

Ist die Zeit quantisiert?

■ Zeitquant / Chronon / ρ -Meson / fundamentale Länge / Lorentz-Transformation / Plancksches Wirkungsquantum / Elementarteilchen

Die Idee einer möglichen Existenz fundamentaler Einheiten für Länge und Zeit ist mehr als 40 Jahre alt. Die Auswertung der Lebensdauern kurzlebiger Elementarteilchen-Resonanzen scheint neuerdings darauf hinzudeuten, daß zumindest die Vorstellung eines Zeitquants in der Größenordnung 10^{-24} Sekunden tatsächlich eine konkrete Bedeutung hat. Eine bemerkenswerte Beziehung zwischen der Masse des Protons und der Lebensdauer des ρ -Mesons unterstützt diese Vorstellung ebenfalls.

Eine der wichtigsten Erkenntnisse der modernen Physik besteht darin, daß viele physikalische Größen gequantelt sind. Man versteht darunter die Tatsache, daß diese Größen nicht beliebige Werte annehmen können, sondern stets in ganzzahligen Vielfachen einer kleinsten Einheit vorkommen. Bekannte Beispiele dafür sind die elektrische Ladung und die Wirkung, deren kleinste Einheiten die Elementarladung e bzw. das Plancksche Wirkungsquantum h sind.

Von *W. Heisenberg* wurde vor nunmehr fast vierzig Jahren die Vermutung ausgesprochen [1], daß es ebenso eine fundamentale Längeneinheit von der Größenordnung 10^{-13} cm geben sollte. Dadurch würden die Divergenzschwierigkeiten in relativistischen Feldtheorien vermieden, ähnlich wie die Quantelung der Wirkung die Divergenzen in der Theorie der Hohlraumstrahlung beseitigt. Raum und Zeit sind jedoch seit der Relativitätstheorie *A. Einsteins* nicht mehr voneinander unabhängige Größen, sondern als Koordinaten eines Punktes im vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum im wesentlichen äquivalent.

So liegt die Vermutung nahe, daß die Existenz einer fundamentalen Länge von der Größenordnung 10^{-13} cm auch eine fundamentale Zeiteinheit zur Folge hätte, die von der Größenordnung 10^{-24} s wäre.

Dies ist nämlich gerade die Zeit, die das Licht benötigt, um die Entfernung 10^{-13} cm zurückzulegen. In etwas anderem Zusammenhang wurde dafür der Name „Chronon“ eingeführt [2].

Die Frage ist nun, wie man dieses „Chronon“, falls es tatsächlich existiert, experimentell nachweisen kann. Genauer ausgedrückt heißt das: Wo treten in der Physik so kleine Zeitintervalle auf, daß Zeitquanten von der Größenordnung 10^{-24} s noch unterscheidbar sind? Es liegt nahe, die mittleren Lebensdauern der verschiedenen Elementarteilchen unter diesem Aspekt zu untersuchen, da ja viele von ihnen sehr kurzlebige sind. Die Ergebnisse

solcher Untersuchungen zeigen nun tatsächlich [3],

daß die experimentellen Werte für die mittleren Lebensdauern der kurzlebigen Elementarteilchen-Resonanzen die Hypothese von der Existenz eines Zeitquants unterstützen.

Wählt man nämlich als Zeiteinheit die Lebensdauer des ρ -Mesons mit $T_{ch} = (4,40 \pm 0,06) \cdot 10^{-24}$ s, so sind die mittleren Lebensdauern der anderen kurzlebigen Resonanzen angenähert ganzzahlige oder halbganzzahlige Vielfache dieser Einheit. Dies ist ganz ähnlich der Quantelung des Drehimpulses in Einheiten von $\hbar/2$. In der Tabelle [3] sind die mittleren Lebensdauern der kurzlebigen Mesonen-Resonanzen in Einheiten von $\frac{1}{2} T_{ch} = (2,20 \pm 0,03) \cdot 10^{-24}$ s angegeben. Offenbar liegen diese Werte stets nahe bei einer ganzen Zahl. Wenn in einigen Fällen diese ganze Zahl etwas außerhalb des zugehörigen Fehlerintervalls liegt, bedeutet das nicht, daß die Quantisierungshypothese aufgegeben werden muß. Systematische Fehler sind nämlich in den angegebenen Fehlerintervallen nicht enthalten. Für die Baryonen-Resonanzen wurde die gleiche Untersuchung durchgeführt, und man ist dabei zu einem ähnlichen Ergebnis gekommen [3].

Ein weiterer Hinweis darauf, daß das Zeitintervall T_{ch} eine fundamentale Bedeutung haben könnte, wurde neulich von mir zusammen mit *P. Volk* gefunden [4], und zwar durch folgende Überlegung: Aus der Definition der Wirkung W als Produkt der Energie E und der Zeit T ergibt sich

$$T = \frac{W}{E}$$

Will man nun für die Zeit T auf der linken Seite dieser Beziehung einen möglichst kleinen Wert erhalten, muß die Wirkung ebenfalls möglichst klein werden. Das bedeutet, daß man für W den kleinsten in der Natur vorkommenden Wert, nämlich das Plancksche Wirkungsquantum h , einzusetzen hat. Die Energie dagegen muß möglichst groß werden. Doch was bedeutet groß in diesem Zusammenhang? Auf

Resonanz	Lebensdauer in $\frac{1}{2} T_{ch}$	
	1974	1976
g (1680)	1,96 ^{+0,15} -0,13	1,65 ^{+0,33} -0,21
f (1270)	1,73 ^{+0,09} -0,08	1,65 ^{+0,21} -0,16
ρ (770)	2,00 ^{+0,03} -0,03	1,96 ^{+0,04} -0,04
ω (1675)	2,10 ^{+0,24} -0,20	1,98 ^{+0,31} -0,23
K^* (1420)	2,92 ^{+0,12} -0,11	2,76 ^{+0,28} -0,14
A_2 (1310)	2,97 ^{+0,08} -0,07	2,92 ^{+0,15} -0,14
K^* (892)	5,95 ^{0,10} -0,09	5,98 ^{+0,12} -0,12

Die mittleren Lebensdauern der kurzlebigen Mesonen-Resonanzen in Einheiten von $\frac{1}{2} T_{ch} = (2,20 \pm 0,03) \cdot 10^{-24}$ s. Die Zahlen in Klammern geben die Massen der jeweiligen Resonanz in MeV/c^2 an. Die Vielfache in der ersten Spalte sind mit den bis 1974 bekannten Daten berechnet, in der zweiten Spalte sind alle Daten bis 1976 berücksichtigt.

dieser submikroskopischen Ebene sind die Ruhmassen der Elementarteilchen über die Einsteinsche Beziehung $E = mc^2$ sicher ein vernünftiges Maß für die Energie. Läßt man deswegen die Ruhmassen aller stabilen Elementarteilchen als mögliche Energiewerte auf der rechten Seite der Gleichung zu und wählt dann davon den größten, so müßte man damit das kleinste Zeitintervall erhalten, für das diese Beziehung sinnvoll ist. Das schwerste stabile Elementarteilchen ist jedoch das Proton mit der Masse $m_p = 1,673 \cdot 10^{-24}$ g. Zusammen mit $h = 6,626 \cdot 10^{-27}$ erg·s und $c \approx 2,998 \cdot 10^{10}$ cm/s ergibt das $T = 4,407 \cdot 10^{-24}$ s. Dieses Zeitintervall ist in geradezu verblüffender Übereinstimmung mit dem weiter oben [3] angegebenen Wert für die Lebensdauer des ρ -Mesons, d. h. dem Wert von T_{ch} .

Es erhebt sich somit die Frage, welche Auswirkungen die Existenz eines klein-