

Dieses Dokument steht in keinem Zusammenhang mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Es ist ausschließlich aus Berichten von Teilnehmern der Berufsgrunduntersuchung entstanden.

Möglicherweise weicht der Physiktest der Berufsgrunduntersuchung von den Themen in diesem Skript ab.

Kraft, Arbeit, Energie

- Bei einer gleichförmigen Bewegung ist der Quotient aus Wegabschnitt Δs und Zeitspanne Δt konstant. Dieser Quotient ist die Geschwindigkeit v : $\Delta s / \Delta t = v$
- Bei einer gleichmäßigen Beschleunigung ist der Quotient aus Geschwindigkeitszunahme Δv und Zeitspanne Δt konstant. Das ist die Beschleunigung a : $\Delta v / \Delta t = a$
- Bei einer beschleunigten Bewegung gilt für die pro Zeit t zurückgelegte Strecke s : $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- Kraft F : Ursache dafür, dass ein Körper seinen Bewegungszustand ändert (Einheit Newton)
 - Jeder Körper, der auf einen anderen Körper eine Kraft ausübt, erfährt auch von diesem Körper eine Kraft. Auf jeden der beiden Körper wirkt also eine Kraft. Die beiden Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.
 - Ein Körper übt mit seinem Gewicht immer eine Kraft Richtung Erde aus (F_G). Sie läßt sich wie folgt berechnen: $F_G = m \cdot g$ (m = Masse, g : Ortsfaktor, Erde: $\approx 9,81 \text{ N/kg} = 9,81 \text{ m/s}^2$ [Erdbeschleunigung]).
 - Aufgrund der durch die Erdrotation verursachten Zentrifugalkraft sind g und damit sämtliche Massen in großer Höhe bzw. am Äquator geringfügig geringer, als in Meereshöhe bzw. an den Polen.
- Drehmoment M : Produkt aus Kraftbetrag F und Hebelarm a : $M = F \cdot a$ (Einheit Nm)
 - An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die Summe aller rechtsdrehenden Drehmomente gleich der Summe aller linksdrehenden Drehmomente ist



$$F_1 \cdot a_1 = M = F_2 \cdot a_2$$

- Jeder Körper verhält sich so, als würde die ganze Gewichtskraft in einem Punkt angreifen
- Diesen Punkt nennt man Schwerpunkt
- Impuls p : Produkt aus Masse m und Geschwindigkeit v : $p = m \cdot v$ (Einheit $\text{kg} \cdot [\text{m/s}]$)
 - Stößt eine Kugel der Masse m_1 mit der Geschwindigkeit v_1 ($p_1 = m_1 \cdot v_1$) auf eine zweite Kugel mit der Masse m_2 , übernimmt diese den Impuls der ersten. Der Impuls bleibt in seiner Größe erhalten, denn $p_1 = p_2$. Die erste Kugel bleibt stehen, die zweite bewegt sich nun, aber mit veränderter Geschwindigkeit aufgrund ihrer anderen Masse ($p_2 = m_2 \cdot v_2$).

- Maschinen:

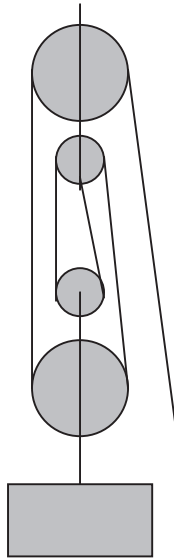
- Mit einem Seil oder einer Stange kann man den Angriffspunkt einer Kraft verändern
- Kraftbetrag bleibt dabei gleich: $F_1 = F_2$
-



- Bei einem Flasenzug sind mehrere Rollen in zwei Gruppen zusammengebaut
- Die Gewichtskraft F_1 wird auf mehrere Seilstücke verteilt
- Wenn n die Anzahl Seilstücke ist, gilt für die Zugkraft $F_2 = F_1 / n$

- Damit eine Last um die Strecke s_1 angehoben wird, muß man am Seilende n -mal so weit ziehen: $s_2 = n \cdot s_1$

