

Bernstein

Elektronen sind die wohl bekanntesten Elementarteilchen.

Der Name kommt vom griechischen „elektron“ und bedeutet Bernstein.

Bernstein ist eine goldgelbe organische Substanz aus dem fossilen Harz ausgestorbener Nadelbäume.

Bernstein wurde somit zum Namensgeber für die Elektrizität.

Bernstein



Bernstein



Elektrizität

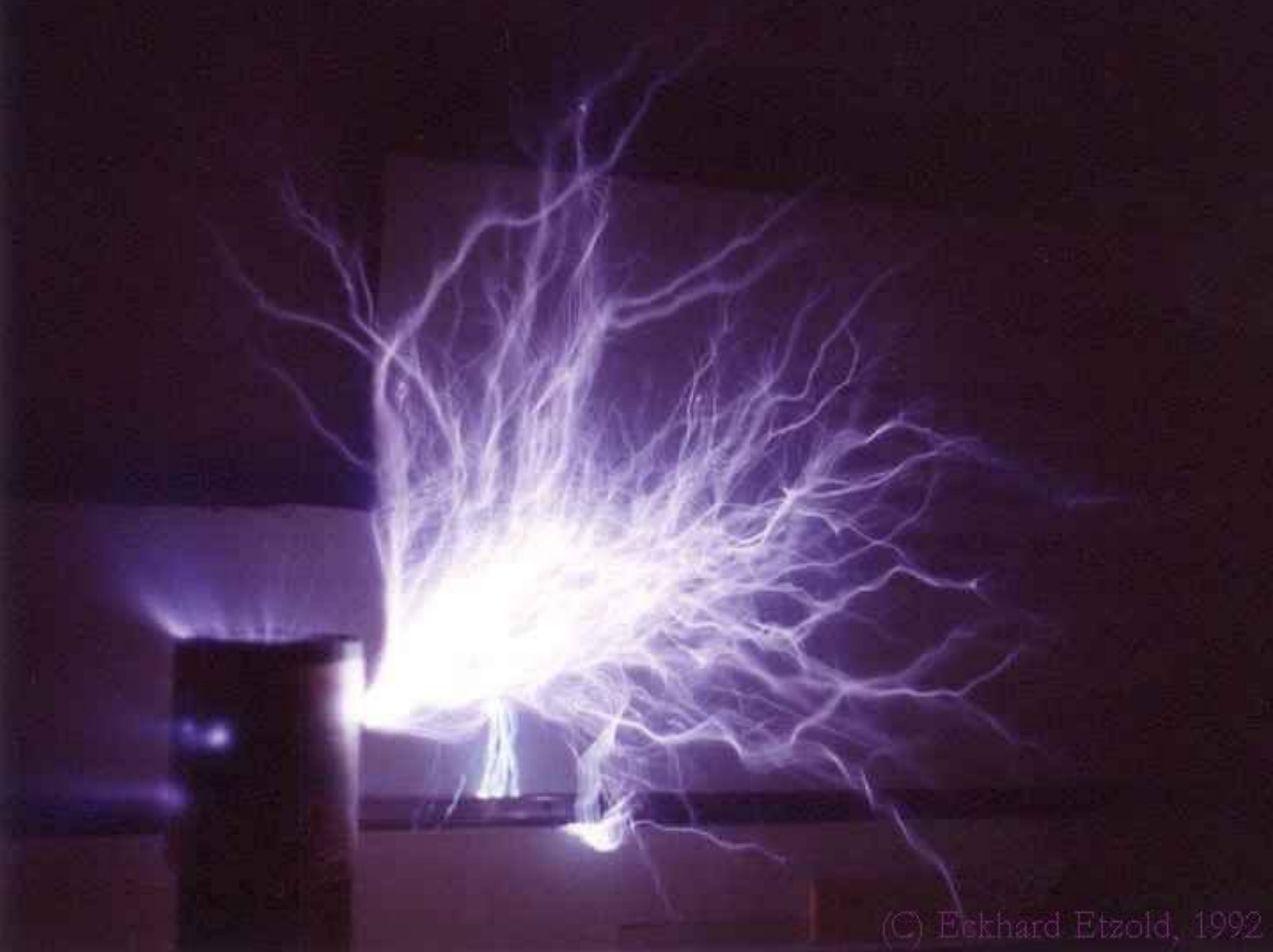


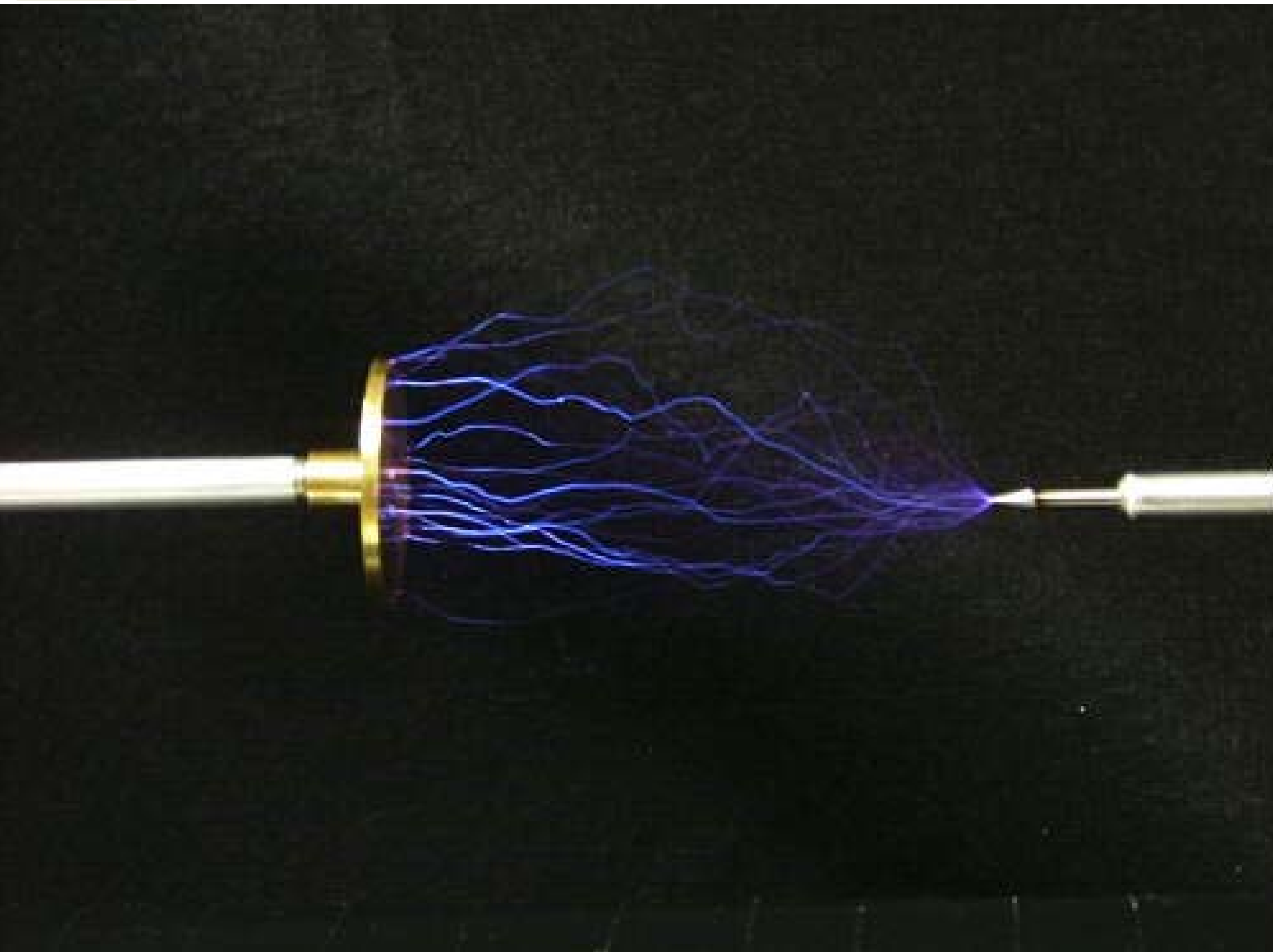




Foto: R. Alheit







Elektrizität

Bereits etwa 600 vor Beginn unserer Zeitrechnung machte der griechische Philosoph und Mathematiker Thales von Milet (ca. 625 - 546 v.B.d.Z.) eine erstaunliche Entdeckung:

Reibt man Bernstein an einem Tierfell, so bleiben kleine leichte Gegenstände wie Federn oder Strohstückchen am Stein haften - erklären konnte er dieses Phänomen jedoch nicht ...



www.ey-cool.de

Hochspannung



Bandgenerator 200.000 Volt



Stromnetz in Deutschland



1,6 Millionen Kilometer
570.000 Transformatoren



Ladungstransport

Elektron als Ladungstransporteur

Jedes Elektron ist negativ geladen. Es ist Träger der kleinsten Ladungsmenge, der sogenannten Elementarladung (Q).

Die Ladungsmenge wird in Coulomb gemessen (C).

Die Elementarladung eines Elektrons beträgt

$$Q = 0,0000000000000000000000016 \text{ C.}$$

An elektrischen Vorgängen sind daher immer sehr viele Elektronen beteiligt.

Elektron

Im Jahr 1874, also noch vor der Entdeckung des Elektrons, legte George Johnstone Stoney (1826 - 1911) eine Theorie über das "Atom der Elektrizität" vor.

Zusammen mit dem deutschen Physiker Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) gab er diesem Atom den Namen **Elektron**.

Das Elektron wurde 1897 von Sir Joseph John Thomson (1856-1940) entdeckt, als er so genannte "Kathodenstrahlen" untersuchte.

Elektronen

Ohne ihr Flitzen durch Bohrmaschinen und Mikrowellenherde, wäre unser heutiges Leben unvorstellbar.

Die Teilchen gelten als unteilbar, sind elektrisch negativ geladen und ein wahres Fliegengewicht: In einem Pfund Schwarzbrot finden sich gerade einmal ein Achtel Gramm Elektronen.

Lebensdauer und Zerfall

Der Zerfall eines Elektrons in ein anderes Teilchen wurde bisher nicht beobachtet. Es ist anscheinend stabil.

Abstoßung

Elektronen mögen sich nicht:

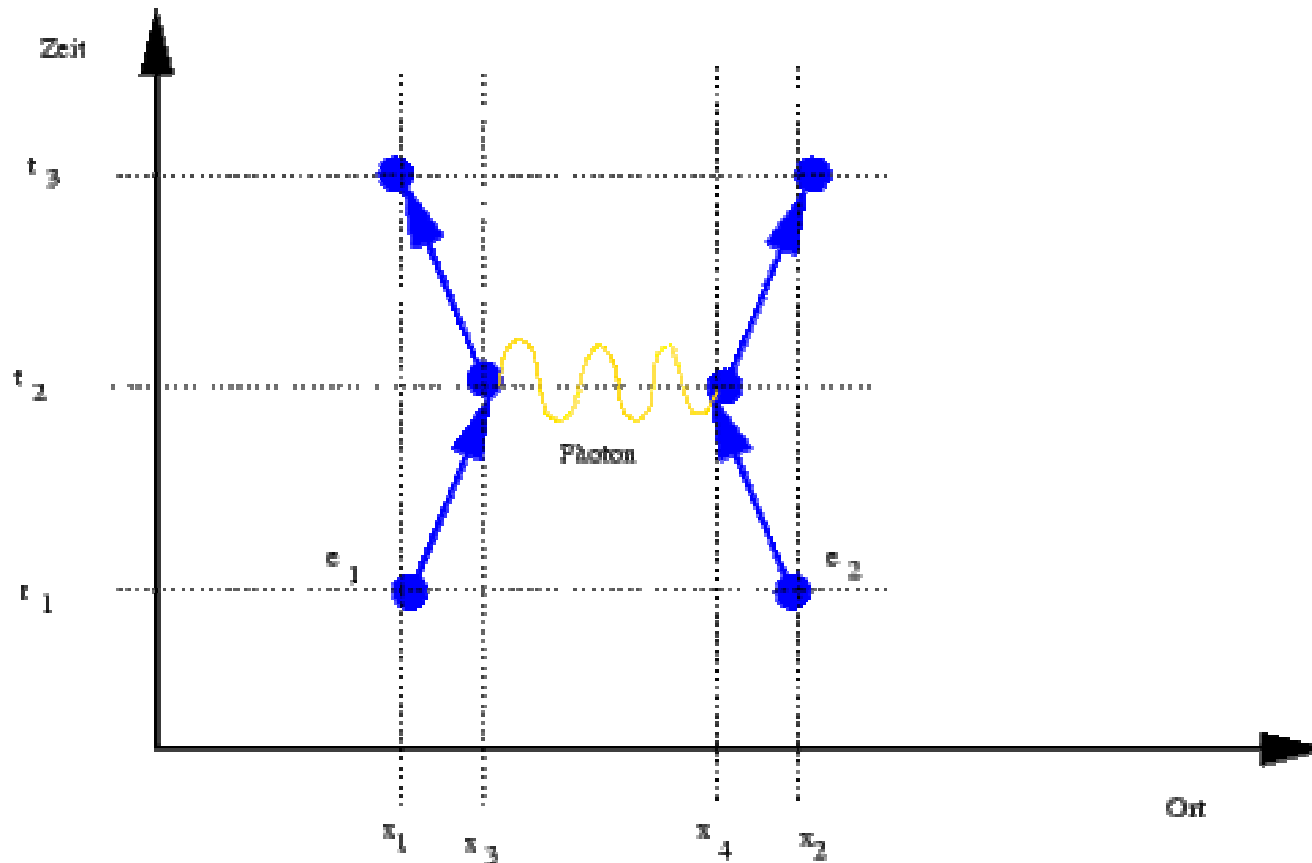
Sie stoßen sich ab.

Was jedoch passiert, wenn sich zwei Elektronen zu nahe kommen?

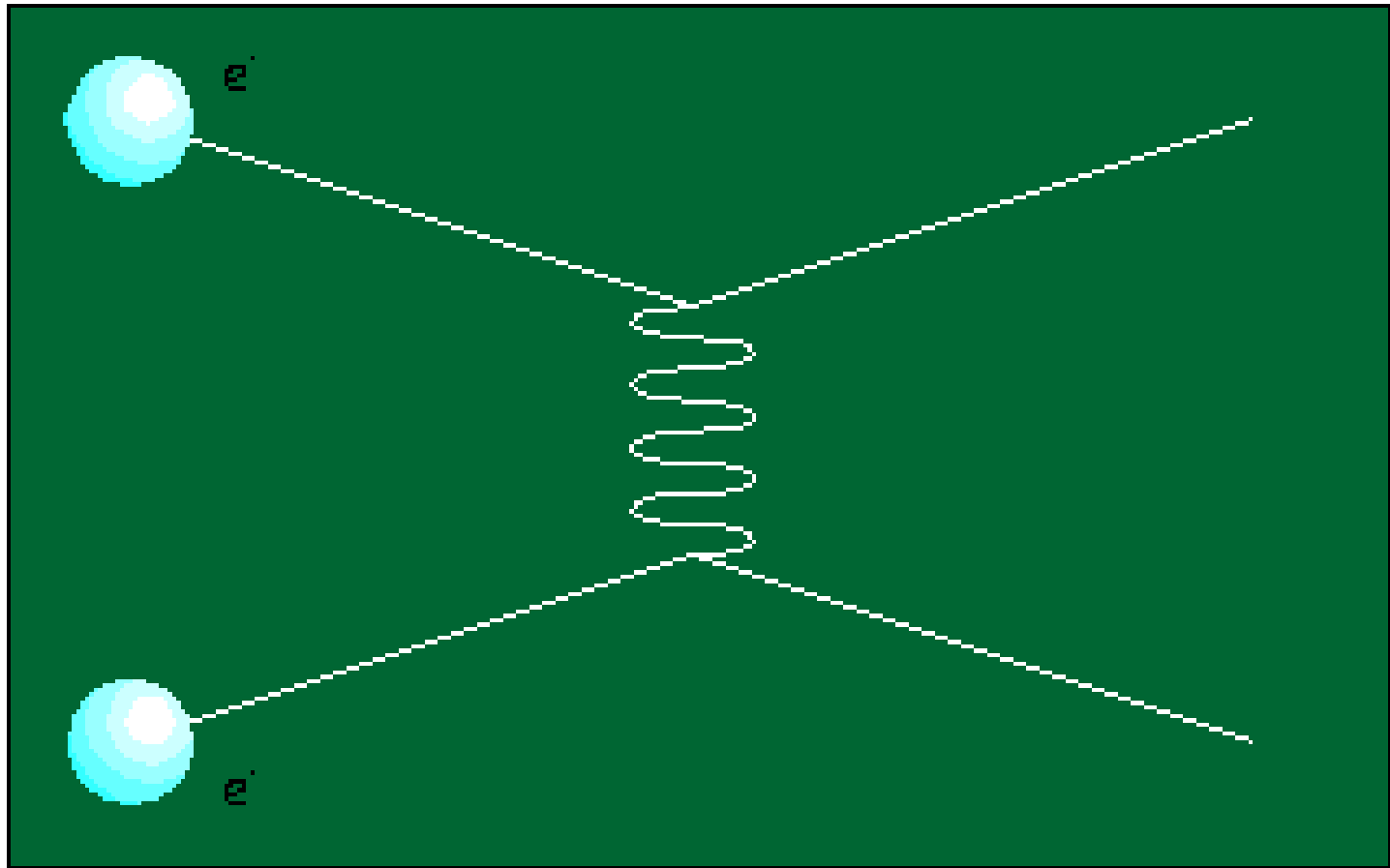
In der Physik spricht man von Wechselwirkungen der beiden Teilchen.

