

# Theoretische Grundlagen

*Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundwissens zum  
Thema: Turnen: Reck*

## Körperschwerpunkt

Der Körperschwerpunkt (KSP) beschreibt eine Position im Raum zur vereinfachten Betrachtung der Kraftwirkung auf einen Körper. Dabei geht man davon aus, dass sich die gesamte Masse des Körpers im KSP befindet. Die Wirkung von Kräften auf den KSP wird dann mit der Wirkung auf den gesamten Körper gleichgesetzt.

Der KSP regelmäßig geformter Körper liegt auf deren Symmetrieachse – beispielsweise befindet sich der KSP einer Kugel im Kugelmittelpunkt, der eines Gymnastikstabes auf dem Streckenmittelpunkt. Der KSP kann, z.B. während der Bogenspannung beim Hochsprung, auch außerhalb des Körpers liegen (vgl. Abb. 1).

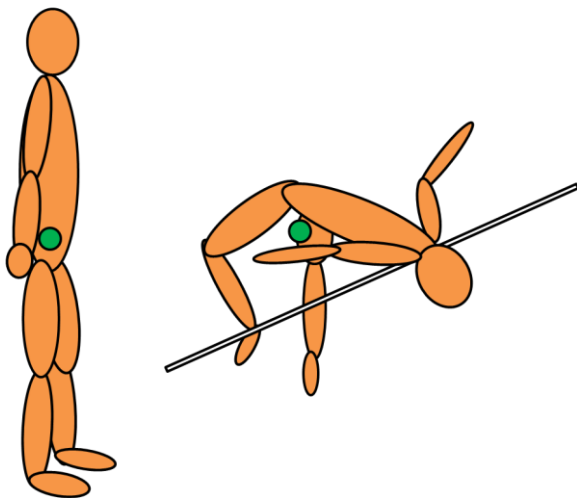


Abb. 1: KSP in verschiedenen Körperhaltungen

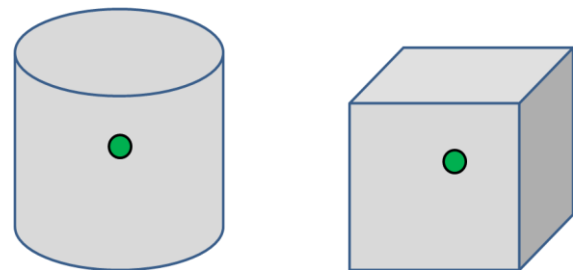


Abb. 2: KSP symmetrischer Körper

## Berechnung

Die Berechnung des KSP hängt von der Modellierung des Körpers ab. Stellt man sich den Körper zusammengesetzt aus einer Summe von  $i$ -Einzelpunktmassen  $m_i$  mit den Ortsvektoren  $\vec{x}_i$  vor, so hat der Schwerpunkt den Ortsvektor  $\vec{x}_s$  mit:

$$\vec{x}_s = \sum_i m_i \cdot \vec{x}_i$$

Je weiter man den Körper abstrahiert (Reduzierung der Punktmassen), desto leichter wird die Berechnung.

## Reibung

Reibung entsteht an der Grenzfläche zweier Körper. Für die Größe der Reibung ist die Beschaffenheit der Oberflächen entscheidend. Je glatter die Oberflächen sind, desto weniger Reibung entsteht. Man kann zwischen Haft- und Gleitreibung unterscheiden, wobei die Haftreibung immer größer ist. Haftreibung existiert, wenn ein Körper bezüglich seiner Kontaktfläche keine Geschwindigkeit hat (z.B. ein stehender Sportler auf dem Hallenboden, oder eine fester Griff am Reck). Sobald der Körper bezüglich der Kontaktfläche Geschwindigkeit aufnimmt, liegt Gleitreibung vor (z.B. Skifahren über den Schnee oder Rotation der Hand um die Reckstange bei einem Umschwung).

