

Le Monde Sonderbeilage Juli Sept. 2015 (Hors-Série) Seite 14, 15, 16, 17

Einstein das Werk

Einstein erschüttert die Physik (von Jérôme Fenoglio, "Le Monde" du 24 août 2005)

Indem er, im Jahr 1905, mit einigen Monaten Abstand, die Quantennatur des Lichts. dann die Gesetze der Relativität aufdeckte, legte Albert Einstein die Grundlagen zweier völlig verschiedener physikalischer Wissenschaften, so verschieden, dass sie bis zum heutigen Tag unvereinbar sind.

Diese 17 Seiten hätten genügt. Datiert vom 17. März 1905 vermittelten sie ein Vorgefühl über die Natur des Lichts die hinreichend innovativ war, um allein auf dieser These eine wunderschöne wissenschaftliche Legende zu begründen. Ein Autor, der Anonymität entsprungen, der mit 26 Jahren, mit einer These drohte wie es einst die Bilderstürmer taten, die ihm 16 Jahre später zum Nobelpreis verhelfen sollte. Es fehlte nichts um das lehrreichste Charakterbild eines frühen Genies hervor zu kehren von dem die Lehrbücher schwärmen. Offenbar haben diese 17 Seiten Einstein nicht gereicht. Drei Monate nach dieser Erstveröffentlichung, fährt er fort, im Juni seines Jahres der Wunder, um in der gleichen Zeitschrift "Annalen der Physik", die Grundlagen seiner Relativitätstheorie dar zu legen. Dies verhalf ihm zu einem ganz anderen Status unter den großen Wissenschaftlern, Seite an Seite mit Newton oder Galilei.

Mit diesen beiden jugendlichen Geniestreichen die die gesamte Physik des XX. Jahrhunderts durchbluten sollten, war es Einstein vergönnt, für die Nachwelt erhalten zu bleiben. Dennoch ließ er im Jahre 1916 seiner speziellen Relativitätstheorie die allgemeine Relativitätstheorie folgen. Er veränderte nicht die Auswirkungen seiner Intuition die Quantennatur des Lichts betreffend. Indem er für die eine oder andere Theorie Partei ergriff.

In der Tat, begründeten diese beiden Sichtweisen in aller Schnelle zwei verschiedene Richtungen der Physik, derartig verschieden, dass sie bis heute nicht miteinander kompatibel sind. Während dem die Relativitätstheorie die Arbeiten Newtons fortführten und sich in die Ahnenreihen der klassischen Wissenschaften einschrieben, eröffnete die Einführung der Lichtteilchen den Weg in die Quantenmechanik und führte zu einem Bruch mit der Physik handwerklicher Experimente und Beobachtungen. Ist es vielleicht deswegen, warum Einstein, der sich für die Natur des Lichtes interessiert hatte um den photoelektrischen Effekt zu deuten und für die Relativitätstheorie um die Problematik der Zeit zu klären, diese Revolution nicht mehr begleitete nachdem er sie begründet hatte? Viel später war es noch immer so, dass sich das Genie mit der kleinen Gruppe von Forschern stritt die sich mit Enthusiasmus auf den Weg begeben hatten den er ihnen eröffnete, weil er mit seiner Quantentheorie nicht zufrieden war. Bis ans Ende seines Lebens versuchte Einstein, die Physik der unendlichen Weite, die er mit der Relativitätstheorie beschrieben hatte, mit der Physik der unendlichen Winzigkeit, die er mit der Quantentheorie kreierte, in Einklang zu bringen. Ohne Erfolg. Einige Jahre vor seinem Tod glaubte er seinen Fehler zu erkennen und teilte das in einem Brief seinem Freund Louis de Broglie mit, in dem er schrieb.: „Ich gleiche einem Strauß, der seinen Kopf in den Sand steckt um nicht dauernd diese boshaften, hämischen Quanten ansehen zu müssen."