○

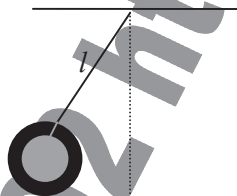


$$F_2 = F_1 / n \quad (n \text{ ist hier } 4)$$

$$s_2 = n \cdot s_1$$

- Arbeit W : Produkt von Kraftkomponente F und Weg s (Einheit Joule = Nm)
 - $W = F \cdot s$
 - Es gibt Hubarbeit, Verformungsarbeit, Spannarbeit, Beschleunigungsarbeit, Reibungsarbeit
- Goldene Regel der Mechanik: Kräfte kann man mit Maschinen einsparen. Dafür ist der Weg, den man zurücklegt, länger. Das Produkt aus Kraft und Weg (Arbeit) bleibt konstant.
- Leistung P : Quotient aus Arbeit W und Zeit t (Einheit Watt)
 - In einer best. Zeit verrichtete Arbeit
 - $P = W / t$
- Energie:
 - Arbeit ist Energieumwandlung
 - Sie wird beim Arbeiten nur übertragen
 - Es verschwindet keine Energie und es kommt keine hinzu
 - Es gibt Bewegungsenergie, Lageenergie, Wärmeenergie
 - Bei einer Bewegung eines Körpers besitzt dieser kinetische Energie:
 $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ (Einheit Joule = Nm)
 - Bei einer bestimmten Lage (Höhe) eines Körpers besitzt dieser Lageenergie:
 $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ (h : Höhe) (Einheit Joule = Nm)
- Fadenpendel:
 - Die Schwingungsdauer T und die Elongation eines Fadenpendels sind vom Gewicht des angehängten Körpers unabhängig. Sie wächst aber mit der Länge l des Fadens nach dem Gesetz: $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g} \rightarrow T \sim \sqrt{l}$

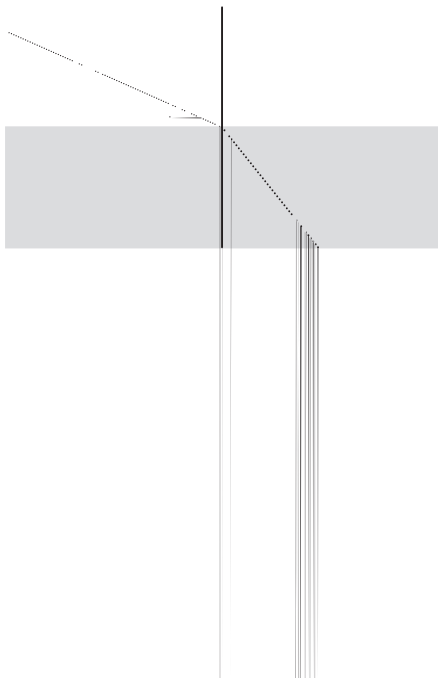
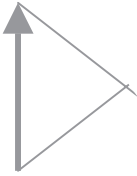
○



Druck: Hydraulik

- Übt man auf eine eingeschlossene Flüssigkeit eine Kraft aus entsteht Druck (p) (Einheiten bar & Pascal).
- Der Druck wirkt in alle Richtungen auf das die Flüssigkeit einschließende Gefäß, sowie in der Flüssigkeit befindliche Objekte





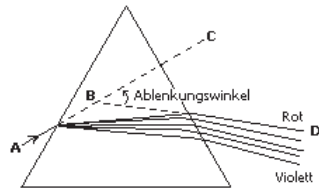
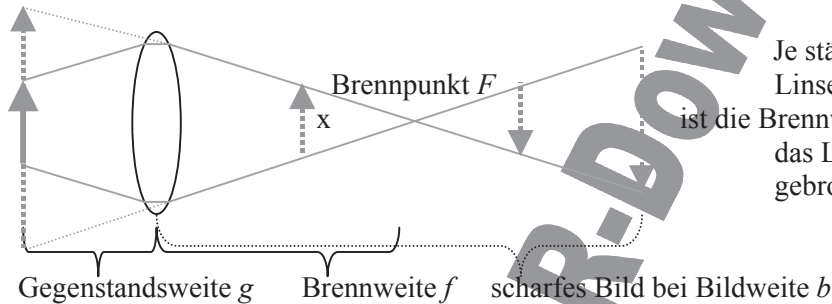


