

P h y s i k

Symbol	Benennung	Maßeinheit	
l	Länge	m	Meter
h	Höhe	m	
b	Breite	m	
r	Radius	m	
d	Durchmesser	m	
λ	Wellenlänge	m	
s	Weglänge	m	
A	Fläche	m ²	Quadratmeter
α, β, γ	Winkel	°	Grad
V	Rauminhalt, Volumen	m ³	Kubikmeter
m	Masse	g	Gramm
M	Molekulargewicht		
t	Zeit	s	Sekunde
T	Periodendauer	s	
φ	Phasenverschiebungswinkel	°	
n	Drehzahl		Umdrehungen pro Minute
f	Frequenz	Hz	Hertz
ω	Kreisfrequenz	1/s	
v	Geschwindigkeit	m/s	
a	Beschleunigung	m/s ²	
g	Fallbeschleunigung	m/s ²	
F	Kraft	p	Pond
G	Gewicht	p	
ρ	Wichte	kp/dm ³	
M	Drehmoment	m·kp	
p	Druck	kp/cm ² = at	Atmosphäre
t	Temperatur (vom Eispunkt aus)	°C	Grad Celsius
A	Arbeit	m·kp	
W	Energie	m·kp	
P	Leistung	m·kp/s	
η	Wirkungsgrad	%	
Q	Wärmemenge	kal	Kalorien
c	Lichtgeschwindigkeit	3·10 ⁸ m/s	
τ	Zeitkonstante	s	

Elektrotechnik

Symbol	Benennung	Maßeinheit	
Q	Ladung	C	Coulomb
E	elektr. Feldstärke	V/cm	
U	Spannung	V	Volt
E	elektromotorische Kraft	V	
I	Strom	A	Ampere
R	Widerstand, Wirkwiderstand	Ω	Ohm
X	Blindwiderstand	Ω	
Z	Scheinwiderstand	Ω	
ϱ	spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	
κ	elektrische Leitfähigkeit	$\frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$	
ϵ	Dielektrizitätskonstante	F/cm	
G	Leitwert	S	Siemens
B	Blindleitwert	S	
Y	Scheinleitwert	S	
C	Kapazität	F	Farad
H	magnetische Feldstärke	A/cm	
w	Windungszahl		
B	Kraftliniendichte	V·s/cm ²	[Gauß]
μ	Permeabilität	H/cm	
Φ	magnetischer Fluß	V·s	
L	Induktivität	H	Henry
M	Gegeninduktivität	H	
Z	Wellenwiderstand	Ω	
P	Wirkleistung	W	Watt
Q	Blindleistung	V·A	
S	Scheinleistung	V·A	
a	Dämpfung	N	Neper

	Seite
<u>1. Grundlagen</u>	
<u>1.1. Physikalische Eigenschaften</u>	2
<u>1.2. Physikalische Größen</u>	3
1.2.1. Messen	3
1.2.2. Länge - Fläche - Raum	3
1.2.3. Zeit	4
1.2.4. Gewicht - Masse	4
1.2.5. Spezifisches Gewicht	5
1.2.6. Druck	6
 <u>2. Mechanik</u>	
<u>2.1. Kraft</u>	6
2.1.1. Kennzeichnung	6
2.1.2. Kräfteparallelogramm	7
2.1.3. Schwerpunkt	9
2.1.4. Reibung	9
<u>2.2. Drehmoment</u>	10
2.2.1. Hebel	10
2.2.2. Gleichgewicht	11
2.2.3. Standfestigkeit	12
2.2.4. Rolle	12
2.2.5. Flaschenzug	13
2.2.6. Wellrad	14
2.2.7. Getriebe	15
<u>2.3. Arbeit</u>	16
2.3.1. Schiefe Ebene	17
2.3.2. Schraube	18
<u>2.4. Leistung</u>	18
 <u>3. Dynamik</u>	
<u>3.1. Energie</u>	19
<u>3.2. Bewegung</u>	19
3.2.1. Kreisbewegung	19
3.2.2. Pendel	20
3.2.3. Schwingungen	21
3.2.4. Resonanz	22
 <u>4. Atombau</u>	
<u>4.1. Elemente</u>	22
<u>4.2. Teilchen</u>	23
<u>4.3. Elektrizität</u>	24
 <u>5. Fragen und Aufgaben</u>	5

1. Grundlagen

Die Physik befaßt sich mit den Gesetzmäßigkeiten der unbelebten Natur. Durch Versuche (Experimente) und Messungen werden Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung erkannt und als physikalisches Gesetz festgelegt.

Z.B.: Ein Körper kann so tief in eine Flüssigkeit eintauchen, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit genauso groß ist, wie das Gewicht des Körpers selbst.

Teilgebiete der Physik sind u. a. Mechanik, Wärmelehre, Akustik (Lehre vom Schall), Optik (Lehre vom Licht), Magnetismus und Elektrizität. Es gibt Teilgebiete, die sehr umfangreiche Wissensgebiete geworden sind.

1.1. Physikalische Eigenschaften

In der Physik werden alle Naturgegenstände Körper genannt. Man unterscheidet dabei drei Aggregatzustände:

fest -- flüssig -- gasförmig

Feste Körper (z.B. Eis) können durch Erwärmung in den flüssigen Zustand übergeführt werden (z.B. Wasser) und durch weiteres Erwärmen in den gasförmigen Zustand (z.B. Dampf).

Für den Übergang von einem zum anderen Zustand können bestimmte Temperaturen ermittelt werden:

Von "fest" nach "flüssig": Schmelzpunkt (z.B. Eis - Wasser 0°C).

Von "flüssig" nach "gasförmig": Siedepunkt (z.B. Wasser - Dampf 100°C).

Feste Körper werden von einer Kraft in sich zusammengehalten, die man Kohäsionskraft nennt. Will man einen solchen Körper zerteilen, dann braucht man Kraft (z.B. Meißeln, Feilen, Sägen, usw.). Ist er zerteilt, ist diese Kraft nicht mehr wirksam.

Je nach Material des Körpers ist die Kohäsionskraft klein oder groß und dadurch die Kraft, die notwendig ist, um den Körper zu zerteilen entsprechend.

Unter Adhäsionskräfte dagegen versteht man die Kräfte, die zwischen Körpern verschiedener Art wirken (z.B. Kreide an der Tafel!).

Flüssige Körper (Flüssigkeiten) werden von wesentlich geringeren Kohäsionskräften zusammengehalten. Um Flüssigkeiten zu zerteilen, ist nur ein ganz geringer Kraftaufwand notwendig. Die Kugel- und Tropfenbildung beweist aber, daß noch Kohäsionskräfte vorhanden sind.

Feste und flüssige Körper können kaum oder überhaupt nicht zusammengedrückt werden.

Gasförmige Körper dagegen können verhältnismäßig leicht zusammengedrückt werden.

Die einzelnen Teilchen der Gase zeigen keinerlei Zusammenhalt. Es sind keine Kohäsionskräfte vorhanden. Im Gegenteil - Gase zeigen das Bestreben, sich immer mehr auszubreiten (Expansion). Sie erfüllen daher den ganzen zur Verfügung stehenden Raum gleichmäßig.

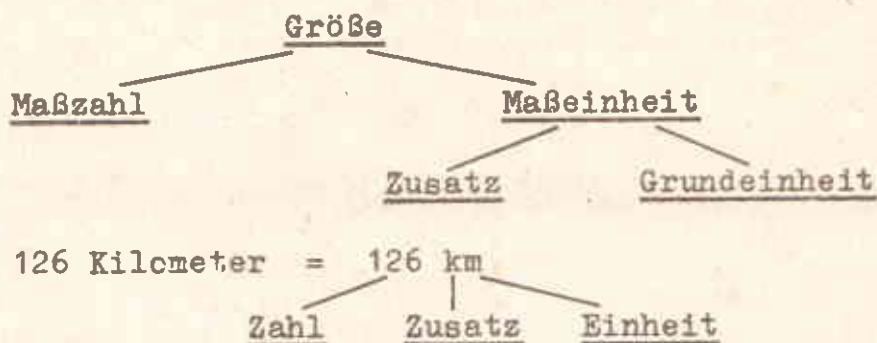
1.2. Physikalische Größen

Durch Beobachtung der Natur können Gesetzmäßigkeiten erkannt werden, die dann festgelegt werden müssen. Dazu ist es notwendig, zu messen und einheitliche Maße zu besitzen.

1.2.1. Messen

Durch Versuch wird festgestellt, wie oft ein Maß in der zu messenden Größe enthalten ist.

Dabei ist streng zu unterscheiden:



Gebräuchliche Zusätze zur Maßeinheit sind:

M	Mega	1 000 000
k	Kilo	1 000
h	Hekto	100
		1
d	dezi	0,1
c	zenti	0,01
m	milli	0,001
μ	mikro	0,000 001
n	nano	0,000 000 001
p	piko	0,000 000 000 001

1.2.2. Länge - Fläche - Raum

Für die Länge wurde als Grundeinheit "Meter" (m) festgelegt. Es ist der Abstand zwischen zwei Marken auf einem Stab aus Platin-Iridium mit X-förmigem Querschnitt, der bei Paris aufbewahrt wird. 1 Meter entspricht fast genau dem 40millionsten Teil des Erdumfangs.

Teile und Vielfache eines Meters sind:

- 1 Millimeter (mm) = 0,001 m
- 1 Zentimeter (cm) = 0,01 m
- 1 Dezimeter (dm) = 0,1 m
- 1 Kilometer (km) = 1000 m

Für die Fläche wurde als Grundeinheit "Quadratmeter" ($m^2 = qm$) festgelegt. Es ist das Quadrat der Einheit der Länge.

Teile und Vielfache eines Quadratmeters sind:

- 1 Quadratmillimeter (mm^2) = 0,000 001 m^2
- 1 Quadratzentimeter (cm^2) = 0,000 1 m^2
- 1 Quadratdezimeter (dm^2) = 0,01 m^2
- 1 Quadratkilometer (km^2) = 1000 000 m^2

Früher waren noch gebräuchlich:

- 1 Hektar (ha) = 10 000 m^2
- 1 Ar (a) = 100 m^2

Für den Raum (Volumen) wurde als Grundeinheit "Kubikmeter" ($m^3 = cbm$) festgelegt. Es ist der Rauminhalt eines Würfels von 1 m Länge, 1 m Höhe und 1 m Tiefe (Kantenlänge = 1m).

Teile eines Kubikmeters sind:

- 1 Kubikmillimeter (mm^3) = 0,000 000 001 m^3
- 1 Kubikzentimeter (cm^3) = 0,000 001 m^3
- 1 Kubikdezimeter (dm^3) = 0,001 m^3
- 1 Liter (l) = 1 dm^3
- 1 Milliliter (ml) = 1 cm^3

1.2.3. Zeit

Die Grundeinheit der Zeit ist 1 Sekunde (sec). Das ist der $24 \times 60 \times 60 = 86\ 400$. Teil des mittleren Sonnentages (eine volle Umdrehung unserer Erde). Um Zeitabschnitte praktisch messen zu können, benützt man physikalische Gesetze, z. B. Pendeluhren, Anker- und Zylinderuhren, Quarzuhren.

