkraft, die den Körper auf eine Kreisbahn zwingt. Bewegt man sich selbst auf der Kreisbahn, wird man scheinbar vom Zentrum wegbeschleunigt. Die Zentrifugalkraft hat denselben Betrag wie die Zentripetalkraft. Es gilt:

$$\overrightarrow{F_{Zf}} = -\overrightarrow{F_{Zp}}$$

Für den Betrag der Zentripetalkraft F_{Zp} gilt folgende Formel:

$$F_{Zp} = \frac{mv^2}{r}$$

(m: Masse des Körpers, $\vec{v}$: Geschwindigkeit des Körpers , $\vec{r}$: Radius der Kreisbahn)

Der Geschwindigkeitsvektor eines Körpers auf einer Kreisbahn ist immer tangential zur Bahnkurve gerichtet. Der Schleuderball fliegt nach dem Loslassen ebenfalls tangential zur Kreisbahn ab.

Drehimpuls

Der Bewegungszustand der Rotation eines Körpers wird durch den Drehimpuls L beschrieben. Der Drehimpuls ist das Produkt aus dem Trägheitsmoment θ (auch Massenträgheitsmoment genannt) der sich drehenden Masse m und der Winkelgeschwindigkeit ω. L und ω können auch als vektorielle Größen aufgefasst werden.

$$\vec{L} = \theta \cdot \vec{\omega}$$

Das Massenträgheitsmoment θ ist im Fall einer Punktmasse gleich dem Produkt aus der Masse *m* und dem Quadrat des Abstands *r* zur Drehachse.

$$\theta = m \cdot r^2$$

In der Realität reicht die Modellierung durch Punktmassen jedoch nicht aus. Beispielhaft sind in Abb. 5 die Trägheitsmomente einiger Körper dargestellt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass ein Trägheitsmoment nur in Bezug auf eine Drehachse angegeben werden kann. Das Trägheitsmoment ändert sich in der Regel, wenn die Drehachse geändert wird.

Die Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ ergibt sich, analog zur Geschwindigkeit, aus dem überstrichenen Winkel $\Delta\varphi$ pro Zeit Δt. Für deren Betrag gilt:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

In einem abgeschlossenen System gilt die Drehimpulserhaltung - der Drehimpuls bleibt also konstant.

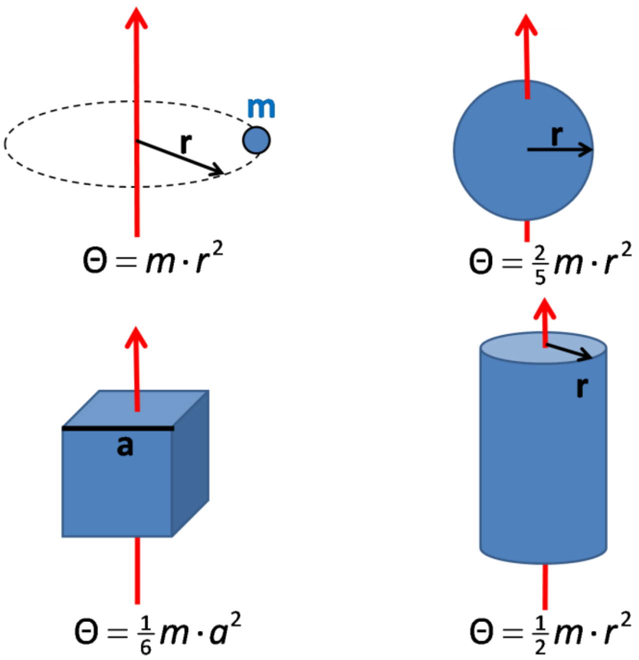

Abb. 5: Trägheitsmoment eines Massenpunktes, einer Kugel, eines Würfels und eines Zylinders. In rot ist jeweils die Drehachse eingezeichnet, die bei den Körpern durch den Schwerpunkt verläuft.

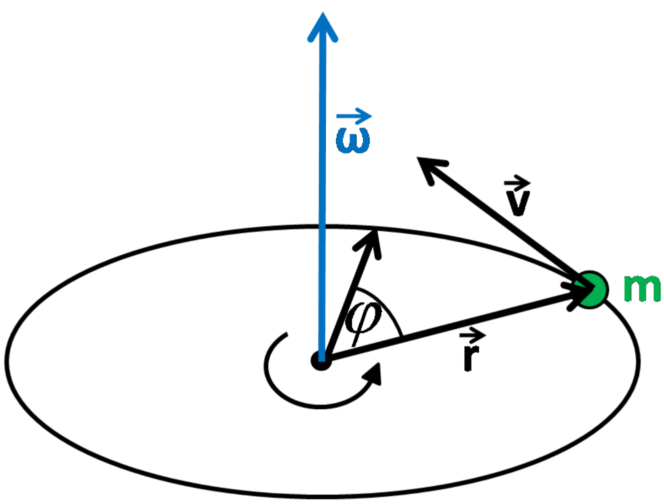

Abb. 6: Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit