

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MODUL BIOMECHANIK GRUNDLAGEN

Didaktische Einheit B: KRÄFTE UND DRÜCKE



Index

1. ZIELE2	
2. URSACHEN, DIE BEWEGUNG ERZEUGEN: KINETIK	3
3. INTERESSANTE KONZEPTE IM ZUSAMMENHANG MIT DER KINETIK: KRÄFTE, DRUCK, DREHMOMENT, LEISTUNG, ARBEIT UND ENERGIE.	4
3.1. Kräfte.....	4
3.3.1 Kräfte, die auf einen menschlichen Körper wirken.....	5
3.2 Druck.....	6
3.3 Energie.....	7
3.4 Arbeiten.....	8
3.5 Leistung.....	10
3.6 Drehmoment.....	11
4. SCHWERPUNKT UND DRUCKMITTELPUNKT	12
5. SCHLÜSSELIDEEN	13
6. REFERENZEN	14

1. Ziele

- Die Ursachen kennen, die Bewegungen erzeugen: Kinetik.
- Wichtige Begriffe zum Verständnis der Kinetik zu beschreiben: Kräfte, Druck, Drehmoment, Leistung, Arbeit und Energie.
- Definition anderer Begriffe, die im biomechanischen Bereich von Interesse sind: Schwerpunkt und Druckzentrum.

2. Ursachen, die Bewegung erzeugen: Kinetik

Der Teil der Mechanik, der die Ursachen der Bewegung von Körpern (Kräfte) untersucht, wird **Kinetik*** genannt. Die Kinetik beschreibt die **Kräfte**, die auf einen Körper wirken, um eine Bewegung zu erzeugen.

Beispiele für kinetische Größen im Zusammenhang mit Bewegung sind jede Art von Kraft (Reibung, Bodenreaktion, Gravitation usw.), Arbeit, Impuls, Drehmoment, Energie, Leistung und Widerstand.

Zusammengefasst:

Die Kinetik beantwortet die Frage, warum sich ein Körper bewegt.

Dieses Konzept wurde bereits in früheren Notizen vorgestellt, aber es lohnt sich, es sich zu merken, da es der Ausgangspunkt für dieses Modul ist.

Wenn Sie noch Zweifel an den Unterschieden zwischen Kinematik und Kinetik haben, sehen Sie sich bitte den Inhalt dieses Videos an. Über die folgenden Links können Sie auf einige Beispielvideos zugreifen:

<https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01sc-classical-mechanics-fall-2016/week-1-kinematics/week-1-introduction/>

Das Material, zu dem die Hyperlinks führen, ist öffentlich und kann online eingesehen werden. Es wurde aufgrund seiner Eignung für das in dieser Unterrichtseinheit behandelte Thema (Bewegungen) ausgewählt, nachdem eine Suche mit den Begriffen "Klassische Mechanik" im oben angegebenen Web durchgeführt wurde. So können Sie mit denselben Suchbegriffen auch andere interessante öffentliche didaktische Videos finden und ansehen.

**Obwohl sie nicht genau dasselbe sind, werden Kinetik und Dynamik oft austauschbar verwendet.*

3. Interessante Konzepte im Zusammenhang mit der Kinetik: Kräfte, Druck, Drehmoment, Leistung, Arbeit und Energie.

3.1. Kräfte [1]

Die **Kraft** ist die physikalische Größe, mit der die Ursachen für die Veränderungen in der Bewegung von Körpern quantifiziert werden.

Kraft kann daher

Beispiel: Ein Körper ruht. Er wird weiter ruhen, es sei denn, etwas oder jemand bringt ihn dazu, seine Geschwindigkeit zu ändern (z. B. durch Ausübung einer Kraft). Dann ändert sich seine Geschwindigkeit von 0 auf einen Wert und es tritt eine Beschleunigung auf (weil sich die Geschwindigkeit geändert hat), wobei der Begriff der Beschleunigung und der Begriff der Kraft immer miteinander verbunden sind (wie

auch als die physikalische Größe verstanden werden, die eine Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers bewirkt und/oder seine Form verändert.

