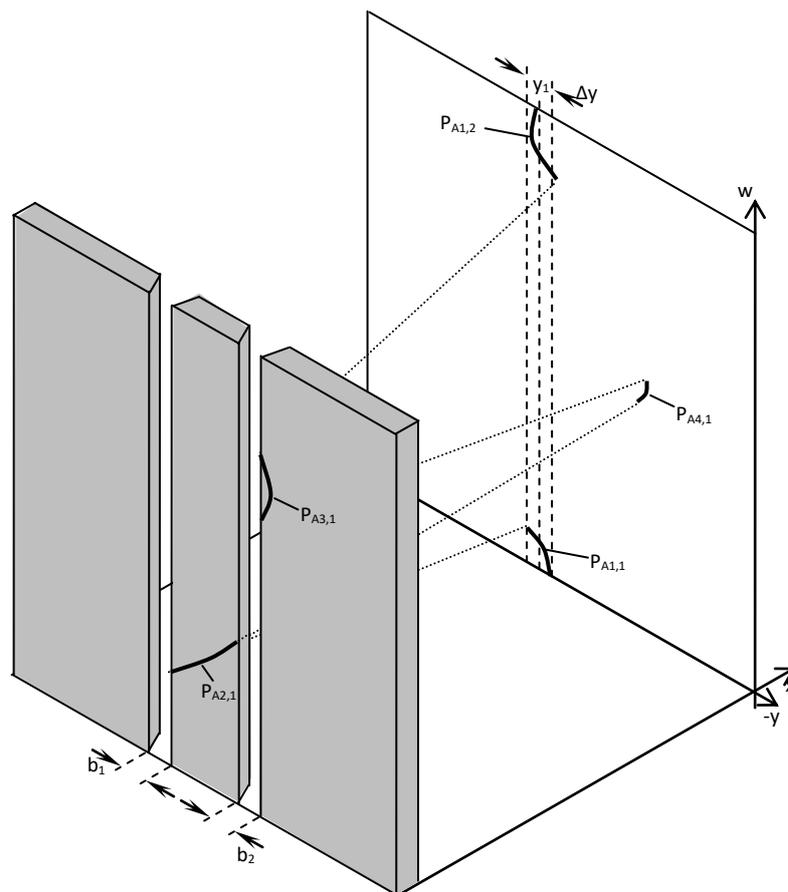


Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen

Modell zur anschaulichen Erklärung quantentheoretischer Effekte



Category: Quantum Physics

Title: Quantum theory of the 4-dimensional matter wave – a model to intuitively explain quantum theoretical effects

Authors: Randolph Rolff

Comment: 12 pages; German language
Deutsch: Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen –
Modell zur anschaulichen Erklärung quantentheoretischer Effekte

Abstract

This paper describes a physical model to intuitively explain quantum theoretical effects. The developed model describes a mechanism, which gives a logical sense to the calculation of probability amplitudes. Hence the double-slit experiment and Schrödinger's cat become understandable. The here described model is an extension of the physical model described in the prior manuscript "Theory of the 4-dimensional matter wave". That paper describes a model which postulates a particle as a real matter wave in a 4-dimensional and absolute space. With that theory it is possible to describe the relativistic effects in qualitative and quantitative accuracy.

The quantum theory of the 4-dimensional matter wave shows that this model already presages a way to explain the quantum theoretical effects. From the introduction of the long extent in the 4th dimension it is not far to a model in which a particle uses many paths simultaneously. It is a conclusive derivation of the quantum theoretical effects using the model to describe the relativistic effects.

Abstract:

In der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen wird ein physikalisches Modell zur Erklärung quantentheoretischer Effekte entwickelt. Dieses Modell erklärt und beschreibt einen Mechanismus, mit dem die Berechnung der Wahrscheinlichkeitsamplituden anschaulich wird. Damit werden das Doppelspalt-Experiment und Schrödingers Katze verständlich. Das hier beschriebene Modell stellt eine Erweiterung des physikalischen Modells dar, welches im vorhergehenden Manuskript „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen“ beschrieben ist. Mit der Theorie wurde ein physikalisches Modell aufgebaut, bei dem die Materie als reale Welle im 4-dimensionalen Raum postuliert wird. Damit können die relativistischen Effekte qualitativ und quantitativ erklärt werden.

Mit der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen wird gezeigt, dass dieses Modell bereits den Weg zur Erklärung der quantentheoretischen Effekte vorgezeichnet hat. Von der Einführung der langen Ausdehnung in der 4. Dimension ist es nicht weit zu einem Modell, in dem ein Teilchen viele Wege gleichzeitig nutzt. Es ist eine schlüssige Herleitung der quantentheoretischen Effekte mit Hilfe des Modells zur Beschreibung der relativistischen Effekte.

Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen

Modell zur anschaulichen Erklärung quantentheoretischer Effekte Dipl.-Ing. Randolph Rolff

In der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen wird ein physikalisches Modell zur Erklärung quantentheoretischer Effekte entwickelt. Dieses Modell erklärt und beschreibt einen Mechanismus, mit dem die Berechnung der Wahrscheinlichkeitsamplituden anschaulich wird. Damit werden das Doppelspalt-Experiment und Schrödingers Katze verständlich. Das hier beschriebene Modell stellt eine Erweiterung des physikalischen Modells dar, welches im vorhergehenden Manuskript „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen“ beschrieben ist. Mit der Theorie wurde ein physikalisches Modell aufgebaut, bei dem die Materie als reale Welle im 4-dimensionalen Raum postuliert wird. Damit können die relativistischen Effekte qualitativ und quantitativ erklärt werden.

Mit der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen wird gezeigt, dass dieses Modell bereits den Weg zur Erklärung der quantentheoretischen Effekte vorgezeichnet hat. Von der Einführung der langen Ausdehnung in der 4. Dimension ist es nicht weit zu einem Modell, in dem ein Teilchen viele Wege gleichzeitig nutzt. Es ist eine schlüssige Herleitung der quantentheoretischen Effekte mit Hilfe des Modells zur Beschreibung der relativistischen Effekte.

1 Grundideen zur Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen

Im vorhergehenden Manuskript, die „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen“ (Rolff Kurzfassung; 2013) [siehe <http://vixra.org/abs/1505.0223>], ist ein Modell für Teilchen und Photonen entwickelt, mit dem die relativistischen Effekte, wie Zeitdilatation und Längenkontraktion, unter Annahme eines 4-dimensionalen, euklidischen und absoluten Raumes erklärt werden. Das Elektron ist in dem Manuskript als in der 4. Dimension (w -Achse) langer, zirkular polarisierter Wellenzug beschrieben. Dabei wurde angenommen, dass es entlang der Materiewellen in der 4. Dimension, bis auf die periodische Zustandsänderung der Welle, keine Änderungen gibt. Zur Erklärung der Indifferenz und der relativistischen Effekte ist diese Annahme als Vereinfachung sinnvoll. Zur Erklärung der quantentheoretischen Effekte muss sie jedoch gelockert werden.

Wenn im 4-dimensionalen Raum ein lokaler Bereich, wie z.B. ein Zimmer, relativ zur x -, y - und z -Größe in w -Richtung sehr lang und indifferent ist (Größenordnung Lichtsekunde), dann müsste ein Teilabschnitt der Länge Δw bereits das ganze 3-dimensionale Geschehen im Zimmer darstellen. Der restliche Teil entlang der w -Achse wäre nur eine Wiederholung dieses einen Teils Δw .

Da die Informationsweitergabe auch entlang der w -Achse höchstens mit Lichtgeschwindigkeit c_0 erfolgt, ist zu erwarten, dass das Geschehen im oberen Abschnitt der w -Ausdehnung vom Geschehen im unteren Abschnitt abweichen wird. Dazwischen wird ein kontinuierlicher Übergang von einem Geschehen zum anderen Geschehen sein.

Mit diesen Unterschieden entlang der 4. Dimension lassen sich die quantentheoretischen Effekte erklären. Das erinnert an die Viele-Welten-Interpretation, jedoch mit dem bedeutenden Unterschied, dass sich hier nichts vervielfacht. Es ist eine 4-dimensionale Welt, jedoch mit mehr Facetten, als 3-dimensional wahrgenommen werden.

2 Das Photon

Im vorigen Manuskript, die „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen“, wurde das 4-dimensionale Elektron beschrieben. Zur Erklärung der Beugungsversuche wird hier zuerst der Aufbau des Photons erläutert.

2.1 Aufbau des Photons

Zur Bestimmung des Aufbaus eines Photons sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Ein Photon fliegt als polarisierte Welle in (x,y,z) -Raumrichtung, wobei hier zunächst die x -Richtung angenommen wird.
- Es gibt verschieden polarisierte Photonen.
- Es fliegt immer mit Lichtgeschwindigkeit.
- Wegen der Indifferenz soll es in w -Richtung sehr lang sein.
- Es kann beim Stoß mit einem Elektron (Compton-Effekt) die Wellenlänge „schnell“ ändern.
- Es hat keine Ruhemasse.

Eine plausible Möglichkeit für den 4-dimensionalen Aufbau des Photons ist in Abbildung 2.1 dargestellt. In dieser Abbildung ist rechts unten das Aussehen im wahrnehmbaren 3-D-Raum für $w = 0$ dargestellt. Es handelt sich um eine, hier zirkular polarisierte, Welle, die sich in x -Richtung fortbewegt. Es ist nur gut eine Periode dargestellt. Die tatsächliche Länge in x -Richtung, vermutlich ein Wellenpaket mit über $\pm x$ abnehmender Intensität, ist noch offen gelassen. Die Spirallinie stellt die Linie dar, auf der das Materiewellenfeld den „+“-Zustand hat. Der „-“-Zustand ist diesem jeweils diametral gegenüber. Der Durchmesser beträgt, wie beim Elektron, $\lambda/2$. Hier entspricht λ der Wellenlänge λ_p des Photons. Das Wellenpaket bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit c_0 in x -Richtung.

Oberhalb dieser (x,y,z) -Darstellung ist die Erweiterung in w -Richtung für $z = 0$ dargestellt. Entlang der w -Achse ist das Photon entsprechend der Annahme zur Indifferenz, wie das Elektron, sehr lang.

In der Abbildung ist links oben die Erweiterung in w -Richtung für $x = 0$ dargestellt. Da das zirkularpolarisierte Feld in der y - z -Ebene (um die x -Achse) dreht, dreht es zugleich auch um die w -Achse. Entlang dem Umfang zu einem festen w -Wert verläuft die Feldstärke gemäß einer Sinuskurve. Es wird hier angenommen, dass das Photon in w -Richtung einer stehenden Welle entspricht. Damit nimmt die Amplitude des Feldes in w -Richtung zunächst ab, ist bei $w = \lambda_p/2$ invertiert und bei $w = \lambda_p$ wieder wie bei $w = 0$. Bei $w = \lambda_p/4$ und bei $w = 3\lambda_p/4$ ist die Amplitude im ganzen Kreis 0. Die (x,y,z) -Darstellung stimmt somit für alle w , nur die Amplituden $A = „+“$ bzw. $-A = „-“$ sind abhängig von w .

Beim Stoß mit einem Elektron (Compton-Effekt) muss die Wellenlänge demnach über die ganze Länge des Photons erfolgen. Das lässt sich erklären, wenn das (ebenfalls lange) Elektron die Energie des Photons aufnimmt und ein neues Photon abgibt. Da sich das Photon nicht in w -Richtung ausbreitet, hat es keine „Ruheenergie“, die gemäß dem Manuskript (Rolff Kurzfassung; 2013) dem w -Anteil der Energie entspricht. Die geforderten Randbedingungen sind damit alle eingehalten.

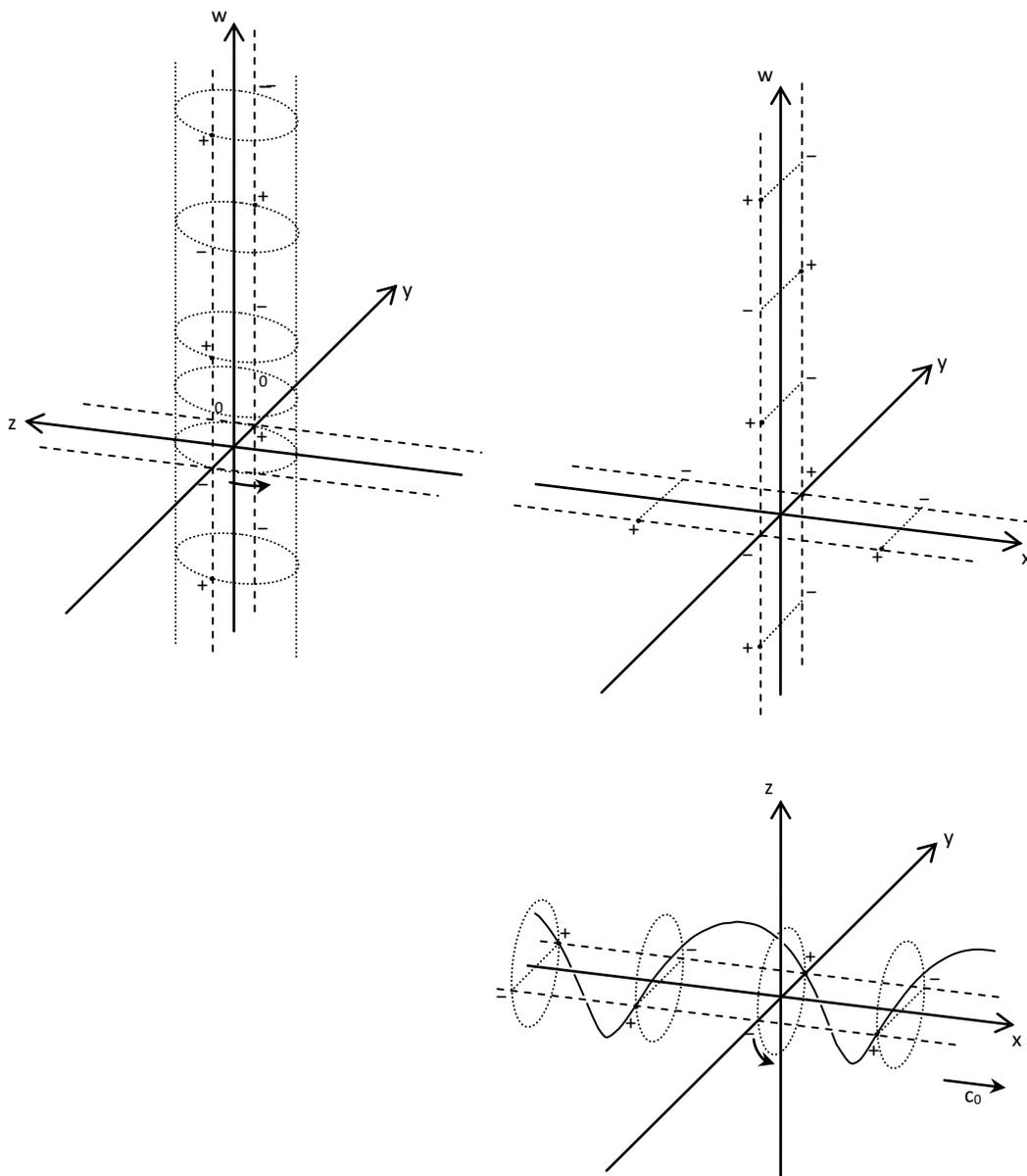


Abbildung 2.1: Photon

3 Beugung am Spalt

3.1 Schlängeln / Wabern eines Photons

Da die Teilchen (Elektronen, Photonen) als Einheiten existieren, wird hier angenommen, dass diese in w -Richtung langen Wellenzüge der Teilchen nicht auseinanderfallen, sondern als Einheit erhalten bleiben. Ohne synchronisierende Effekte würden die Teilchen-Teile in verschiedenen w -Höhen jedoch auseinanderdriften. Es ist davon auszugehen, dass es synchronisierende Effekte geben wird. Ein zur w -Achse geschlängelt Teilchen wird energiereicher als ein geradlinig verlaufendes Teilchen sein. Dadurch wird es bestrebt sein, die Schlängelung gering zu halten.

Ein Photon, welches von einer Quelle Q zu einem Schirm S fliegt, wird demgemäß in jeder w -Höhe einen etwas anderen Weg nehmen. Da sich die verschiedenen Photon-Teile entlang w wegen der synchronisierenden Effekte gegenseitig beeinflussen, werden diese verschiedenen Wege nicht exakt geradlinig verlaufen und das Photon wird „irgendwie wabernd“ von Q nach S kommen. Das ist wie ein schwebendes Seil vorstellbar, bei dem sich die Einzelstücke auch gegenseitig beeinflussen.

Die Ansicht auf das fliegende Photon, es fliegt aus der Bildebene heraus, ist in folgender Abbildung 3.1 dargestellt.