1.2.4. Gewicht - Masse

Jeder Körper, jede Stoffmenge besitzt zwei meßbare Eigenschaften:

Gewicht -- Masse

Das Gewicht ist die Kraft, mit der die Masse (Stoffmenge) auf die Erdoberfläche gedrückt wird (infolge der Erdbeschleunigung). Das Gewicht eines Körpers ist demnach am Pol etwas größer als am Äquator. Das Gewicht nimmt ab mit zunehmender Höhe, d. h. mit zunehmender Entfernung vom Erdmittelpunkt. (Pol näher am Erdmittelpunkt als Äquator!)

Besonders zu beachten ist dies bei Weltraumfahrten, da hierbei u. U. große Entfernungen zum Erdmittelpunkt erreicht werden.

Andere Gestirne haben andere Anziehungskräfte. So ist z.B. das Gewicht ein und desselben Körpers auf der Erde ca. sechsmal so groß wie auf dem Mond.

Die Masse eines Körpers ist die Stoffmenge. Sie widersetzt sich damit jeglicher Bewegungsänderung. Die Masse ist nicht vom Ort abhängig wie das Gewicht. Sie ist deshalb überall gleich groß.

Die Grundeinheit der Masse ist "Gramm" (g). Es ist der Tausendste Teil der Masse, die ein Zylinder aus Platin-Iridium mit 39 mm Durchmesser und 39 mm Höhe hat. Das ist auch die Masse eines Liter Wassers bei 4°C.

Teile und Vielfache eines Gramms sind:

- 1 Milligramm (mg) = 0,001 g
- 1 Kilogramm (kg) = 1000 g
- 1 Tonne (t) = 1 000 000 g

Die Grundeinheit des Gewichts ist "Pond" (p) und wurde festgelegt als das Gewicht von der Masse 1 g, und zwar gemessen in Paris.

Mit ausreichender Genauigkeit kann man sagen, daß in Deutschland die Zahlenwerte von Masse und Gewicht übereinstimmen, die Maßeinheiten müssen jedoch unterschiedlich sein:
für Masse Gramm, für Gewicht (Kraft) Pond.

1.2.5. Spezifisches Gewicht

Man stellt zunächst gleichgroße Würfel aus verschiedenen Materialien mit 1 cm Kantenlänge her (Rauminhalt 1 cm³). Beim Wiegen dieser Würfel stellt man fest, daß trotz des gleichen Volumens die Gewichte nicht übereinstimmen. So wiegt z.B.

- 1 cm³ Aluminium 2,7 p
- 1 cm³ Eisen 7,9 p
- 1 cm³ Kupfer 8,9 p

Das Gewicht des Einheitswürfels ist also kennzeichnend für das Material, aus dem er gefertigt wurde.

1 cm³ Eisen wiegt 7,9 p -
oder - Eisen wiegt 7,9 $\frac{p}{cm^3}$ (lies: Pond pro Kubikzentimeter).

Letzteres ist das spezifische Gewicht!

Nicht immer läßt sich von einem Körper genau ein Einheitswürfel herstellen. Um trotzdem das spezifische Gewicht zu bekommen, wird der Körper gewogen und sein Volumen bestimmt. Durch Rechnung ist dann zu ermitteln:

$$\text{Spez. Gewicht} = \frac{\text{Gewicht}}{\text{Volumen}}$$

Als Formel:

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

(gamma)

- γ = Formelzeichen für spez. Gewicht - Maßeinheit $\frac{p}{cm^3}$
- G = Formelzeichen für Gewicht - Maßeinheit p
- V = Formelzeichen für Volumen - Maßeinheit cm³

Bei unregelmäßigen Körpern kann das Volumen durch Eintauchen des Körpers in ein mit Wasser gefülltes Überlaufgefäß ermittelt werden. Das verdrängte Wasser gibt dann den Rauminhalt des Körpers an.

Das Spezifische Gewicht von verschiedenen Stoffen wurde bestimmt und in Tabellen zusammengestellt:

Material	spez. Gew.	Material	spez. Gew.
	$\frac{P}{cm^3}$		$\frac{P}{cm^3}$
Platin	21,5	Glas	2,6
Gold	19,3	Porzellan	2,4
Blei	11,3	Quarz	1,8
Silber	10,5	Gummi	1,4
Kupfer	8,9	Marmor	2,7
Nickel	8,9	Schiefer	2,8
Stahl	7,8	Paraffin	1,0
Zinn	7,3	Zink	7,1
Aluminium	2,7	Quecksilber	13,5

Die angegebenen Werte sind lediglich Richtwerte und weichen je nach Reinheit, bzw. Zusammensetzung etwas ab.

1.2.6. Druck

Unter Druck versteht man eine Kraft, die auf eine bestimmte Fläche auftrifft. Die Maßeinheit ist "technische Atmosphäre" (at) und ist dann vorhanden, wenn die Kraft 1 kp auf eine Fläche von 1 cm² drückt (das Gewicht einer 10 m hohen Wassersäule bei +4°C).

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \quad (\text{lies: kp pro cm}^2)$$

Der Druck wird also größer, wenn die gleiche Kraft auf eine kleinere Fläche trifft.

2. Mechanik

2.1. Kraft

Wirkt eine Kraft auf einen Körper, so ändert sich sein Ruhe- oder Bewegungszustand oder er wird verformt. Das Gewicht ist eine besondere Art von Kraft. Sie wirkt immer senkrecht nach unten.

2.1.1. Kennzeichnung

Wirkt auf einen Wagen eine Kraft, so setzt er sich in Bewegung. Wirkt eine gleich große Kraft entgegengesetzt, so bleibt der Wagen in Ruhe.

Ruhezustand also dann, wenn Kraft = Gegenkraft, wenn die Größe der beiden Kräfte übereinstimmt.

Wirkt eine Kraft von hinten auf den Wagen, die andere seitlich, so wird trotz gleicher Größe der beiden Kräfte der Wagen bewegt werden, weil die beiden Kräfte nicht gegeneinander wirken. Sie haben verschiedene Richtungen.

Ruhezustand also erst dann, wenn außer der Größe auch noch die Richtung übereinstimmt (Wirklinie!)

Und schließlich dürfen die beiden Kräfte nicht an verschiedenen Wagen angreifen, sondern ihr Angriffspunkt muß am selben Wagen liegen, wenn dieser in Ruhe bleiben soll.

Damit sind drei Merkmale festgelegt, mit deren Hilfe eine Kraft genau gekennzeichnet werden kann:

Größe — Richtung — Angriffspunkt

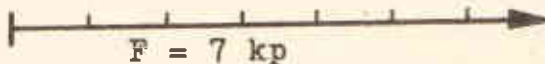
Die Größen mehrerer Kräfte können zusammengezählt werden, wenn sie alle die gleiche Richtung haben, also auf der gleichen Wirklinie liegen (z.B. mehrere Männer ziehen an einem Seil).

Der Angriffspunkt einer Kraft kann auf der Wirklinie beliebig verschoben werden (z.B.: das Seil kann durch ein zweites verlängert werden).

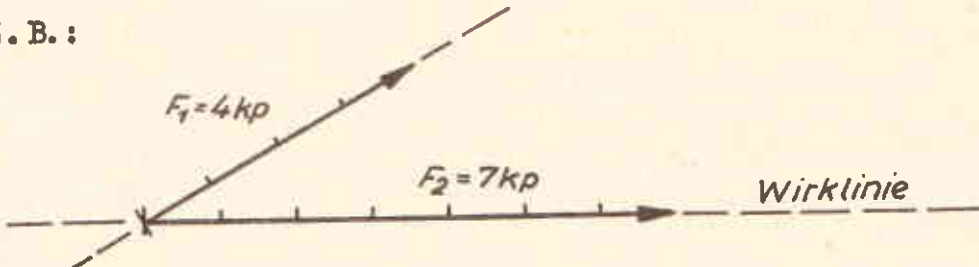
2.1.2. Kräfteparallelogramm

Haben zwei oder mehr Kräfte verschiedene Richtungen und sollen diese zu einer Kraft, der Resultierenden, zusammengefaßt werden, dann ist dabei der Winkel zwischen den Wirklinien zu berücksichtigen.

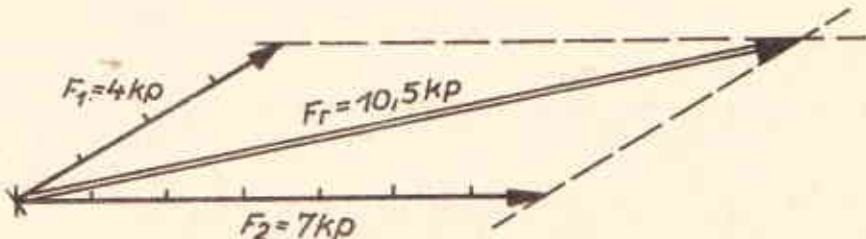
Zeichnerisch wird die Kraft (Formelzeichen F) durch eine Linie maßstäblich entsprechend der Größe dargestellt. Ein Pfeil gibt die Richtung an.

Z.B.:  Maßstab:
 $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ kp}$

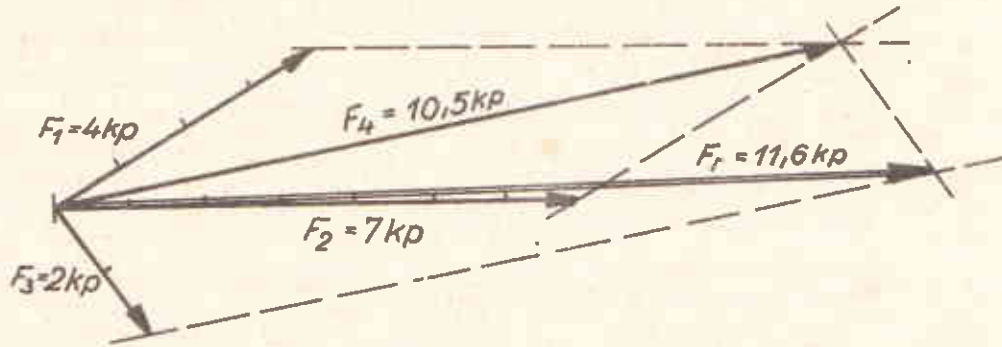
Zwei Kräfte werden zunächst solange auf ihren Wirklinien verschoben, bis ihre Angriffspunkte in einen Punkt zusammenfallen.