Eine Veranschaulichung dieser WW sind die Feynman-Diagramme.

Abstoßung zweier Elektronen



Abstoßung zweier Elektronen



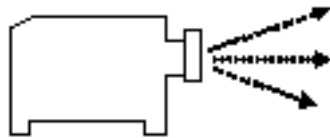
Merkwürdige Wesen

Elektronen können auf mehreren Hochzeiten tanzen.

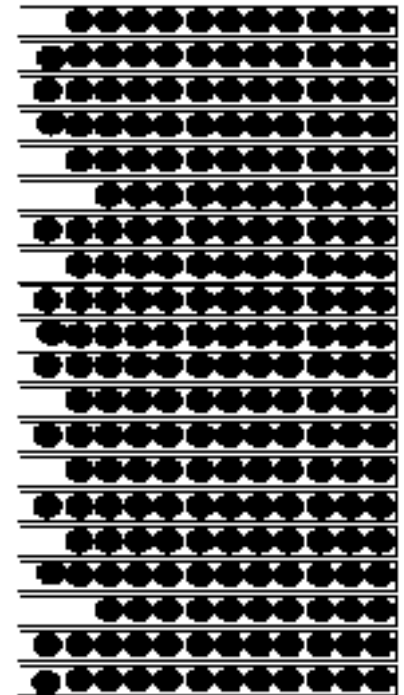
Nach den Gleichungen der Quantentheorie befinden sich die Teilchen schon mal an mehreren Orten zugleich - zumindest, solange man nicht genau hinsieht.

Elektronenkanone

Eine 'Kanone' schießt Elektronen auf eine Reihe von Detektoren. Die registrierten Elektronen werden in den Detektoren als schwarze Kugeln gezeichnet.



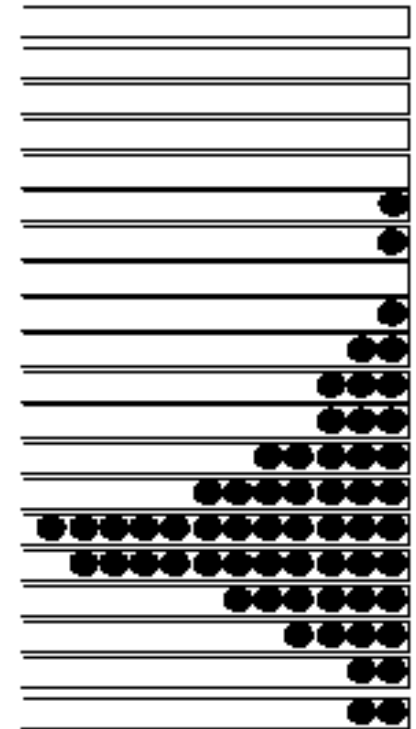
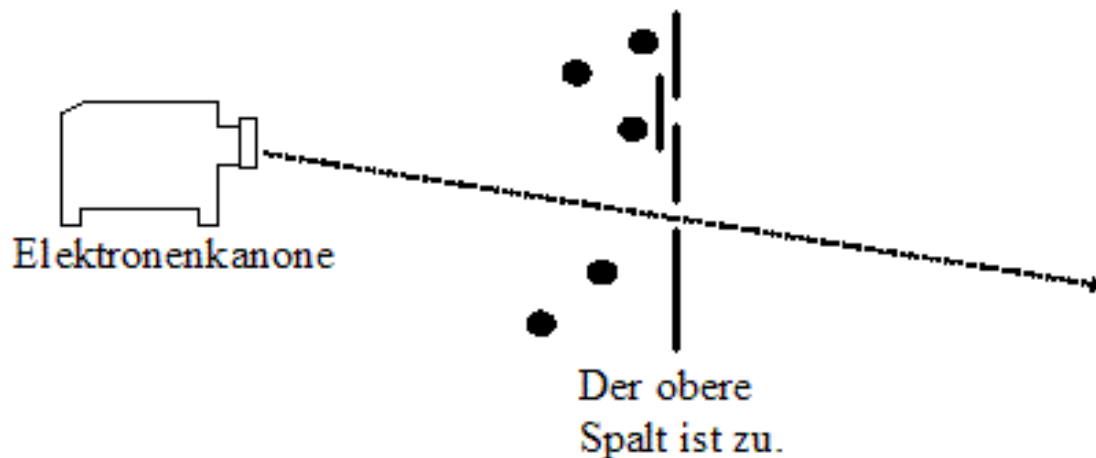
Elektronenkanone



Viele Elektronendetektoren nebeneinander. Die Elektronen sind als schwarze Kugeln gezeichnet.

