

Theoretische Grundlagen

Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundwissens zum

Thema: Volleyball (Angriffsschlag)

Der 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, da sie in eine Richtung zeigen.

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

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

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

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

Für den Betrag der Winkelgeschwindigkeit gilt:

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

Die Drehimpulserhaltung

In einem abgeschlossenen System gilt die Drehimpulserhaltung. Sobald beispielsweise ein Volleyballer zum Angriffsschlag abgesprungen ist, bleibt sein Gesamtdrehimpuls konstant. Sein Drehimpuls kann erst wieder geändert werden, wenn er Kontakt zum Boden hat (also eine äußere Kraft einwirkt).

Der Volleyballspieler holt in der Luft zunächst mit seinem Schlagarm aus. Die Rückführung des Oberkörpers und die Ausholbewegung des Armes entsprechen einer Rotation.

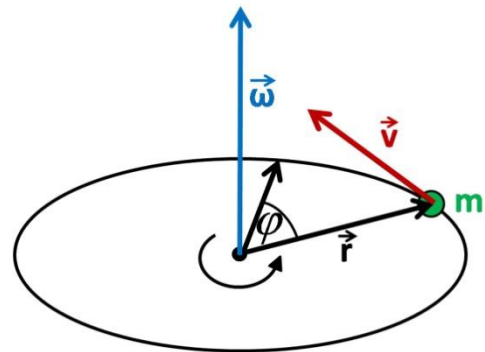


Abb. 1: Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit

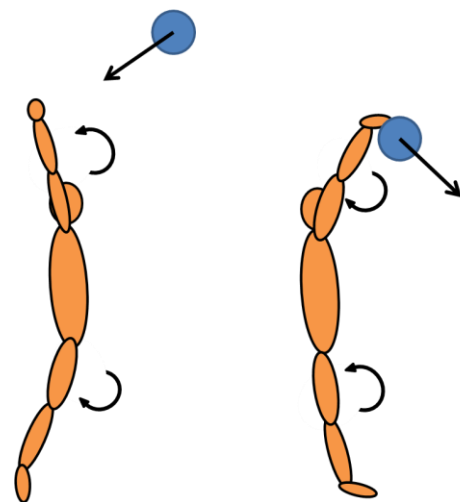


Abb. 2: Drehimpulserhaltung vor und nach dem Schlag

Da der Drehimpuls konstant ist, muss eine Gegenrotation stattfinden (Abb. 2). Deshalb bewegen sich die Beine ebenfalls nach hinten (umgekehrte Rotation).

Beim Angriffsschlag (Abb. 2) erfolgt derselbe Vorgang in umgekehrter Richtung. Wenn man die Situation mit Ball genauer untersucht, bleibt der Drehimpuls des Volleyballers beim Angriffsschlag nicht konstant, da durch den Schlag des Balles ein Drehmoment wirkt (durch eine Kraft, die nicht durch den KSP geht). Ein Drehmoment bewirkt eine Drehimpulsänderung (analog bewirkt eine Kraft eine Impulsänderung).

Sprungformen

Counter-Movement-Jump (CMJ)

Der Counter-Movement-Jump ist ein Sprung, bei dem der Absprungbewegung eine entgegengesetzte Ausholbewegung vorausgeht. Er wird beispielsweise beim Sprung zum Block oder Angriffsschlag beim Volleyball eingesetzt. Nach dem Prinzip der Anfangskraft erreicht der Sportler so einen größeren Kraftstoß. Der größere Kraftstoß resultiert daraus, dass dem Beschleunigungsstoß („Absprung“) ein Bremskraftstoß („abbremsen der Ausholbewegung“) vorausgeht, der bereits zu einer positiven Kraft, die größer als die Schwerkraft ist, führt. In nachfolgender Skizze werden die Kraftstöße und die Bewegungsphasen ersichtlich.