Abbildung 5
Brechung des Lichtes durch ein Prisma

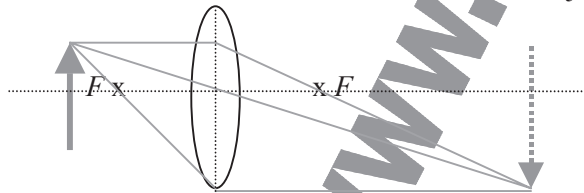
Dieser Effekt wird nur beim Spektrum so deutlich, weil der Einfallswinkel zum Lot sehr groß ist und eine zweifache Brechung stattfindet.

- Ein Regenbogen entsteht, wenn Sonnenlicht auf eine Regenfront scheint. Das gemischte, weiße Licht wird in den Regentropfen einmal gebrochen und reflektiert. Ein Regenbogen ist nach den Spektrallinien aufgeteilt: am Außenrand des Kreises liegt rot, am Innenrand blauviolett.
- Bei der Konvexlinse/Sammellinse wird die Brechung des Lichtes dazu benutzt, um Gegenstände größer erscheinen zu lassen. Ein einfallender Lichtstrahl wird zweimal gebrochen:

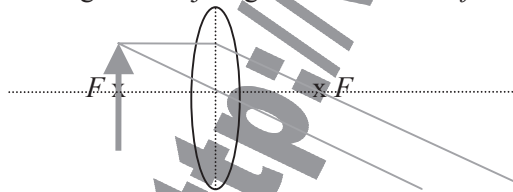


Je stärker, dicker eine Linse ist, desto kürzer ist die Brennweite, da das Licht stärker gebrochen wird.

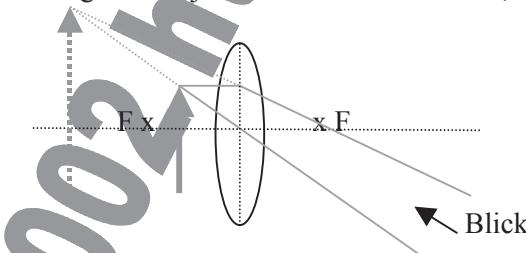
- Ein Bild kann man sich aus einzelnen Punkten zusammengesetzt vorstellen. Von jedem Punkt des Objektes gehen gestreute Lichtreflexionen aus, die von der Linse zu einem Punkt auf der anderen Seite zusammengelenkt werden. Blickt man im Abstand b durch die Linse, sieht man das Objekt vergrößert und auf dem Kopf.



- Liegt das Objekt genau im Abstand f zur Linse, entsteht kein Bild:

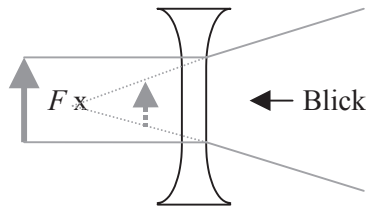


- Liegt das Objekt zwischen F und Linse, entsteht ein vergrößertes, virtuelles Bild:



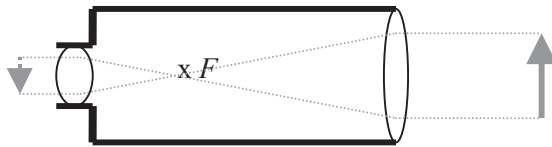
© 2002 http://www.DR-DOWNLOADS.de

- Bei der Konkavlinse/Streulinse wird die Brechung des Lichtes dazu benutzt, um Gegenstände kleiner erscheinen zu lassen. Ein einfallender Lichtstrahl wird zweimal gebrochen:

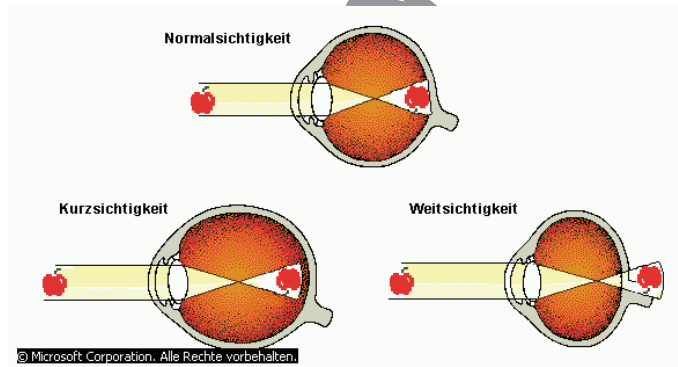


Anders als bei der Sammellinse steht das Bild immer richtig herum. Blickt man durch die Linse, sieht man das Objekt verkleinert.

- Ein normales Fernrohr besitzt im Okular und im Objektiv Sammellinsen. Das Bild steht auf dem Kopf:



- Im Okular sitzt eine dicke Linse mit kurzer Brennweite, im Objektiv eine dünne mit großer Brennweite
- Ein Mikroskop ist ähnlich aufgebaut, nur mit vertauschter Linsenordnung
- Sehstörungen wie Kurz- und Weitsichtigkeit lassen sich mit Linsen korrigieren.
 - Bei Normalsichtigen befindet sich der Brennpunkt der Sehlinsse im mittleren Bereich des Auges. Seine Position wird durch die flexible Sehlinsse gesteuert. Ein genaues virtuelles Bild entsteht auf der Netzhaut im Abstand b .
 - Kurzsichtige haben ein zu langes Auge. Die Ebene b liegt vor der Netzhaut. Das Bild ist unscharf. Die Korrektur erfolgt mit einer Streulinse.
 - Weitsichtige haben ein zu kurzes Auge. Die Ebene b läge hinter der Netzhaut. Das Bild ist unscharf. Die Korrektur erfolgt mit einer Sammellinse.
 -

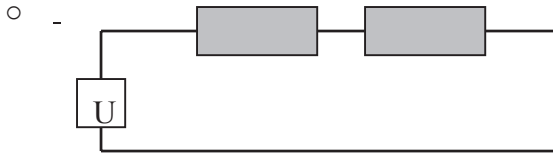


Elektrik

- Wenn Elektrizität durch einen Draht fließt, wird dieser erwärmt
- Aus einem glühenden Draht treten Elektronen aus
- Wenn Elektrizität durch eine Spule fließt, wird die Spule zum Magneten
- Stromstärke I : Ladung Q , die in einer Zeit t durch einen elektrischen Leiter fließt:

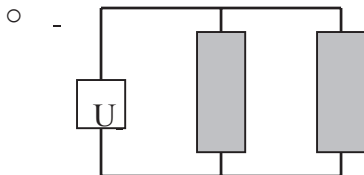
$$I = Q / t \text{ (Einheit Ampere)}$$
- Spannung U : Potentialdifferenz zwischen den beiden Polen eines Stromkreises. Sie gibt an, welche Arbeit nötig ist, um die Elektronen im Stromkreis von einem Punkt zum nächsten zu verschieben (Einheit Volt)
 - U ist definiert als Quotient aus der Leistung P der Quelle die zum Antreiben der Elektrizität nötig ist, und der Stromstärke I : $U = P / I = W / Q$

- Widerstand R : Quotient aus Spannung U und Stromstärke I (Einheit Ohm): $R = U / I$
 - Ohmsches Gesetz: $I \sim U$
- Verhältnis zwischen R, U & I bei der Reihenschaltung:



- Da bei der Reihenschaltung alle Widerstände zusammen zu einem unverzweigten Stromkreis gehören, fließt durch alle der gleiche Strom. Man mißt überall die gleiche Stromstärke:
 $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$
- Die Spannung der Quelle verteilt sich auf die einzelnen Widerstände. Die Summe der Teilspannungen ist genauso groß wie die Spannung der Quelle:
 $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$
- In Reihe geschaltete Widerstände hemmen die Bewegung der Elektronen wie ein einziger Ersatzwiderstand, der genauso groß ist wie die Summe der Teilwiderstände:
 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

- Verhältnis zwischen R, U & I bei Parallelschaltung:

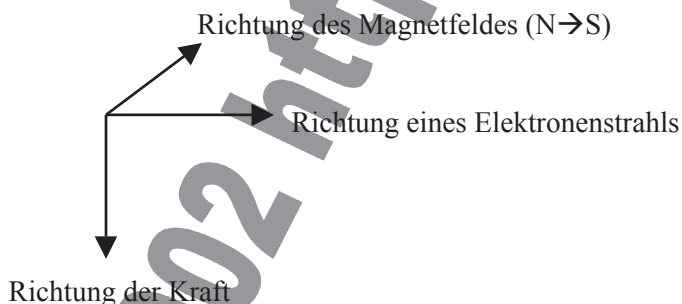


- Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtstrom durch die Spannungsquelle genauso groß wie die Summe der Teilströme durch die einzelnen Widerstände:
 $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
- Weil jeder Widerstand unmittelbar mit der Spannungsquelle verbunden ist, misst man an jedem Widerstand die gleiche Spannung wie an der Quelle:
 $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$
- Ein einzelner Widerstand, der mehrere parallelgeschaltete Widerstände ersetzt muß kleiner sein als jeder der Teilwiderstände. Für den Ersatzwiderstand gilt:
 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$

- Leistung P : Die Leistung von Elektrogeräten (Einheit Watt) kann man als Produkt aus Spannung und Stromstärke berechnen: $U = P/I \rightarrow P = U * I$

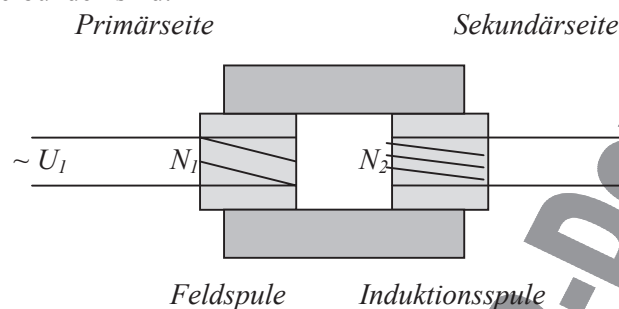
- In einem Magnetfeld wirkt auf bewegte Ladungsträger eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zur Richtung des Feldes

- Diese Kraft heißt Lorentzkraft
-



- Mit der Lorentzkraft kann in Leitern durch eine relative Bewegung zum Magnetfeld ein Strom induziert werden
- Wenn sich die Stärke eines Magnetfeldes im Inneren einer Spule/Leiterschleife ändert, entsteht eine Spannung zwischen den Anschlüssen der Spule (Induktion)

- Bei einem Generator wird eine Spule innerhalb eines konstanten Magnetfeldes gedreht. Er erzeugt durch die resultierende Induktion Spannung. Beim Antrieb des Generators muß Arbeit verrichtet werden. Die dadurch zugeführte Energie wird in elektrische Energie umgewandelt.
- Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass sein Magnetfeld der Induktionsursache entgegenwirkt (*Lenz'sche Regel*), daher wirkt eine Spule wie ein Widerstand, die Widerstandswirkung ist beim Einschalten am größten
- Mit einem Transformator können ohne Energieverlust Spannung und Stromstärke verändert werden
 - Er funktioniert nach dem Prinzip der Induktion und muß daher mit Wechselstrom betrieben werden
 - Er besteht aus zwei Spulen, die durch einen geschlossenen Eisenkern miteinander verbunden sind:



- Zwischen den Anschlüssen der Induktionsspule wird die Sekundärspannung U_2 erzeugt. Sie hängt von U_1 an der Primärspule und den Windungszahlen beider Spulen ab. Ist an die Induktionsspule kein Verbraucher angeschlossen, gilt: $U_1 / U_2 = N_1 / N_2$.
- Ist am Trafo ein Gerät/Verbraucher angeschlossen, wird Energie verbraucht, der Primärstrom I_1 nimmt zu. Um wie viel hängt von I_2 und den Windungszahlen ab. Der Sekundärstrom bestimmt den Primärstrom, bei belastetem Trafo gilt: $I_2 / I_1 = N_1 / N_2$.
- Zusammenfassung: $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$; $U_1 \cdot N_2 = U_2 \cdot N_1$; $I_2 \cdot N_2 = I_1 \cdot N_1$
- Im Kraftwerk wird mit den Generatoren Wechselstrom erzeugt. Mittels Trafos wird dieser für den Haushaltsgebrauch auf 220V gesenkt. Der Wechselstrom hat eine Frequenz von 50 Hertz.
- Energieübertragung mit Hochspannung:
 - Wenn ein Strom I durch einen Leiter mit dem Widerstand R fließt, wird in diesem Energie umgewandelt und als Wärme abgegeben
 - Die Verlustleistung ändert sich mit dem Quadrat der Stromstärke: $P_v = R \cdot I^2$
 - Um bei der Übertragung elektrischer Energie die Verluste gering zu halten, sorgt man für möglichst kleine Ströme, indem man die Spannung erhöht
- Dioden und Kondensatoren wirken als Gleichrichter, da sie nur in einer Richtung leiten
- Ein Kondensator besteht aus zwei Leitern, die durch einen Isolator getrennt sind (z.B. Glas, Luft, Kunststoff)



- Verbindet man die Leiter mit den Anschlüssen einer Quelle, wird der Kondensator geladen, da beide Leiter entgegengesetzte Ladungen der gleichen Größe erhalten
- Ein geladener Kondensator kann als Energiequelle mit begrenzter Kapazität dienen
- Beim Entladen zählt nur die Größe einer der beiden Ladungen, da sie einander neutralisieren
- Kapazität C : Quotient aus gespeicherter Ladung Q (hängt u.a. von der Fläche der Platten ab) und zum Laden verwendeter Spannung U der Quelle (*Einheit Farad*):

$$C = Q / U = (I \cdot t) / U$$

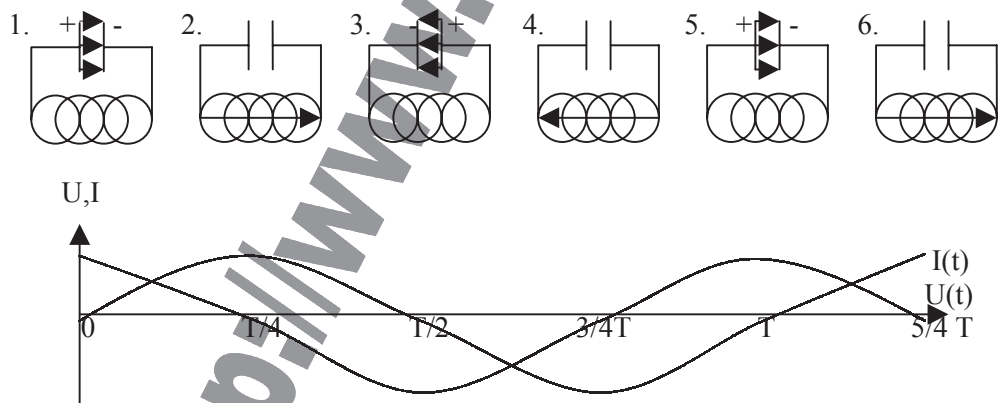


- Befindet sich ein Kondensator in einem Wechselstromkreis, wird er periodisch mit wechselnder Polarität be- und entladen. Damit am Kondensator eine Spannung entsteht, ist zunächst ein Ladestrom erforderlich, der mit wachsender Ladung abnimmt.
 - Die Effektivwerte (Werte für U und I , die die gleiche Wirkung wie ein ebenso großer Gleichstrom hervorrufen) von U und I sind zueinander proportional und ergeben den kapazitiven Widerstand des Kondensators R_C :