Allein unter Seinesgleichen

Quanten: Das Wort explodierte wie ein Attentat im März 1905. Albert Einstein benützt dieses Wort zum ersten Mal, um, entgegen allem was die Wissenschaft zu dieser Zeit glaubte, den folgenden Vorschlag zu unterbreiten: Die Zusammensetzung des Lichtes besteht aus winzigen Körnchen, den Energiequanten. Zwanzig Jahre später Photonen getauft. Diese Idee verletzte stark das allgemeine Wertempfinden jener Zeit, nach der das Licht nichts Anderes war als eine

Welle. Dagegen war es so, dass Einstein die um 1900 von Max Planck aufgestellte These begründete. Für den Deutschen bildete dieser Gedanke eine gelungene List um eine bestehende Anomalie zu lösen. Übrigens war niemand in der Lage die Bedeutung seiner Entdeckung zu ermessen. So dass es nicht richtig ist, wenn Planck heutzutage offiziell als Vater der Quantenphysik angesehen wird. Es war in Wirklichkeit Albert Einstein, der ganz bewusst erst 5 Jahre später diese Revolution in die Physik einführte, wie es der Wissenschaftshistoriker Thomas Kuhn nachgewiesen hat. Und es war genau er, der zunächst die Unbilden zu erleiden hatte, lange Zeit ganz alleine dastand und sich der ungläubigen Kritik von Seinesgleichen ausgesetzt sah. Er war es auch, der den Frustrationen des sich vorantastenden Entdeckers ausgesetzt war, denn das Licht verharrte lange Zeit in der Zurückweisung der wahren Erkenntnisse bezüglich seines ambivalenten Charakters.

Wellen oder Korpuskeln? Vielleicht beides, ließ Einstein in einem Brief vernehmen, ohne dass es, trotz mehrerer bedeutender Fortschritte, gelungen war den theoretischen Rahmen zu ermitteln mit dem es gelingen konnte die beiden enthaltenen Eigenschaften in Übereinstimmung zu bringen, zu tiefgreifend waren die Gegensätzlichkeiten. Man suchte das Unrecht bei einem Physiker der ihnen die Lösung offerierte, trotz der experimentellen Bestätigung der Lichtquanten im Jahr 1906.

Um das zu schmieden was man später als Quantenmechanik bezeichnen sollte, brauchte es nicht weniger als eine ganze Gruppe von Physikern unter denen die Jüngsten im Jahr 1905 dem Jahr der Veröffentlichung des Artikels, gerade mal 5 Jahre zählten und die eine rückhaltlose Bewunderung für Einstein bekundeten (hegten). Es sind die Deutschen, Werner Heisenberg, der diese bedeutende Idee begriff indem er sich die Lehren Einsteins durch den Kopf gehen ließ, Wolfgang Pauli, schon mit 21 Jahren Autor einer brillanten Studie über die Relativitätstheorie die ihm Lobeshymnen des Meisters einbrachte und die Ehre sein ganzes Leben lang als sein spiritueller Sohn zu gelten, sowie der Engländer Paul Dirac, der zukünftige Entdecker der Antimaterie. Kaum viel älter, der Franzose Louis de Broglie, durch den Einfluss seines Bruders in die Geschichte der Physik hineingeraten. Dazu drei andere, in ihrer Karriere viel weiter fortgeschrittene Wissenschaftler: Der Deutsche Max Born, der Österreicher Erwin Schrödinger, und vor allem der Däne Niels Bohr, der als wichtiger Ratgeber fungierte, denn er hatte bereits seit 1913 begonnen, das Wasserstoffatom in Quantenkategorien darzustellen und er hatte alle Atome, in seinem Kopenhagener Institut, regelgerecht nach Energiestufen geordnet.

Intensive Debatten

Frühreife, Bilderstürmer, Radikale im ziehen der Konsequenzen aus ihren Intuitionen und zukünftige "Nobelpreisträger": In ihnen allen, finden Sie die Qualitäten Albert Einsteins wieder, von dem sie ein Portrait als Gruppe darstellen. Fakt ist, sie werden in den Jahren von 1925 bis 1926 eine Revolution von gleicher Bedeutung durchführen, wie es Albert Einstein in Jahr 1905 alleine gelungen ist. Durch ihre Anzahl verteilt sich ihr Bekanntheitsgrad, aber das schmälert nicht ihren Schöpfergeist. Und es mildert nicht die Erschütterungen zwischen ihren starken Persönlichkeiten ab. In dem spannenden Bericht über sein Leben, berichtet Heisenberg über die Tage- und Nächtelangen Diskussionen die Bohr und Schrödinger, im September 1926 in Kopenhagen, schieden. Die Debatten waren derart intensiv, dass Schrödinger am Ende schwer erkrankte und aufgeben musste. In der Manie der Ausschlüsse wenigstens, teilten die Architekten der Quantenphysik gut das Merkmal der Surrealisten. Sie entfachten über die Kunst und die Wissenschaft den gleichen Sturm aus Impertinenz und Nonkonformismus. Sie vergewaltigten die fertigen Darstellungen und zerstörten alle fertig gestellten Bilder (Vorstellungen).

Zuerst, die der Atome. Die armen kleinen Dinger! Kaum dass sie aufgetaucht waren, in der modernen Wissenschaft, ordnete die Quantenphysik an, dem Ganzen wieder zu entsagen, was

sie in ihrer Art und Weise symbolisierten. Verführerisch die Analogie sie darzustellen als die Reduzierung eines Sonnensystems, in dem die Elektronen um den Kern kreisen wie um die Sonne, dank eines Surrogates der Gravitation. Aber wenn das der Fall wäre, so bewiesen es die Berechnungen, würden die Elektronen augenblicklich in die Atomkerne stürzen, die Objekte müssten in sich zusammenbrechen, unsere Welt würde einstürzen. Einzig die Quantenphysik, in der seit über 80 Jahren keinerlei Schwachstellen zu finden waren, ist in der Lage die Stabilität unseres Unterbaus (Fundamentes) zu erklären. Aber nur unter der Bedingung die Bilder (Vorstellungen) zurückzuweisen und eine, für den Laien (Nichtfachmann), nicht zu verstehende Sprache zu benutzen, bestehend aus einer extrem schwierigen mathematischen Konstruktion, anders gesagt, einem Formalismus.

Diese Sprache (Darstellungsweise) beantwortet die Fragestellungen Einsteins über die Dualität des Lichtes: Sie versichert in der Tat, dass die Gesichtspunkte der Wellentheorie und der Korpuskulartheorie in einem Objekt als komplementär zu betrachten sind. (Das Komplementärprinzip nach Bohr). Die Entscheidung zwischen den beiden Charakteristika wird jeweils von dem Partikel getroffen an den die Frage gestellt wird. In einem Versuch der dafür bestimmt ist seine Wellennatur zu schätzen, verhält es (das Partikel) sich wie eine Welle. Bei einer Messung nach der Suche seinen Teilchenaspekt zu bestätigen, entwickelt es sich zu einem Elementarteilchen (Korpuskel).

Unfehlbare Genauigkeit

Also setzt sich die Quantenphysik das Ziel, zum ersten Mal in der Geschichte der Wissenschaften, die Fiktion eines neutralen Beobachters ein zu nehmen. Im winzigen Maßstab der Atome, darf das Messinstrument nicht mit dem zu messenden Objekt interagieren. Man kann nicht behaupten, auch nur vorübergehend unbemerkt zu bleiben und die Phänomene beobachten zu können, die im Vertrauen geschehen, damit die Intimität des Milieus vor dem Eindringen bewahrt bleibt. Konsequenz daraus: Auf Quantenebene kann man nicht zugleich Ort (Position im Raum) und Zeitpunkt eines Teilchens messen (feststellen) (Prinzip der Heisenbergschen Unschärferelation). Zwei Fragen zur gleichen Zeit das ist eine zuviel für die Atome. Darum ist die Flugbahn eines Elektrons rund um den Atomkern, bei der es notwendig ist beide Koordinaten gleichzeitig zu bestimmen, nicht festzulegen. Darum ist die Quantenphysik nicht in der Lage die Geschehnisse zu beschreiben aber ihre Resultate vorherzusagen. Mit einer, bis in die Gegenwart hinein, unfehlbaren Genauigkeit, die ihr erlaubte im Laufe eines Jahrhunderts von Erfolg zu Erfolg zu eilen, zum Beispiel auf dem Gebiet der Molekularchemie in geradezu sprunghafter Art und Weise.

Erstaunlicher Weise, diese einwandfreie Genauigkeit kommt dabei nicht nur als statistisches Element zum Ausdruck. "In allgemeiner Art und Weise, schreibt der Physiker Etienne Klein, zeigt sie lediglich, dass, wenn man diesen oder jenen Maßstab anlegt, man diese oder jene Wahrscheinlichkeit mit diesem oder jenem Resultat erhält." Noch viel verwunderlicher daran ist, dass sie ein Überlagerungsprinzip erlaubt, in Ableitung der Welleneigenschaften der Objekte, die einem Partikelchen erlauben sich zugleich in mehreren Positionen zu befinden (auf zu halten und zu existieren). Nur die Messung erlaubt es zwischen ihnen zu unterscheiden. Schrödinger trug diese letzte phantastische Vorstellung nicht mit. Im Jahr 1935, hatte er uns in unsere Dimensionen zurückgeholt, um die Lächerlichkeit dieser Sache zu demonstrieren. Also eine Katze die verstorben ist betrachtet in Abhängigkeit eines quantenmechanischen Systems lässt sich gleichzeitig einmal als tot und zum anderen als lebend auffassen. (Kann gleichzeitig tot und lebendig existent sein).

Seither hat eine neue Physikergeneration versucht die Verirrungen welche durch die Verwendung von Quanteneffekten auf unserer Maßskala hervorgerufen wurden zu beseitigen. Eine Theorie erklärt die Entkoppelungseffekte damit, dass die Interaktion mit ihrer Umgebung, in Anwesenheit makroskopischer Objekte sofort dazu führt, dass sie ihre charakteristischen

Quanteneigenschaften verlieren. Jedem seine Gesetze gemäß seinem Maßstab. Aber damals schmeckte auch Einstein diese Entartung nicht. Bereits einige Monate vor Schrödinger hatte er versucht sich selbst sein eigenes Bild zu machen, indem er sich ein Packet Pulver vorstellte zu gleicher Zeit verpackt und explodiert. Die Nachwelt hat es weniger behalten als die berühmte Katze.

Wenig begeistert von solchen Metaphern, unternahm es Einstein seine Opponenten, mit Gedankenexperimenten, ins Kreuzverhör zu nehmen. Auf dem Kongress von Solvay errichtete er daher ein regelrechtes Sperrfeuer vor das Wachstum der Gruppe der Quantentheoretiker. Dieser Kongress ist eine Gefälligkeit, die der reiche Industrielle Ernest Solvay an die Wissenschaft macht, in dem er die Elite der Physiker der ganzen Welt, in regelmäßigen Zeitabständen, ins Metropolhotel von Brüssel einlädt und dort vereint. Der 5. Kongress, des Jahres 1927, war ohne Zweifel der größte seiner Art. Denn es fehlte nicht eine einzige der markanten Persönlichkeiten auf dem "Gruppenphoto". Weil der Bruch zwischen Albert Einstein und der Gruppe um Niels Bohr die Wissenschaftliche Kontroverse dabei war in die hehren (erhabenen) Sphären der Philosophie zu erheben.

"Die freundschaftliche Ermahnung"

Einstein stellte uns zum Frühstück ein neues, schwer zu widerlegendes Experiment, vor (zur Unschärferelation), berichtet Heisenberg. Im Verlaufe des Tages, in dem dann zahlreiche Diskussionen zu dem gestellten Problem, durchgestanden waren, kamen wir abends im Allgemeinen zu einem Ergebnis, mit dem Bohr Einstein, während des Abendessens beweisen konnte, dass sein ins Auge gefasstes Experiment das Prinzip nicht zu widerlegen im Stande war. Einstein war dann etwas unruhig, aber schon am nächsten Morgen präsentierte er ein anderes ideales Experiment, erheblich komplexer als das vorhergehende welches noch am gleichen Abend ebenso fehlschlug. Nach einigen Tagen Fahrt auf diesem Karussell, sagte ihm sein Freund Paul Ehrenfest: "Einstein, ich schäme mich für Dich, denn Du argumentierst jetzt gegen die neue Quantentheorie genau in der selben Art und Weise wie Deine Gegner gegen die Relativitätstheorie." Aber selbst diese freundschaftliche Mahnung konnte sein Verhalten nicht beeinflussen. (...) "Gott würfelt nicht" sprach er oft während der Debatten.

Das Vermögen dieses Zitates hat zu einigen Übertreibungen hinsichtlich seiner Auslegung geführt. Es war nicht einfach die Einführung der Statistik die Einstein verunsicherten (nicht gefielen). Nicht zuletzt war er selbst es, der die Wahrscheinlichkeitsrechnung in seinen Arbeiten laufend anwendete. Das Herz (Zentrum) der Differenzen mit Niels Bohr war vielmehr, dass die Wissenschaft den Zugang zur Wirklichkeit öffnen solle. Für Einstein darf eine Theorie, die sich diesem Namen für würdig erweist, nicht einfach nur Resultate liefern. Sie muss uns etwas über unsere Welt zu lehren. Wie zur Zeit Newtons, wünschte der Vater der Relativitätstheorie, dass die Gleichungen etwas über den Wahrheitsgehalt der Phänomene vermitteln, in der Art wie sie geschehen mit oder ohne unsere Anwesenheit. Für ihn, bar jeder Vorstellung ohne jedes Bild, abgeschnitten von den tatsächlichen Fakten, könne die Quantenphysik nur eine Theorie sein, zugegebenermaßen wirkungsvoll, aber dennoch nur ein Provisorium und vor allem unvollständig. Es fehlte ihm an ihr etwas was die Haftung (Verbindung) herstellt zwischen der realen Welt und ihrer Beschreibung durch die Wissenschaft.

Die nebulöse Metaphysik

Für Niels Bohr, dem strengsten von allen, ist die prinzipielle Anforderung die man an eine gültige Theorie zu richten hat, dass ihre Berechnungen stimmen. Unsere Sichtweise der Welt der Atome wird niemals beeinträchtigt werden durch den Einsatz von Instrumenten. Die vollständige Quantenphysik, braucht sich nicht mit der Frage über die Natur der Welt zu beschäftigen, die aufsteigt aus einer nebulösen Metaphysik. Im Ergebnis, so fasst es der Physiker Ro-

land Omnès zusammen, beruht die Kontroverse auf dem folgenden Gegensatz: "Niemals zuvor war die Menschheit soweit in die Gesetzmäßigkeiten vorgedrungen die das Herz erreichten und in das Mark der Dinge trafen, aber die nicht die Dinge waren." Paradoxer Weise beharrte Einstein darauf die Grundlagen der Quantenmechanik von Bohr zu kritisieren, die von ihm selbst beige-steuert und zu neuen Dimensionen entwickelt worden waren. Als im Jahr 1935 eine klare Mitschrift, auf 4 Seiten ohne eine einzige Berechnung erschien, an die Nachwelt unter dem Namen "Paradoxon EPR" gerichtet (unter Bezugnahme auf die Namen seiner Autoren, Einstein und seiner beiden Mitstreiter, Boris Podolsky und Nathan Rosen), eine Schwachstelle in der Physik Niels Bohrs hervorhebend. Sie sagt nämlich voraus, dass zwei Zwillingpartikel, die in der Vergangenheit zusammengewirkt haben sich nicht streng genommen genau so verhalten können während sie voneinander getrennt existieren (voneinander separiert sind), obwohl der Quantentheoretische Formalismus genau diese Anomalie vorherberechnet. Bohr wischte dieses Argument mit seinem Handrücken weg, indem er in der Sache einen verbotenen Gedankengang bezüglich der Realität der Dinge, unterstellte.

Von anderen wurde der Einwand ernst genommen. Im Jahr 1982 bewies eine französische Mannschaft, dass sich Einstein im Irrtum befand, indem sie die faszinierendste Eigenschaft der Welt der Quanten entschleierten. Ja, dank dieser Quantenverschränkung, die als magisch erscheinen mag, können zwei voneinander getrennte Partikel agieren als seien sie ein und derselbe, selbst über Entfernungen hinweg, die über jede Vorstellung hinausgehen. Wie werden diese Informationen ausgetauscht? Es ist durch nichts nachvollziehbar. Aber diese Kapazität (Eigenschaft) eröffnet den Weg zu naheliegenden Applikationen (Anwendungen). Geheimschrift, oder als Fernziel einen zukünftigen Rechner (Computer) und sogar die quantenmechanische Teleportation. Albert Einstein hat auf die Weise die Physik durch seine Kritik befruchtet, die er derart durcheinanderschüttelte.

Alejandro Guijarro

Ist ein, in London lebender, spanischer Künstler. In einer Reihe von Momentaufnahmen hinterfragte er die Art und Weise der Darstellung und die Abstraktion der schwarzen Schiefertafeln der aktuell tätigen wissenschaftlichen Forscher. Zwischen 2010 und 2013, neugierig geworden durch die Forschungen im Umfeld der neuen Theorien über die Wirklichkeit, hat er die weltweit größten Einrichtungen auf dem Gebiet der Quantenmechanik besucht: Oxford und Cambridge in Großbritannien, Berkeley und Stanford in den USA oder das CERN in der Schweiz. Mit moderner photographischer Technik lichtete er die Tafeln ab und stellte sie als Bilder in realer Größe aus. „Sie waren voller Formeln, Zahlen und Symbole geschrieben von Physikern die Erklärungen über die Welt machen und ihre Visionen die sie davon besitzen. Sie waren genau und richtig aber für mich ähnelten sie abstrakter Malerei“, erzählt er uns. Die Ausstellung mit dem Titel Momentum wurde in Madrid, im Juni 2015, in der Malborough-Galerie gezeigt.