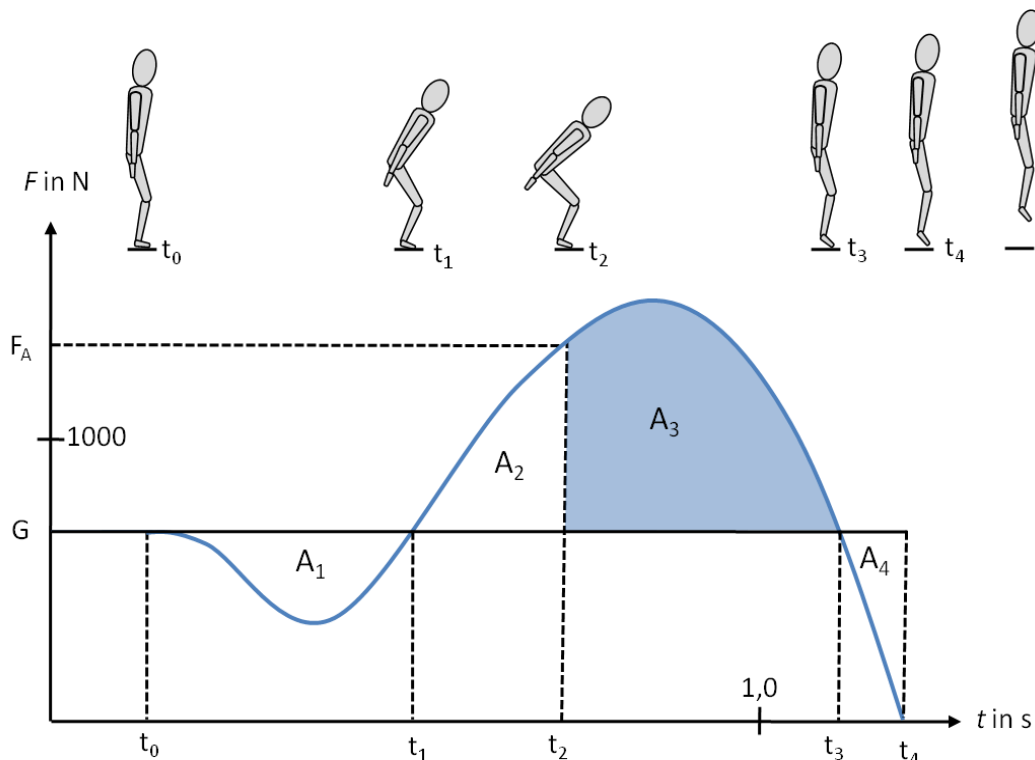


Abb. 3: Counter-Movement-Jump

Zeiten

t_0 :	Die Person befindet sich in Ausgangsstellung, es wirkt die Gewichtskraft (G).	t_2 :	Abwärtsbewegung beendet \rightarrow Geschwindigkeit $v = 0$
$t_0 - t_1$:	Bodenreaktionskraft (BRK) kleiner als G (beschleunigte Abwärtsbewegung)	$t_2 - t_3$:	BRK größer als G (beschleunigte Aufwärtsbewegung)
t_1 :	Maximale Geschwindigkeit der Abwärtsbewegung	t_3 :	Max. Aufwärtsgeschwindigkeit
$t_1 - t_2$:	BRK größer als G (abgebremste Abwärtsbewegung)	$t_3 - t_4$:	Ausklingen der Absprungbewegung, BRK kleiner G
		t_4 :	Verlassen des Bodens

Kräfte

F_A :	Anfangskraft	G :	Gravitationskraft
---------	--------------	-------	-------------------

Kraftstöße

A_1 :	Negativbeschleunigungsstoß	A_3 :	Beschleunigungsstoß
A_2 :	Bremsstoß	A_4 :	Negativbeschleunigungsstoß 2 (muskulär aufgebrauchte Kraft kleiner Gewichtskraft)

Die Fläche unter der Kraft-Zeit-Kurve beschreibt einen Kraftstoß oder eine Impulsänderung. Es handelt sich um einen gerichteten Flächeninhalt. Sind zwei Flächen oberhalb und unterhalb der Zeitachse gleich groß (Intervall $[t_0 - t_2]$), so entspricht dies einer Impulsänderung von null. Der Körper hat am Anfang und Ende des Intervalls dieselbe Geschwindigkeit - in diesem Fall die Geschwindigkeit null. Der entscheidende Vorteil des CMJ ist, dass zum Zeitpunkt t_2 , also dem Beginn der Bewegung nach oben, bereits eine hohe Anfangskraft F_A aufgebracht wird.

Squat-Jump (SJ)

Der Squat-Jump ist ein Sprung aus der Hockstellung ohne Ausholbewegung. Daher existiert keine Anfangskraft. Er wird beispielsweise beim Skispringen oder beim Grab-Start beim Schwimmen eingesetzt.