$$U_{eff} / I_{eff} = R_C = 1 / (2\pi \cdot f_{WS} \cdot C).$$
 - Die obenstehende Formel enthält die Größe $1/C$. Daher wird R_C mit steigender Kapazität (z.B. mittels Plattenvergrößerung) kleiner.
 - Schaltet man mehrere Kondensatoren in Reihe, gilt für die Gesamtkapazität:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots$$
 (für U und I gilt dasselbe wie bei Widerständen in Reihe)
 - Schaltet man mehrere Kondensatoren parallel, gilt für die Gesamtkapazität:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$
 (für U und I gilt dasselbe wie bei parallelen Widerständen)
- Ein elektrischer Schwingkreis besteht aus einer Parallelschaltung von Spule und Kondensator
 - Nach einer Energiezufuhr entsteht in ihm eine gedämpfte elektromagnetische Schwingung
 - Exkurs: Die Induktivität einer Spule hängt ausschließlich ab von: Windungszahl, Spulenlänge, Querschnittsfläche der Spule, Kernmaterial
 - Der geladene Kondensator entlädt sich, dabei wird in der Spule eine Selbstinduktion ausgelöst, die Stromstärke steigt langsam an, während die Spannung sinkt. Das entstandene Magnetfeld führt dazu, dass der Strom weiterfließt und den Kondensator wieder auflädt. Stromstärke und Magnetfeld nehmen dabei wieder ab. Der selbe Vorgang wiederholt sich nun in umgekehrter Richtung.
 - Eine Dämpfung erfährt diese Schwingung durch den Leiterwiderstand.
 -



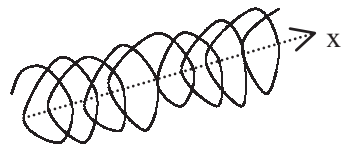
Wellenlehre

- Schall entsteht durch sich im Raum dreidimensional ausbreitende Wellen
- Man unterscheidet zwischen Transversalwellen (Schwingungen, z.B. Wasseroberflächenwelle) und Longitudinalwellen (Verdichtungsstößen, z.B. Schallwelle)
 - In einer Transversalschwingung steht der Schwingungsvektor der einzelnen Oszillatoren senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle
 - In einer Longitudinalschwingung steht der Schwingungsvektor der einzelnen Oszillatoren parallel zur Ausbreitungsrichtung der Welle
- Eine lineare fortschreitende Welle entsteht, wenn einem Oszillator (Schwingungsüberträger) einer Oszillatorkette periodisch Energie zugeführt wird und die miteinander gekoppelten gleichartigen Oszillatoren nacheinander gleichartige Schwingungen ausführen. Die einzelnen Schwingungszustände schreiten längs der Kette mit konstanter Geschwindigkeit fort.



- Transversalwellen (mechanische Wellen, Lichtwellen, elektrische Wellen) setzen sich häufig aus mehreren Schwingungen zusammen, deren Elongationen von der Längsachse der Welle aus gesehen alle in unterschiedlichen Richtungen senkrecht auf dieser stehen:

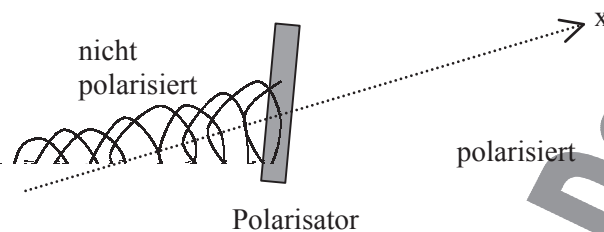
○



Eine Welle bestehend aus zwei Schwingungsvektoren (in y- und z-Richtung)

- Filtert man die Welle mit einem Polarisator, und läßt nur Schwingungen auf einer Achse senkrecht zur Längsachse zu, spricht man von Polarisation. Es gibt nur Auf- und Abschwingungen. Eine solche Welle ist linear polarisiert. Bei Longitudinalwellen ist Polarisation nicht möglich.

○



Strömungsmechanik

- Die Strömungsmechanik beschäftigt sich mit dem Verhalten von Fluiden (Gase, Flüssigkeiten) im Ruhezustand und in Bewegung, sowie mit Geräten, die mit Fluiden arbeiten (z.B. Flugzeuge)
 - Die Fluidstatik/Hydrostatik beschäftigt sich mit Fluiden im Ruhezustand
 - Die Fluidodynamik/Hydrodynamik beschäftigt sich mit Fluiden bei geringer Geschwindigkeit, bei der sie noch inkompressibel sind
 - Die Aerodynamik/Gasdynamik beschäftigt sich mit Fluiden bei hoher Geschwindigkeit, bei der Kompressionen auftreten
- Fluidstatik:
 - Pascal'sches Gesetz: Druck, der auf eine eingeschlossene Flüssigkeitsmenge ausgeübt wird, wirkt in alle Richtungen auf das die Flüssigkeit einschließende Gefäß, sowie in der Flüssigkeit befindliche Objekte
 - Archimedisches Prinzip: Die Auftriebskraft die ein eingetauchter Körper erfährt, ist so groß wie die Gewichtskraft auf die vom Körper verdrängte Flüssigkeit
 - Man kann die auf einen Körper wirkenden Auftriebskräfte in einem Punkt, dem Auftriebsmittelpunkt/Auftriebsschwerpunkt zusammengefaßt verstehen; er ist der Massenschwerpunkt des verdrängten Fluids
 - Der Auftriebsmittelpunkt eines Körpers liegt direkt über seinem Schwerpunkt; je größer der Abstand zwischen beiden Punkten ist, desto stabiler ist der Körper
- Fluidodynamik:
 - Die Gesetze der Dynamik und Mechanik gelten generell auch für Flüssigkeiten, aber nur unter Nichtbeachtung von Zähigkeit, Viskosität (=Reibung) und Kompressibilität
 - Bernoulli'sches Gesetz: die gesamte Energie in einer inkompressiblen und reibungsfreien Strömung ist konstant; je schneller die Strömung eines Fluids ist, desto geringer wird ihr Druck und umgekehrt
 - Beachtet man die Viskosität einer inkompressiblen Strömung, müssen die Navier-Stokes'schen Gleichungen angewendet werden, die sehr kompliziert sind
 - Fließt ein Fluid durch ein Rohr, geht durch Reibung Energie verloren, was längs des Rohres zu einem Druckverlust führt

- Bei niedriger Strömungsgeschwindigkeit ist der Druckverlust der Geschwindigkeit proportional
- Bei hoher Geschwindigkeit ist der Druckverlust ungefähr dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit proportional
- Der Grund ist, daß bei niedriger Geschwindigkeit eine laminare Strömung herrscht (Fluidteilchen bewegen sich nur in Strömungsrichtung), während bei hoher Geschwindigkeit turbulente Strömung entsteht (Fluidteilchen werden beschleunigt, gebremst und verwirbelt)
- Der Parameter, der den Umschlag von laminar zu turbulent in einer Strömung beschreibt, ist die Reynoldszahl
- Das Verhalten turbulenter Strömung läßt sich nur schwer berechnen, so daß man heute noch auf Messungen angewiesen ist (Windkanal)
- Grenzschicht:
 - Innerhalb einer Strömung gibt es Reibungseffekte nur in den Bereichen nahe der angeströmten Oberfläche
 - Außerhalb der Grenzschicht können Reibungseffekte außer Acht gelassen werden
 - Dieses Modell vereinfacht die Berechnung einer Strömung erheblich
- Kompressible Strömungen:
 - In ihnen verändert sich die Gasdichte bei starken Änderungen von Geschwindigkeit und Druck; außerdem verändert sich die Temperatur
 - Von erheblichen Einfluß ist die Schallgeschwindigkeit des Fluids; bei Gasen ist sie proportional der Wurzel der absoluten Temperatur
 - Strömungsgeschwindigkeit < Schallgeschwindigkeit: Druckwellen können sich im ganzen Fluid ausbreiten → Strömung kann sich an einem Objekt ausrichten
 - Strömungsgeschwindigkeit > Schallgeschwindigkeit: Druckwellen können die Strömung nicht stromaufwärts beeinflussen
- Aerodynamik:
 - Der Luftwiderstand kann durch Stromlinienförmigkeit eines Körpers minimiert werden; bei nicht vorhandener Stromlinienförmigkeit wächst der Widerstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit
 - Im Reiseflug dient der Treibwerksschub eines Flugzeuges lediglich der Überwindung des Luftwiderstandes
 -

