

Kapitel 1: Elektronen und ihre Welleneigenschaften

Modelle sind Arbeitsinstrumente, welche in einem genau definierten Einsatzbereich Ausserordentliches zu leisten vermögen. Das gilt insbesondere für das Tetraedermodell der Valenzschalen, welches dem Chemiker erlaubt, Molekülstrukturen vorauszusagen. Bei der Entwicklung des Modelles wurden die Bindungsverhältnisse in zahlreichen Molekülen studiert und auf atomspezifische Regelmässigkeiten hin untersucht. Es liegen ihm aber keine physikalischen Gesetzmässigkeiten zu Grunde. Es versagt daher in einigen Fällen, wie z.B. bei Ozon, NO etc, Teilchen, welche gemäss Tetraedermodell nicht existieren dürften. Es gibt auch keine Antwort auf die Fragen, welche die besondere Natur des Elektrons betreffen: Warum paaren sich Elektronen, warum stürzen Elektronen nicht in den Kern etc. Zu Beginn dieses Jahrhunderts machte eine Theorie Furore, welche die Kernphysik und die Chemie revolutionierte: Die Quantentheorie. Aus ihr entwickelte sich ein grundsätzlich anderes Modell, welches den Aufbau der Atome beschreibt, mit anderen Vorteilen aber auch anderen Nachteilen. Das Modell nimmt Rücksicht auf die physikalischen Besonderheiten der kleinsten Teilchen, wie sie bereits von den Teilchen des Lichtes, den Photonen, bekannt waren.

Maxwell und Hertz beschrieben das Licht als elektromagnetische Welle, d.h. es kann sowohl eine magnetische als auch eine elektrische Kraft auf Körper ausüben. Ein elektrisch geladenes sehr kleines Teilchen würde im Lichtstrahl im Wellentakt auf- und abhüpfen, nicht aber vor und rückwärts. Das Licht kann auch die übrigen Merkmale einer Welle zeigen, wie Brechung und Reflexion. In einigen Experimenten zeigt Licht aber ein ganz unerwartetes Verhalten. Glühende Körper beispielsweise strahlen Lichtenergie nur in Portionen (Quanten) ab. Albert Einstein gab diesen Quanten 1905 den Namen "Lichtpfeile" und später "Photonen". Das Licht kann sich je nach Versuchsanordnung wie eine Welle, aber auch wie ein Teilchenstrahl verhalten. Man nennt dies Welle-Teilchen Dualismus. Einstein zeigte, dass die Grösse dieser Energieportionen proportional zur Anzahl Schwingungen (eine Schwingung umfasst einen Wellenberg und ein Wellental) ist, welche die Lichtwelle pro Sekunde ausführt:

$$E = h * f$$

(f=Frequenz in Schwingungen/s; h=Planck-Konstante $6.626 * 10^{-34}$ J_s)

Die beim Photon gemachten Erfahrungen brachten den französischen Physiker Louis de Broglie (Nobelpreis 1929) dazu Experimente

mit anderen bewegten Teilchen, z.B. Elektronen, zu machen. Er fand heraus, dass auch Elektronen Welleneigenschaften haben können. Er prägte den Begriff der Materiewelle. Die Wellenlänge (Distanz zwischen zwei Wellenbergen) der Materiewelle lässt sich aus Masse und Geschwindigkeit von jedem bewegten Körper berechnen:

$$\lambda = h/(m \cdot v)$$

(λ = Wellenlänge, m =Masse, v =Geschwindigkeit des Teilchens)

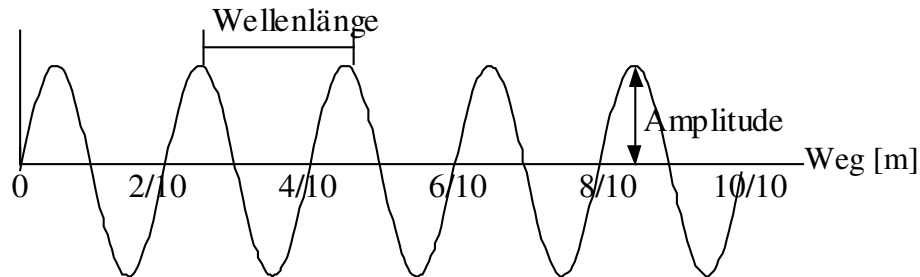
Materiewellen sind nicht Wellen im üblichen Sinn. Die Wellen, d.h. ihr mathematischer Ausdruck, die Wellenfunktion oder Wellengleichung, geben aber Auskunft darüber, wo sich die bewegte Materie mit welcher Wahrscheinlichkeit aufhalten kann. Man spricht auch oft von Wahrscheinlichkeitswellen. In der Quantenchemie wird nun das Verhalten der Materiewellen von Elektronen im Anziehungsbereich des Atomkerns untersucht.