Z.B.: 

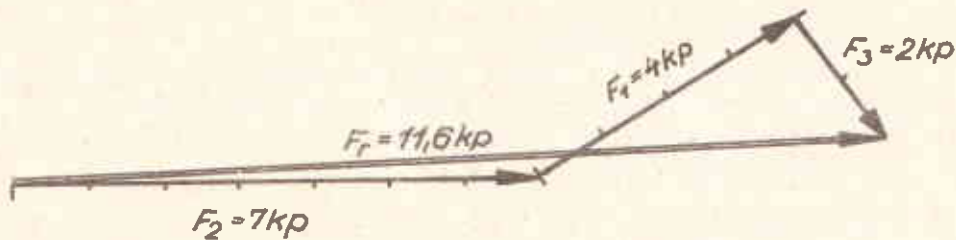
Dann kann mittels paralleler Hilfslinien die Größe und die Richtung der Resultierenden bestimmt werden.

Z.B.: 

Mehrere Kräfte können so stufenweise summiert werden.



Es können auch alle Hilfslinien weggelassen werden und lediglich die Kräfte selbst nach Größe und Richtung aneinander gesetzt werden. An den Richtungspfeil einer Kraft schließt sich also jeweils der Angriffspunkt der nächsten Kraft an. Das so gezeichnete Kraft-eck ergibt die Resultierende als Verbindung des Endpunkts der letzten Kraft mit dem Angriffspunkt der ersten Kraft.



Eine gegebene Kraft kann auch als Resultierende aufgefaßt werden und in mehrere Teilkräfte zerlegt werden, wenn hierfür die Richtungen aufgrund der Aufgabe zu bestimmen sind.

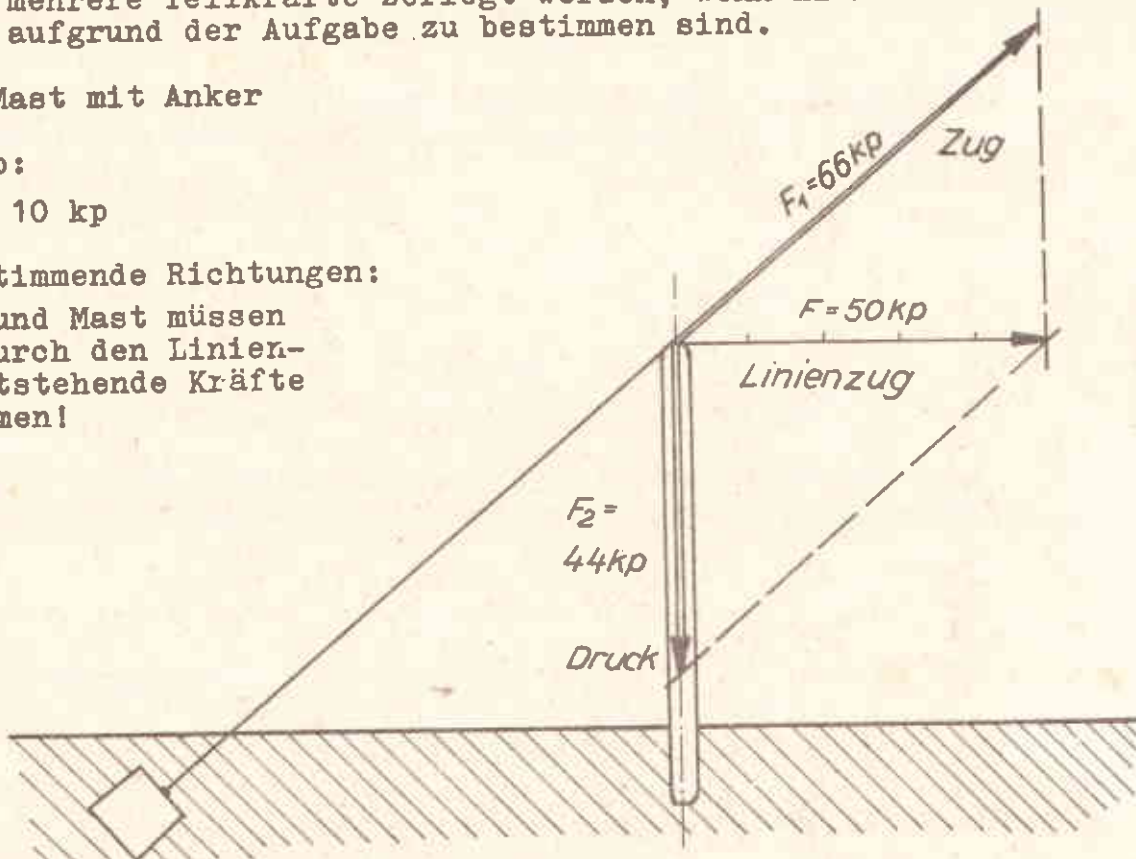
Z.B.: Mast mit Anker

Maßstab:

1 cm $\hat{=}$ 10 kp

Zu bestimmende Richtungen:

Anker und Mast müssen alle durch den Linienzug entstehende Kräfte aufnehmen!



2.1.3. Schwerpunkt

Ein Stein fällt infolge der Schwerkraft nach unten. Wird dieser Stein in einzelne Teilchen zerschlagen, so können wir an jedem Teilchen dasselbe beobachten: es fällt ebenfalls nach unten.

Ein Stein ist also die "Zusammenfassung" aller seiner Teilchen, die einzeln nach unten fallen würden. Genauso wie die einzelnen Teilchen können wir auch ihre Schwerkraft zusammenfassen - in einen Punkt, den Schwerpunkt.

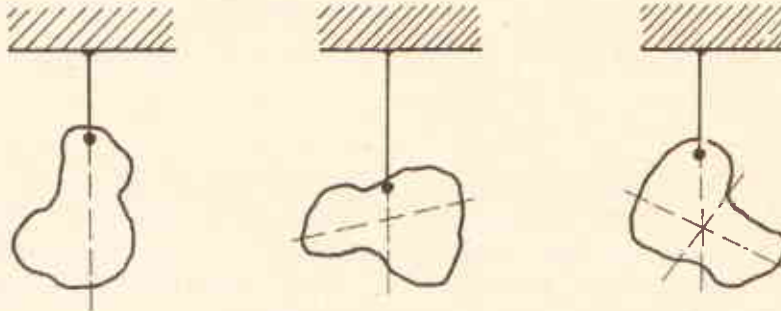
Der Schwerpunkt ist also der Punkt, in dem man sich die ganze Schwerkraft zusammengefaßt vorstellt.

Bei regelmäßigen Körpern, bei denen sich ohne weiteres ein Mittelpunkt bestimmen läßt (Kugel, Würfel), ist der Mittelpunkt gleichzeitig der Schwerpunkt.

Werden diese Körper im Schwerpunkt unterstützt, so bleiben sie in jeder Lage in Ruhe.

Hängt man einen Körper oberhalb seines Schwerpunkts auf, so wird der Schwerpunkt, der ja die Schwerkraft zusammengefaßt darstellt, möglichst weit nach unten wollen, er wird seine tiefste Lage einnehmen.

Diese Tatsache benützt man zur Bestimmung des Schwerpunkts von unregelmäßigen Körpern: sie werden mindestens zweimal aufgehängt und das Lot vom Aufhängepunkt gefällt. Der Schnittpunkt stellt dann den Schwerpunkt dar. (Dabei kann dieser auch außerhalb des Körpers liegen, z.B.: kreisrunde Scheibe mit Loch in der Mitte!)



2.1.4. Reibung

Um einen Holzklotz, der auf einem Brett liegt, zu bewegen, ist eine Kraft notwendig. Die Unebenheiten müssen überwunden werden. Sind Brett und Klotz glatt gehobelt, ist die Kraft geringer. Wird jedoch ein Gewicht auf den Klotz gestellt, dann ist dieser Klotz schwerer zu bewegen. Die Kraft, die notwendig ist, um die Unebenheiten zu überwinden, ist größer.

Die Größe der Reibung hängt also nur von der Beschaffenheit der Oberflächen ab und von dem Gewicht des Körpers, der bewegt werden soll. Wie sich durch einen Versuch nachweisen läßt, ist dabei die Größe der Fläche ohne Einfluß.

Ist der Körper erst einmal in Bewegung, so genügt eine geringere Kraft, um ihn in Bewegung zu halten. Die Haftreibung ist also größer als die Gleitreibung.

Noch wesentlich geringer ist die rollende Reibung, d.h. die Unebenheiten der Unterlage und des Körpers werden "überrollt" (z.B. Kugel- und Walzenlager).

Um die verschiedenen Größen der Reibung miteinander vergleichen zu können, hat man folgende Begriffe festgelegt:

Die Reibungskraft ist die Kraft, die notwendig ist, um die Reibung zu überwinden.

Die Normalkraft ist die Kraft, die senkrecht auf die Unterlage drückt, also das Gewicht des Körpers.

Die Reibungszahl ist eine Verhältniszahl (ohne Maßeinheit) und wird berechnet:

$$\mu = \frac{R}{N}$$

μ Reibungszahl (ohne Maßeinheit)
 R Reibungskraft (gemessen in p)
 N Normalkraft (gemessen in p)

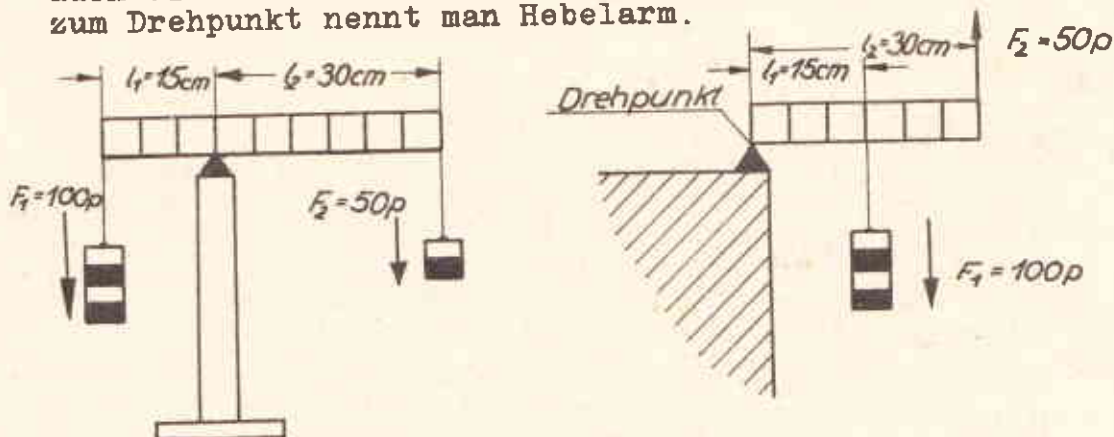
Z.B.: Reibungszahl μ für Haftreibung Stahl auf Stahl:
ca. 0,25,
Reibungszahl μ für Gleitreibung Stahl auf Stahl:
ca. 0,15 .

2.2. Drehmoment

Unter Drehmoment versteht man das Produkt aus einer Kraft, die auf einen Körper einwirkt und dem senkrechten Abstand der Kraft von einem Drehpunkt, um den sich der Körper unter Einwirkung dieser Kraft drehen kann.