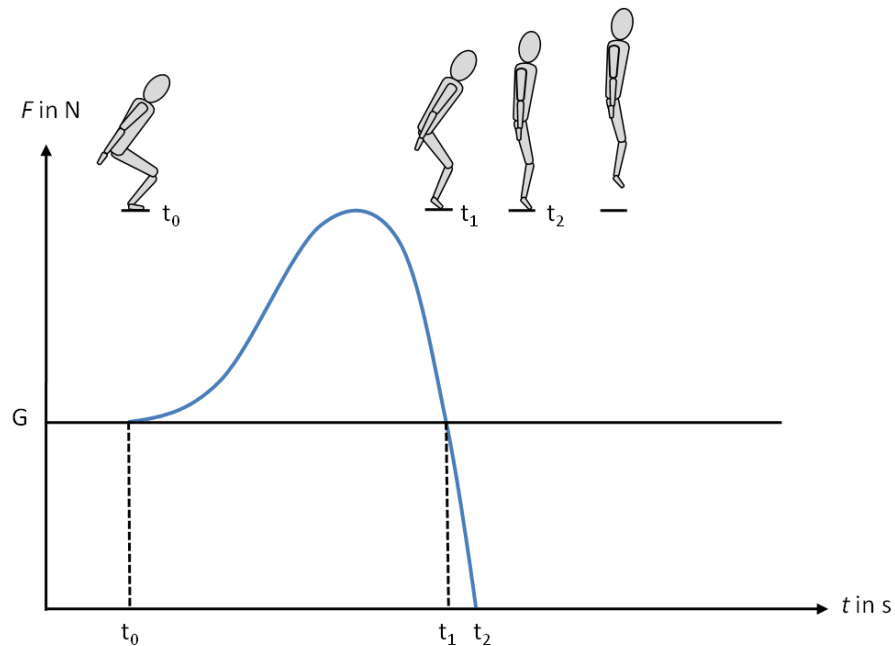


Abb. 4: Squat-Jump

Vergleich:

Der Kraftgewinn, der durch die Anfangskraft des CMJ entsteht, ist größer als der Kraftverlust, der durch die kurze Wirkungszeit des Beschleunigungsstoßes im Vergleich zum SJ auftritt.

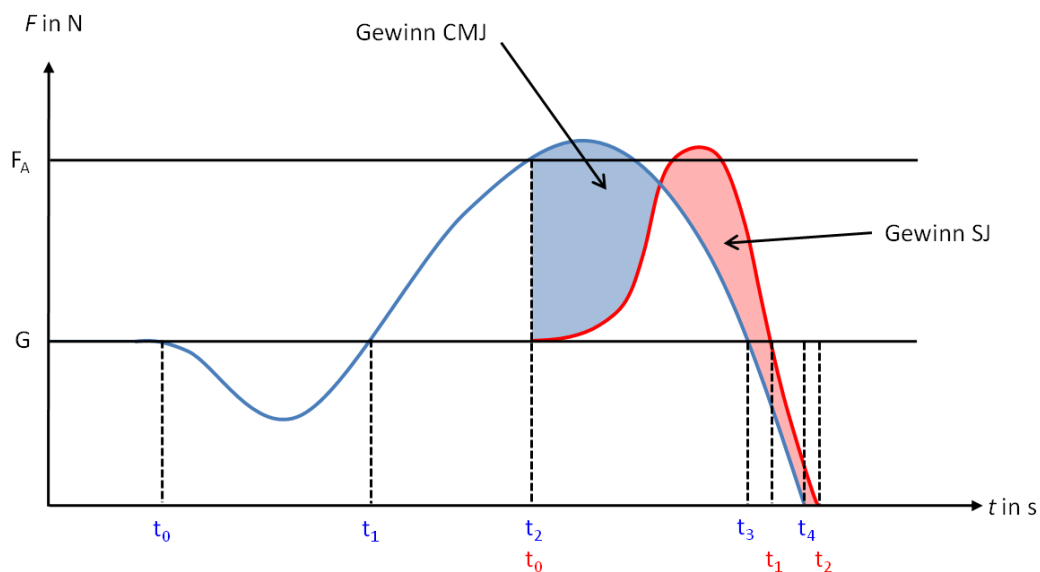


Abb. 5: Vergleich CMJ und SJ