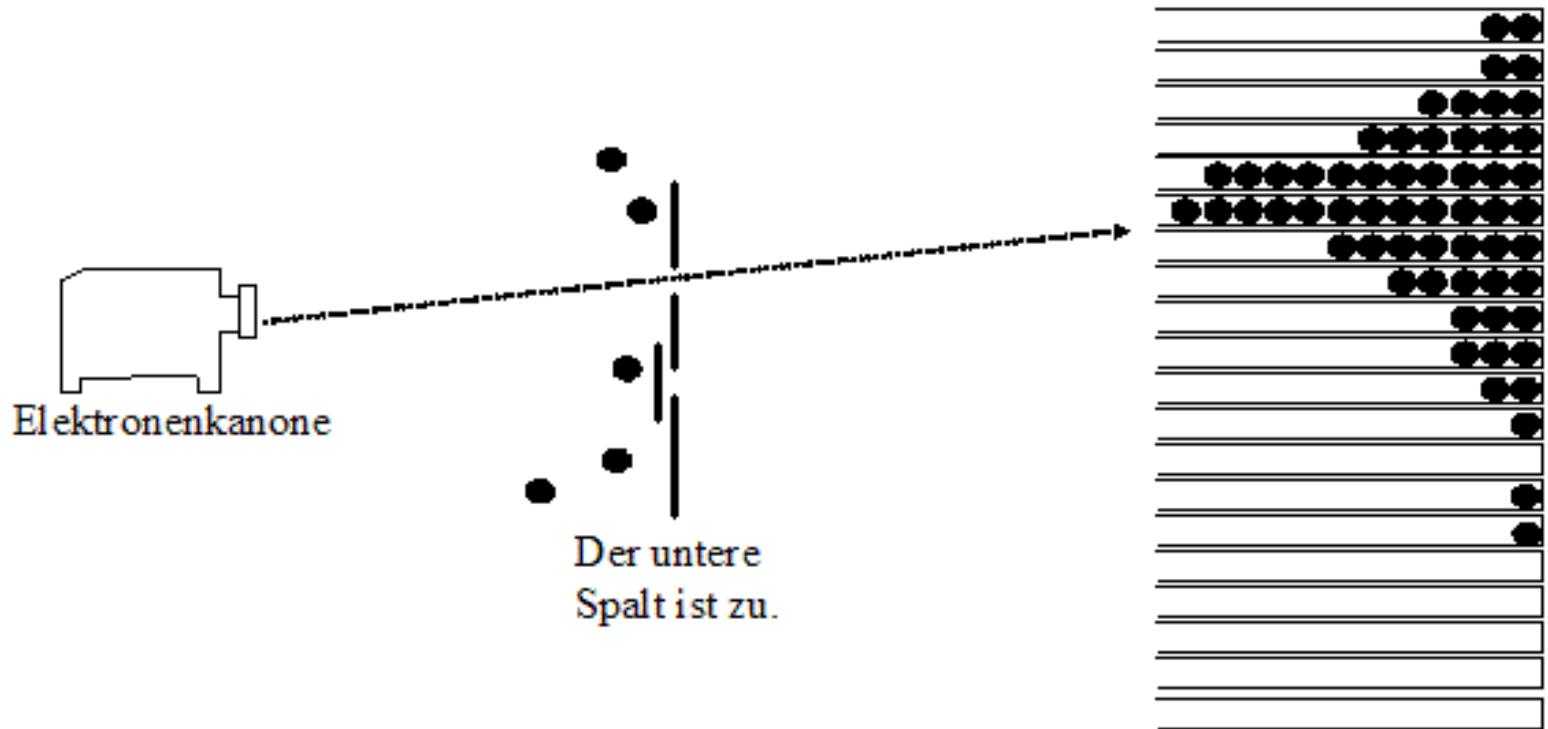
Doppelspalt unten

Zwischen die Kanone und den Detektoren stellen wir eine Wand mit zwei Löchern (Doppelspalt), wobei wir den oberen Spalt schliessen.



Die Elektronen sammeln sich in den Detektoren hinter dem offenen Spalt.

Doppelspalt oben



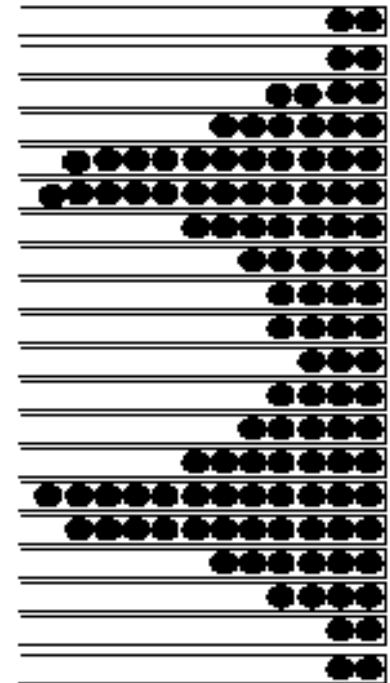
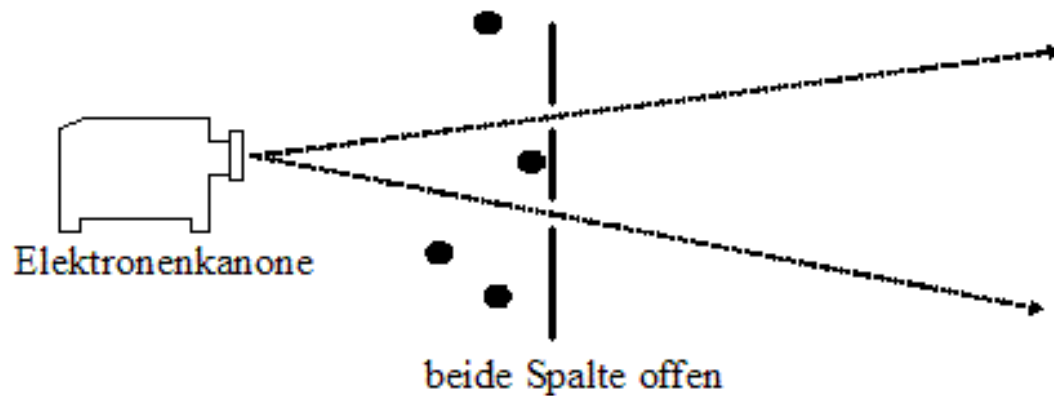
Elektronenkanone

Der untere
Spalt ist zu.