2.2.1. Hebel

Der Hebel besteht aus einer Stange, die so gelagert ist, daß sie sich um eine Achse (Drehpunkt) drehen kann. Dadurch kann die Richtung der Kraft geändert werden, gleichzeitig aber auch die Größe der Kraft. Den senkrechten Abstand der Kraft zum Drehpunkt nennt man Hebelarm.



zweiseitiger Hebel

einseitiger Hebel

Das Drehmoment (M) kann dann wie folgt berechnet werden:

$$\text{Drehmoment} = \text{Kraft} \times \text{Hebelarm}$$

Nach vorstehendem Beispiel für den zweiseitigen Hebel:

$$M_1 = F_1 \cdot l_1$$

$$M_2 = F_2 \cdot l_2$$

$$M_1 = 100 \text{ p} \cdot 0,15 \text{ m} = 15 \text{ pm}$$

$$M_2 = 50 \text{ p} \cdot 0,3 \text{ m} = 15 \text{ pm}$$

Für den einseitigen Hebel:

$$M_1 = F_1 \cdot l_1$$

$$M_2 = F_2 \cdot l_2$$

$$M_1 = 100 \text{ p} \cdot 0,15 \text{ m} = 15 \text{ mp}$$

$$M_2 = 50 \text{ p} \cdot 0,3 \text{ m} = 15 \text{ mp}$$

2.2.2. Gleichgewicht

Sind beide Drehmomente gleich groß (wie im Beispiel), dann bleibt der Hebel in Ruhe. Es besteht Gleichgewicht!

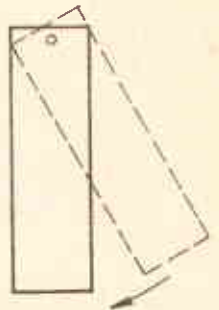
Bei Gleichgewicht: $M_1 = M_2$

oder: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$

In Bezug auf Schwerkraft und Schwerpunkt (Abschnitt 2.1.3.) unterscheidet man in der Praxis drei Gleichgewichtsarten:

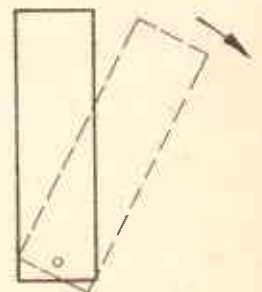
Die stabile (sichere) Gleichgewichtslage.

Der Schwerpunkt liegt in seiner tiefsten Lage. Durch jede mögliche Bewegung muß er angehoben werden und kehrt deshalb selbständig wieder in die tiefste Lage zurück.



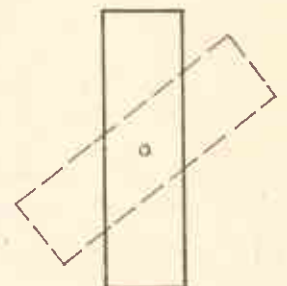
Die labile (unsichere) Gleichgewichtslage.

Ein Körper ist unterhalb seines Schwerpunkts unterstützt. Durch eine geringe Bewegung geht der Schwerpunkt in eine tiefere Lage und damit in die stabile Gleichgewichtslage.



Die indifferente (stetige) Gleichgewichtslage.

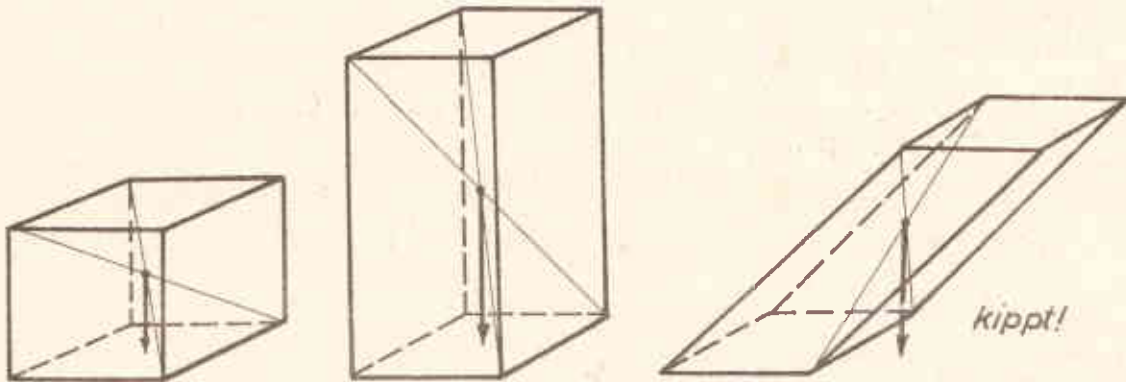
Ein Körper ist im Schwerpunkt selbst unterstützt und kann deshalb keine andere Lage einnehmen. Der Körper bleibt nach jeder Bewegung in der dadurch erreichten Lage.



2.2.3. Standfestigkeit

Ein Würfel steht sicherer auf seiner Grundfläche als ein Stab auf der gleichen Grundfläche. Der Grund hierfür ist in der Lage des Schwerpunkts zu suchen. Der Schwerpunkt des Würfels liegt niedriger als der des Stabes. Beide Körper bleiben aber stehen, solange das Lot vom Schwerpunkt aus, also die Schwerkraft, durch die Grundfläche (Unterstützungsfläche) geht.

Wird die Standfläche des Stabes genügend stark abgeschrägt, so trifft die Schwerkraft nicht mehr auf die Unterstützungsfläche. Der Schwerpunkt kann, der Schwerkraft folgend, eine tiefere Lage einnehmen und der Körper kippt um.

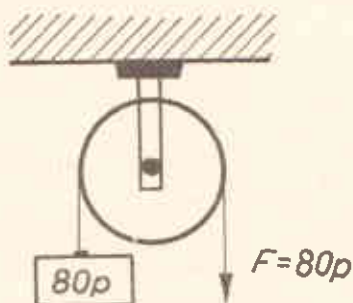


Die Standfestigkeit hängt also ab von der Lage des Schwerpunkts, von der Größe der Schwerkraft (Gewicht) und von der Größe der Unterstützungsfläche.

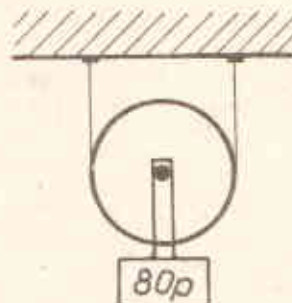
2.2.4. Rolle

Unter Rolle ist ein Rad zu verstehen, über das in einer Rille ein Seil geführt werden kann.

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten:

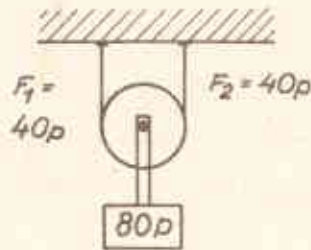


feste Rolle

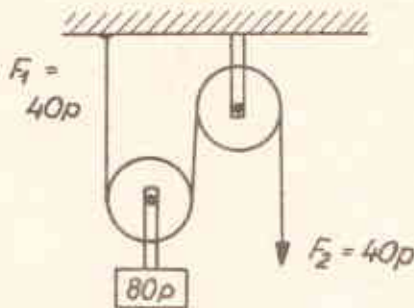


lose Rolle

Die feste Rolle ändert nur die Richtung der Kraft, während die lose Rolle neben der Richtung auch noch die Größe der Kraft verändert. Der Angriffspunkt der Kraft wird durch das Seil auf der Wirklinie verschoben.

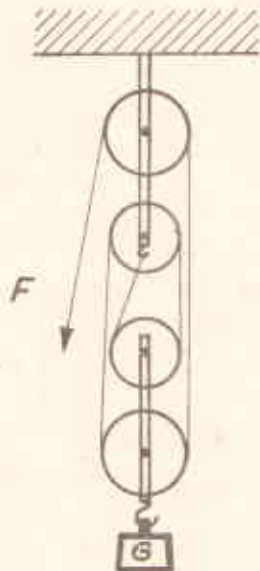


Das an der losen Rolle hängende Gewicht von 80 p teilt sich auf und jedes Seilende trägt nur die halbe Last, nämlich 40 p.



Führt man ein Seilende über eine feste Rolle, kann man am freien Ende die Last von 80 p mit einer Kraft von nur 40 p im Gleichgewicht halten. (Einfachste Form des Flaschenzugs!)

2.2.5. Flaschenzug



Führt man das freie Ende des Seils nochmals über eine lose und eine feste Rolle, halbiert sich die Kraft $F_2 = 40 \text{ p}$ wieder und es genügt jetzt eine Kraft von 20 p, um die Last von 80 p im Gleichgewicht zu halten; bei 4 Rollen also nur ein Viertel!

Als Formel geschrieben:

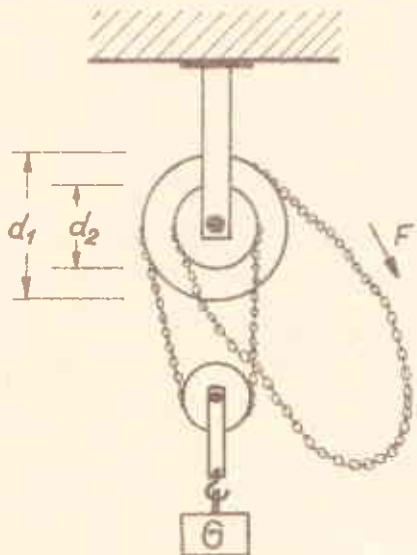
$$\text{Zugkraft am Seil} = \frac{\text{Gewicht (G)}}{\text{Anzahl der Rollen (n)}}$$

$$F = \frac{G}{n}$$

Bei der Berechnung ist darauf zu achten, daß die losen Rollen ebenfalls gehoben werden müssen. Das Gewicht der losen Rollen ist deshalb vor der Rechnung dem Gewicht der zu hebenden Last hinzuzuzählen.

Beim Hochheben der Last mittels Flaschenzug wird das Seil am freien Ende aufgespult. Da das Seil über jede Rolle laufen muß, ist die Anzahl der verbindenden Seilstücke genauso groß wie die Anzahl der Rollen. Soll die Last um einen Meter gehoben werden, muß jedes verbindende Seilstück um diesen Meter verkürzt werden. Die Länge des aufzuspulenden Seils ist also:

$$\begin{aligned} \text{Länge des Seils } (l) &= \text{Weg der Last } (s) \times \text{Anzahl der Rollen } (n) \\ l &= s \cdot n \end{aligned}$$



Neben dem normalen Flaschenzug soll hier noch der Differential-flaschenzug kurz erwähnt werden.