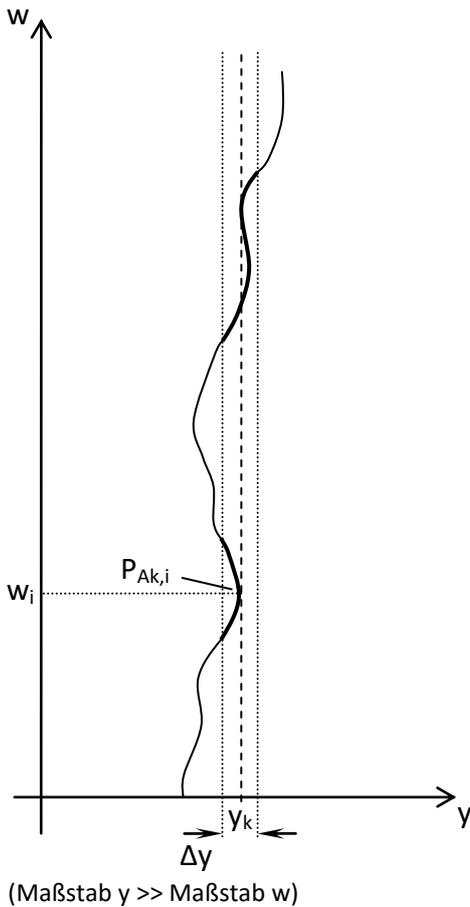


Abbildung 3.1: Waberndes Photon

Das Wabern des Photons in y -Richtung entlang w ist zu erkennen. Zu beachten ist dabei, dass die w -Länge in der Größenordnung einer Lichtsekunde, die y -Größe jedoch in atomaren Größenordnungen liegt.

In Abbildung 3.2 sind die verschiedenen Wege der unterschiedlichen w -Höhen in einer Ebene projiziert dargestellt. Das Photon muss in jedem Abschnitt Δw irgendwo die y - w -Fläche kreuzen. Der Photon-Anteil in einem Bereich um eine w -Höhe w_i , der die y -Achse im Abschnitt Δy um y_k kreuzt sei $P_{Ak,i}$. Die Summe aller Anteile $P_{Ak,i}$ entlang w sei P_{Ak} mit $P_{Ak} = \sum_i P_{Ak,i}$. Dabei gilt: $\sum_k P_{Ak} = 1$, da das gesamte Photon y kreuzt.

Wie in Kapitel 2.1 „Aufbau des Photon“ beschrieben besteht das Photon aus einer Welle. Diese Welle hat eine Phase φ_p in w -Richtung. Die jeweilige Phase des Photons beim Kreuzen der y - w -Fläche im Abschnitt Δy_k in der Höhe w_i sei $\varphi_{pk,i}$.

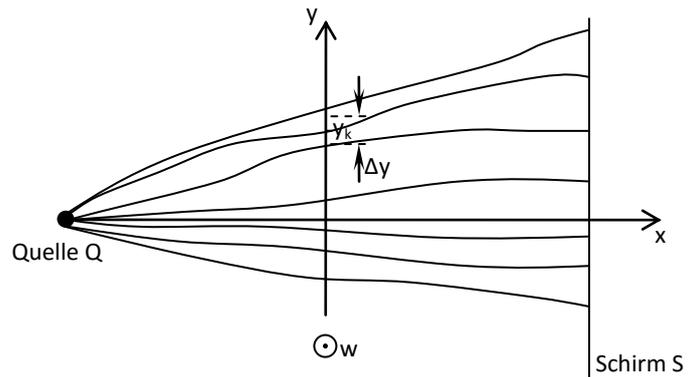


Abbildung 3.2: Wabernde Photon-Teile

3.2 Beugung am Einfachspalt

Zur Betrachtung der Beugung eines Photons am Einfachspalt, dargestellt in Abbildung 3.3, wird vereinfacht angenommen, dass alle Anteile des einfallenden Einzelphotons gleichzeitig und mit einer einheitlichen Phase φ_{pa} den Spalt passieren. Das Photon wird auf dem Schirm, der in diesem Beispiel auf der y -Achse liegt, bei y ein Elektron anregen. Experimente zeigen, dass die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anregung entlang y einem Beugungsmuster entspricht.

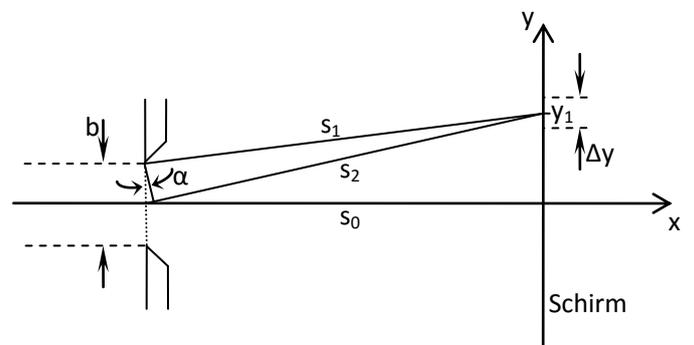


Abbildung 3.3: Beugung am Einfachspalt

Betrachtet werden die Anteile des Photons, die auf dem Schirm im Bereich Δy um y_1 ankommen, (vgl. Abbildung 3.1 [mit $k=1$]). Diese Anteile werden hier auf ein Elektron des Schirms treffen, welches angeregt werden könnte. Diese Anteile sind in Abbildung 3.1 dick gezeichnet. Von Beugungsversuchen am Spalt ist bekannt, dass die Wahrscheinlich-

lichkeit der Schirmelektronen angeregt zu werden, mit Hilfe der Phase in x-Richtung des Photons φ_{px} berechnet werden kann. Demnach setzen sich bestimmte Anteile des Photons durch und andere werden unterdrückt. In der Abbildung 3.1 ist zu erkennen, dass die Anteile $P_{A1,i}$, die bei y_1 ankommen, entlang w weit verstreut liegen.

Zu klären ist hier, wie die Anteile ihre Phasen miteinander vergleichen können, um die Wahrscheinlichkeit der Durchsetzung zu bestimmen. Da die Photon-Anteile untereinander entlang w keine eigene direkte Verbindung an der Stelle des Schirmelektrons haben, wird hier als Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass der Phasenvergleich entlang dem Schirmelektron selber erfolgt. Dazu wird angenommen, dass das Photon an den Stellen, an denen es bei y_1 auf dem Schirmelektron trifft, dieses mit einer Wellenlänge λ_p und einer Phase $\varphi_{p1,i}$ anregt und sich diese angeregte Welle mit $\pm c_0$ entlang dem Schirmelektron in $\pm w$ -Richtung ausbreitet. Die Amplitude dieser angeregten Welle sei, wie bei harmonischen Schwingungen, proportional zur Wurzel der Energie des anregenden Photon-Anteils $P_{A1,i}$. Da ein Anteil des Photons einem Anteil an der Energie des Photons entspricht, ist die Amplitude dieser angeregten Welle proportional zu

$$\sqrt{P_{A1,i}}.$$

Die stehende Welle des Photons überträgt sich damit auf das Schirmelektron, welches als Folge eine der eigenen Compton-Wellenlänge λ_c überlagerte Schwingung der Wellenlänge λ_p erhält. Das Elektron bewegt sich dabei als zirkularpolarisierte Welle der Wellenlänge λ_c mit c_0 in $+w$ -Richtung, die überlagerte Welle der Wellenlänge λ_p als Welle in $\pm w$ -Richtung.

Die von verschiedenen Photon-Anteilen einem Schirmelektron überlagerten, angeregten Wellen werden auf ihrem Weg entlang w aufeinandertreffen und miteinander interferieren. Die Phasendifferenz $\Delta\varphi_s$ zwischen diesen einzelnen, dem Elektron überlagerten Wellen ist abhängig von der Flugstreckendifferenz der anregenden Photonteile.