Die Elektronen
sammeln sich in den
Detektoren hinter
dem offenen Spalt.

Doppelspalt beide

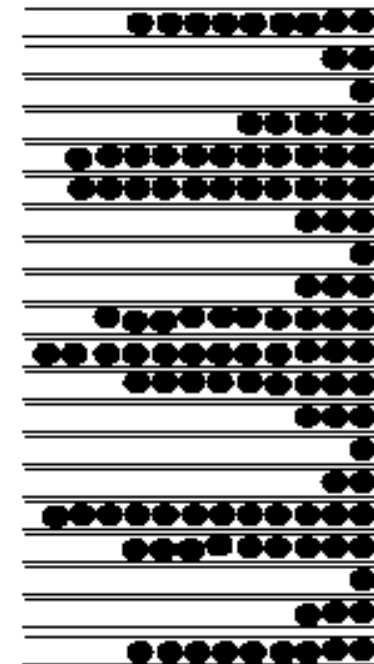
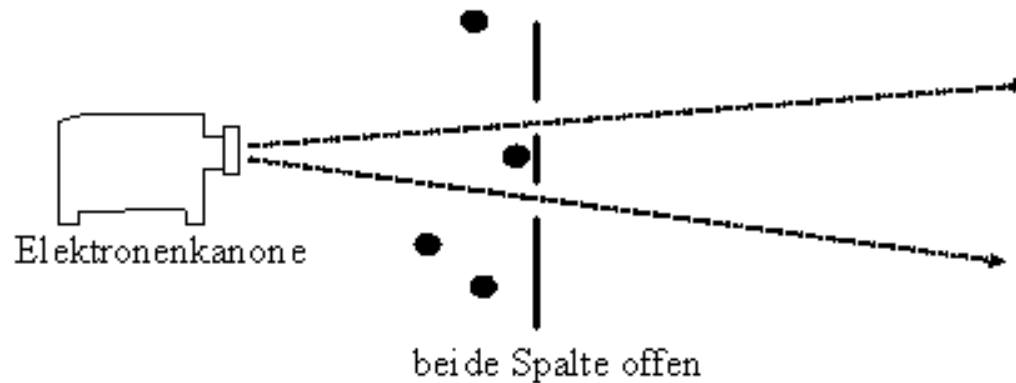
Was wir erwarten würden, wenn beide Spalte offen sind.



Was wir erwarten würden.

Doppelspalt Ergebnis

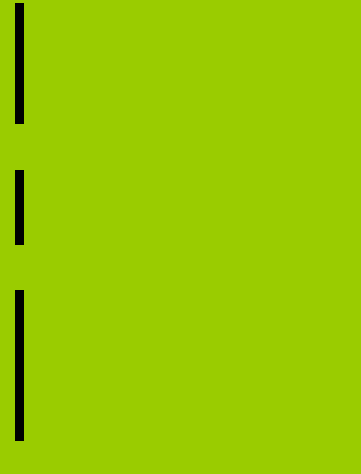
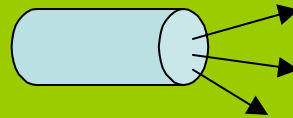
Was tatsächlich geschieht, wenn beide Spalte offen sind. Die Elektronen sammeln sich nicht mehr direkt hinter den Löchern, sondern zum Teil an Orten, an die fast nie ein Elektron hingelangt, wenn nur ein Spalt offen ist (egal welcher). Umgekehrt finden sich hinter den Spalten plötzlich praktisch keine Elektronen mehr. Das zusätzliche Loch behindert also manche Wege mehr, als ein Verschluss vor dem Spalt.



Was tatsächlich geschieht.

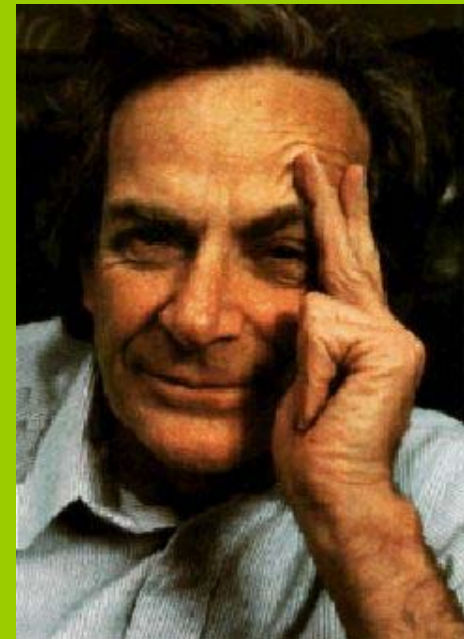
Feynman: „Elektronen verhalten sich in gewisser Hinsicht genauso wie Elektronen; sie sind beide verrückt, aber beide in exakt derselben Weise!“

Doppelspaltversuch



„Wir können das Geheimnis (dieses Versuchs) nicht aufdecken, indem wir „erklären“ wie es funktioniert. Wir können nur berichten wie es funktioniert, und indem wir dies tun, erörtern wir die grundlegenden Eigentümlichkeiten der ganzen Quantenmechanik.“

Richard Feynman (1918 - 1988)