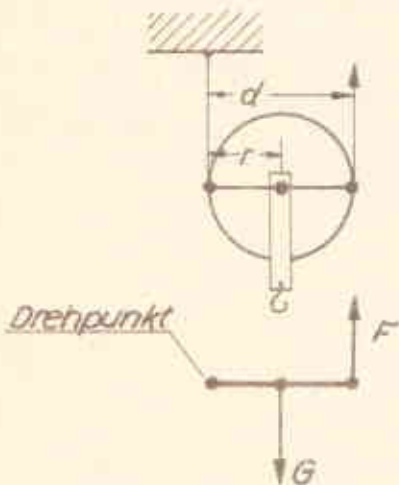
Es muß eine Kette verwendet werden, die in entsprechende Vertiefungen faßt, weil ein Seil rutschen würde.

Die Formel für die Kraft, die notwendig ist, um eine Last zu heben, berechnet sich aus dem Hebelgesetz:

$$F = G \cdot \frac{d_1 - d_2}{2 \cdot d_1}$$

2.2.6. Wellrad

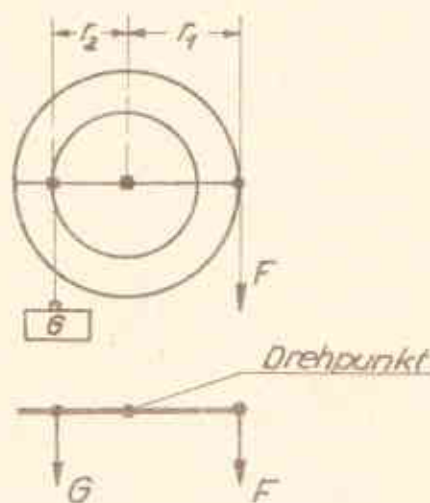
Das freie Seilende eines Flaschenzugs wird meist auf einer Trommel aufgespult, die durch eine Handkurbel oder einen Motor angetrieben wird. Diese Einrichtung nennt man Wellrad. Es liegen auch hier, wie bei der losen Rolle, die Hebelgesetze zugrunde.



lose Rolle
einseitiger Hebel

$$F \cdot d = G \cdot r$$

$$F = G \cdot \frac{r}{d}$$

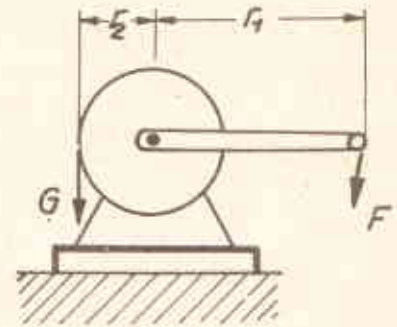


Wellrad
zweiseitiger Hebel

$$F \cdot r_1 = G \cdot r_2$$

$$F = G \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

Bei Handbetrieb wird vielfach statt dem großen Rad nur noch eine Kurbel verwendet.



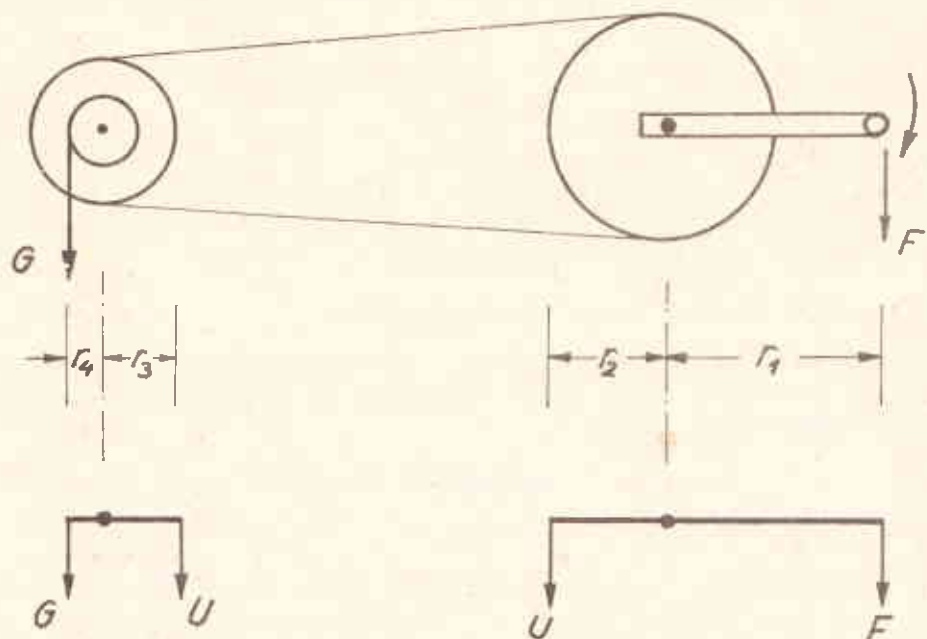
2.2.7. Getriebe

Die Trommel wird bei Motorantrieb oft nicht direkt angetrieben, sondern, um die Kraft möglichst zweckmäßig einzusetzen, über ein Räderwerk, z.B. Riementrieb oder Zahnradgetriebe.

Beim Riementrieb ist der Drehsinn beider Räder gleichgerichtet. Wird das große Rad angetrieben, ist eine kleine Kraft notwendig. Dafür ist aber der Weg umso größer.

Bei der nachfolgenden Berechnung ist darauf zu achten, daß, ebenso wie bei der losen Rolle und dem Wellrad, die Hebelgesetze den Ausgangspunkt bilden. Jedoch haben beide Räder des Riementriebs im Gegensatz zum Wellrad verschiedene Drehmomente.

Es sind stattdessen die Umfangskräfte (U), die durch das Seil direkt übertragen werden, gleichzusetzen.



$$G \cdot r_4 = U \cdot r_3$$

$$G \cdot \frac{r_4}{r_3} = U$$

$$U \cdot r_2 = F \cdot r_1$$

$$U = F \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

$$G \cdot \frac{r_4}{r_3} = F \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

Daraus die Formel für die Kraft:
$$F = G \cdot \frac{r_4}{r_3} \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

Genauso wie die Kräfte sind auch die Wege s_3 und s_2 gleichzusetzen, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Drehzahlen.

$$2 \cdot 3,14 \cdot r_3 \cdot n_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot r_2 \cdot n_2$$

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{n_2}{n_3}$$

Radien (ebenso Durchmesser) und Drehzahlen stehen also zueinander im umgekehrten Verhältnis!

Übersetzungsverhältnis $i = \frac{n_2}{n_3}$ oder $i = \frac{r_3}{r_2}$

Beachtet man, daß die beiden kleinen Räder fest miteinander verbunden sind und ebenso auch das große Rad mit der Kurbel, so läßt sich daraus der Weg der Kraft berechnen:

$$s_F = s_G \cdot \frac{r_3 \cdot r_1}{r_4 \cdot r_2}$$

Beim Zahnradgetriebe ist der Drehsinn beider Zahnräder entgegengesetzt. Grundsätzlich gelten auch hier die für den Riementrieb angesetzten Berechnungen.

Die Zähnezahlen der Zahnräder verhalten sich wie Radien (Durchmesser). Man kann deshalb das Übersetzungsverhältnis auch durch das Verhältnis der Zähnezahlen angeben.

2.3. Arbeit =====

Von Arbeit im physikalischen Sinn spricht man, wenn zur Überwindung eines Widerstands (Gegenkraft) der Angriffspunkt einer Kraft eine gewisse Wegstrecke zurücklegt.

Z.B.: Ein Stein wird hochgehoben!

Die Arbeit ist umso größer, je schwerer der Stein ist und je länger der Weg ist. Die Wirkung einer Kraft längs eines Weges nennt man also Arbeit.

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \times \text{Weg}$$

$$A = F \cdot s$$

Die Maßeinheit ist das Produkt aus den Maßeinheiten der Kraft (p) und des Weges (m): Pondmeter (pm)

Es wurde jedoch als Maßeinheit für die Arbeit der tausendfache Betrag festgelegt: Kilopondmeter (kpm) • 1 kpm = 1000 pm.

Wird ein Stein mit dem Gewicht $G = 1 \text{ kp}$ 1 m hochgehoben, beträgt die verrichtete Arbeit 1 kpm.

Wird aber dieser Stein in einer bestimmten Höhe gehalten, legt also der Angriffspunkt der Kraft keinen Weg zurück, dann wird auch keine Arbeit verrichtet.

Betrachtet man einfache Maschinen, z.B. Hebel (2.2.1.), Rolle (2.2.4.), Flaschenzug (2.2.5.), usw., so erkennt man, daß jeder Kraftgewinn nur durch einen längeren Weg erreicht werden kann (und umgekehrt!).

Daraus leitet sich die "Goldene Regel der Mechanik" ab:

Was an Kraft gewonnen wird, geht an Weg verloren!

Durch Maschinen irgend welcher Art kann also niemals Arbeit gewonnen werden, sondern es können immer nur die Beträge der Kraft und entsprechend des Weges umgeformt werden. Die zugeführte Arbeit ist mindestens genauso groß wie die abgegebene Arbeit. Dabei ist zu beachten, daß auch zur Überwindung der Reibung zwischen sich bewegendenden Maschinenteilen Arbeit benötigt wird.

Deshalb ist die Nutzarbeit einer Maschine immer kleiner als die zugeführte Arbeit. Ein Maß hierfür ist der Wirkungsgrad η , das Verhältnis von Nutzarbeit (abgegebener Arbeit) und zugeführter Arbeit:

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{abgegebene Arbeit}}{\text{zugeführte Arbeit}}$$

Er ist immer kleiner als 1, kleiner als 100 %.

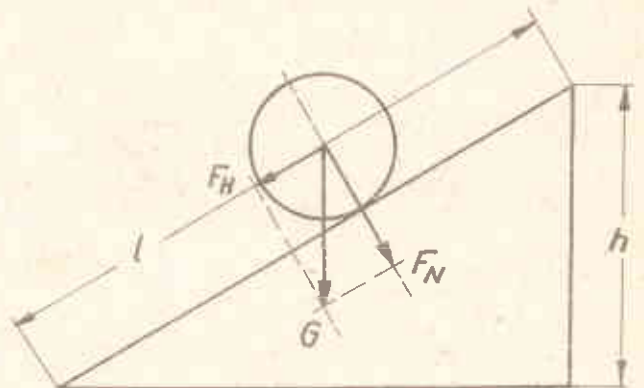
2.3.1. Schiefe Ebene

Sie wird verwendet, um schwere Lasten auf eine bestimmte Höhe zu bringen.

Die Kraft G (Gewicht) wirkt schräg zur Hangfläche. Die Kraft muß daher durch Kräfteparallelogramm zerlegt werden in die beiden Teilkräfte:

Hangabtrieb (F_H) parallel zur Hangfläche,

Normalkraft (F_N) senkrecht zur Hangfläche.



Für die zu verrichtende Arbeit ist es gleich, ob der Körper senkrecht hochgehoben wird, oder ob er über die schiefe Ebene auf die gleiche Höhe gebracht wird. Beide Male muß die zu verrichtende Arbeit gleich groß sein.