Gemäß Abbildung 3.3 gilt bei großen Schirmabständen für die Flugstreckendifferenz $\Delta s = s_2 - s_1$:

$$\Delta s = \frac{b}{2} \cdot \sin \alpha$$

Für die Phasendifferenz gilt
$$\Delta\varphi_s = 2\pi \cdot \frac{\Delta s}{\lambda_p}$$

und damit:
$$\Delta\varphi_s = \pi \cdot \frac{b}{\lambda_p} \cdot \sin \alpha$$

Gleichung 3.1

Jeder Photon-Anteil $P_{A1,i}$, welcher das Schirmelektron trifft, regt eine dem Schirmelektron überlagerte Welle an, deren Amplitude proportional zu $\sqrt{P_{A1,i}}$ ist. Die Amplitude $|A_{s1,i}|$ dieser angeregten Welle sei $|A_{s1,i}| = \sqrt{P_{A1,i}}$. Die Phase $\varphi_{s1,i}$ dieser Welle entspricht dem $\Delta\varphi_s$ des vom Photon-Anteil genommenen Wegs. Damit lässt sich diese Welle als komplexe Amplitude ausdrücken mit:

$$A_{s1,i} = |A_{s1,i}| \cdot e^{j \cdot \varphi_{s1,i}}$$

Gleichung 3.2

Da sich die Einzel-Amplituden des Schirmelektrons interferierend überlagern gilt für die Gesamtamplitude A_{s1} der dem Schirmelektron überlagerten Welle:

$$A_{s1} = \sum A_{s1,i}$$

Es wird für die Energie E_{s1} mit der das Schirmelektron durch die Amplitude $|A_{s1}|$ angeregt wird, folgende Proportionalität gelten:

$$E_{s1} \sim |A_{s1}|^2$$

Da das Photon endgültig nur ein Schirmelektron entlang der y -Achse anregt, wird in dieser Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeit P_{s1} des einzelnen Schirmelektrons, sich endgültig durchzusetzen, proportional zu seiner Anregungsenergie ist.

$$P_{s1} \sim E_{s1} \sim |A_{s1}|^2 = \left| \sum A_{s1,i} \right|^2$$

Gleichung 3.3

Bei hinreichend großer Zahl Schirmelektronen und mit geeigneter Normierung kann eine Wahrscheinlichkeitsdichte ρ definiert werden, so dass für die Wahrscheinlichkeit $P_{\Delta y}(y)$, dass ein Schirmelektron im Bereich $y \pm \frac{1}{2} \Delta y$ angeregt wird, gilt:

$$P_{\Delta y}(y) = \int_{y-\frac{1}{2}\Delta y}^{y+\frac{1}{2}\Delta y} \rho(y) dy \quad \text{mit der Normierungsbedingung} \quad \int \rho(y) dy = 1,$$

da das Photon rechnerisch sicher bei der y -Achse ankommt. Damit ergibt sich eine sinnvolle Definition für eine Wahrscheinlichkeitsamplitude ψ mit

$$\rho(y) = |\psi_y|^2$$

und

$$\psi_y = |\psi_y| \cdot e^{j \cdot \varphi_y}$$

wobei φ_y die Phase der komplexen Summe A_{sy} entspricht (A_{sy} wie A_{s1} , für allg. y statt speziell $y=y_1$).

Damit sind die Wahrscheinlichkeitsamplituden der Quantentheorie bei der Beugung am Spalt von Photonen mit Hilfe obiger Arbeitshypothese auf sinnvolle Größen in der Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen zurückgeführt. Die Amplituden der den Schirmelektronen überlagerten Wellen entsprechen den Amplituden der etablierten Quantentheorie. Die einzelnen, entlang der w -Achse verstreuten, Photon-Anteile regen diese an. In der etablierten Physik wird gesagt, die Einzelphotonen „interferieren mit sich selbst“.

Die Beugung eines Photons am Spalt ist hier stichpunktartig zusammengefasst:

- Das Photon ist eine in w -Richtung lange Materiewelle, die sich mit Lichtgeschwindigkeit im (x, y, z) – Raum bewegt.
- Es entspricht in w -Richtung einer stehenden Welle der Wellenlänge λ_p und in Flugrichtung einer fortlaufenden Welle mit einer Wellenlänge von ebenfalls λ_p .
- Es hat entlang der w -Achse einen wabernden, schlängelnden Verlauf. Dadurch wird jeder erdenkliche Weg in irgendwelchen w -Höhen auch genommen. Das in w -Richtung lange Photon bleibt dabei eine Einheit.
- Die einzelnen Photon-Anteile unterschiedlicher w -Höhen regen beim Auftreffen auf einem Schirm-elektron diesem überlagerte Wellen der Wellenlänge λ_p an, die sich in $\pm w$ -Richtung entlang dem Schirmelektron ausbreiten.
- Die Amplitude der angeregten Welle ist proportional zur Wurzel des Anteils des anregenden Photon-Teils am Photon.
- Die verschiedenen, überlagerten Wellen eines Schirmelektrons interferieren miteinander.
- Da das Photon eine Einheit bleibt, kann endgültig nur ein Schirmelektron angeregt bleiben. Der Rest des Photons wird nachgezogen, so dass das endgültig angeregte Schirmelektron die Energie des Photons über die ganze Länge übernehmen kann.
- Die Wahrscheinlichkeit für ein Schirmelektron sich dabei durchzusetzen, ist proportional zur Energie der überlagerten Welle.

3.3 Doppelspalt-Experiment

Beim Doppelspalt-Experiment, siehe Abbildung 3.4, trifft ein Photon auf zwei Spalte. Diese sind so nah beieinander, dass das wabernde Photon beide Spalte trifft.

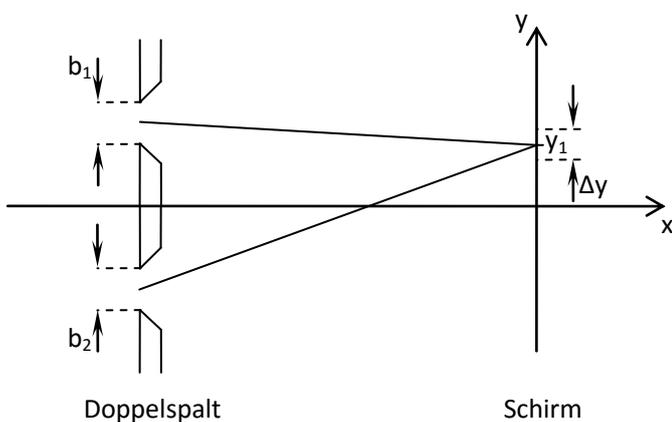


Abbildung 3.4: Doppelspalt-Experiment

Die zur Abbildung 3.1, das wabernde Photon, passende Abbildung 3.5 zeigt das wabernde Photon am Doppelspalt. Gezeichnet ist jeweils die Mitte des Wellenzugs, das Photon fliegt in die Bildebene herein.

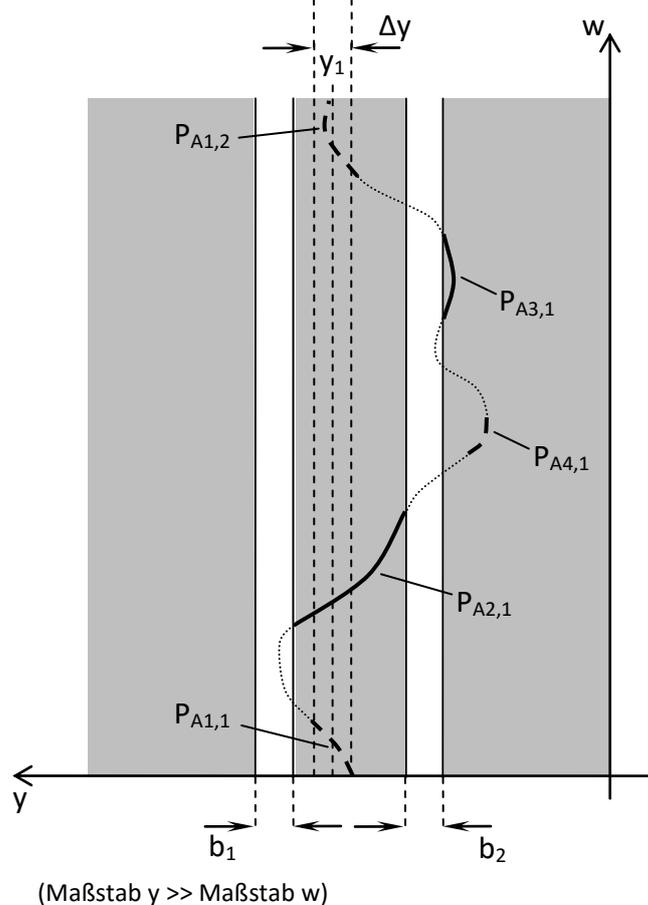


Abbildung 3.5: Waberndes Photon am Doppelspalt

Gezeigt ist ein kurzer Ausschnitt des in w -Richtung sehr langen Photons. Die w -Richtung ist extrem gestaucht gezeichnet, in Wirklichkeit ist die Photon-Linie nahezu geradlinig vertikal. Dabei werden vom Photon in irgendwelchen w -Höhen alle gezeichneten y -Stellen erreicht.

In Abbildung 3.6 ist die 4-dimensionale Beugung am Doppelspalt 3-dimensional skizziert. Die z -Achse ist weggelassen. Die Photon-Anteile sind entlang w sehr weit verstreut, auch die Flugstrecke Spalt - Schirm ist im Vergleich zu den w -Längen vernachlässigbar.