Die Beziehung zwischen einem Körper und den auf ihn wirkenden Kräften und seiner Bewegung als Reaktion auf diese Kräfte wird 1686 durch die Newtonschen Gesetze beschrieben:

Das erste Newtonsche Gesetz: Es besagt, dass ein Objekt in Ruhe oder in gleichmäßiger Bewegung in einer geraden Linie bleibt, wenn keine äußere Kraft auf es einwirkt. Es kann als eine Aussage über die Trägheit gesehen werden, dass Objekte in ihrem Bewegungszustand verbleiben, solange keine Kraft wirkt, um die Bewegung zu ändern [2].

Das zweite Newtonsche Gesetz: Es besagt, dass die Gesamtkräfte auf einen Körper proportional zur Beschleunigung und seiner Masse sind (diese wird als konstant angenommen). Sie sind durch die folgende Gleichung miteinander verbunden:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \text{mass} * \text{acceleration}$$

Die Einheiten des Internationalen Systems (SI) für Kraft sind *Newtons* = $\left[kg \frac{m}{s^2} \right]$.

Erinnern Sie sich daran, dass das Vorhandensein einer Beschleunigung eine Änderung der Geschwindigkeit des Körpers bedeutet; es bedeutet, dass es äußere Kräfte gibt, die Änderungen in der Geschwindigkeit dieses Körpers erzeugen.

Drittes Newtonsches Gesetz: Alle Kräfte im Universum treten in gleichen, aber entgegengesetzt gerichteten Paaren auf. Es gibt keine isolierten Kräfte; für jede äußere Kraft, die auf ein Objekt wirkt, gibt es eine Kraft gleicher Größe, aber entgegengesetzter Richtung, die zurück auf das Objekt wirkt, das diese äußere Kraft ausgeübt hat [2].

Es bedeutet, dass, wenn ein Körper (A) eine Kraft auf einen zweiten Körper (B) ausübt, der zweite Körper (A) gleichzeitig eine Kraft gleicher Größe und entgegengesetzter Richtung auf den ersten Körper (A) ausübt (Abbildung 1):

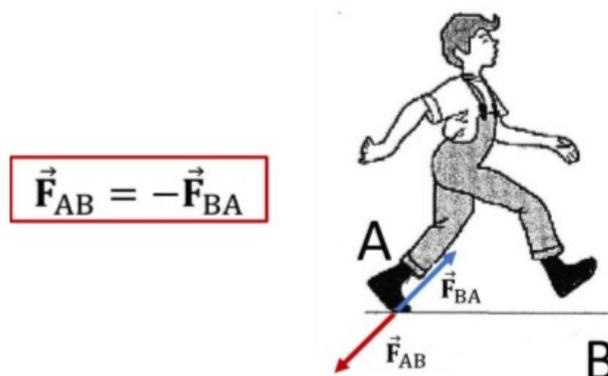


Abbildung 1: Drittes Newtonsches Gesetz. Entnommen aus: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Walking_reaction_forces.png. Geändert durch IBV

3.3.1 Kräfte, die auf einen menschlichen Körper wirken [1]

Es gibt verschiedene Arten von Kräften: elektromagnetische Kräfte, Gravitationskräfte usw., die jedoch außerhalb des Rahmens dieser Inhalte liegen. Es werden nur die Kräfte beschrieben, die mit dem menschlichen Körper in Verbindung stehen (mechanische Kräfte):

Gewicht

Sie ist die auf den Körper wirkende Schwerkraft. Sie wird berechnet:

$$\vec{W} = mass * \vec{g}$$

Das Gewicht der Körpersegmente ist eine sehr wichtige Kraft, denn um statische Haltungen beizubehalten oder langsame Bewegungen auszuführen, sollten Muskeln und Bänder diesem Gewicht entgegenwirken.

Externe Lasten

Tägliche Aktivitäten implizieren, jede Art von Belastung durchzuführen, einen Gegenstand zu schieben, zu ziehen oder zu halten. Die Wirkung dieser äußeren Belastungen auf Gelenke und Muskeln kann sehr hoch sein.

Normal- und Reibungskräfte

Sie treten auf, wenn ein Körper von einer beliebigen Oberfläche getragen wird. In dem Fall, dass die Oberfläche der Boden ist, wird sie eine Kraft gleichen, aber unterschiedlichen Vorzeichens auf unsere Füße ausüben. Diese Kraft wird "Bodenreaktionskraft" genannt (die Oberfläche kann z. B. auch ein Sitz sein). Diese Reaktionskraft setzt sich aus zwei verschiedenen Kräften zusammen: Die Normalkraft (\vec{N}), senkrecht zur Auflagefläche und Reibkraft (\vec{R}), parallel zu ihr (Abbildung 2):

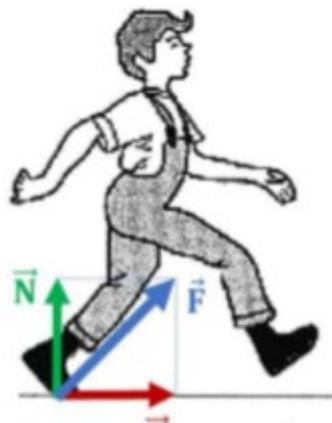


Abbildung 2: Komponenten der Bodenreaktionskraft [1].

Innere Kräfte

Sie werden von Sehnen, Muskeln, Bändern und gelenkinternen Komponenten erzeugt.

3.2 Druck

Wenn Kräfte auf ein Material einwirken, erzeugen sie Lasten/Spannungen über dem Material. Diese Lasten/Spannungen versuchen, die Form des Materials zu verändern, indem sie Druck-, Zug-, Scher-, Torsions- oder Biegespannung ausüben. Im biomechanischen Bereich kann Druck als Druckbelastung verstanden werden, die auf einen Körper ausgeübt wird. Daher ist der Begriff des Drucks in der Biomechanik ähnlich wie der Begriff der Spannung (symbolisiert durch σ), solange er sich auf die Druckspannung bezieht. Druck und Spannung (Kompression) sind somit als Kraft pro Flächeneinheit definiert [3]:

$$Pressure = \frac{Force}{Area}$$

Die Einheiten des internationalen Systems (SI) für Druck/Spannung sind *Pascals* = $\left[\frac{\text{Newtons}}{\text{meters}^2} \right]$.

3.3 Energie

Energie ist ein Maß für die Fähigkeit von jemandem oder etwas, Arbeit zu verrichten. Es handelt sich nicht um eine materielle Substanz. Energie kann in vielen Formen gespeichert und gemessen werden. Obwohl oft von Energieverbrauch gesprochen wird, wird Energie nie wirklich zerstört. Sie wird lediglich von einer Form in eine andere übertragen und verrichtet dabei Arbeit [4].

Die Umwandlung von Energie ist ein leistungsfähiges Konzept, das an einer Vielzahl von Prozessen beteiligt ist [5]. Die mit der Bewegung verbundene Energie wird als kinetische Energie bezeichnet.

Kinetische Energie (E_K): Energie, die ein Objekt aufgrund seiner Bewegung besitzt. Die kinetische Energie einer Punktmasse m ist gegeben durch:

$$\text{Kinetic Energy: } \frac{1}{2}mv^2$$

$m = \text{mass}$

$v = \text{velocity}$

$m = \text{metres}$

Die Einheiten des internationalen Systems (SI) für kinetische Energie sind *Joules* = *Newton * m*.

Die kinetische Energie ist ein Ausdruck der Tatsache, dass ein sich bewegendes Objekt an allem, auf das es trifft, Arbeit verrichten kann; sie quantifiziert die Menge an Arbeit, die das Objekt als Ergebnis seiner Bewegung verrichten könnte.

Potentielle Energie (E_p) ist Energie, die sich aus der Lage oder Konfiguration ergibt [6].

$$\text{Potential Energy} = mgh$$

$m = \text{mass}$

$g = \text{gravitational acceleration } (9,8 \text{ m/s}^2)$

$h = \text{height}$

Die Einheiten des internationalen Systems (SI) für potenzielle Energie sind *Joules* = *Newton * m*.

Beispiel: Ein Objekt kann aufgrund seiner Position in einem Gravitationsfeld die Fähigkeit haben, Arbeit zu verrichten (potenzielle Gravitationsenergie).

Nur konservative Kräfte wie die Schwerkraft und die Federkraft sind mit potentieller Energie verbunden.

Nach dem Prinzip der Erhaltung der mechanischen Energie ist die gesamte mechanische Energie eines Objekts die Summe seiner kinetischen Energie und seiner potentiellen Energie:

$$E_M = E_K + E_p$$

Die Erhaltung der mechanischen Energie gilt nur, wenn alle Kräfte konservativ sind [7]. Dies ist wichtig zu beachten, wenn z. B. die Energie eines aus einer bestimmten Höhe fallenden Objekts berechnet werden soll.

3.4 Arbeiten

Arbeit: Eine Kraft verrichtet Arbeit, wenn es bei ihrer Einwirkung zu einer Bewegung des Angriffspunktes in Richtung der Kraft kommt (gleiche Richtung oder die Kraft hat eine Komponente in Richtung der Bewegung). Die Arbeit, die eine konstante, auf den Körper wirkende Kraft verrichtet, ist das Produkt aus der Komponente der Kraft, dem Abstand/Verschiebung und dem Kosinus des Winkels zwischen ihnen [8]:

$$Work = F\Delta d\cos\emptyset$$

$F = Force$

$\Delta d = displacement$

$\cos\emptyset = cosine of the angle formed by the force and the direction of the displacement.$

Die Einheiten des Internationalen Systems (SI) für Arbeit sind *Joules = Newton * m.*

Arbeit ist eine skalare Größe.

Beispiel (Abbildung 3): Eine Person verwendet ein Seil, um an dieser Kiste zu ziehen. Der Punkt ist, dass die horizontale Komponente die einzige Komponente der aufgebrachtten Kraft ist, die Arbeit auf die Kiste ausübt, da die Kiste horizontal verschoben wird [9].

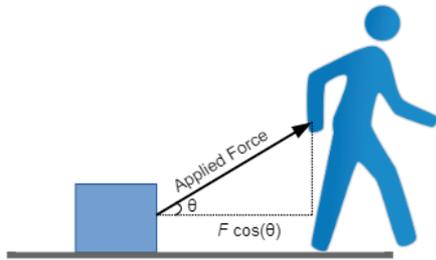


Abbildung 3: Beispiel für die von einer Kraft verrichtete Arbeit.
Entnommen aus [9]

Als Teil Ihrer theoretischen Ausbildung ist es empfehlenswert, sich ein Video über den Zusammenhang zwischen Energie und Arbeit anzusehen. Über die folgenden Links können Sie auf einige Beispielvideos zugreifen:

<https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/v/work-and-the-work-energy-principle?modal=1>

<https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/v/work-as-the-transfer-of-energy?modal=1>

Das Material, zu dem die Hyperlinks führen, ist öffentlich und kann online eingesehen werden. Es wurde aufgrund seiner Eignung für das in dieser Unterrichtseinheit behandelte Thema (Kräfte und Druck) ausgewählt, nachdem eine Suche mit den Begriffen "Klassische Mechanik" oder "Energie und Arbeit" auf dem oben angegebenen Web durchgeführt wurde. Mit denselben Suchbegriffen können Sie auch andere interessante öffentliche didaktische Videos finden und überarbeiten.

3.5 Leistung

Leistung ist definiert als die Rate der Verrichtung von Arbeit oder die Rate der Nutzung von Energie [10]:

$$Power = \frac{Work}{time} = \frac{Force * distance *}{time} = Force * velocity$$

Die Einheiten des internationalen Systems (SI) für Leistung sind *Watts*

Leistung ist eine skalare Größe.

*In diesem Fall werden Kraft und Verschiebung/Distanz als parallel betrachtet, daher wird der Kosinus in der Formel nicht benötigt, da $\cos(0) = 1$.

Als Teil Ihrer theoretischen Ausbildung ist es empfehlenswert, sich ein Video zum Thema Leistung anzusehen. Über die folgenden Links können Sie auf einige Beispielvideos zugreifen:

<https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/v/power?modal=1>

Das Material, zu dem die Hyperlinks führen, ist öffentlich und kann online eingesehen werden. Es wurde aufgrund seiner Eignung für das in dieser Unterrichtseinheit behandelte Thema (Kräfte und Druck) ausgewählt, nachdem eine Suche mit den Begriffen "Klassische Mechanik" oder "Kraft" auf dem oben angegebenen Web durchgeführt wurde. Mit denselben Suchbegriffen können Sie auch andere interessante öffentliche didaktische Videos finden und ansehen.

3.6 Drehmoment

Das **Drehmoment** ist definiert durch die Messung der Verdrehung, die durch eine Kraft verursacht wird, die ein Objekt zur Drehung um eine Achse veranlassen kann [11]:

$$\text{Torque}(\tau) = F * r * \sin\theta$$

$F = \text{Force}$

$r = \text{distance from the axis of rotation to the location where the force is exerted}$

$\sin\theta = \text{sine of the angle formed by the force and the radius/distance.}$

Die Einheiten des internationalen Systems (SI) für das Drehmoment sind *Newton * metres*.

Das Drehmoment ist eine Vektorgroße.

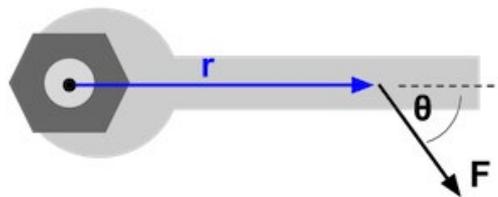


Bild 4: Beispiel einer Drehmomentanwendung. Entnommen aus [11]

4. Schwerpunkt und Druckmittelpunkt [12]

In vielen Studien, die die menschliche Haltung und Bewegung quantifizieren, sind diese beiden Variablen sehr wichtig: der Schwerpunkt (CG) des Körpers und der Druckpunkt (CP) der Bodenreaktionskräfte.

Schwerpunkt (CG):

Der Schwerpunkt ist der Punkt, an dem die gesamte Körpermasse als konzentriert angenommen werden kann, ohne die translatorischen Trägheitseigenschaften des Körpers zu verändern. Die Position des Schwerpunkts charakterisiert die Gesamtkörperposition und unterliegt der Kontrolle der Körperhaltung. Die Quantifizierung der Bewegung des Schwerpunkts ermöglicht eine vergleichende Bewertung der Bewegungsleistung.

Zentrum der Drücke (CP):

CP ist die Projektion des Schwerpunkts der vertikalen Kraftverteilung auf die Bodenebene. Die CP-Position kann direkt aus Kraftplattendaten während Haltungs- oder Gangversuchen ermittelt werden. Die Bestimmung der Ganzkörper-Schwerpunktlage erfordert die Kenntnis der Position und Masse der Körpersegmente.

Im elementarsten Ansatz wird angenommen, dass die vertikale Projektion des Schwerpunkts auf den Boden mit dem CP zusammenfällt. Praktisch gilt diese Annahme nur, wenn der Körper statisch ist (d. h. keine Bewegung irgendwelcher Segmente), und da der Körper auch bei stabilem Stand schwankt, ist die Annahme im Allgemeinen falsch.

5. Wichtige Ideen

Bitte überprüfen Sie die folgenden Schemata, um Ihr Wissen über Kinetik zu überprüfen.

