

## Die Mechanik - Dynamik

Den Nutzen des kinematischen Verfahrens, aus einem beliebigen Bewegungsablauf nacheinander die Vektorenfunktionen  $\vec{r}(t)$  (Bahnkurve),  $\vec{v}(t)$  (Geschwindigkeit) und  $\vec{a}(t)$  (Beschleunigung) herzuleiten, zeigt sich besonders, wenn man zu den Ursachen der Bewegung vorstoßen will. Hierzu muss man sich zunächst einigen, welche Bewegungen einer besonderen Ursache bedürfen und welche nicht.

Die moderne exakte Naturwissenschaft begann mit der Feststellung Galileo Galileis (1564 - 1642), dass eine Bewegung mit konstantem Geschwindigkeitsvektor, eine geradlinig gleichförmige Bewegung, keiner Ursache bedarf, sondern aus sich Selbst heraus immer weiter geht. Diese auf Galilei zurückgehende Erkenntnis wurde ein Menschenalter später (1686) durch Isaac Newton (1643 - 1727) als ein Grundprinzip der Mechanik, das man als Trägheitsgesetz bezeichnet.

Die Dynamik ist die Bewegungslehre die auch die bewegenden Kräfte betrachtet und die als Spezialfall die Statik enthält. Die Dynamik als physikalische Theorie gründet sich auf folgenden Prinzipien:

*Trägheitsprinzip (Lex prima: Corpus omne preservare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur, statum suum mutare. )* Das heißt: Ein Massenpunkt beharrt in seinem Zustand von Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, solange keine andere Körper auf ihn einwirken um diesen Zustand ändern. Oder:

**Jeder Körper beharrt in seinem Zustand der Ruhe oder Gleichförmigen geradliniger Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.**

Oder noch einfacher:

**Ein kräftefreier Körper bewegt sich geradlinig gleichförmig.**

Da jede gleichförmige Bewegung unabhängig von der Größe ihrer Geschwindigkeit kräftefrei ist, kann die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers kein Maß für die Größe der wirkenden Kräfte sein.

Das Trägheitsgesetz ist durch Idealisierung aus der Erfahrung gewonnen

*Grundprinzip der Dynamik (Lex secunda: Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam, qua vis illa imprimitur.)*

Die wörtliche Übersetzung lautet:

**Die Beschleunigung ist der Einwirkung der bewegendes Kraft proportional und erfolgt in Richtung derjenigen geraden Linien die jene Kraft wirkt.**

Oder Einfacher:

**Wenn eine Kraft " $\overline{F}$ " auf einen Körper mit der Masse " $m$ " wirkt, beschleunigt sie ihn mit**

$$\overline{a} = \overline{r} = \frac{\overline{F}}{m}$$

Dem in die zweite Newton Axiom, auftretenden Proportionalitätsfaktor bezeichnen wir als die trage Masse des bewegten Koppers; diese stellt ein Maß für den Widerstand dar, den der Kopper einer Änderung seiner Geschwindigkeit entgegensetzt.

Prinzip der Wechselwirkung (*Lex tertia: Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem, sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contraria dirigi*)

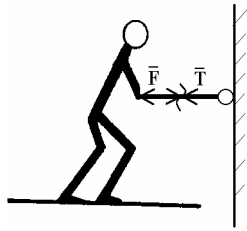
Die Übersetzung lautet: Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich und von entgegengesetzter Richtung aus.

Während der Wechselwirkung zweier Körper übt ein jeder Körper eine Kraft auf den anderen aus, das heißt, es treten immer simultan zwei Kräfte auf, die Wirkung und Gegenwirkung genant werden. Welche als Wirkung und welche als Gegenwirkung bezeichnet wird, hängt davon ab welchen Körper wir als den ersten und welchen wir als den zweiten betrachten. Der erste Körper wirkt auf den zweiten Körper mit einer Kraft, die wir Wirkung nennen werden, und der zweite Körper wirkt - widersetzt sich - auf den ersten Körper, mit einer Gegenwirkung genannter Kraft. Beide Körper wirken simultan- Augenblickliche Fernwirkung in der klassischen Newtonsauffassung.

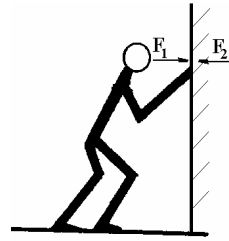
Zur Abschluss dieser Betrachtungen weisen wir noch darauf hin, dass Newton dem Körper bereits die folgenden vier wesentlichen Eigenschaften zugeschrieben hat:

1. Jeder Körper hat Individualität, d. h., an einer Stelle des Raumes, an der sich zu einer gegebenen Zeit ein Körper befindet, kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein.

2. Jeder Körper besitzt Trägheit, d. h. er widersetzt sich allen Beschleunigungen.
3. Die Masse eines Körpers hat die Eigenschaft der Unveränderlichkeit d. h. sie ist unabhängig vom Ort und vom Bewegungszustand der Körper. (Dass gilt nur für Geschwindigkeiten die klein zur Lichtgeschwindigkeit sind).
4. Jeder Körper besitzt die Eigenschaft der Gravitation, d. h., er zieht jeden anderen Körper mit einer gewissen Kraft an.



$|\vec{T}| = |\vec{F}|$   
 $\vec{T}$  – Die Spannung  
 (die Spannkraft)



$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$   
 $\vec{F}_1$  – Die Kraft;  
 $\vec{F}_2$  – Die Gegenkraft

#### Wortschatz

augenblicklich	instantaneu
beharren	a persista
das Trägheitsprinzip	principiul inerției
der Widerstand, -stände	opozitiția, rezistența
die Auffassung. – en, f	sensul, înțelesul
die Einwirkung, - en	acțiunea
die Fernwirkung, - en	acțiunea la distanță
die Gegenwirkung, - en	reacțiunea
die Kraft, -e, f	forța
die Umwelt	mediul inconjurător
die Unmöglichkeit, - en	imposibilitatea
die Wirkung. – en, f	acțiunea
entgegensetzt	opus
<b>willkürlich</b>	<b>arbitrar</b>
Zustand von Ruhe	starea de repaus

## Synonyms

**Raum, m. = Region, f. = Zone, f. = Sektor m.**

Zeit, f. = Zeitpunkt, m. = Moment, m = Augenblick, m.

## Hausaufgaben

### Übersetzen Sie ins Rumänische:

Wo immer wir das Einwirken einer Kraft auf einen Körper beobachten, ist diese Kraft der Ausdruck der Einwirkung eines anderen Körpers aus der Umwelt - es handelt sich um einen Aspekt der Wechselwirkung zwischen den zwei Körpern. Eine einzelne isolierte Kraft ist eine Unmöglichkeit.

Die Axiome der Physik sind keine willkürlichen oder durch reines Denken gewonnenen Festlegungen, sondern sie sind stets an der Erfahrung orientiert.

Die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Kräfte sind Vektoren.

### Übersetzen Sie ins Deutsche:

În cazul ciocnirii a doua corpuri, fiecare acționează asupra celuilalt cu o forță egală și de sens contrar. Cele două forțe sunt cunoscute sub numele de acțiune și reacțiune . Care din cele două forțe o considerăm acțiune și care reacțiune, depinde de ceea ce considerăm a fi primul corp –proiectilul și care cel de al doilea - corpul țintă. În cazul unei ciocniri se conservă simultan energia și impulsul total al celor două corpuri. În cazul ciocnirilor plastice corpurile se deformează și o parte din energia inițială a celor două corpuri se transformă în căldură.

## Lösen Sie

1. Wie groß ist der Auftrieb, der auf ein U-Boot wirkt mit einem Gesamtvolumen  $V=1260 \text{ m}^3$  und einem Gewicht von  $G=10^3 \text{ to}$  in 300, 200, 100 m Tiefe bei gelüfteten Tanks? Welchen Rauminhalt müssen die Tanks haben, wenn bei halber Füllung derselben gerade Schweben eintreten soll?

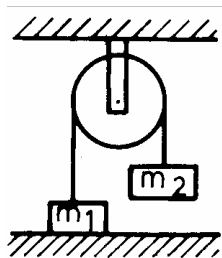
2. Ein Fahrstuhl bewegt sich mit der Beschleunigung  $5 \text{ m/s}^2$  aufwärts. Wie groß ist das scheinbare Gewicht eines Menschen von 60 kg Masse während des Beschleunigungsvorgangs? Nach einiger Zeit nimmt der Aufzug die konstante Aufwärtsgeschwindigkeit gleich  $10 \text{ m/s}$  ein. Wie groß erscheint das Gewicht des

Menschen nun? Wie groß würde das Gewicht schließlich erscheinen, wenn die Halteseile des Aufzugs reißen?

3. Ein Wagen der Masse  $m = 200 \text{ kg}$  fährt mit der Geschwindigkeit  $v$  auf eine Loopingschleife zu, die den Radius  $r = 4 \text{ m}$  hat. Wie groß muss  $v$  mindestens sein, damit der Scheitelpunkt der Loopingbahn durchfahren wird?

a) für einen auf der Schiene befestigten Wagen,

b) für einen unbefestigten Wagen.



4.  $m_1 = 10 \text{ g}$  und  $m_2 = 30 \text{ g}$  sind durch eine Schnur verbunden, die über eine Reibung – und masselose Rolle läuft.  $m_1$  wird auf der Tischoberfläche festgehalten.

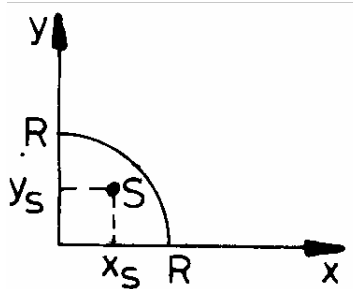
a) Welche Kraft ist dazu notwendig?

b) Wie groß ist die Kraft  $S$  (Spannung) in der Schnur?

c) Wie groß würde  $S$  sein, wenn man  $m_1$  losließe?

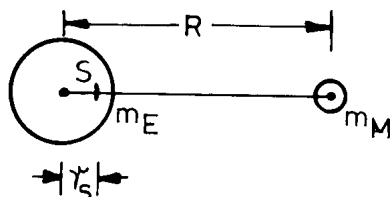
5. Man denke sich die folgenden Punktmassen durch masselose Stangen verbunden:  $m_1 = 10 \text{ kg}$  im Koordinatenursprung  $(0,0,0)$ ,  $m_2 = 5 \text{ kg}$  in  $P_2(1 \text{ m}, -2 \text{ m}, 1 \text{ m})$ ,  $m_3 = 1 \text{ kg}$  in  $P_3(0, -2 \text{ m}, 0)$  und  $m_4 = 5 \text{ kg}$  in  $P_4(0, 0, 3 \text{ m})$ . Wo liegt der Schwerpunkt des Gesamtsystems?

6. Aus einem homogenen Blech der Dicke  $d$  werde eine Viertelkreisscheibe mit dem Radius  $r$  ausgeschnitten. Man bestimme die Lage des Schwerpunkts.  $S(x_s, y_s)$



7. Man berechne das Verhältnis der Sonnenmasse zur Erdmasse, wenn die Radien der Mond – und der Erdbahn ( $3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$  bzw.  $1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ) und die entsprechenden Umlaufzeiten

(27,3 Tage bzw. 365 Tage) bekannt sind



8. Mond und Erde mit dem Mittelpunktabstand  $R$  umkreisen ihren gemeinsamen Schwerpunkt  $S$ . Die Erdmasse und die Umlaufzeit  $T$  sind bekannt. Man berechne die Masse des Mondes und die Lage des Schwerpunkts. ( $m_E = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,

$$R = 384\,000\text{ km}, \quad T = 2,36 * 10^6\text{ s}, \quad \gamma = 6,67 * 10^{-11}\text{ m}^3 / \text{kg s}^2)$$

9. Ein Düsenflugzeug der Masse  $M$  sauge bei allen Geschwindigkeiten die konstante Luftmasse/Zeit  $\dot{m}_L$  an. Die Kraftstoffzufuhr/Zeit sei konstant  $\dot{m}_T$ . Das verbrannte Gasgemisch wird mit der Geschwindigkeit  $v_T = \text{const.}$ , relativ zum Flugzeug, ausgestoßen. (Die Massenabnahme des Flugzeugs infolge Treibstoffverbrauchs werde vernachlässigt.)

a) Man stelle die Bewegungsgleichung für das Flugzeug auf.

b) Man löse diese Gleichung mit dem Ansatz  $v = c_1 e^{-\lambda t} + c_2$  unter Beachtung der Randbedingungen  $v(t=0)=0$  und  $v(t \rightarrow \infty)=?$

c) Man skizziere  $v(t)$  als Funktion von  $t$ .

### Fragen zur Konversation

Wie definieren Sie die Dynamik!

Was für ein Spezialfall der Dynamik wissen sie?

Definieren sie die Wirkung und die Gegenwirkung!

Was verstehen sie durch die träge Masse?

Wie treten Wirkung und Gegenwirkung auf?

Was verstehen sie unter der „augenblicklicher Fernwirkung“ in der klassischen Newtonsauffassung?