Die Anteile $P_{A1,1}$ und $P_{A1,2}$ kommen beide im Bereich um y_1 auf dem Schirm an. Wegen des wabernden Verlaufs des Photons ist der Anteil $P_{A1,1}$ durch den Spalt b_1 gekommen, der Anteil $P_{A1,2}$ jedoch durch den Spalt b_2 . Beide Anteile können aber dasselbe Schirmelektron bei y_1 anregen. Der Anteil $P_{A4,1}$ trifft an ganz anderer Stelle den Schirm, die Anteile $P_{A2,1}$ und $P_{A3,1}$ kommen nicht durch die Spalte und treffen die Spaltränder. Es wird davon ausgegangen, dass das Photon eine Einheit bleibt.

Da die Ausdehnung in w -Richtung in der Größenordnung einer Lichtsekunde und in (x, y, z) – Richtung in der Größenordnung einer normalen Experimentalanordnung liegt, sind auch die fast horizontal aussehenden Verbindungslinie zwischen Spalt und Schirm nahezu vertikal. Die stochastische Verteilung des Photons im dreidimensionalen (x, y, z) – Raum ist im Verhältnis zur Ausdehnung in w -Richtung vernachlässigbar.

Da das Photon eine Einheit bleibt und sich gleichzeitig eine Stelle, z.B. y_1 , durchsetzen kann, muss davon ausgegangen werden, dass die Anteile, die zunächst nicht bei y_1 angekommen sind, „zurückgeholt“ werden.

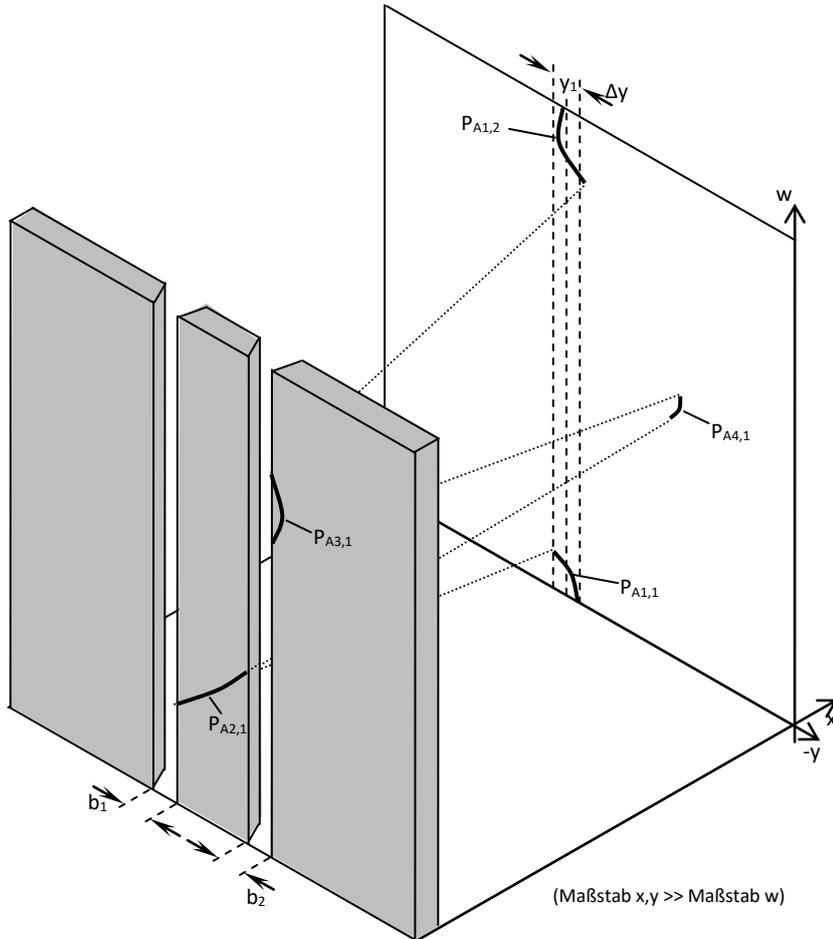


Abbildung 3.6: Beugung am Doppelspalt

Im beispielhaften Fall waren die Photon-Anteile so verteilt, dass im Endeffekt das Schirmelektron bei y_1 angeregt wird und sich der Photon-Teil durch Spalt b_1 (Anteil $P_{A1,1}$) durchgesetzt hat. Die Anteile, die bereits eher (da näher zur Quelle, $P_{A2,1}$, $P_{A3,1}$) die Spalt-Wand getroffen haben, den anderen Spalt genutzt haben ($P_{A1,2}$) oder neben y_1 angekommen sind ($P_{A4,1}$), werden sich „gerade ziehen“ und nachträglich zur Stelle y_1 fliegen. Dazu müssen sie ggf. ($P_{A1,2}$, $P_{A4,1}$) zurückgezogen werden und durch den anderen Spalt wieder hinfliegen. Beim entsprechenden Versuch wird dieser Vorgang nicht messbar sein, da in der Messung endgültig das Schirmelektron bei y_1 entlang der ganzen Länge w angeregt sein wird. Das Hin und Her erscheint nirgendwo, da die Information dazu nicht gespeichert wird. Die Wahrscheinlichkeiten bilden sich, wie im Beispiel der Beugung am Spalt, entsprechend die dem Schirmelektron überlagerten Wellen. Sie sind mittels der Wahrscheinlichkeitsamplituden berechenbar. Beim Doppelspalt-Experiment mit Elektronen gilt die Betrachtung analog.

3.3.1 Zusammenfassung zum Doppelspalt-Experiment

Das Doppelspalt-Experiment ist im letzten Kapitel damit erklärt worden, dass die Orte eines Photons bzw. Elektrons entlang der 4. Dimension, der w -Achse, voneinander ab-

weichen. Während ein Teilchen bei kleineren w -Werten durch den linken Spalt fliegt, kann es gleichzeitig bei größeren w -Werten durch den rechten Spalt fliegen. Da das Teilchen eine Einheit bleibt (man könnte auch von Energiequant sprechen), wird es sich endgültig für einen Spalt „entscheiden“, es kann nicht um beide Spalte „gewickelt“ bleiben. Die Anteile, welche durch einen Spalt flogen, setzen sich aus zufällig ergebenen energetischen Gründen durch und ziehen die restlichen Anteile nach. Die nachgezogenen Anteile fliegen somit wieder rückwärts durch den „falschen“ Spalt und anschließend vorwärts durch den „richtigen“ Spalt. Hinterher mess- und feststellbar ist davon nur das angeregte Schirmelektron, welches den „einen“ Spalt verwendet zu haben scheint.

Wäre jedoch der endgültig nicht verwendete Spalt verschlossen gewesen, wäre das Ergebnis ein ganz anderes, zumal zuerst beide Spalte verwendet wurden, sich dann durch Interferenzen der den Schirmelektronen überlagerten Wellen wahrscheinlichkeitsmäßig für ein Schirmelektron „entschieden“ wurde und das Teilchen erst anschließend scheinbar nur einen Spalt verwendete.

Die Interferenzen zwischen den Teilchenanteilen der beiden Spalte werden mittels der den Schirmelektronen bzw. Schirmatomen überlagerten Anregungswellen erzeugt. Das am stärksten angeregte Schirmelektron hat die höchste Wahrscheinlichkeit sich durchzusetzen.

keit sich durchzusetzen.

Mit Hilfe dieser Arbeitshypothese lässt sich das Doppelspalt-Experiment erklären. Das gleiche Experiment mit Elektronen lässt sich analog erklären, es muss nur die geschwindigkeitsabhängige Phasendifferenz berücksichtigt werden.