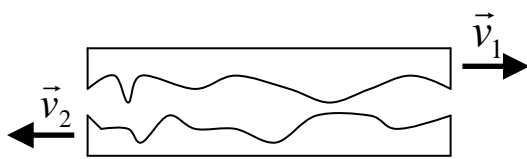


Abb. 3: Kontaktflächen zweier Körper mit großem Reibungskoeffizient

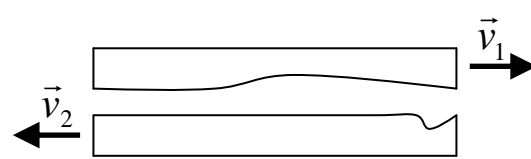


Abb. 4: Kontaktflächen zweier Körper mit kleinem Reibungskoeffizient

Allgemein gilt folgende Formel für die Reibungskraft  $F_R$ :

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

Dabei bezeichnet  $F_N$  die (Normal-)Kraft, die der Körper senkrecht auf die Reibungsfläche ausübt. Es ist in der Regel die senkrechte Komponente der Gewichtskraft. Der Reibungskoeffizient  $\mu$  ist abhängig vom Material und der Oberflächenbeschaffenheit (vgl. Abb. 3 und 4). Zum Beispiel verringert Schweiß an den Handflächen den Reibungskoeffizienten. Um die Haft- und Gleitreibung zu erhöhen wird deshalb beim Turnen und beim Klettern Magnesia benutzt. Je nachdem, ob es sich um Haft- oder Gleitreibung handelt, unterscheiden sich die Reibungskoeffizienten.

## Energieformen

Zur biomechanischen Betrachtung des Reckturnens sind die potentielle Energie  $E_{pot}$  und die kinetische Energie  $E_{kin}$  wichtig. Beides sind mechanische Energieformen,  $E_{pot}$  wird auch als Lageenergie,  $E_{kin}$  als Bewegungsenergie bezeichnet. Sie lassen sich über folgende Formeln berechnen:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Hierbei bezeichnet  $m$  die Masse [kg],  $g$  die Erdbeschleunigung  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ ,  $h$  die Höhe [m],  $v$  die Geschwindigkeit  $\left[\frac{m}{s}\right]$ .

Die potentielle Energie hängt, da  $m$  und  $g$  in der Regel konstant sind, nur von der Höhe des Körpers ab. Um eine Höhe zu messen, braucht man ein Bezugsniveau  $h_0$  mit bekannter Höhe. Dieses ist frei wählbar, man könnte z.B. den Meeresspiegel als Nullniveau wählen. Es ist jedoch sinnvoll, ein möglichst einfaches Bezugsniveau festzulegen, um Berechnungen nicht unnötig kompliziert zu machen. Beim Reckturnen bietet es sich an, Das Bezugsniveau auf die niedrigste Lage des Körperschwerpunkts (KSP) zu legen. Diese wird erreicht, wenn der Turner mit ausgestreckten Armen am Reck hängt (vgl. Abb. 5).

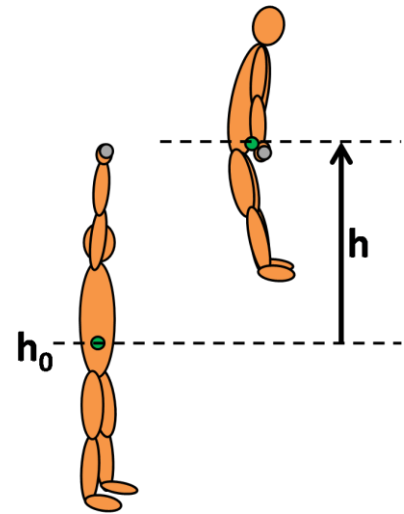


Abb. 5: Wahl des Bezugsniveaus und dazugehörige Höhe im Stütz beim Reckturnen

Die kinetische Energie hängt entsprechend nur von der Geschwindigkeit ab. Die Geschwindigkeit bezieht sich auf den KSP.

Die mechanische Gesamtenergie  $E_{ges}$  ergibt sich als Summe der beiden Energieformen:

$$E_{ges} = E_{pot} + E_{kin}$$

## Energieerhaltungssatz

Der Energieerhaltungssatz sagt aus, dass in einem abgeschlossenen System keine Energie verloren geht, sondern nur umgewandelt werden kann.