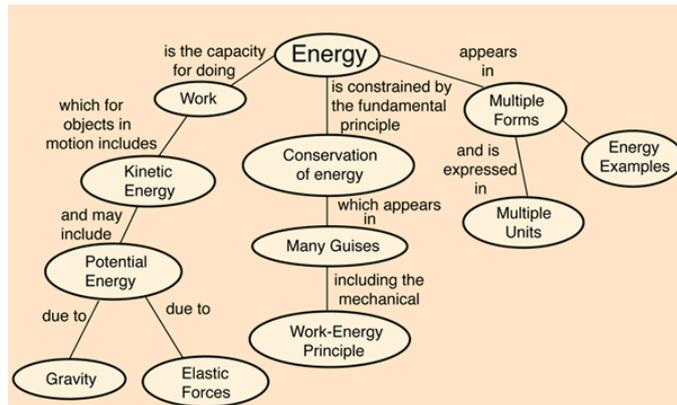


Abbildung 5: Schema über Energie [13]

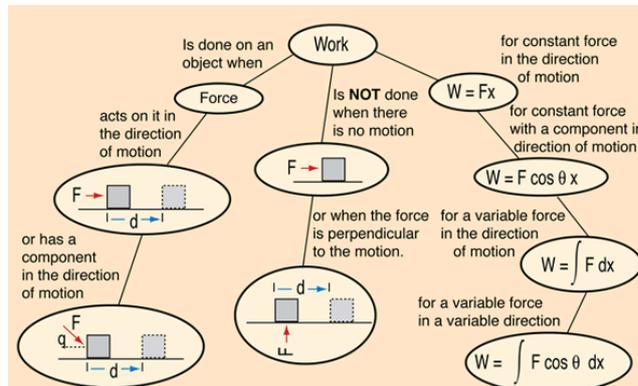


Abbildung 6: Schema über die Arbeit [14]

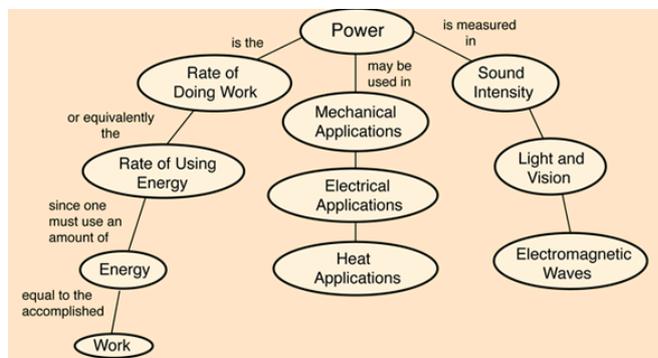


Abbildung 7: Schema über die Leistung [15]

6. Referenzen

[1] Máster de Biomecánica clínica. Título propio de la Universidad Politécnica de Valencia. Impartido y desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).

[2] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Newt.html#ntcon>

[3] D.Knudson, fundamentals of Biomechanics. Cambrigde, 2007

[4] <https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-work?modal=14>

[5] https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01sc-classical-mechanics-fall-2016/readings/MIT8_01F16_chapter13.1.pdf

[6] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/ke.html#ke>

[7] <https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-conservation-of-energy>

[8] https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01sc-classical-mechanics-fall-2016/readings/MIT8_01F16_chapter13.4_13.5.pdf

[9] <https://www.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-work?modal=1>

[10] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pow.html#pw>

[11] <https://www.khanacademy.org/science/ap-physics-1/ap-torque-angular-momentum/torque-and-equilibrium-ap/a/torque-and-equilibrium?modal=1>

[12] B.J. Benda, P. O. Riley D.E. Krebs. Biomechanical relationship between center of gravity and center of pressure during standing. April 1994. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering 2(1):3 – 10. DOI: 10.1109/86.296348. Source IEEE Xplore.

[13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/enecon.html>

[14] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/wcon.html>

[15] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pow.html#pwc>



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