4 Polarisationsfilter

In Abbildung 4.1 ist ein Vektordiagramm zur Polarisation dargestellt:

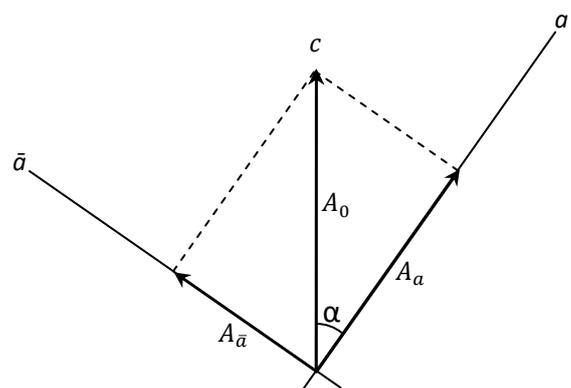


Abbildung 4.1: Polarisation

Ein in c -Richtung linear polarisiertes Photon trifft auf einem um den Winkel α dazu verdrehtes Polarisationsfilter. Dieses lässt in a -Richtung polarisiertes Licht zu 100% durch, in \bar{a} -Richtung polarisiertes Licht wird absorbiert. Messungen ergeben, dass für die Wahrscheinlichkeit P_a für ein in c -Richtung polarisiertes Photon transmittiert zu werden entsprechend dem Gesetz von Malus gilt:

$$P_a = \cos^2 \alpha$$

Gleichung 4.1: Gesetz von Malus

Die Wahrscheinlichkeit $P_{\bar{a}}$ absorbiert zu werden beträgt entsprechend:

$$P_{\bar{a}} = \sin^2 \alpha$$

Bei einem Lichtstrahl (viele Photonen) lässt sich dieser Zusammenhang durch eine Aufteilung des Feldes E in zwei rechtwinkligen Komponenten erklären, wobei die Intensität I proportional zum Quadrat des elektrischen Feldes E ist:

$$I_a \sim E_a^2 = E_0^2 \cdot \cos^2 \alpha$$

Erklärt wird die Winkelabhängigkeit bei z.B. einem Kunststoffpolarisator durch schwingende Elektronen, die nur in einer Richtung frei schwingen können und die Feldkomponenten dieser Richtung absorbieren.

Bei Einzelphotonen gilt das Gesetz von Malus immer noch für die Wahrscheinlichkeit des Transmittierens / Absorbierens der einzelnen Photonen. Hier versagt die Erklärung mit den Feldkomponenten, da das Photon als Ganzes entweder absorbiert oder transmittiert wird, nur die Wahrscheinlichkeit ist winkelabhängig.

Innerhalb der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen ergibt sich auch für den Fall der Einzelphotonen ein Erklärungsmodell. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ausdehnung des Photons und auch die Ausdehnung des Polarisators, hier insbesondere des ggf. absorbierenden Elektrons e_0 , in w -Richtung sehr groß sind. Die relevanten Flugstrecken betragen nur einen Bruchteil der Ausdehnung in der 4. Dimension.

Wie beim Doppelspalt-Experiment wird die Reaktion, Absorption bzw. Transmission, des Elektrons e_0 in verschiedenen Bereichen von w (eher oben, eher unten, ...) zunächst nicht identisch sein und auch nicht gleichzeitig erfolgen. Das Photon wird entlang w irgendwie wabernd verlaufen. Am Schluss, wenn die „Messung“ abgeschlossen ist, muss sich jedoch einer der beiden Zustände, absorbiert oder transmittiert, durchgesetzt haben.

Wenn in einer bestimmten w -Höhe ein polarisierter Photon-Teil auf einem Elektron-Teil des Polarisators trifft, wird es an diesem eine Welle anregen und überlagern. Hier wird davon ausgegangen, dass das Photon in der Richtung a , in der das Elektron nicht frei beweglich ist, an diesem eine überlagerte Welle anregen wird, welche die Materiewelle des Elektrons in sich schwingen lässt. Mit dieser Schwingung kann das Elektron das Photon aufnehmen und wieder als Photon abgeben. Das abgegebene Photon wird dann, so wird hier angenommen, in a -Richtung polarisiert sein. In der Richtung \bar{a} , in der das Elektron wohl frei beweglich ist, wird das Photon das gesamte Elektron zum Schwingen im Atomaufbau anregen und diesem eine Welle überlagern.

Diese Elektron-Schwingung kann das Photon aufnehmen und die Energie als Wärme abgeben.

In den unterschiedlichen w -Höhen wird das Photon nicht überall dasselbe Elektron treffen und auch nicht dieselbe Schwingungsart anregen. Vielmehr werden sich bei den einzelnen getroffenen Elektron-Teilen der Materiewelle überlagerte Schwingungen in a -Richtung ausbreiten, die untereinander interferieren und unabhängig davon Schwingungen des Elektrons selber in \bar{a} -Richtung, die auch untereinander interferieren.

Wie in Kapitel 3.2 „Beugung am Einfachspalt“ werden die Anregungsamplituden proportional zur Wurzel der Photon-Anteile sein. Sie werden sich hier jedoch vektoriell auf die beiden Schwingungsarten aufteilen:

$$|A_{a,i}| = \cos \alpha \cdot \sqrt{P_{A,i}} \quad |A_{\bar{a},i}| = \sin \alpha \cdot \sqrt{P_{A,i}}$$

Die Anteile $A_{a,i}$ werden zunächst den ankommenden Photon-Teil aufnehmen und, falls sie sich durchsetzen, als in a -Richtung polarisierte Photon-Teile abgeben. Die Anteile $A_{\bar{a},i}$ werden ebenso zunächst den ankommenden Photon-Teil aufnehmen, diesen jedoch in Elektron / Atom – Schwingungen umsetzen, die sich in Wärme umwandeln. Da das Photon eine Einheit bleibt, wird endgültig entweder das gesamte Photon aufgenommen und die Energie als in a -Richtung polarisiertes Photon abgegeben oder die Gesamtenergie wird in Elektron / Atom – Schwingungen umgesetzt und in Wärme umgewandelt. Bei Abschluss der Messung wird das detektierende Schirmelektron ein transmittiertes Photon detektieren oder eben nicht, da es absorbiert wurde.

Wie bei der Beugung am Einfachspalt wird die Wahrscheinlichkeit P_a , dass das Photon transmittiert wird, proportional zur Anregungsenergie der überlagerten Welle sein und gemäß Gleichung 3.3 gelten:

$$P_a \sim E_a \sim |A_a|^2 = \left| \sum A_{a,i} \right|^2$$

Da die Photon-Teile effektiv gleichphasig sein werden und die Phase daher nicht berücksichtigt zu werden braucht, gilt bei entsprechender Normierung:

$$P_a = \cos^2 \alpha \quad \text{und} \quad P_{\bar{a}} = \sin^2 \alpha,$$

in Übereinstimmung mit dem Gesetz von Malus.

5 Eine realistisch, lokale Theorie

Durch das Schlängeln der Teilchen entlang der w -Achse haben die Teilchen auf verschiedene w -Höhen einen unterschiedlichen Impuls und einen unterschiedlichen Ort. Dadurch wirkt der Ort des Teilchens wie durch eine Wahrscheinlichkeit gegeben, er ist jedoch real gegeben, als Funktion von der w -Koordinate und der Zeit t : $x(w,t)$, $y(w,t)$ und $z(w,t)$. Da sich die Wellen, und damit auch die Informationen, gemäß dieser Theorie mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, ist diese Theorie auch lokal. Es kommt keine „spukhafte Fernwirkung“ vor.

Die Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen ist damit eine **lokale, realistische Theorie**. Auch das EPR-

Paradoxon lässt sich, zwar nicht in der Kürze dieses Manuskripts, jedoch mit dieser Theorie, erklären.

Die Möglichkeit einer lokalen, realistischen Theorie als Erklärung der quantentheoretischen Effekte wird von der etablierten Physik mittels der bellschen Ungleichung als bewiesenermaßen unmöglich angesehen, siehe „Die Verletzung von Bell’schen Ungleichungen“, Seite 809, in (M.Bartelmann 2015). Die Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen stellt damit ein **Schlupfloch im bellschen Theorem** dar. Bei den Überlegungen zur bellschen Ungleichung ist übersehen worden, dass das endgültige Messergebnis das Resultat einer Hin- und Her-Entscheidung parallel vorliegender Möglichkeiten sein könnte. Diese Theorie erinnert an die Viele-Welten-Interpretation, jedoch mit dem bedeutenden Unterschied, dass sich hier nichts vervielfacht. Das Teilchen existiert real, in verschiedenen w -Höhen mit leichten Unterschieden, bleibt aber ein einzelnes, 4-dimensionales Teilchen mit definierter Energie. Innerhalb der grob geschätzten Länge einer Lichtsekunde der Teilchen in w -Richtung gibt es i.allg. viele Entscheidungen, die auch wieder zurückgenommen werden können. Auf diese hierarchische Struktur der Entscheidungen wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

6 Gesamtbild / Schrödingers Katze

Komplexere Abläufe innerhalb der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen werden hier am Beispiel von Schrödingers Katze analysiert. In einem abgeschlossenen Raum befindet sich die Katze und eine Maschinerie, die in Abhängigkeit eines zufälligen, radioaktiven Zerfalls ein Gift freisetzt und die Katze tötet, oder alternativ das Gift nicht freisetzt und die Katze lebend lässt. In Abbildung 6.1 ist der tödliche Fall als Film dargestellt. (Die Ursprungs-Abbildungen wurden aus der Wikipedia (Wikipedia "Schrödingers Katze" 2015) übernommen und angepasst.) Es wird hier vereinfacht von einem einheitlichen Nullzustand N_0 ausgegangen. Die Gedanken der Katze wechseln von N_0 nach Z_1 , z.B. „Was passiert da?“, und bei Z_2 ist sie tot.