Beim Pendeln am Reck liegt die mechanische Energie des Gesamtsystems periodisch in potentieller und kinetischer Energie vor. Durch Reibung wird jedoch ein Teil der mechanischen Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Die mechanische Energie ist deshalb nicht erhalten. Die Pendelbewegung stoppt, sofern der Turner dem System nicht durch aktive Schwungbewegungen mechanische Energie zuführt.

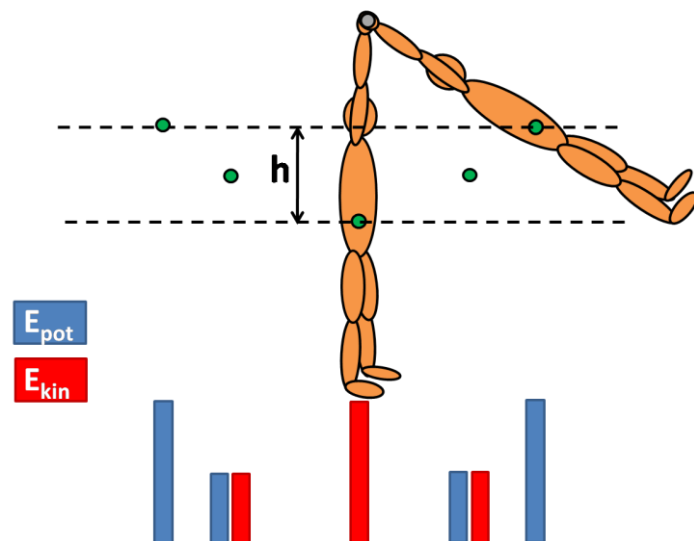


Abb. 6: Pendelbewegung am Reck. Verschiedene Lagen des KSP mit zugehörigem Anteil potentieller und kinetischer Energie.

Durch den Höhenunterschied des KSP zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt lässt sich die mechanische Energie des Turners bestimmen.

Im tiefsten Punkt der Pendelbewegung liegt nur kinetische Energie vor, im höchsten Punkt nur potentielle. In allen anderen Positionen liegt eine Mischform der beiden Energieformen vor. Auf halber Höhe ist die mechanische Energie des Turners je zur Hälfte potentiell und kinetisch (vgl. Abb. 6).

## Zentripetal- und Zentrifugalkraft

Die Zentripetalkraft tritt bei rotatorischen Bewegungen auf, so auch bei der Pendelbewegung am Reck. Hier rotiert der Turner um die Reckstange als Rotationsachse. Die Zentripetalkraft hält den Körper auf seiner Kreisbahn und ist zum Kreismittelpunkt bzw. zur Drehachse gerichtet.

Der Turner fühlt die Zentripetalkraft an den Händen. Er muss sich insbesondere am tiefsten Punkt mit einer stärkeren Kraft an der Reckstange halten als ohne Pendelbewegung.

Zentrifugalkraft und Zentripetalkraft sind entgegengesetzt gerichtet.

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:

$$\vec{F}_{Zf} = -\vec{F}_{Zp}$$

Für den Betrag der Zentripetalkraft  $F_Z$  gilt folgende Formel:

$$F_Z = \frac{mv^2}{r}$$

( $m$ : 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. Lässt man sich beim Pendeln los, so fliegt man tangential weg.

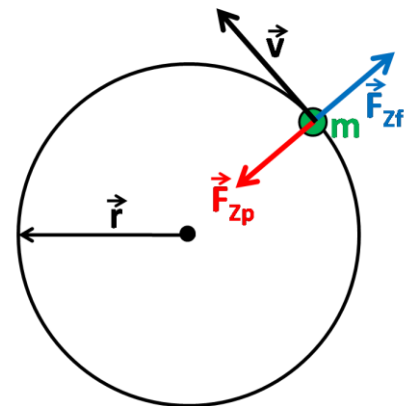


Abb. 7: Zentripetalkraft als Ursache einer Kreisbewegung