Fragen zu Kapitel 1

1. Unterteilen Sie eine horizontale Strecke in zehn gleichgrosse Abschnitte und beschriften Sie die Unterteilungen mit 0, 1/10, 2/10 ...10/10 Meter. Zeichnen Sie zwischen 0 und 1/10 einen Wellenberg, zwischen 1/10 und 2/10 ein Wellental usw. bis sich der Wellenzug über den ganzen Meter erstreckt. Zeichnen Sie darin die Wellenlänge und die Amplitude ein.
2. Wie gross ist die Wellenlänge dieser Welle in Metern?
3. Die Welle unter 1. sei eine Lichtwelle. Sie bewegt sich demnach mit der Lichtgeschwindigkeit von $3 \cdot 10^8$ m/s. Welche Frequenz hat sie?
4. Aus 3. lässt sich zwischen Wellenlänge und Frequenz eine allgemeine Beziehung herleiten: $\lambda = v/f$. Jede elektromagnetische Welle pflanzt sich mit Lichtgeschwindigkeit fort, also auch Radiowellen, Röntgenwellen, UV-Wellen usw. Wie lange ist die Radiowelle einer Radiostation, die auf der UKW-Frequenz 97 MHz (Megahertz = 10^6 Schwingungen/Sekunde) sendet?
5. Berechnen Sie die Wellenlänge eines Elektrons mit 1/10 Lichtgeschwindigkeit?
6. Eine elektromagnetische Welle (Radiowelle) kann in einer Antenne Elektronen hin und her bewegen, ähnlich einer Wasserwelle, welche eine schwimmende Boje hebt. Die Welle verrichtet Arbeit. Die Möglichkeit Arbeit zu verrichten ist Energie. Ist eine Welle mit hoher Frequenz energiereicher als eine Welle mit niedriger Frequenz.

Antworten zu Kapitel 1

1.



Die Wellenlänge ist der Abstand zwischen zwei Wellenbergen oder zwischen zwei Wellentälern und umfasst eine ganze Schwingung. Als Amplitude wird die maximale Auslenkung vom Nullwert bezeichnet.

2. Gemäss Antwort unter 1. $2/10$ m, also 20 cm
3. In einer Sekunde legt die Welle $3 \cdot 10^8$ m zurück. In der Zeichnung oben erkennt man, dass die Welle in einem Meter 5 ganze Schwingungen vollführt. In $3 \cdot 10^8$ Meter sind es also $15 \cdot 10^8$ Schwingungen oder $1.5 \cdot 10^9$ Schwingungen pro Sekunde, was zugleich die Frequenz ist.
4. $\lambda = 3 \cdot 10^8 / 97 \cdot 10^6 = 3.09$ m. Damit gehört die Welle zu den Ultra-Kurz-Wellen, welche eine Länge zwischen 1 bis 10 m aufweisen. Nachfolgend die Wellenlängen einiger wichtigen Strahlungen:

Kurzwellen:	10-50 m
Ultra-Kurz-Welle:	1-10 m
Mikrowellen:	mm bis cm
Rotes Licht:	800 nm (Nanometer= 10^{-9} m)
Blaues Licht:	400 nm
Röntgenstrahlen:	10^{-10} m
5. Die Wellenlänge kann mit der Formel von de Broglie berechnet werden: $\lambda = h/(m \cdot v)$
 Mit $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js (Joule mal Sekunden)
 $m = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg
 $v = 3 \cdot 10^7$ m/s
 erhält man $2.4 \cdot 10^{-11}$ m.
6. Hohe Frequenz bedeutet viele Schwingungen pro Zeiteinheit. Die Elektronen in der Antenne werden durch eine Radiowelle hoher Frequenz pro Zeiteinheit öfters hin und her bewegt. Diese Welle leistet in der selben Zeiteinheit mehr Arbeit und muss deshalb energiereicher sein.