Für das senkrechte Hochheben: $A = G \cdot h$

Für die schiefe Ebene: $A = F_H \cdot l$

Durch Gleichsetzen: $G \cdot h = F_H \cdot l$

Hangabtrieb: $F_H = G \cdot \frac{h}{l}$

Die benötigte Kraft F_H ist kleiner als das Gewicht, der Weg jedoch umso größer!

2.3.2. Schraube

Die Schraube ist die wichtigste Anwendung der schiefen Ebene. Man kann sie sich vorstellen als Aufwicklung eines rechtwinkligen Dreiecks (schiefe Ebene) auf einen Zylinder.

Die Strecke l wird dabei als Schraubenlinie bezeichnet. Auf ihr wirkt die Handkraft beim Anziehen der Schraube als Hangabtrieb. Die Höhe h ist die Ganghöhe, d.h. die Höhe zwischen zwei Gewindegängen. Das Gewicht G ist die Kraft, mit der die Schraube axial nach unten drückt.

Diese Kraft G berechnet sich dann nach der Formel für den Hangabtrieb:

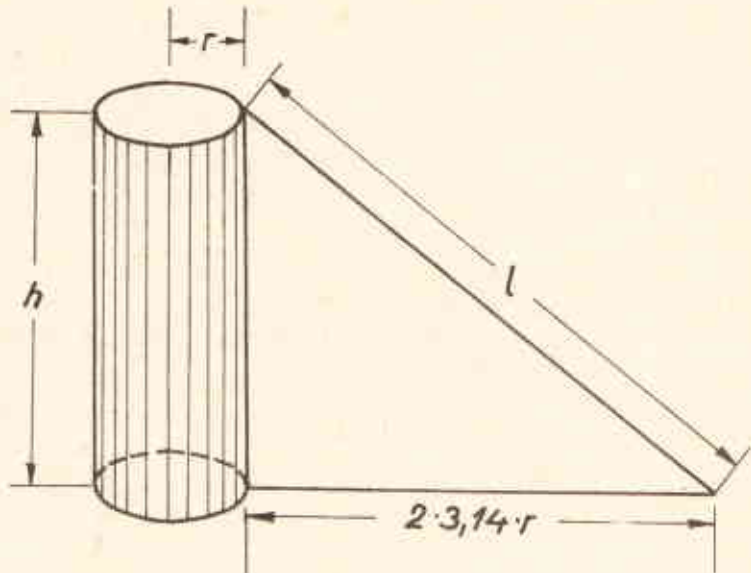
$$G = F_H \cdot \frac{1}{h}$$

Berücksichtigt man die geringe Ganghöhe einer Schraube bei der Berechnung von l nicht, dann ist die Schraubenlinie etwa gleich dem Umfang der Schraube:

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot r$$

Die axiale Kraft der Schraube ist dann:

$$G = F_H \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot r}{h}$$



2.4. Leistung

Unter Leistung versteht man eine bestimmte Arbeit pro Zeiteinheit. Verkürzt man für eine bestimmte Arbeitsverrichtung die Zeit (Dauer), dann wird dabei die Leistung größer, der Betrag der Arbeit jedoch bleibt gleich.

Als Formel: $P = \frac{A}{t}$ Leistung = $\frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$

Durch Einsetzen erhält man die Maßeinheit: $\frac{\text{kpm}}{\text{sec}}$

Berücksichtigt man die Formel für die Arbeit (2.3.): $A = F \cdot s$, dann berechnet sich die Leistung zu:

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

Z.B.: Ein Mann trägt 48 kp Zement auf einem Neubau 10 m hoch. Die Arbeit beträgt dann $A = F \cdot s = 48 \text{ kp} \cdot 10 \text{ m} = 480 \text{ kpm}$.

Schafft er diese Arbeit in 1 sec. dann hat er die Leistung $P = 480 \frac{\text{kpm}}{\text{sec}}$ (kpm pro sec) vollbracht. Tatsächlich wird er jedoch mindestens 1 Minute dazu brauchen.

$$\text{Die Leistung ist dann: } P = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{48 \text{ kp} \cdot 10 \text{ m}}{60 \text{ sec}} = 8 \frac{\text{kpm}}{\text{sec}}$$

Die Leistung von Motoren wird vielfach auch in PS (Pferdestärke) angegeben.

$$1 \text{ PS} \hat{=} 75 \frac{\text{kpm}}{\text{sec}}$$

3. D y n a m i k

3.1. Energie

Eine verrichtete Arbeit, die in einem Körper aufgespeichert ist und wieder abgegeben werden kann, heißt "Energie".

Genauso wenig wie Arbeit jeweils gewonnen werden kann (2.3.), ist es möglich, Energie zu gewinnen, bzw. zu vernichten. Sie kann immer nur umgeformt werden (Satz von der Erhaltung der Energie!).

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten:

Die Energie der Lage (potentielle Energie) ist eine Arbeitsfähigkeit, die sich ein Körper erworben hat durch seine höhere Lage oder durch erlittene Verformung usw. und die er wieder abgeben kann.

Z. B.: Ein Sack Zement, der in den vierten Stock getragen wurde, kann als Kraft über eine feste Rolle (oder Flaschenzug) andere Lasten hochheben.

Die Energie der Bewegung (kinetische Energie) ist eine Arbeitsfähigkeit, die sich ein Körper erworben hat durch seine Geschwindigkeit und die er beispielsweise bei Abbremsung wieder abgeben kann.

Z. B.: Ein Auto fährt mit einer Geschwindigkeit gegen eine Wand. Die durch das plötzliche Abbremsen freigewordene Energie verformt das Auto.

3.2. Bewegung

Verändert ein Körper, bezogen auf einen anderen Körper seinen Ort, spricht man von Bewegung.

Die Wegstrecke, die ein Körper pro Sekunde gleichmäßig schnell zurücklegt, ist ein Maß für die Bewegung: Geschwindigkeit!

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} \quad v = \frac{s}{t}$$

Die Maßeinheit ergibt sich aus den Grundeinheiten für Weg und Zeit: $\frac{m}{sec}$ (m pro sec).

3.2.1. Kreisbewegung

Eine Kreisbewegung entsteht dadurch, daß in jedem Augenblick auf die gerade herrschende Bewegung eine gleichbleibend große Kraft senkrecht einwirkt.

Diese Kraft, die also genau zum Mittelpunkt gerichtet ist, heißt Zentralkraft oder Zentripetalkraft.

Die Gegenkraft, die vorhanden sein muß, um den Körper auf seiner Kreisbahn zu halten, heißt Fliehkraft oder Zentrifugalkraft.

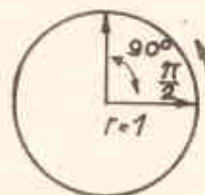
Der Weg einer Kreisbahn ist der Umfang des Kreises: $s = 2 \cdot \pi \cdot r$

Geschwindigkeit: $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{t}$ (Umfangsgeschwindigkeit)

Der Einheitskreis ist ein Kreis mit dem Radius $r = 1$ (z.B. 1 m). Ein umlaufender Zeiger hat dann bei einem vollen Umlauf den Weg $2 \cdot \pi = 2 \cdot 3,14 = 6,28$. Dabei wurde ein Winkel von 360° bestrichen. Wir haben dadurch ein neues Maß für den Winkel: das Bogenmaß!

Z.B.: Der Zeiger im Einheitskreis macht

1 volle Umdrehung:	$2 \pi = 360^\circ$
1 halbe Umdrehung:	$\pi = 180^\circ$
1 viertel Umdrehung:	$\frac{\pi}{2} = 90^\circ$



Braucht dieser Zeiger für einen Umlauf 1 Sekunde, dann ist seine Geschwindigkeit:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2 \cdot \pi}{1} = 2 \cdot \pi$$

Dauert ein Umlauf nur 0,5 Sekunden, können in einer Sekunde 2 Umläufe ausgeführt werden.

$$\text{Drehzahl } n = 2 \frac{\text{Umdrehungen}}{\text{Sekunde}}$$

Die Geschwindigkeit ist dann: $v = \frac{s \cdot n}{t} = 2 \cdot \pi \cdot n$

Da 2π aber einem Winkel von 360° entspricht, haben wir hiermit ein Maß gefunden, bei dem der Weg durch einen Winkel ausgedrückt ist. Man nennt es deshalb Winkelgeschwindigkeit und bezeichnet es nicht mehr mit v sondern mit dem griechischen Buchstaben Omega: ω

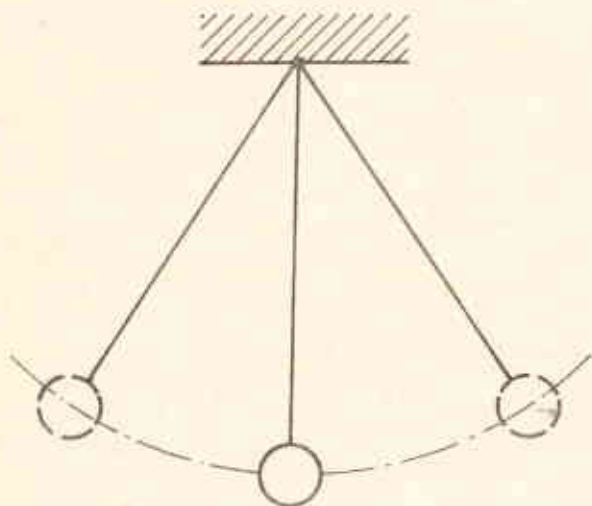
Die Winkelgeschwindigkeit gibt also an, welcher Winkel bei Drehung in 1 sec zurückgelegt wird!

$$(\text{Omega}) \omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

Mit n wird hier die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde bezeichnet. Ist in einer Aufgabe die Umdrehungszahl pro Minute angegeben, muß diese erst umgerechnet werden.

3.2.2. Pendel

Eine Kugel wird an einem Faden aufgehängt. Der Schwerpunkt ist in seiner tiefsten Lage. Die Kugel ist in Ruhe. Schieben wir die Kugel etwas zur Seite und lassen sie los, geht die Kugel in ihre Ruhelage zurück. Sie wird dort jedoch nicht bleiben, sondern über die Ruhelage hinaus auf die andere Seite ausschwenken, schließlich zum Stillstand kommen und wieder zurückkehren, usw.



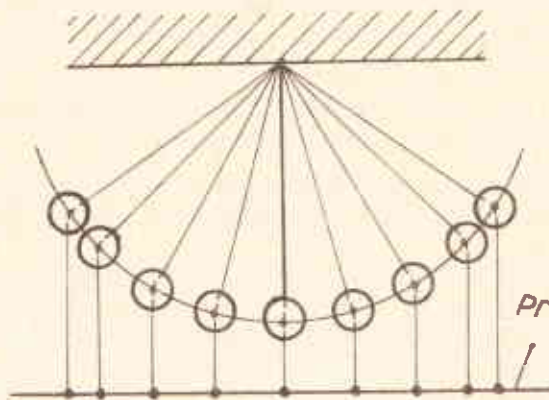
Die Zeit, die das Pendel braucht, um von der einen Seite zur anderen zu gelangen, jeweils die größte Auslenkung, nennt man Periodendauer T . Sie wird nur von der Pendellänge beeinflusst (Uhrenpendel!).

