

HARALD
LESCH

UND DAS QUOT-TEAM

QUANTEN
MECHANIK

FÜR DIE WESTENTASCHE

PIPER

immer in diskreten, nicht weiter teilbaren Paketen, den Quanten, abspielen – daher auch der Name »Quantenmechanik«. Dabei ist die nahe Verwandtschaft von Strahlung und Materie von zentraler Bedeutung.

Zusammengefasst könnte man formulieren: Materie ist »geronnene« Strahlung und Strahlung ist »verdünnte« Materie.

Diese Eigenschaften von Materie und Strahlung bleiben unserer normalen Anschauung allerdings verborgen. Erst nach und nach konnten die Gemeinsamkeiten von Licht und Materie durch ausgeklügelte Experimente offengelegt werden. Dass sich Licht wie materielle Teilchen verhält, tritt experimentell zum Beispiel im Fotoeffekt in Erscheinung, bei dem Elektronen aus einer metallischen Oberfläche durch Licht

herausgelöst werden. Zur Erklärung dieses Phänomens benutzte Albert Einstein im Jahre 1905 die von Max Planck bereits 1900 entwickelte Theorie, dass Strahlung aus einzelnen Paketen, den Lichtquanten (Photonen), besteht. Die Energie eines Photons steigt mit seiner Frequenz. Nur ein Lichtquant, das eine bestimmte Mindestenergie hat, ist in der Lage, den Fotoeffekt auszulösen, das heißt ein Elektron aus einer Metalloberfläche »herauszuschlagen«. Damit war klar: Licht hat Teilcheneigenschaften.

Die Vorstellung, dass Licht aus einzelnen Quanten besteht, steht im Widerspruch zu den aus vielen Experimenten bekannten Welleneigenschaften des Lichts. Lichtwellen können sich überlagern, dabei entstehen helle

und dunkle Streifen, die man Interferenzmuster nennt. Zudem lässt sich leicht zeigen, wie Licht an Hindernissen oder Blenden gebeugt wird. Licht besitzt also ganz offenbar zwei auf den ersten Blick widersprüchliche »Naturen«, es ist zugleich Welle und Teilchen.

Die Teilchennatur der Materie war schon seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bekannt. Materie besteht aus Atomen, die ihrerseits aus positiv geladenen Atomkernen und negativ geladenen Elektronen aufgebaut sind. 1923 aber formulierte Louis de Broglie die Hypothese, dass sich Teilchen auch wie Wellen verhalten können. 1927 konnte die Wellennatur der Materie in voller Übereinstimmung mit de Broglies Hypothese bestätigt werden. Man lässt Elektronen durch

einen engen Doppelspalt auf einen empfindlichen Beobachtungsschirm prallen. Dabei zeigt sich ein Interferenzmuster aus hellen und dunklen Streifen, genau wie bei einem Beugungsexperiment mit Wellen. Dieses Muster entsteht durch die Überlagerung von Elektronenwellen aus den beiden Blendenöffnungen. Mit anderen Worten: Auch materielle Teilchen verhalten sich unter bestimmten Bedingungen wie Wellen – Materie hat Welleneigenschaften. Dieser Nachweis brachte der Quantenmechanik ihre ersten Erfolge, da sie Licht wie Materie und Materie wie Licht behandelt.

In einem nächsten Schritt musste dieser neu erkundeten Ambivalenz mit einer quantitativen Beschreibung im Rahmen einer

physikalischen Theorie Rechnung getragen werden. Selbige musste in ihrem mathematischen Formalismus Wellen und Teilchen als gleichberechtigte mögliche Zustände enthalten. Die Grundlagen dieser Theorie, der Quantentheorie, wurden in den Jahren 1925 bis 1927 erarbeitet. Wesentlich daran beteiligt waren Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Max Born, Wolfgang Pauli und Paul Dirac. Die Quantentheorie ist etwas völlig anderes als die bloße Vorstellung von einem Welle-Teilchen-Dualismus; sie ist darüber hinaus viel abstrakter. Der Wellenaspekt wird durch eine Wellenfunktion beschrieben, die allerdings mit Wellen unseres Verständnisses gar nichts zu tun hat. Vielmehr gibt sie nur die Wahrscheinlichkeit für den Zustand eines Teilchens an, so zum