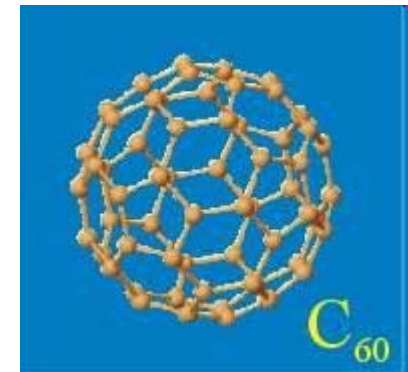
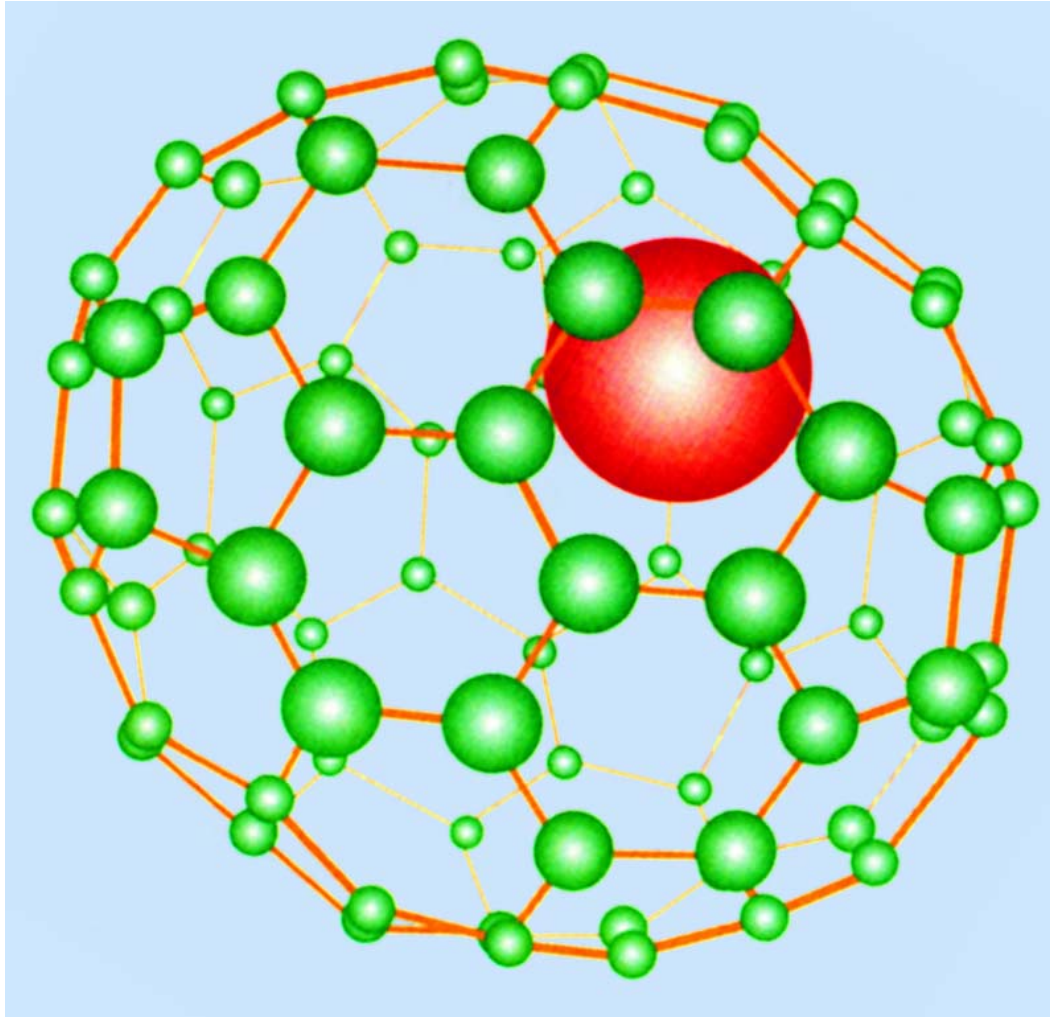


Aus: The New Yorker Magazin

Doppelspalt mit Kugeln



Fußball oder Cluster



Doppelspalt

Was passiert aber, wenn wir einzelne Elektronen nacheinander durch diese Versuchsanordnung schicken?

Klar, das Elektron fliegt entweder durch den oberen Spalt oder durch den unteren. Dann gibt es einen hellen Fleck dort auf dem Schirm, wo das Elektron auftrifft.

Das nächste Elektron sorgt für den nächsten hellen Fleck, und so weiter.