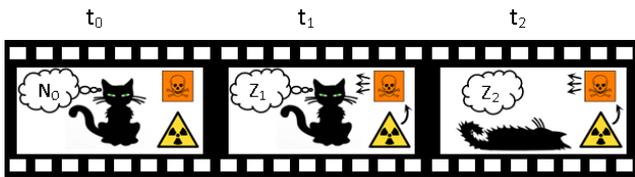


Abbildung 6.1: Sterbende Katze

In Abbildung 6.2 ist der „Lebend-Fall“ als Film dargestellt, die Katze startet im gleichen Nullzustand N_0 . Der radioaktive Zerfall findet nicht statt, es wird kein Gift freigesetzt und die Katze macht sich ihre Gedanken von A_1 bis A_6 .

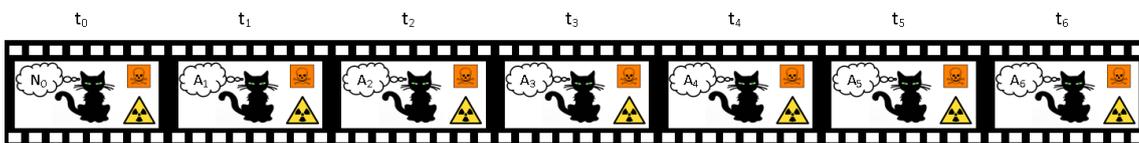


Abbildung 6.2: Lebende Katze

Da auch die Katze eine Ausdehnung in der 4. Dimension w in der Größenordnung einer Lichtsekunde hat, kann der Zustand bei kleineren w -Werten vom Zustand bei größeren w -Werten abweichen. Dargestellt ist das in Abbildung 6.3.

Zur Zeit t_0 ist der zur Vereinfachung angenommene, für alle w -Werte gleiche, Zustand N_0 . Zur Zeit t_2 ist die Katze unten, bei w_0 , bereits tot, oben, bei w_4 , jedoch im Zustand A_2 lebendig. Hier liegt somit eine reale 4-dimensionale Überlagerung der 3-dimensionalen Zustände „tot“ und „lebendig“ vor.

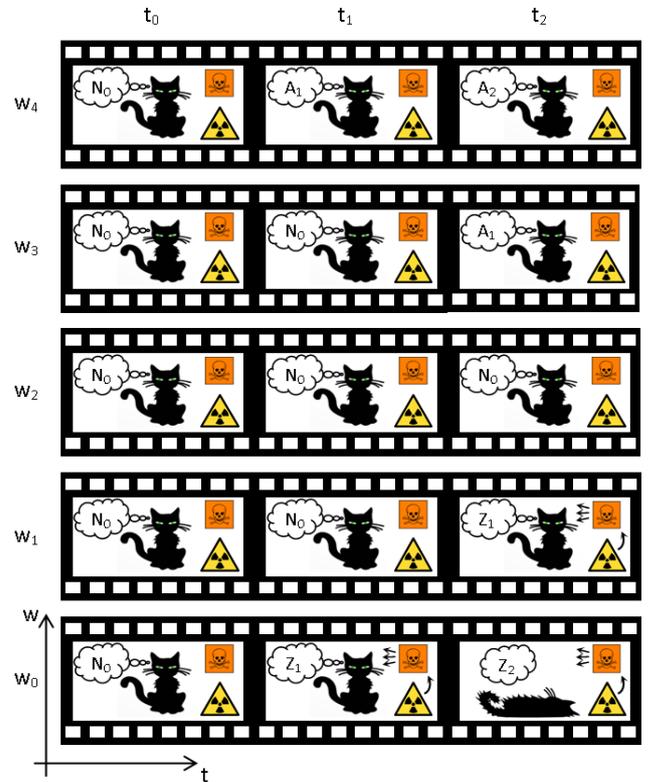
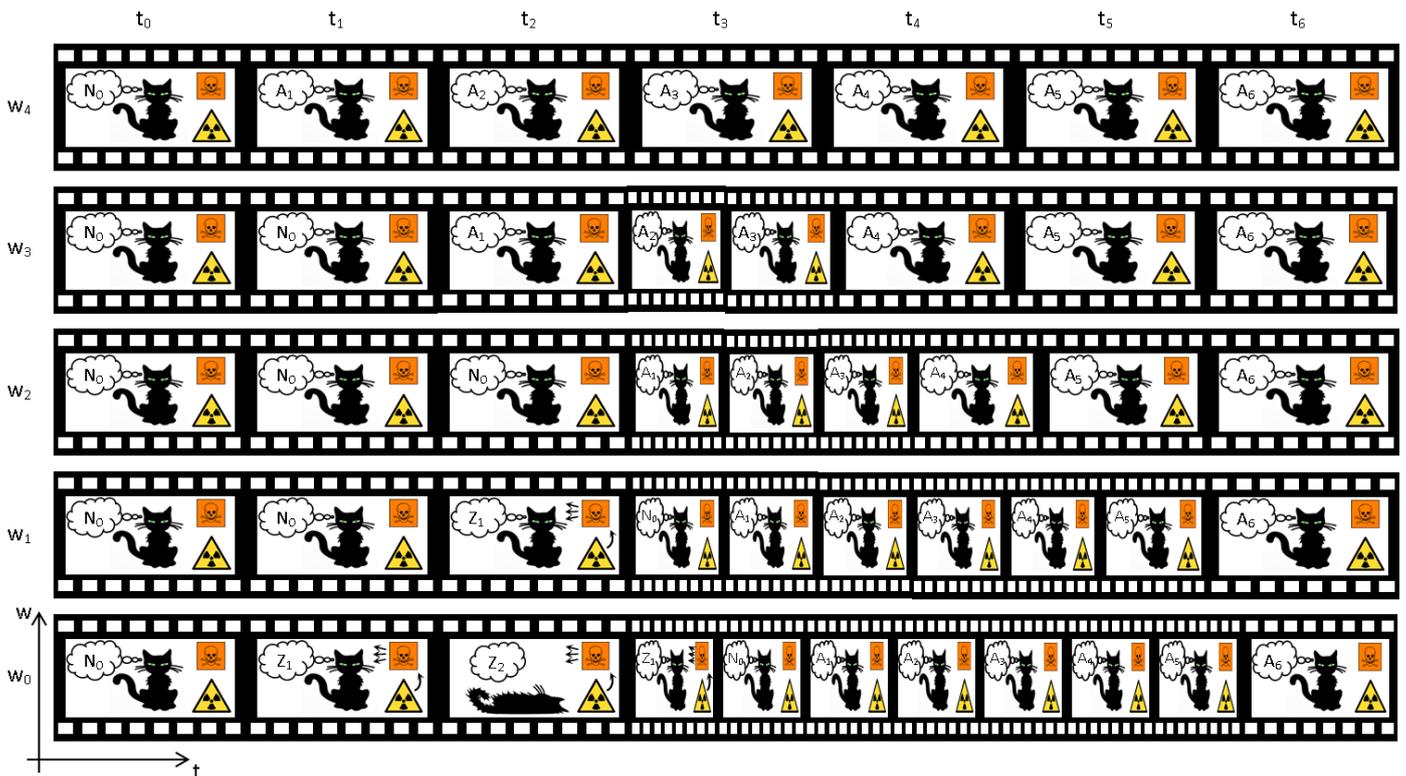


Abbildung 6.3: Schrödingers Katze, tot und lebend

In der Höhe w_1 findet der Zerfall etwas später, zur Zeit t_2 , statt. In der Höhe w_3 macht sich die Katze die Gedanken A_1 etwas später. In der Höhe w_2 findet zunächst beides nicht statt. Zu beachten ist: zur Zeit t_2 besteht entlang der w -Achse von w_4 bis w_0 das Sterben der Katze als kontinuierlicher, realer Film; in der Abbildung ist das stark vereinfacht dargestellt. Von mittlerer Höhe w_2 aus, ist der Film des Sterbens von $N_0...Z_2$ nach unten und des Lebens von $N_0...A_2$ nach oben, wo sich die Katze lebend Gedanken macht. Diese Zustände sind gleichzeitig (Zeit t_2), real vorhanden, nur noch nicht endgültig, da die „Messung“ noch nicht abgeschlossen ist. Die Teilchen der Katze müssen als Ganzes erhalten bleiben und können nicht beliebig weit auseinander driften. Ein Zustand, im Beispiel der „lebend“-Zustand, wird sich durchsetzen, bei den anderen Zuständen wird der „Film“ rückwärts laufen, und sie werden dann nachgezogen. Dies ist in Abbildung 6.4 dargestellt.

