

Wiederholung: Physikalische Grundgrößen der Biomechanik im Sport



Kinematik:

Die Kinematik befasst sich mit der Geometrie der Bewegung, d.h. dem räumlich-zeitlichen Ablauf einer Bewegung.

Dynamik:

Die Dynamik befasst sich mit den Ursachen von Bewegungen und den Wirkungen von Kräften auf den Körper.

Anthropometrie:

Messung der mechanischen Eigenschaften des menschlichen Körpers

- Geometrische Eigenschaften
- Massegeometrische Eigenschaften
- Festigkeitseigenschaften



Translation:

Eine Translation ist eine Bewegung, bei der alle Punkte des Betrachteten Körpers deckungsgleiche Bahnen durchlaufen.

Rotation:

Eine Rotation ist eine Bewegung, bei der alle Punkte des betrachteten Körpers um eine gemeinsame Achse drehen.



	Translation	Rotation
Kinematik	Länge, Weg s [m] Geschwindigkeit v [m/s] Beschleunigung a [m/s ²]	Drehwinkel ϕ [rad, °] Winkelgeschwindigkeit ω [rad/s, °/s, 1/s] Winkelbeschleunigung α [rad/s ² , °/s ² , 1/s ²]
Dynamik	Masse m [kg] Kraft F [N] Impuls p [kgm/s] Kraftstoß Δp [Ns] Arbeit W [Nm] Energie E [J] Leistung P [W]	Massenträgheitsmoment J, Θ [kgm ²] Drehmoment M [Nm] Drehimpuls L [kgm ² /s] Drehmomentsstoß ΔL [Nms]

Zeit t [s]

Frequenz f [1/s]



Länge, Weg

Symbol: \vec{s}

Einheit: m

- Wird in Meter gemessen
- Eine Länge wird begrenzt durch die räumlichen Position zweier Punkte
- Entweder sind die Punkte zwei verschiedene Objekte zur gleichen Zeit
- Oder ein Objekte zu zwei verschiedenen Zeitpunkten



Geschwindigkeit

Symbol: \vec{v}

Einheit: m/s

- Wird in Meter pro Sekunde gemessen
- Beschreibt die Ortsänderung eines Punktes über die Zeit
- Definiert als die Ableitung des Wegs nach der Zeit



Kinematisch translatorische Größen

Beschleunigung

Symbol: \vec{a}

Einheit: m/s²

- Wird in Meter pro Sekunde zum Quadrat gemessen

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- Ändert sich die Geschwindigkeit eines Körpers nicht, so ist seine Beschleunigung Null
- Eine entgegen die Bewegungsrichtung gerichtete Beschleunigung nennt man Bremsbeschleunigung
- Definiert als die Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

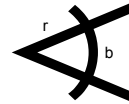
Kinematisch rotatorische Größen

Drehwinkel

Symbol: φ

Einheit: rad, °

- Wird in Radius oder Grad gemessen
- Definiert als der Quotient b durch r



- Bei der Division kürzt sich die Längeneinheit [m] raus und es gibt somit eigentlich keine Einheit für den Winkel
- Deshalb wurde die Hilfseinheit Radius oder Grad eingeführt
- 1 rad = 57,29 °, 2 pi rad = 360°

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Kinematisch rotatorische Größen

Winkelgeschwindigkeit

Symbol: $\vec{\omega}$

Einheit: rad/s, °/s, 1/s

- Wird in Radius pro Sekunde, Grad pro Sekunde oder eins pro Sekunde gemessen
- Winkeländerung während der Zeit
- Definiert als die Ableitung des Drehwinkels nach der Zeit

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Kinematisch rotatorische Größen

Winkelbeschleunigung

Symbol: $\vec{\alpha}$

Einheit: rad/s², °/s², 1/s²

- Wird in Radius pro Sekunde ins Quadrat, Grad pro Sekunde ins Quadrat oder eins pro Sekunde ins Quadrat gemessen
- Definiert als die Winkeländerung während der Zeit
- Definiert als die Ableitung der Winkelgeschwindigkeit nach der Zeit

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Masse

Symbol: m

Einheit: kg

- Wird in Kilogramm gemessen
- Im Gegensatz zur Masse ist das Gewicht eines Körpers definiert als die Masse m mal die Erdbeschleunigung g, also eine Kraft

$$F_G \text{ (Gewichtskraft)} = mg \text{ (} g \approx 9,81 \text{ m/s}^2 \text{)}$$

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Kraft

Dynamisch: $F=ma$

Symbol: \vec{F}

Statisch: $F=k \Delta x$ (k=Steifigkeit, x=Deformationsweg)

Einheit: N, kgm/s²

- Wird in Newton gemessen
- Eine Kraft ist dann vorhanden, wenn ein Körper auf einen anderen einwirkt
- Eine Kraft geht nie von einem Körper aus, sondern wirkt stets zwischen zwei Körpern (actio-reactio, 3. Newton'sches Gesetz)
- Kraft kann entweder eine Beschleunigung (z.B. Abwürfe) oder eine Verformung (z.B. Sprungbrett) bewirken

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Impuls

Symbol: \vec{p}

Einheit: kgm/s

- Wird in Kilogramm mal Meter pro Sekunde gemessen
- \vec{p} = Masse mal Geschwindigkeit
- Jeder Körper in Bewegung besitzt einen Impuls
- Es gilt der Impulserhaltungssatz der besagt, solange keine Kräfte von außen auf den Körper einwirken, bleibt sein Impuls konstant

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Kraftstoß

Symbol: $\Delta\vec{p}$

Einheit: Ns

- Wird in Newtonsekunden gemessen
- Definiert als das Zeitintegral der Kraft, die Fläche unter der Kraft-Zeit-Kurve

$$\Delta\vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$$

- Der Kraftstoß entspricht der Impulsänderung → wirkt eine äußere Kraft auf einen Körper, ändert sich dessen Impuls

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Arbeit

Symbol: W

Einheit: Nm

- Wird in Newtonmeter gemessen
- $W=Fs$
- Bewegt sich ein Körper 1m durch eine gleichbleibende Kraft von 1N, hat die äußere Kraft eine Arbeit von 1Nm verrichtet

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Energie

Symbol: E

Einheit: J

- Wird in Joule gemessen
- Wird an einem Körper die Arbeit 1Nm verrichtet, ändert sich seine Energie um 1J
- Es gilt der Energieerhaltungssatz der besagt, dass in einem abgeschlossenen System die Gesamtenergie konstant bleibt. Die Energieform kann sich dabei ändern

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Energieformen

Kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 \text{ (Translation)}$$

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2 \text{ (Rotation)}$$

Potentielle Energie:

$$E_{\text{pot}} = mgh \text{ (Lageenergie)}$$

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} k x^2 \text{ (Federenergie), } k = \text{Federkonstante } x = \text{Deformationsweg}$$

Energieumwandlung z.B. beim Trampolinturner, Pendel



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Leistung

Symbol: P

Einheit: W

- Wird in Watt gemessen
- $P=W/t$
- Wie viel Arbeit ein System pro Zeiteinheit an einem anderen System verrichtet → 1W = 1Nm/s

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Massenträgheitsmoment

Symbol: J

Einheit: kgm^2

- Wird in Kilogramm mal Quadratmeter gemessen
- Für eine Punktmasse gilt: $J = mr^2$
- Für unregelmäßig geformte Körper ist es sinnvoll, eine überschaubare Anzahl von Massenteilen Δm_i mit r_i^2 (Abstand zur Drehachse) zu summieren

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

→ Massenträgheitsmoment ist veränderbar (z.B. durch anziehen oder wegstrecken der Körperteile)

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Drehmoment

Symbol: \vec{M}

Einheit: Nm

- Wird in Newtonmeter gemessen
- Definiert als das Produkt aus dem Betrag der Kraft und dem senkrecht zur Kraftlinie verlaufenden Abstand der Kraftwirkungslinie zum Drehpunkt $M = Fr_{\perp}$
- Verläuft der Hebelarm nicht senkrecht zur Kraftlinie muss das Produkt Fr_{\perp} um den Sinus des eingeschlossenen Winkels korrigiert werden
 $M = Fr_{\perp} \sin(\alpha)$
(α =Winkel zwischen der Kraftlinie und der Verbindungslinie zwischen Drehpunkt und Kraftangriffspunkt)

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Drehimpuls

Symbol: \vec{L}

Einheit: kgm^2/s

- Wird in Kilogramm mal Quadratmeter pro Sekunde gemessen
- Beschreibt den translatorischen Bewegungszustand eines Körpers
- Er berechnet sich aus dem Produkt des Massenträgheitsmoments und der Winkelgeschwindigkeit → $\vec{L} = J \vec{\omega}$
- Es gilt der Drehimpulserhaltungssatz der besagt, solange keine Drehmomente von außen auf den Körper einwirken, bleibt sein Drehimpuls konstant

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Dynamisch translatorische Größen

Drehmomentstoß

Symbol: $\Delta \vec{L}$

Einheit: Nms

- Wird in Newtonmetersekunden gemessen
- Definiert als das Zeitintegral des Drehmoments, die Fläche unter der Drehmoment-Zeit-Kurve

$$\Delta \vec{L} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt$$

- Der Drehmomentstoß entspricht der Drehimpulsänderung → wirken äußere Drehmomente auf einen Körper, ändert sich dessen Drehimpuls

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Sonstige Größen

Zeit

Symbol: t

Einheit: s

- Wird gemessen in Sekunden

Frequenz

Symbol: f

Einheit: 1/s, Hz

- Wird gemessen in eins pro Sekunden oder Hertz
- Bei zyklischen Bewegungen z.B. auch Schritte pro Sekunde, Ruderschläge pro Sekunde...

Ballreich, Baumann, 1996



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Newton'sche Axiome

1. Newton'sches Axiom
Das Trägheitsprinzip

2. Newton'sches Axiom
Das Aktionsprinzip – $F = ma$

3. Newton'sches Axiom
Reaktionsprinzip – actio=reactio



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

© Richter, Fischer

Erhaltungssätze

Impulserhaltungssatz

In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten

Energieerhaltungssatz

In einem abgeschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant. Die Energieform kann sich dabei ändern.



Drehimpulserhaltungssatz

$$\vec{L} = J \vec{\omega}$$

Durch Verkleinerung des Massenträgheitsmoments (z.B. Anziehen der Körperteile) wird bei gleichem Drehimpuls die Winkelgeschwindigkeit erhöht und umgekehrt.

- Salto
- Pirouette



Energieerhaltungssatz

Kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 \text{ (Translation)}$$

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J \omega^2 \text{ (Rotation)}$$

Potentielle Energie:

$$E_{\text{pot}} = mgh \text{ (Lageenergie)}$$

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} k x^2 \text{ (Federenergie), } k = \text{Federkonstante } x = \text{Deformationsweg}$$

Energieumwandlung z.B. beim Trampolinturner, Pendel