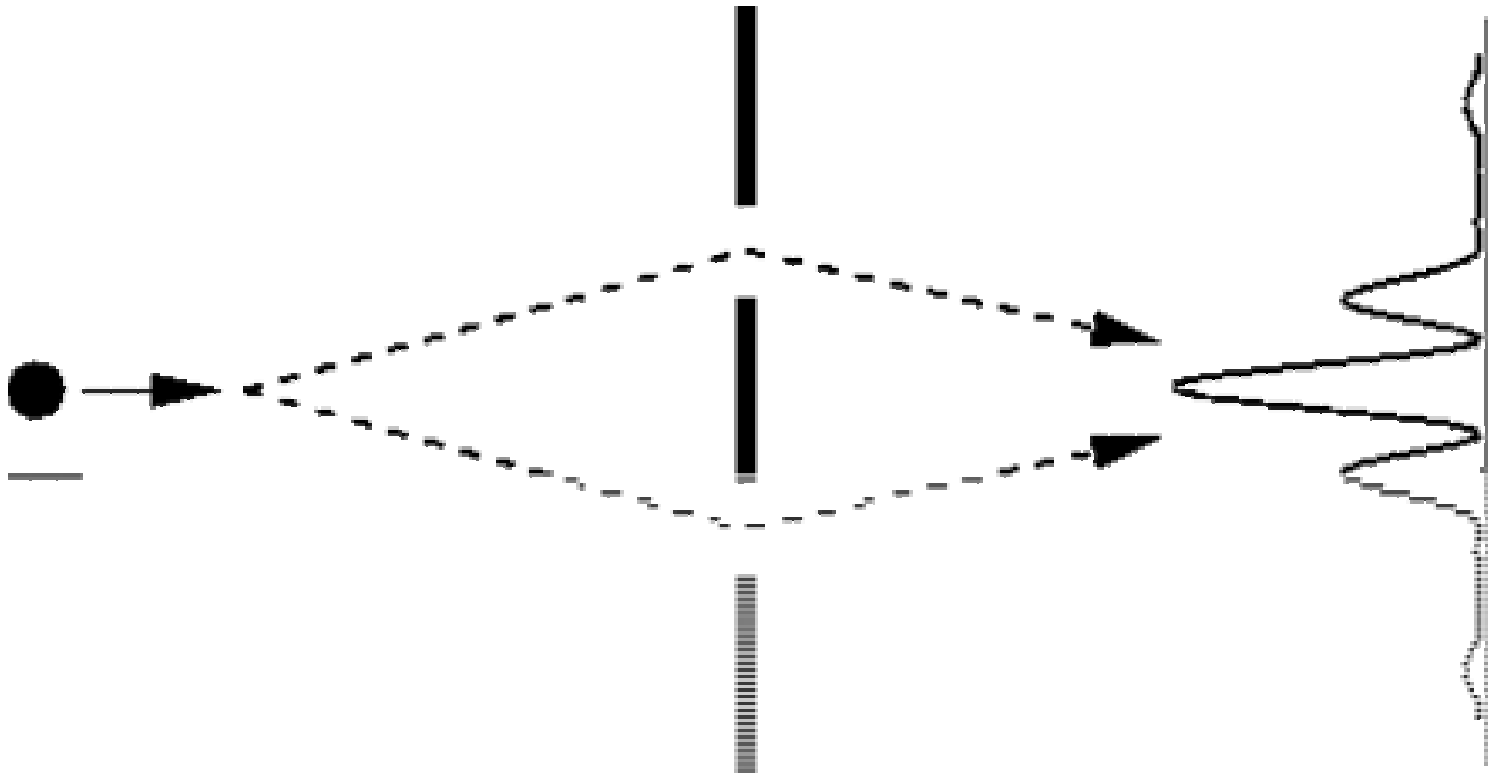
Interferenzmuster

Auf diese Art und Weise entsteht aber niemals ein Interferenzmuster!

Das experimentelle Ergebnis steht somit im Widerspruch zu dieser Überlegung. Es sagt uns, dass sehr wohl auch für Elektronen, die nacheinander die beiden Spalte durchqueren, ein Interferenzmuster auf dem Schirm entsteht!

Die Lösung des Rätsels ist, dass das Elektron durch beide Spalte gleichzeitig fliegt und mit sich selbst interferiert!

Doppelspalt



Doppelspalt

Was geschieht mit jedem einzelnen Elektron?

Eine Welle als ausgebreitetes Objekt kann beide Spalte passieren, doch das Elektron selbst scheint ein wellenartiges Teilchen zu sein. Es müsste also den einen oder anderen Spalt zweifelsfrei passieren.

Doch selbst, wenn die Elektronenquelle nur noch **einzelne Elektronen** die Versuchsanordnung passieren lässt, bleibt das Interferenzmuster bestehen!

Beobachtung der Elektronen

Betrachten wir die Situation, bei der beide Spalte offen sind. Durch welchen Spalt geht das Elektron also?

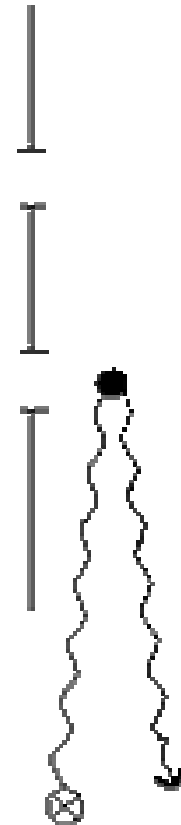
Wir können versuchen, den Spalt zu bestimmen, durch den das Elektron geht, indem wir es z.B. knapp hinter dem Doppelspalt mit Licht (γ -Strahlen) bestrahlen.

Wenn das Licht hinreichend kurzwellig ist, kann man aus dem gestreuten Licht den Ort genügend genau ermitteln und somit auch den Spalt, durch den es gegangen ist.

Beobachtung

Resultat: Jetzt erwartet uns jedoch eine böse Überraschung. Zwar wissen wir nun jedes Mal, welcher der beiden Spalte passiert wurde, aber auf dem Schirm zeigt sich, dass das Interferenzmuster verschwindet.

Das Experiment wurde tatsächlich 1995 durchgeführt (Chapman et al.).



Beobachtung beeinflusst

Dies ist das zentrale Rätsel der Quantenwelt.

Bei Beobachtung der Elektronen gehen sie wie "normale" Teilchen durch einen der Spalte. Auch nach Tausenden von Elektronen entsteht kein Interferenzmuster; man sieht nur zwei helle Flecke.

Überwachen wir den Durchgang nicht, **so scheint das Elektron zu merken, dass beide Spalte offen sind und geht durch beide.**

Verrückte Welt

"Wenn die Quantenphysik recht hat, ist die Welt verrückt", soll Albert Einstein gesagt haben.

Immer neue Experimente, die an das Eingemachte der vielleicht seltsamsten physikalischen Theorie überhaupt gehen, bestätigen indes die fundamentalen Quanten-Prinzipien:

Die Welt ist verrückt.