Die Strecke vom Ruhepunkt bis zur größten Auslenkung heißt Amplitude (Schwingungsweite).

Geht das Pendel öfters von einer Seite zur anderen, so spricht man von Schwingungen.

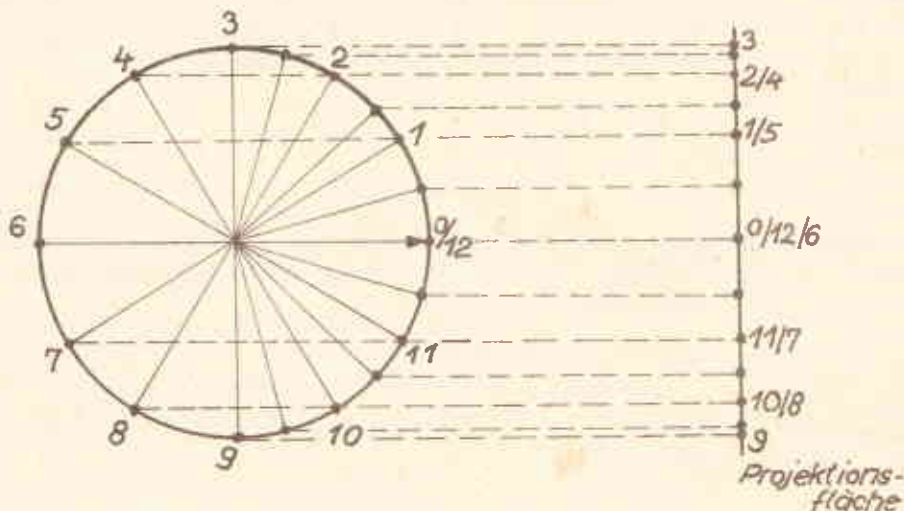
3.2.3. Schwingungen

Die senkrechte Projektion (von oben) eines Pendels ergibt eine gerade Linie.



Die einzelnen Projektionspunkte liegen nach außen zu dichter, weil die Geschwindigkeit des Pendels beim Durchgang durch die Ruhelage am größten ist und nach beiden Seiten hin abnimmt, ja schließlich Null wird, wenn das Pendel im Umkehrpunkt einen Augenblick stillsteht.

Genauso wie das Pendel projiziert wird, kann man auch den umlaufenden Zeiger im Einheitskreis projizieren. Das Projektionsbild ist in beiden Fällen das Gleiche.



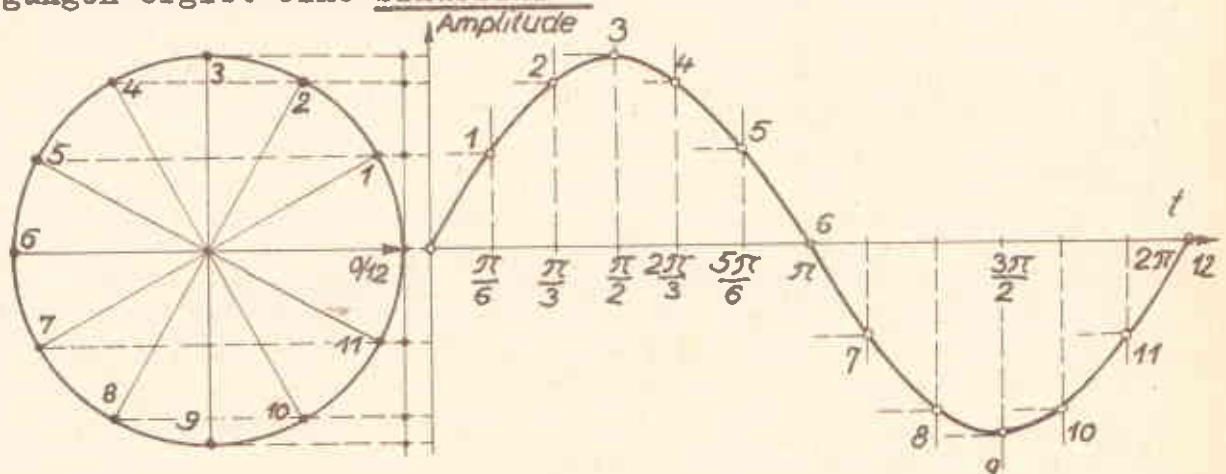
Zu beachten:
Der Zeiger im Einheitskreis läuft immer entgegen dem Uhrzeigersinn, also links herum.

Die Ruhelage des Zeigers ist waagrecht, vom Mittelpunkt nach rechts gerichtet.

Bei der bisherigen Projektion war eine Bewegung vorhanden: der Umlauf des Zeigers! (Zuvor das Schwingen des Pendels)

Als zweite Bewegung kommt jetzt die gleichmäßige Bewegung der Projektionsfläche aus der Zeichenebene heraus dazu.

Die Projektion dieser beiden gleichzeitig vorhandenen Bewegungen ergibt eine Sinuslinie!



Amplitude (Schwingungsweite) ist die größte Abweichung von der Nulllinie.

Periode (Schwingungsdauer) ist die Zeitspanne für einen vollen Umlauf des Zeigers im Einheitskreis, also auch für eine volle Sinuswelle von 0 bis 2π .

Frequenz (Schwingungszahl) ist die Anzahl der vollen Schwingungen in einer Sekunde, gemessen in Hertz (Hz).

Z.B.: Es werden in einer Sekunde 50 volle Schwingungen gemessen. Die Frequenz beträgt dann 50 Hz, oder: $f = 50 \text{ Hz}$.

Bei praktischen Versuchen, z.B. beim Pendel, wird man feststellen müssen, daß die Bewegungen, also das Hin- und Herschwingen immer kleiner wird und schließlich ganz zum Stillstand kommt. Die Ursache liegt in der nicht ganz zu vermeidenden Reibung. Die Amplitude wird immer kleiner. Man spricht dann von einer gedämpften Schwingung.

Das Gegenteil, der Idealfall, ist die ungedämpfte Schwingung. Die Amplitude bleibt über einen größeren Zeitraum hinweg immer gleich groß. In der praktischen Durchführung ist dieser Fall dadurch zu erreichen, daß man die Energieverluste, die durch die Reibung entstanden sind, durch Zufuhr "neuer" Energie ausgleicht.

3.2.4. Resonanz

Diese Zufuhr der Energie muß im gleichen Rhythmus der Schwingung, also mit der gleichen Frequenz über eine Kopplung erfolgen. Man spricht dann von Resonanz.

Die Energie, die ein schwingender Körper hat, die Schwingungsenergie, kann also bei Resonanz über eine Kopplung auf einen anderen schwingenden Körper übertragen werden, wenn dieser die gleiche Frequenz besitzt.

4. A t o m a u f b a u

In den bisherigen Abschnitten wurden Körper behandelt und untersucht, ihre Eigenschaften erkannt, sowie ihr Verhalten in Ruhe und in der Bewegung, durch Gesetzmäßigkeiten umrissen.

Aber woraus bestehen Körper?

4.1. Elemente

Wird ein Körper zerkleinert und werden die erhaltenen Teilchen wieder in noch kleinere Teilchen zerlegt usw., so erhalten wir schließlich das kleinste Teilchen, das Molekül. Es kann durch mechanische Kräfte nicht mehr zerkleinert werden. Aber chemische Kräfte sind in der Lage, das Molekül zu spalten und wir erhalten das Atom.

Die Atome sind die Bausteine der Natur. Aus ihnen sind alle Stoffe zusammengesetzt.

Sind alle Atome eines Stoffes gleich beschaffen, so spricht man von einem Grundstoff oder Element. (z.B. Eisen, Aluminium, Wasserstoff).

Es gibt über 100 verschiedene Atome, also auch über 100 verschiedene Elemente.

Aber auch verschiedene Atome können (chemisch) zu einem Molekül zusammengesetzt werden.

Beispiel: 2 Wasserstoffatome und 1 Sauerstoffatom ergeben 1 Wassermolekül. Während es sich bei Wasserstoff und Sauerstoff um Gase handelt, stellt das Molekül, das wir erhalten, Wasser - eine Flüssigkeit dar. Es entstehen also völlig neuartige Stoffe.

4.2. Teilchen

Die Atome der einzelnen Elemente sind untereinander verschieden. Sie unterscheiden sich in ihrem Aufbau.

Der Aufbau eines Atoms gleicht dem Sonnensystem. Um die Sonne als Mittelpunkt kreisen 9 große (z.B. Erde, Mars, Venus) und etwa 2000 kleinere Planeten. Sie bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit, z.B. die Erde mit ca. 100 000 km/Std.

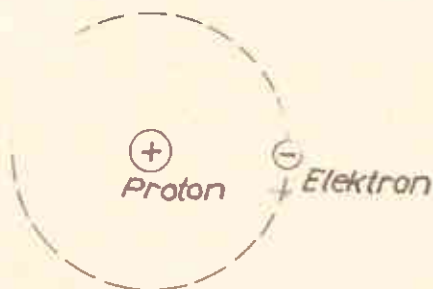
Infolge der durch die schnelle Kreisbewegung wirksamen Fliehkraft würde sich die Erde immer weiter von der Sonne entfernen.

Es muß also eine gleichgroße Gegenkraft - die Zentralkraft - vorhanden sein, deren Ursprung in der sehr großen Masse der Sonne zu suchen ist (Massenanziehung).

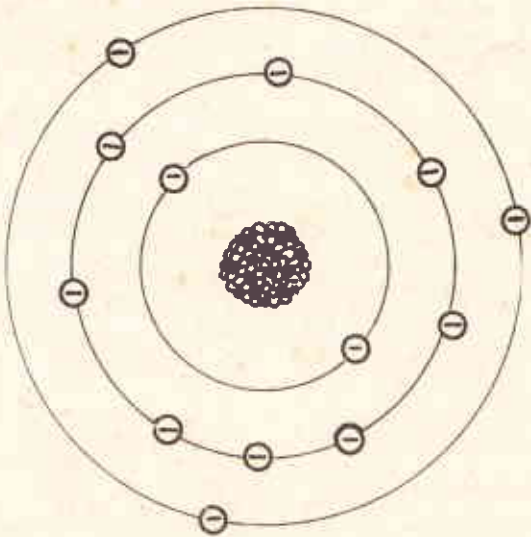
Das Atom hat ebenso einen Mittelpunkt, den Atomkern. Er besteht aus Protonen und Neutronen. Um diesen Kern kreisen schalenförmig wesentlich kleinere Teilchen. Sie heißen Elektronen. Die Kräfte, die zwischen Atomkern und Elektronen bestehen (Fliehkraft und Zentralkraft), sind aber rein elektrischer Natur.

Man hat festgestellt, daß zwei verschiedene Ladungen vorhanden sind. Die Ladung der Protonen nannte man positiv (+), die Ladung der Elektronen negativ (-). Neutronen haben keine Ladung. Sie sind neutral.

Die Atome der einzelnen Elemente unterscheiden sich nur in der Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen, aus denen sie aufgebaut sind. Die Anzahl der positiven Ladungen (Protonen) muß gleich der Anzahl der negativen Ladungen (Elektronen) sein, damit Kraft und Gegenkraft gleich groß sind.



Den einfachsten Aufbau hat das Wasserstoffatom. Es besteht aus 1 Proton und 1 Elektron.



Komplizierter dagegen ist der Aufbau des Aluminiumatoms.

Es besteht aus 13 Protonen, 14 Neutronen und 13 Elektronen.

4.3. Elektrizität

Da die Elektronen nicht nur in einer Ebene den Kern umkreisen, spricht man von Schalen. Jede Schale kann nur eine bestimmte Anzahl von Elektronen aufnehmen.

Z.B.: Die erste (am Kern) 2 Elektronen, die zweite 8 Elektronen und die dritte 17 Elektronen.

Da die Ladung aller Elektronen gleich ist, ist die Bindung (Kraft) zum Kern umso schwächer, je weiter die Bahn des Elektrons vom Kern entfernt ist.

Die ganz außen kreisenden Elektronen können bei manchen Stoffen zu einem anderen Atomkern überwechseln. Da sie eine Ladung haben, sind sie die eigentlichen Träger der Elektrizität. Demnach kann Elektrizität nicht erzeugt werden, sondern sie ist in jedem Atom vorhanden.

5. Fragen und Aufgaben

Zu Abschnitt 1. (Grundlagen)

1. Nenne die drei Aggregatzustände!
2. Wodurch kann man den Aggregatzustand eines Körpers ändern?
3. Erkläre den Unterschied zwischen Schmelz- und Siedepunkt!
4. Wo ist die Kohäsionskraft wirksam?
5. Erkläre den Unterschied zwischen Kohäsions- und Adhäsionskraft!
6. Was versteht man unter Expansion?
7. Was heißt Messen?
8. In welche Teile wird eine Maßeinheit aufgegliedert?
9. Nenne gebräuchliche Zusätze zu Maßeinheiten?
10. Wie wurde die Grundeinheit 1 Meter festgelegt?
11. Wie heißen die Grundeinheiten von Fläche und Raum?
12. Eine Rechteckfläche ist 12 m lang und 15 m breit. Wie groß ist die Fläche in Quadratkilometer?
13. Wie heißt die Grundeinheit der Zeit?
14. Welche meßbaren Eigenschaften besitzt jede Stoffmenge?
15. Wie wurde die Grundeinheit für das Gewicht festgelegt?
16. Welcher Unterschied besteht zwischen Gramm und Pond?
17. Wie wurde die Grundeinheit 1 Gramm festgelegt?
18. Was versteht man unter dem Spezifischen Gewicht?
19. Wie kann man das Volumen unregelmäßiger Körper bestimmen?
20. Kann man mit einem 1,5-Tonnen-Lkw 1m^3 Marmor (spez. Gew. $2,7 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$) befördern?
21. Welche Maßeinheit hat der Druck?
22. Welchen Durchmesser hat ein 0,5 km langer Kupferdraht ($\gamma = 8,9 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$) von 13,35 kp Gewicht?
23. Eine Eisenstange mit quadratischem Querschnitt von 81 mm^2 wiegt 2 kp. Das spez. Gewicht ist $7,9 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$. Wie lange ist die Eisenstange?
24. Ein Körper aus Gummi hat ein Volumen $V = 25\text{ cm}^3$ und ein Gewicht $G = 42,5\text{ kp}$. Berechne das spezifische Gewicht!

Zu Abschnitt 2. (Mechanik)

25. Welche drei Merkmale kennzeichnen eine Kraft?
26. Wie kann man die Resultierende von zwei Kräften mit verschiedenen Richtungen finden?
27. Was versteht man unter einem Krafteck?
28. Wie kann man den Schwerpunkt von unregelmäßigen Körpern finden?
29. Erkläre die Begriffe Reibungskraft, Normalkraft und Reibungszahl!
30. Wie kann man das Drehmoment eines Hebels berechnen?
31. Welcher Unterschied besteht zwischen einseitigem und zweiseitigem Hebel?
32. Ein Stein mit dem Gewicht $G = 50 \text{ kp}$ soll mit einem Hebel von 1 m Länge angehoben werden. Der Stützpunkt des Hebels liegt bei 20 cm . Welche Kraft ist in beiden Fällen (einseitiger und zweiseitiger Hebel möglich) erforderlich?
33. Am 15 cm langen Lastarm einer Schnellwaage hängen $2,5$ Zentner Kohlen. Auf welche Entfernung vom Drehpunkt muß das $37,5 \text{ kp}$ schwere Gewicht eingestellt werden?
34. Ein einseitiger Hebel wird $0,75 \text{ m}$ vom Drehpunkt entfernt mit 18 kp belastet. Welches Gewicht muß bei 45 cm (vom Drehpunkt) hängen, damit Gleichgewicht besteht?
35. Ein Hebel ist 80 cm lang und hat seinen Drehpunkt bei 25 cm . Am kurzen Arm hängt ein Gewicht $G = 88 \text{ kp}$. Welches Gewicht muß am langen Hebelarm hängen, damit Gleichgewicht besteht?
36. Erläutere die drei Gleichgewichtsarten!
37. Von welchen Faktoren hängt die Standfestigkeit ab?
38. Was versteht man unter einer Rolle?
39. Welche zwei Arten von Rollen gibt es und wo liegen die Unterschiede?
40. Welche der drei Merkmale einer Kraft werden durch die feste Rolle und welche durch die lose Rolle geändert?
41. Was ist ein Flaschenzug?
42. Wie kann man die Zugkraft am Seil eines Flaschenzuges berechnen?
43. Wieviel Kraft ist notwendig, um mit einem Flaschenzug aus vier festen und vier losen Rollen einen Volkswagen ($G = 760 \text{ kp}$) hochzuheben? (Gewicht der Rollen kann vernachlässigt werden)
Wie hoch wurde er gehoben, wenn 72 m Seil aufgespult wurden?
44. Ein $0,5 \text{ m}^3$ großer Marmorblock ($\gamma = 2,7 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$) soll mit einem Flaschenzug aus sechs Rollen 100 m hoch gehoben werden. In einer Sekunde werden $2,5 \text{ m}$ Seil aufgespult. Wie lange dauert das Hochheben und wieviel Kraft ist dazu notwendig?

45. Berechne die Kraft, die notwendig ist, um mit einem Flaschenzug aus sechs Rollen ein 94,2 kp schweres Gewicht hochzuheben! (Eine Rolle wiegt 3 kp)
46. Eine Kurbelwinde hat einen Raddurchmesser von 1,5 m und eine Kurbellänge von 2,5 m. Mit welcher Kraft kann ein 300 kp schweres Gewicht angehoben werden?
47. Bei einem Riementrieb haben die beiden kleineren Räder einen Durchmesser von 10 cm und 20 cm. Das große Rad hat 30 cm Durchmesser; der Kurbelarm ist 40 cm lang. Welche Kraft ist notwendig, um ein 100 kp schweres Gewicht zu heben?
48. Wie kann die Arbeit berechnet werden?
49. Wie heißt die Goldene Regel der Mechanik?
50. Beim Handsägen von Metall wurde in Arbeitsrichtung eine mittlere Kraft von 9 kp gemessen. Es wurden 70 Schnitte zu je 350 mm Länge ausgeführt. Wie groß war die verrichtete Arbeit?
51. Wie berechnet man den Wirkungsgrad?
52. Ein Kran hebt eine 1200 kp schwere Last in einer Minute auf eine Höhe von 15 m.
Berechne: 1. die abgegebene Leistung,
2. die Motorleistung bei einem Wirkungsgrad von 80 %!
53. Berechne die Arbeit, die ein Mann verrichten muß, um mit einem Flaschenzug aus vier Rollen ein Gewicht von 58 kp 0,6 m hoch zu heben! (Eine Rolle wiegt 2 kp)
54. Erkläre die Begriffe Hangabtrieb und Normalkraft!
55. Wie kann man die axiale Kraft einer Schraube berechnen?
56. Eine 550 kp schwere Kabeltrommel muß auf einen 150 cm hohen Lastwagen gebracht werden. Die dazu verwendeten Bretter sind 6 m lang und werden so angelegt, daß eine schiefe Ebene entsteht. Berechne die Kraft, die notwendig ist, um die Kabeltrommel hinaufzuziehen?
57. Eine Verladerampe ist 1,6 m hoch. Auf schräg angelegten Brettern wird eine 360 kp schwere Kabeltrommel mit einer Kraft $F = 110$ kp hinaufgezogen. Wie lang müssen die Bretter sein, wenn man berücksichtigt, daß 15 % durch Reibung verloren gegangen sind?
58. Ein Mann wiegt 80 kp. Er trägt einen 30 kp schweren Rucksack in 7 Minuten und 20 Sekunden von der Straße auf den 30 m höher gelegenen Dachboden eines Hauses. Berechne die Leistung in PS!
59. Die menschliche Dauerleistung beträgt ca. 7,5 kpm.
Ein Mann, der selbst 75 kp wiegt, trägt einen ^{800g}Rucksack in drei Minuten und 40 Sekunden von der Straße auf einen 20 m höher liegenden Dachboden eines Hauses. Wie schwer war der Rucksack, wenn der Mann die oben angegebene Leistung vollbringt?

Zu Abschnitt 3. (Dynamik)

60. Erkläre den Unterschied zwischen potentieller und kinetischer Energie!
61. Was versteht man unter Geschwindigkeit und wie wird sie berechnet?
62. Welche Strecke legt ein Auto mit einer Geschwindigkeit von $75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ in einer Sekunde zurück?
63. Die Schnittgeschwindigkeit einer Kreissäge soll $31,4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ betragen. Die Welle macht 2000 Umdrehungen pro Minute. Welchen Durchmesser muß das Sägeblatt haben?
64. Wie kommt eine Kreisbewegung zustande?
65. Erkläre die Begriffe Zentripetal- und Zentrifugalkraft!
66. Was ist ein Einheitskreis?
67. Was ist das Bogenmaß?
68. Was gibt die Winkelgeschwindigkeit an?
69. Erkläre die Begriffe Amplitude, Periode und Frequenz!
70. Wo liegt der Unterschied zwischen einer gedämpften und einer ungedämpften Schwingung?
71. Was versteht man unter Resonanz?

Zu Abschnitt 4. (Atomaufbau)

72. Was sind Elemente?
73. Wodurch unterscheiden sich die einzelnen Elemente?
74. Aus welchen Teilchen bestehen Atome?
75. Welche Teilchen sind geladen und welche nicht?
76. Welche Ladung trägt das Elektron?
77. Welche Teilchen sind die Träger der Elektrizität?