

Theoretische Grundlagen

Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundwissens zum
Thema: *Gymnastik: Rope Skipping*

Winkelgeschwindigkeit und Frequenz

Die Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ ist eine vektorielle Größe. Sie ergibt sich, analog zur Geschwindigkeit, aus dem überstrichenen Winkel $\Delta\varphi$ pro Zeit Δt . Für den Betrag der Winkelgeschwindigkeit ω gilt:

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

Mit der Winkelgeschwindigkeit lässt sich beim Rope Skipping beispielsweise die Bewegung des Sprungseils charakterisieren, welches sich auf einer Kreisbahn bewegt. Bei einer Umdrehung überstreicht das Seil einen Winkel von 360° bzw. 2π . Die Einheit der Winkelgeschwindigkeit ist $\frac{^\circ}{s}$ oder $\frac{rad}{s}$.

Eine weitere Möglichkeit zur Charakterisierung der Rotation ist die Betrachtung der Umlauffrequenz f . Die Frequenz gibt die Anzahl periodisch ablaufender Vorgänge pro Zeiteinheit an.

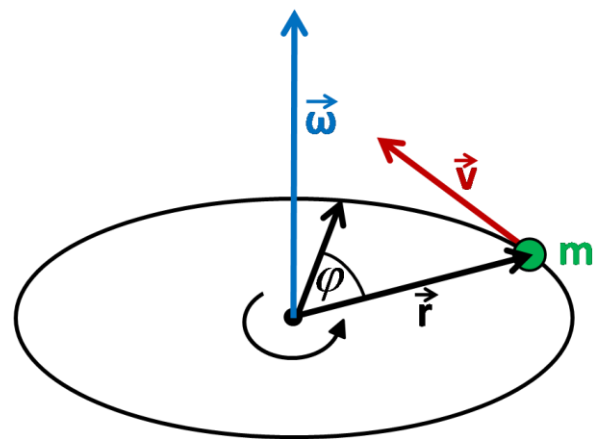


Abb. 1: Winkelgeschwindigkeit und Frequenz

Beim Rope Skipping kann die Frequenz durch die Anzahl n der Seilumdrehungen pro Sekunde ausgedrückt werden. Es gilt:

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

In der Musik wird die Frequenz häufig in der Einheit bpm (beats per minute) angegeben, also in Schlägen pro Minute.

Luftwiderstand und Dichte

Ein Gegenstand, der sich mit einer Geschwindigkeit v durch ein Medium bewegt, erfährt eine Widerstandskraft. In Luft ist dies beispielsweise der Luftwiderstand.

Für die quantitative Beschreibung des Luftwiderstandes gilt die Formel:

$$F_{LW} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

Der Luftwiderstand hängt von der Fläche des Gegenstandes A , der Dichte ρ des Mediums (beim Rope Skipping die Luft), dem Luftwiderstandsbeiwert c_w und der Geschwindigkeit v ab. Der Luftwiderstandsbeiwert hängt von der Form und Oberflächenbeschaffenheit des Körpers ab.

Um das unterschiedliche Schwingverhalten verschiedener Seile zu beschreiben, reicht der Luftwiderstand nicht aus. Man denke sich hierzu zwei äußerlich identische Seile (gleiche Oberflächenbeschaffenheit, gleicher Durchmesser) aus unterschiedlichen Materialien, z. B. Hartgummi und Wolle. Sie werden durch den Luftwiderstand gleichermaßen verzögert, dennoch schwingt das Hartgummiseil besser.

Ursache hierfür ist die unterschiedliche Dichte der beiden Materialien. Das Hartgummiseil hat bei gleichem Volumen eine größere Masse. Die gleiche Bremskraft durch den Luftwiderstand ist aufgrund der höheren Masse deshalb mit einer geringeren Verzögerung (negative Beschleunigung) verbunden. Dies wird aus der Grundgleichung der Mechanik ersichtlich:

$$F = m \cdot a$$

Bei gleicher Bremskraft F ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung ebenfalls gleich. Eine größere Masse ist deshalb mit einer kleineren Beschleunigung bzw. Verzögerung verbunden.

Das Verhältnis von Masse und Volumen wird physikalisch durch die Massendichte ρ beschrieben.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Je größer die Dichte des Seilmaterials ist, desto größer ist dessen Masse pro Volumen und desto leichter/besser schwingt das Seil.

Zentripetal- und Zentrifugalkraft

Die Zentripetalkraft tritt bei rotatorischen Bewegungen auf, z.B. bei der Bewegung des Sprungseils beim Rope Skipping oder wenn man ein Seil um den Körper kreist. 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.

Ein Seilspringer fühlt die Zentripetalkraft an den Händen. Das Seil muss ständig mit einer Kraft zum Zentrum beschleunigt werden, um es weiter auf einer Kreisbahn zu halten.

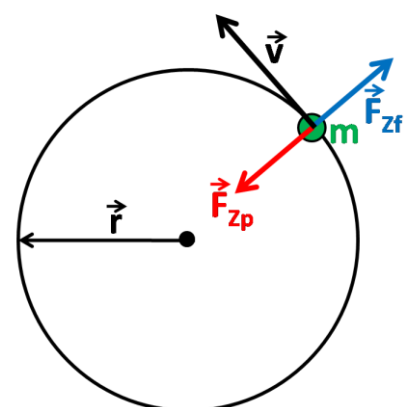


Abb. 2: Zentripetalkraft als Ursache einer Kreisbewegung

Zentrifugalkraft und Zentripetalkraft sind in entgegengesetzte Richtungen gerichtet. Welche Kraft zu spüren oder zu beobachten ist, hängt davon ab, in welchem Bezugssystem man sich befindet. Von außen betrachtet wirkt die Zentripetalkraft, die den Körper auf eine Kreisbahn zwingt. Bewegt man sich selbst auf der Kreisbahn, wird man scheinbar vom Zentrum wegbeschleunigt. Man spürt die Zentrifugalkraft. 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 z.B. ein rotierendes Seil los, so fliegt es tangential weg.

Durch Umformen mittels der Beziehung $v = \omega r$ kann die Zentripetalkraft ebenfalls folgendermaßen beschrieben werden:

$$F_Z = m\omega^2 r$$