So, wie im Doppelspalt-Experiment das Photon nachgezogen wird, werden hier alle Einzelteilchen der Katze nachgezogen. Es gibt dabei unzählig viele Zwischenzustände und Entscheidungen, die genau in der

Es gibt dabei unzählig viele Zwischenzustände und Entscheidungen, die genau in der



richtigen Reihenfolge – wie der Film rückwärts – nachgezogen werden. Der Film läuft rückwärts, indem sich durchsetzende Zustände entlang der w -Achse ausbreiten. Zur Zeit t_6 haben, hier vereinfacht dargestellt, alle Katzenteile entlang der w -Achse den selben Gedanken A_6 und die selbe Erinnerung $N_0 \dots A_5$. Demnach wissen und merken sie nicht, welchen Weg sie genommen hatten. Der „tot“-Weg ist im Gedächtnis und in der Apparatur ausgelöscht. Es ist nicht relevant, ob das Gedächtnis schnell oder langsam gesetzt wurde. Zu jeder Zeit in jeder Höhe, also bei jedem Einzelbild, hat die Katze eine in sich schlüssige Erinnerung. Die rückwärts gelaufenen Abschnitte existieren für die Katze scheinbar nicht. Im realen Fall finden bei diesem Vorgang sehr viele Quantenschritte statt. Aufholphasen und Durchsetzungsphasen werden sich abwechseln und auch innerhalb der w -Achse verteilt sein.

Wie ein aktueller Zustand entstanden ist, d.h., wie das Gedächtnis gesetzt und die Umgebung gebildet wurde, ist nicht relevant. Ob dies vorwärts, rückwärts, schnell oder langsam von statten ging, ist nicht merkbar. Nur in künstlich konstruierten Sonderfällen, wie im EPR-Paradoxon mit Hilfe der bellschen Ungleichung, ist feststellbar, dass scheinbar logisch etwas nicht ganz stimmt.

7 Zusammenfassung und Vergleich zur etablierten Physik

Im vorigen Manuskript (Rolf, Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen Kurzfassung; 2013) ist ein Modell des Raumes und der Materie aufgebaut, mit dem die relativistischen Effekte erklärt und berechnet werden können. Es ist eine alternative Betrachtungsweise der bekannten physikalischen Phänomene, die dabei der Anschauung als Mittel zum physikalischen Verständnis entgegen kommen sollte. Die 4-dimensionale Raumzeit der Relativitätstheorie wurde

Abbildung 6.4: Schrödingers Katze, Gesamtbild

dabei durch einen echt 4-dimensionalen und absoluten Raum und eine übergeordnete Weltzeit ersetzt.

Die logische Fortführung dieses Modells führt im hier vorliegenden Manuskript zur anschaulichen Erklärung quantentheoretischer Effekte, wie dem Doppelspalt-Experiment und Schrödingers Katze. Die beiden Theorie-Teile, zu den relativistischen und zu den quantentheoretischen Effekten, bilden eine Einheit. Mit dem Modell lassen sich die Effekte logisch, realistisch und lokal erklären, eine „spukhafte Fernwirkung“ gibt es nicht. Das Modell baut dabei auf eine konkrete und recht einfache Axiomatik auf.

In der etablierten Physik sind die Relativitätstheorie und die Quantentheorie hingegen zwei Theoriegebäude, die nicht sauber zusammen passen. Zusätzlich wird in der Quantentheorie davon ausgegangen, mit Hilfe der bellschen Ungleichung bewiesen zu haben, dass sie nicht realistisch, lokal erklärbar ist. Hier sollte ein Schlupfloch in diesem Beweis dargestellt sein.

Feynman schreibt zum Gesetz der Addition von Wahrscheinlichkeitsamplituden: „Niemand hat irgendeinen Mechanismus hinter dem Gesetz gefunden. ... Wir haben keine Vorstellung von einem grundlegenden Mechanismus, aus dem diese Resultate hergeleitet werden können.“ (Feynman 2007 Bd.3, Seite 13). Mit der hier vorgestellten Theorie ist ein solcher Mechanismus, ein Modell der Quantentheorie, dargestellt.

Mit diesem Modell ist das Doppelspalt-Experiment verständlich. Auch das gleichzeitige Vorkommen der toten und der lebendigen Katze von Schrödinger scheint anschaulich ohne weiteres möglich. Nur die Vorstellung eines Elektrons als vierdimensionaler Materiestrahl einer Länge in der Größenordnung einer Lichtsekunde und eines Durchmessers in der Größenordnung der Compton-Wellenlänge eines Elektrons (Verhältnis $\approx 1 \cdot 10^{20}$) ist zunächst ungewohnt. Die Vorstellung eines dünnen, parallelen Laserstrahls, der für 1 s

eingeschaltet war, ist dabei als Analogie hilfreich. Auch der Gedankengang der sich zurückziehenden Ereignisse ist, wenn auch nicht unlogisch, so doch gewöhnungsbedürftig. Damit ist das Messproblem – was zählt zur Messung, ist die Beobachtung wichtig? – gelöst. Eine einzelne Messung ist abgeschlossen, wenn sich der Messwert durchgesetzt hat, bzw. die Alternative so weit zurückgezogen wurde, dass sie sich nicht mehr durchsetzen kann.

Ein weiterer Aspekt, bei dem die Vorstellungen der etablierten Quantentheorie konkretisiert werden, betrifft den Ort und den Impuls der Teilchen. Es wird gesagt, die Teilchen haben eine bestimmte Aufenthaltswahrscheinlichkeit, sich an einem bestimmten Ort zu befinden. Gemäß der Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen befindet sich ein Teilchen in jeder w-Höhe des Teilchens an einem bestimmten (x,y,z)-Ort, nur nicht in jeder w-Höhe am selben Ort. Bei einer Messung wirkt der Ort des in w-Richtung langen Teilchens, wie durch eine Wahrscheinlichkeit gegeben. Diese Theorie erinnert an die Viele-Welten-Interpretation, jedoch mit dem bedeutenden Unterschied, dass sich hier nichts vervielfacht. Das Teilchen existiert real, in verschiedenen w-Höhen mit leichten Unterschieden, bleibt aber ein einzelnes, 4-dimensionales Teilchen mit definierter Energie.

Die beiden Theorien zusammen, Theorie / Quantentheorie der 4-dimensionalen Materiewellen, zeigen eine neue Sichtweise auf Raum und Zeit. Einsteins 4-dimensionale, relativistische und gekrümmte Raumzeit wird durch einen echten 4-dimensionalen, absoluten und euklidischen Raum und einer Weltzeit abgelöst, wobei alle Teilchen immer mit Lichtgeschwindigkeit fliegen. Durch die Ähnlichkeit der beiden Bewegungen, im Raum-Zeit-Kontinuum / im 4-D-Raum, ergeben sich die relativistischen Effekte nahezu identisch. Die lange Ausdehnung in der 4. Dimension verursacht die quantentheoretischen Effekte.

8 Literaturliste

Feynman, R. *Feynman-Vorlesungen über Physik Bd.3 Quantenmechanik*. 2007 Bd.3.
M.Bartelmann. *Theoretische Physik*. Springer Spektrum, 2015.
Rolf, Randolph. „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen.“ 2. Auflage, 2013.
Rolf, Randolph. „Theorie der 4-dimensionalen Materiewellen.“ <http://vixra.org/abs/1505.0223>, Kurzfassung; 2013.
Wikipedia "Schrödingers Katze". 3. Januar 2015. (Zugriff am 3. Januar 2015).

Der Autor

Randolf Rolf: Nach dem Studium in Elektrotechnik entwickelte er zunächst Regelung und Antrieb für magnetisch gelagerte Turbomolekularpumpen bei der Leybold-Heraeus GmbH. Anschließend und bis jetzt arbeitet er in der Elektronik-Entwicklung bei der INFICON GmbH und entwickelt Hard- und Software für Lecksuchgeräte. Er ist an mehreren Patenten und Patentanmeldungen beteiligt.

© 2016 Randolph Rolf
Clemensstraße 30
50169 Kerpen
Deutschland

Email siehe@Bild.unten:



Alle Rechte vorbehalten.
Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt.