

Wellen

Wellen sind Schwingungen, die von einer Störung erzeugt werden, und sich räumlich ausbreiten (Schwingungen sind ortsfest). Wellen transportieren Energie durch ein bestimmtes Medium durch, ohne, dass dieses sich selbst bewegt (vgl. Experiment „Kork im Wasser“). Schwingungen hingegen wandeln Energie zwischen zwei Punkten um, wobei immer die Ruhelage durchschritten wird. Zusätzlich zu den Werten einer Schwingung haben Wellen auch eine Ausbreitungsgeschwindigkeit c und eine Wellenlänge λ .

Eigenschaften von Wellen

Arten von Wellen

Longitudinalwellen (in allen Medien; z.B. Schall) breiten sich in dieselbe Richtung aus, in die sie schwingen (parallel – keine vertikalen Schwankungen), bei Transversalwellen (in Festkörpern und Oberflächen von Flüssigkeiten; z.B. Gitarrensaite, Elektromagnetische Welle) sind Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung senkrecht (vertikale Schwankungen). Im Raum gibt es zusätzlich Kugel- bzw. Kreiswellen, die sich von einer punktförmigen Quelle aus wegbewegen (im Zweidimensionalen ein Kreis, im Dreidimensionalen eine Kugel) und ebene Wellen bei einem länglichen Objekt als Wellenquelle oder großer Entfernung zur Quelle bei Kreis-/Kugelwellen (kaum mehr gekrümmt).

Wellenlänge und Wellengeschwindigkeit

Wellenlänge λ : Abstand zweier Wellenberge/-täler

Ausbreitungsgeschwindigkeit c : Wellenlänge geteilt durch Schwingungsdauer

Schwingungsdauer T : Dauer einer Schwingung, vgl. λ , nur hier Dauer statt Abstand; $T=1/f$

Wenn wir mit dem Kapitel „Schwingungen“ vergleichen, ergibt sich:

s (Strecke) = $\lambda = v$ ($v = c$) $\cdot t$ ($t = T$... Schwingungsdauer)

Daher gilt $\lambda = c \cdot t$ und $\lambda = cf$

Interferenz von Wellen

Auch bei Wellen sind, wie bei Schwingungen, Interferenzen möglich (vgl. Interferenz von Schwingungen). „Stehende Wellen“ sind Grundlage der Musikinstrumente.

Wellenphänomene

Beugung

Das Huygens'sche Prinzip besagt:

Von jedem Punkt einer Welle geht eine neue Elementarwelle aus. Die sichtbare Welle ist eine Überlagerung aus allen diesen Wellen.

- Christiaan Huygens, 1680, Niederlande

Trifft eine Welle auf ein Hindernis, so tritt Beugung auf, insofern das Hindernis nicht größer ist, als die Wellenlänge, deshalb können wir auch hinter einem Schrank noch Geräusche wahrnehmen, die auf der anderen Seite erzeugt werden. Es ist essentiell für Einzel- und Doppelspalt.

Brechung

Wenn eine Welle (hier besonders Licht oder elektromagnetisch) auf ein neues Medium trifft, tritt Reflexion und/oder Brechung auf. Licht kann absorbiert (aufgenommen), transmittiert (durchgelassen), oder reflektiert werden, meistens ist es eine Mischung daraus (ein Teil reflektiert, transmittiert,...). Dem liegt zugrunde, dass Licht sich in verschiedenen Medien unterschiedlich schnell ausbreitet. Das wird durch den Brechungsindex $n = \frac{c_0}{c_M}$ angegeben, wobei c_M die Lichtgeschwindigkeit im Medium darstellt. Bei Reflexion sind Ein- und Ausfallswinkel gleich groß. Die Winkel werden dabei vom Lot aus gemessen, der Senkrechte auf das Medium. Das Brechungsgesetz (Snellius'sches Gesetz) besagt: $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$.

Bei einem Übergang von einem dünnen zu einem dichten Medium spricht man von einer Brechung zum Lot und umgekehrt.

Totalreflexion (100% des Lichtes reflektiert) tritt auf, wenn der Einfallswinkel größer ist, als der Grenzwinkel für Totalreflexion. Der gebrochene Strahl hat einen Winkel von 90° zum Lot und verläuft damit entlang des Übergangs zwischen den beiden Medien. Sie tritt nur bei Übergängen von dicht nach dünn auf (vom Lot weg).

Elektromagnetische Wellen

Sie können anhand ihrer Wellenlänge/Frequenz charakterisiert werden, auch ihre Energie ist von ihr abhängig. Es gilt $E = h \cdot f$ bzw. $E = h \cdot c \cdot \lambda$, wobei h das Planck'sche Wirkungsquantum (Konstante;

$6,626 \cdot 10^{-34} \text{J}$), f die Frequenz, λ die Wellenlänge und c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Gammastrahlung

Bei radioaktiven Zerfällen (hier α - oder β -Zerfall) versuchen Atomkerne im „angeregten Zustand“, Energie abzugeben, und zwar in Form eines Lichtteilchens mit sehr hoher Frequenz (großer Energie), das genug Energie hat, um Elektronen aus Atomen auszuschlagen (werden zu Ionen → ionisierende Strahlung – gefährlich!)

Streuung

Die Rayleigh-Streuung tritt auf, wenn elektromagnetische Wellen auf Teilchen treffen, die kleiner sind, als ihre Wellenlänge. Sie versetzen diese Teilchen in Schwingung, die daher dann Wellen, die später auf sie treffen, abstrahlen, insofern sie dieselbe Wellenlänge haben, wie die anregenden Wellen. Die Stärke hängt sehr stark von der Wellenlänge ab: $\sigma \sim 1/\lambda^4$, wobei σ der Wirkungsquerschnitt (die Wahrscheinlichkeit der Streuung) ist. Große Wellenlängen werden wenig gestreut, kleine viel. Daher ist auch der Himmel blau, da blaues Licht eine kurze Wellenlänge hat. Am Abend hingegen gelangt das rote Licht geradewegs zu uns, während das blaue weggestreut wird (abends intensiver, da die Feinstaubbelastung dort höher ist, und deshalb mehr blaues Licht gestreut wird).

Dispersion

Lat. Zerstreung; Ein Licht kann in seine Bestandteile zerstreut/zerlegt werden, wenn es auf ein Medium (z.B. Weißes Licht auf Prisma) trifft, da die unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedlich stark gebrochen werden. So entsteht auch der Regenbogen (Licht trifft auf Wasser), durch doppelte Totalreflexion kann sogar ein Nebenregenbogen mit umgekehrten Farben entstehen.

Interferenz an dünnen Schichten

Die Farben an Seifenblasen entstehen durch Interferenz an dünnen Schichten. Trifft Licht auf die Schicht, so wird ein Teil reflektiert (Phasensprung um 180°), ein Teil dringt ein, wird wieder nach oben reflektiert (ein Teil tritt auch nach unten hin aus) und tritt dort (wieder an der Oberfläche) aus und wird gebrochen – der gebrochene Teil interferiert mit dem direkt reflektierten Teil. So werden, je nach Einfallswinkel, gewisse Farben verstärkt (konstruktive Interferenz), und gewisse Farben ausgelöscht (destruktive Interferenz).

Doppler-Effekt

Bewegen sich Welle, Quelle und Beobachter aufeinander zu, so erhöht sich die Frequenz für den Beobachter (höherer Ton), bewegen sie sich voneinander weg, so sinkt sie (tieferer Ton). Das sieht man z.B. am vorbeifahrenden Krankenwagen und an Sternen, deren Farbe sich ändert. Die Wellenlänge λ verkürzt sich durch die Bewegung aufeinander zu bzw. verlängert sich durch die

Bewegung voneinander weg, daher verändert sich auch die Frequenz ($f=1T$). Im ersten Fall bewegt sich nur die Quelle, während der Beobachter ruht. Bei Bewegung aufeinander zu kann die Beobachterfrequenz f_B anhand der Frequenz der Quelle f_Q mit der Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c-v}{c}$ beschrieben werden, bei Bewegung voneinander weg mit der Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c+v}{c}$. Im zweiten Fall bewegt sich nur der Beobachter, während die Quelle ruht. Hier gilt die Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c}{c-v}$ bei Bewegung aufeinander zu und $f_B=f_Q \cdot \frac{c}{c+v}$ bei Bewegung voneinander weg. Achtung: es wird jeweils davon ausgegangen, dass sich nur die Quelle bzw. nur der Beobachter bewegt!

Revision #2

Created 11 June 2025 09:56:34 by Teodor Bátkai

Updated 11 June 2025 09:57:07 by Teodor Bátkai