

Absurditäten in der modernen Physik: Eine Lösung

von Paul Marmet (1932-2005)

Original übersetzt von M. Hüfner

Je mehr Erfolg die Quantentheorie hat, es desto dümmer schaut sie aus.

Albert Einstein

Brief an Heinrich Zangger, 20. Mai 1912: CPEA, Dok. 398 Vol.-5.

Auch in: Der zitierte Einstein, Princeton University-Presse, Princeton, New-Jersey, ISBN 0-691-02696-3

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur deutschen Übersetzung:.....	3
Einleitung.....	5
1 – Die öffentliche Verkündung von Absurditäten.....	7
1-1 Die Kopenhagener Interpretation.....	7
1-2 Kausalität.	8
1-4 Dualität.	12
1-5 Der frühe historische Ursprung des Idealismus	13
1-6 Die Berkeley-Kopenhagener Interpretation	15
1-7 Der Misskredit der Philosophie	16
1-8 Bedeutet QM unbegrenzte Geschwindigkeiten?	17
2 - Experimente in der Physik und in einigen Modellen.....	18
2-1 Schrödingers Katze.	18
2-2 Tertium non datur.	20
2-3 Kausalität in den Experimenten.....	21
2-4 Das dualistische Modell.	22
3 - Die Subjektivität der Heisenberg'schen Unschärfe-Relation.....	24
3-1 Heisenbergs Unschärferelation.....	24
3-2 Heisenbergs Wellen-Paket-Beschreibung.	25
3-3 statische Analyse.	26
3-4 Eigenschaften einiger phasenempfindlicher Frequenz-Messer.	27
3-5 Grundprinzipien wie sie in phasen-geregelte Detektoren enthalten sind.....	28
3-6 Verwirrung zwischen schlechter Instrumentierung und einem grundlegenden Phänomen.	28
3-7 Versteckte Kriterien.	29
3-8 Irrelevanz der Planckschen Konstante h zur Photon-Energie.	32
3-9 versteckte Einheiten.	32
3-10 Die Beziehung $E = h\nu$	33
4 - Was ist Realismus?.....	33
4-1 Warum scheint die Natur nicht mit dem Realismus überein zu stimmen	33
4-2 Was ist Realismus?	33
4-3 Verwirrung über die Bedeutung des Realismus.....	34
4-4 Test der physikalischen Realität.....	37
5, 6 und 7 - realistische Beschreibung des Photons (diese Kapitel wurden vom Autor entfernt)	
Literaturhinweise.....	38

Vorwort zur deutschen Übersetzung:

Nach einem Berufsleben als Physiker, Ingenieur und Informatiker bei Carl-Zeiss-Jena und der Friedrich-Schiller-Universität fand ich nun genügend Muse, mich wieder mit Physik zu beschäftigen und zu lernen, was ich in der Zwischenzeit versäumt hatte. Ich erinnerte mich wieder an die Paradoxien der Modernen Physik, die ich schon als Student nicht verstanden hatte. Das betraf besonders die Interpretation der Quantenmechanik mancher Theoretiker und die Relativitätstheorie. Die Frage, die sich mir aufdrängte war: Ist die Natur paradox, oder wissen wir zu wenig über die Natur, dass uns manche Erscheinungen nur paradox daher kommen. Mit der Erfahrung eines ganzen Berufslebens kann ich aber beruhigt feststellen, dass die Natur wohl nicht paradox ist, sondern höchstens unser Verständnis von der Natur nicht ausreicht, sie logisch in unserem Verstand abzubilden. Da in den Ingenieurwissenschaften paradoxe Situationen undenkbar sind, muss das auch für ihre physikalischen Grundlagen gelten.

Man sollte also erwarten können, da inzwischen gut 4 Jahrzehnte seit meinem Physikstudium vergangen sind, dass sich genügend Wissen angehäuft hat, eventuelle Paradoxien aufzulösen. Auf der Suche nach einer verständlichen Einführung in die Quantenmechanik fiel mir ein kleines Reklam-Heftchen von Werner Heisenberg mit dem Titel „Quantentheorie und Philosophie in die Hände“. Das Heftchen schien für mein Anliegen gerade recht. Besonders die Kapitel über die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik, sein Gespräch mit Einstein als auch sein Verhältnis zur Kant'schen Philosophie fanden meine ungeteilte Aufmerksamkeit. Der Übergang vom Möglichen zum Faktischen fände zum Zeitpunkt der Beobachtungsaktes statt, konstatiert er in seiner Kopenhagener Interpretation. Und Einstein hielt dagegen: *“Aber vom prinzipiellen Standpunkt ist es ganz falsch, eine Theorie nur auf beobachtbare Größen aufbauen zu wollen. Denn es ist ja genau umgekehrt. Erst die Theorie entscheidet darüber, was man beobachten kann.“* In der Diskussion Werner Heisenbergs und Carl Friedrich von Weizsäckers mit der jungen Philosophin Grete Hermann ging es um das Kausalgesetz. Beide wollten sie davon überzeugen, dass es in der Modernen Physik keine Gültigkeit mehr hätte, was ihnen nach Meinung von Heisenberg mehr schlecht als recht gelungen wäre, nachdem sie sie mit einem Zitat von Niels Bohr regelrecht erschlagen hatten. Der Satz lautet: *Der Fortschritt der Wissenschaft vollzieht sich nicht nur dadurch, dass uns neue Tatsachen bekannt und verständlich werden, sondern auch dadurch, dass wir immer wieder neu lernen, was das Wort „Verstehen“ bedeutet.“* Welch eine Demagogie steckt doch in diesem Satz!

Es ist zu bezweifeln, das sie wirklich überzeugt wurde. In Nazi-Deutschland blieb ihr eine wissenschaftliche Karriere verwehrt und aus ihrem weiteren Lebensweg geht nicht hervor, dass sie zu einem Idealismus Heisenberg'scher Prägung bekehrt worden wäre. Ich jedenfalls habe mich damit nicht zufrieden gegeben, sondern habe im Internet nach weiteren Meinungen zu den philosophischen Grundlagen der Quantenmechanik gesucht und wurde bei Paul Marmet fündig.

Paul Marmet lebte von 1932 bis 2005. Er war lange Direktor des Labors für Atom- und molekulare Physik an der Laval Universität in Québec Stadt. Für seine Verdienste erhielt er bedeutende staatliche Auszeichnungen. Er veröffentlichte viele wissenschaftliche Abhandlungen, die sich äußerst scharfsinnig mit Dingen auseinander setzten, die andere Berufskollegen nicht beachteten. Folglich galt er zunehmend als Querdenker. Seine Arbeiten zu lesen bereiten großes Vergnügen, weshalb ich mich der Mühe unterzogen habe, eine Arbeit über die Absurditäten der Modernen Physik zu übersetzen und zu kommentieren, weil er hier meines Erachtens eine der Ursachen für die von inzwischen einer Reihe von Autoren beklagte Krise der Physik aufzeigt. Es geht im Kern um die philosophische Auseinandersetzung zwischen Realismus und Idealismus und ihre Auswirkungen auf die moderne Physik.

In der philosophischen Grund-Frage geht es darum, ob das Sein das menschliche Bewusstsein oder ob das Bewusstsein das Sein bestimmt (Primat des Objekts oder des Subjekts). In der Alltagswelt ist es für jeden völlig klar, dass wir die uns umgebenden Objekte als außerhalb unseres Bewusstseins wahrnehmen. Den meisten Menschen ist auch bewusst, dass die Dinge, so wie sie wahr genommen werden, durch die Sinne und Verarbeitungsprozesse im Gehirn beeinflusst werden. Es gibt jedoch Philosophen, die diese Wirklichkeit mehr oder minder in Frage stellen. Als ein besonders extremes Beispiel dieses „In Frage stellen“ erlangte die These von [George Berkeley](#): „Esse est percipi“ (Sein ist Wahrgenommen-werden) traurige Berühmtheit. In diesem Zitat steckt die Überlegung, ob die Realität überhaupt unabhängig vom menschlichen Denken existiert. Es sind dabei drei Aspekte, die in der Realismus-Debatte untersucht

werden: die Existenz von Dingen, deren Unabhängigkeit vom menschlichen Bewusstsein sowie die Frage eines kausalen oder begrifflichen Zusammenhangs zwischen Realität und Wahrgenommenem.

Die praktische Bedeutung dieser Frage liegt darin, dass es ohne die Annahme einer Realität nicht möglich ist, zweifelsfrei wahre Aussagen über Dinge oder Sachverhalte zu machen. Die Realität dient für den Realisten als notwendiger Maßstab dafür, ob Aussagen wahr oder falsch sind. Wenn man die Erkennbarkeit der Realität überhaupt bestreitet, bleibt als alternative Weltsicht nur der **Skeptizismus** mit der Konsequenz des **Relativismus**. Die Wirklichkeit als Kriterium für die Wahrheit steht dem Skeptiker oder Relativisten nicht zur Verfügung. Die Klärung der Frage des Realismus ist daher Voraussetzung, um einen möglichen Begriff der Wahrheit zu bestimmen.

Marmet greift in seinem Aufsatz in die Auseinandersetzung ein und arbeitet scharf die philosophischen Positionen einer idealistischen Strömung der Modernen Physik heraus und führt sie ad absurdum. Schließlich scheitert er im Abschnitt 4 selbst an den philosophischen Fußangeln des Idealismus. Der Aufsatz ist ein Fragment, da der Autor 3 wesentliche Abschnitte selbst zurückgenommen hat. Es existiert leider nur noch der Abschnitt 8 in dem es um den quantenmechanischen Tunneleffekt geht, worauf aber in diesem Zusammenhang verzichtet werden kann.

Was mich am meisten am vorliegenden Text und auch an anderen Texten über die Quantenmechanik verwunderte, war die Tatsache, dass hier nur die orthodoxe Interpretation behandelt wurde und eine statistische Deutung der Quantenmechanik keine Erwähnung fand, obwohl bereits 1926 Max Born eine solche Interpretation der Wellenfunktion vorgeschlagen hatte. Diese Deutung scheint in der westlichen Welt aber weitgehend wieder in Vergessenheit geraten zu sein. Wie wäre es sonst zu erklären, dass L. Smolin in seinem Buch „Trouble with Physics“ www.marinerbooks.com als eines seiner 5 Grundprobleme der Theoretischen Physik formuliert: „Löse das Problem in den Grundlagen der Quantenmechanik, entweder indem du ihr einen Sinn gibst, so wie sie ist oder durch Einführung einer neuen sinnvollen Theorie.“ Ich konnte mich noch dunkel daran erinnern, während meiner Studienzeit von einer statistischen Interpretation der Quantenmechanik gelesen zu haben. Schließlich kramte ich ein altes vergilbtes Exemplar „Atomphysik“ von E.W. Schpoliski, eine Übersetzung aus dem Russische der 5.Auflage (1. Auflage erschien bereits 1944) vom Moskauer Staatlichen Verlags der Physikalisch-mathematischen Literatur aus dem Jahre 1963, die ich damals nicht systematisch durcharbeiten konnte, weil die Lehre meines Kurses sich mehr an einem rein instrumentellen mathematischen Formalismus eines L.D.Landau und E.M. Lifschitz orientierte, als dass die dazu führenden Experimente erläutert wurden. So blieb damals wenig Zeit für ein gründlicheres Selbststudium. Um so lohnender ist es jetzt, das alte Lehrbuch wieder hervor zu holen und es mit den Aussagen des vorliegenden Textes zu vergleichen. In Fußnoten im Text habe ich Erläuterungen und Kommentare für deutsche Leser hinzugefügt, wo es mir für das Verständnis wichtig erschien.

Mathias Hüfner
mathias.huefner@t-online.de

Kahla am 17.12.10

Copyright © - Paul Marmet (1932-2005) - All Rights Reserved

Any part of the papers on this web site cannot be copied or distributed without the written permission from the estate of Paul Marmet.

This permission will be normally granted, under request.

When a copy is distributed, a complete reference must be included with the name of the author and the internet address of the source.

Contact Information:

Paul Marmet's Newton Physics
Ogilvie Rd.
Ottawa, Ontario
Canada K1J 7N4

E-mail address: paul@marmet.org

Einleitung

Als ich beschloss, Physik zu studieren, dachte ich, dass Wissenschaft immer rational wäre. Die Moderne Physik hat zweifellos jene Erwartungen nicht erfüllen können. Zum Beispiel fand ich, dass die allgemein geltende Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik uns nicht erlaubt, an die wirkliche Existenz der Materie zu glauben und dass das Kausalitätsprinzip in der Quantentheorie nicht angewendet wird. David Layzer gab eine der ehrlichsten Beschreibungen der modernen Physik, als er sagte, dass die moderne Physik bloß eine Rechenvorlage für die Vorhersage der Ergebnisse von möglichen Messungen ist. Leider ist seine Aussage wahr.

Physik kann unter vielen verschiedenen Gesichtspunkten studiert werden. Ihr Ziel kann sein, numerische Vorhersagen einiger Phänomene zu machen oder eine rationale Erklärung von physikalischen Beobachtungen zu liefern. Das sind zwei ziemlich verschiedene Aspekte.

Lassen Sie uns als ersten Aspekt die Voraussagen von Phänomenen betrachten. Unter Verwendung der mathematischen Gleichungen kann moderne Physik Vorhersagen mit extremer Zuverlässigkeit machen. Der mathematische Formalismus, der in der Physik verwendet wird, ist so stark, dass, wenn er zu Fälle führt, die berechnet werden können, er Vorhersagen liefert, die mit allen bekannten Experimenten übereinstimmen.

Dieses Buch beschäftigt sich nicht direkt mit mathematischer Physik. Deshalb vermeiden wir, so weit es möglich ist, Gleichungen zu verwenden, die in der modernen Physik bekannt sind. Wir fechten keine der mathematischen Gleichungen der modernen Physik an. Der übliche Aspekt von Physik, eine Rechenvorlage für die Vorhersage der Ergebnisse möglicher Messungen zu sein, wird hier überhaupt nicht betrachtet.

In diesem Buch betrachten wir nur den zweiten Aspekt von Physik. Wenn wir uns mit Physik beschäftigen, müssen wir fragen: Gibt es hier Regeln anders als die, die durch die formale Logik auferlegt werden? Ja, gibt es in der Physik einige Elemente, die nicht in der Mathematik existieren. Physik beschäftigt sich mit solchen Dingen wie Masse, Länge, Zeit und Energie. Ihre Konzepte entsprechen in unserem Verstand Bildern, die sich von denen unterscheiden, die durch mathematische Beziehungen dargestellt werden. Sie haben eine andere Darstellung in unserem Verstand, weil sie durch externe Tests belegt werden müssen. Sie müssen mit Beobachtungsergebnissen übereinstimmen. Es gibt keine Entsprechung in der Mathematik. Eine mathematische Demonstration schließt nie irgendein Experiment mit ein. Die Mathematik liefert einfach die Berechnung von Beziehungen zwischen Ausdrücken.

Die folgende Frage ist: Können wir irgendeine vorhandene mathematische Beziehung auf jene physikalischen Ausdrücke logisch anwenden, und erwarten, ein Ergebnis vergleichbar mit Experimenten zu finden? Die Antwort ist zweifellos „nein“. Die Physik besitzt ihre eigenen Regeln, die sich von denen der Mathematik unterscheiden. Die Mathematik erlaubt auch die Berechnung von Dingen, die nicht existieren können. Hier sind einige Beispiele. Physikalisch ist es nicht sinnvoll, eine negative oder virtuelle Massen zu betrachten, obgleich die Mathematik sie berechnen kann. Auch wird beobachtet, dass Massen sich nie schneller als das Licht bewegen. Blitzschnelle Wechselwirkung in einem Abstand ist kein Problem für die Mathematik, das passt jedoch nicht zur physikalischen Wirklichkeit.

Wenn wir uns mit der physikalische Wirklichkeit beschäftigen, muss eine Masse eine Existenz unabhängig vom Beobachter haben. Wir können zeigen, dass die Mathematik verwendet werden kann, um Gegenstände zu berechnen, die keine autonome Existenz haben. Rein mathematische Ergebnisse haben nicht notwendigerweise eine Beziehung zur physikalischen Wirklichkeit. Zum Beispiel erlaubt die Mathematik uns, die Effekte der Zeitumkehrung zu berechnen, obgleich diese Umkehrung nicht mit Experimenten übereinstimmt. Außerdem versuchen wir, eine Ursache für jedes physikalische Phänomen zu finden. Jedoch ist die physikalische Ursache eines Phänomens für die Mathematik irrelevant.

Wir müssen feststellen, dass in der Physik bestimmte Regeln gelten müssen, weil sie mit den Beobachtungen übereinstimmen muss. Wir können nicht behaupten, dass die Regeln in der Mathematik genau die selben sind, die in der Physik zutreffen. Ohne die charakteristischen Regeln der Physik, würde es dann keinen Unterschied zwischen Physik und Mathematik geben und Experimente würden unbrauchbar sein. Physik erfordert extra Regeln, die in der Mathematik nicht gelten.

Es sind die spezifischen Regeln der Physik, die wir in diesem Buch besprechen wollen. Die Hauptregeln, die hier besprochen werden, sind die Kausalität, der Realismus und die Kohärenz¹ der physikalischen Gesetze. Jene Regeln sind für eine rationale Erklärung der Paradoxien über Licht- und Welle-Partikel-Interpretation wesentlich. Außerdem müssen jene Regeln zusammenhängend sein und dürfen sich nicht widersprechen, wie es normalerweise geschieht, wenn wir versuchen, Licht zu erklären.

In diesem Buch erinnern wir zuerst an die allgemein bekannten Absurditäten der Kopenhagener Interpretation der modernen Physik. Wir stellen dann fest, dass es einen erheblichen Bedarf gibt, den Realismus in der Physik zu definieren. Die Schwierigkeiten des dualistischen Modells für die Interpretation des Lichtes und der Partikel werden überprüft. Es wird gezeigt, dass der Realismus von Einsteins Relativität von größter Wichtigkeit ist. Unter Verwendung der Relativität zeigen wir, dass eine rationale Lösung existiert, um das Verhalten des Lichtes zu erklären, ohne sich mit den Absurditäten der Kopenhagener Interpretation beschäftigen zu müssen. Wir stellen eine rationale Lösung der Paradoxien der modernen Physik vor. Im Gegenteil, es ist ein Fehler den Behauptungen zu glauben, dass jene Paradoxien keine rationale Lösung hätten.

Schließlich ist ein wesentliches Ergebnis, dass die Interpretationen, die hier gegeben werden, mit dem vorhandenen Formalismus der Mathematik in der modernen Physik vollständig vereinbar sind. In wenigen Worten; es wird gezeigt, dass die Natur logisch ist und dass Materie mit Realismus vereinbar ist, entgegen dem Anspruch, der durch die Interpretation der modernen Physik angeboten wird.

Danksagung.

Der Autor möchte seine Dankbarkeit gegenüber Luc Gauthier für seine gewidmete und unfehlbare Unterstützung ausdrücken. Ich bestätige auch fruchtbare Diskussionen mit L. Marmet, M. Proulx, B. Richardson, A. St.-Jacques und einigen Freunden. Ich möchte Frau J.R. Beaty und Herr S. Beaty für die redaktionelle Hilfe danken. Ein Forschungsstipendium vom Naturwissenschafts- und Ingenieur-Forschungsrat von Kanada gegeben für ein in Verbindung stehendes Thema hat einen bedeutenden Beitrag geleistet, um die Bedingungen zu schaffen, für aktive Forschung und für den Druck dieses Berichts.

1 Kohärenz steht für Zusammenhang .

1 – Die öffentliche Verkündung von Absurditäten

1-1 Die *Kopenhagener Interpretation*.

Alle Menschen werden ununterbrochen, jeden Tag ihres Lebens, durch Sachverhalt der Natur umgeben. Wir glauben an die Existenz der Galaxien, der Sterne, der Sonne und des Mondes und der Erde. Niemand bestreitet das wirkliche Bestehen der Städte, Straßen, Häuser und alle Gegenstände, die wir sehen. Wir glauben, dass der Boden, der unser Gewicht stützen und die Luft, die wir atmen, wirklich vorhanden sind. Wenn es einen Autounfall gibt, in dem eine Person verletzt wird, wer würde glauben, dass das Auto vor dem Zusammenstoß nicht vorhanden wäre! Wir glauben, dass unser Verstand von diesen Tatsachen informiert wird und er versucht, all jene Wirklichkeiten zu verstehen. Jedoch lehrt die Kopenhagen-Interpretation, die in der modernen Physik verwendet wird, dass keines davon wirklich sei.

Es gibt eine andere Überraschung. Viele Physiker beachten nicht, dass die Interpretation der modernen Physik bedeutet, dass Materie nicht unabhängig vom Beobachters existiere. Was unterrichtet wird, ist, dass es das Wissen des Beobachters sei, welches das Ergebnis schafft. Selbstverständlich müssen Physik-Studenten irgendeine Interpretation der modernen Physik studieren, aber die meisten ihrer Professoren erachten den Aspekt der Interpretation von Physik für unwichtig. Am Ausgang des 20. Jahrhunderts konzentrierten fast alle Physiker ihre Bemühungen auf Berechnung von Vorhersagen unter Verwendung mathematischer Formalismen oder auf die Suche praktischer Anwendungen. Nur wenige versuchen wirklich, die grundlegende Natur der physikalischen Phänomene zu verstehen. Viele Physiker glauben, dass die wesentliche Natur von Physik nichts als Gleichungen seien. Die meisten Physiker ziehen es vor, alle die Widersprüche und Absurditäten zu ignorieren, die in der Interpretation der modernen Physik existieren. Glücklicherweise haben einige sehr seltene Wissenschaftler, wie Baggott [1,1] und einige andere vernünftige Reaktionen, wenn sie bei sich selbst Absurditäten in der Interpretation der modernen Physik entdecken. Die Widersprüche, die in der modernen Wissenschaft gefunden werden, sind so **absurd**, dass die meisten Physiker annehmen, dass jemand sie zweifellos vor langer Zeit gelöst haben muss. Der Grad der Gleichgültigkeit der meisten Physiker über diese Widersprüche ist phänomenal.

Die Physik ist eine Grundlagen-Wissenschaft, die darauf abzielt, alle grundlegenden Dinge der Natur zu verstehen. Die Rolle der Physik ist, unser Verständnis von Dingen, die uns umgeben, zu verbessern, sowohl im Großen als auch im Kleinen. Die beste Beschreibung der Natur ist die, die der Wirklichkeit am nächsten kommt. Es ist eine Konsequenz vom Verständnis der Natur, die es Wissenschaftlern erlauben sollte, neue Ergebnisse vorauszusagen.

Die Moderne Physik hat eine neue Beschreibung der Natur gebracht. Sie basiert darauf, was als: **Die Kopenhagener Interpretation** bezeichnet wird. Wir sehen, dass diese Interpretation gerade das Gegenteil einer exakten rationalen Beschreibung ist, die man von der Wissenschaft erwartet.

Was genau ist die Kopenhagen-Interpretation? Sie ist eine Interpretation, die zum Formalismus der modernen Physik hinzugefügt wurde, um den Ausdrücken, die in den Gleichungen verwendet werden, eine physikalische Bedeutung zu geben. Außerdem gibt die Kopenhagen-Interpretation eine Interpretation des mathematischen Ergebnis in Bezug auf unser physikalisches Verständnis der Natur. Die Kopenhagen-Interpretation ist von einigen bekannten Wissenschaftlern Anfang des vorigen Jahrhunderts geschrieben worden. Die Hauptbeschreibung kommt von den Artikeln, die von Niels Bohr, von Werner Heisenberg, von M. Pauli und von anderen geschrieben wurden.

Überraschenderweise gibt es keine genaue Vereinbarung darüber, was die Kopenhagener Interpretation wirklich ist. Es gibt kein Dokument dieses Namens und es existiert keine Vereinbarung unter Wissenschaftlern hinsichtlich der genauen Dokumente, die beteiligt sind. Cramer [1,2] stellt fest:

„Trotz einer umfangreichen Literatur, die sich auf die Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik bezieht, bespricht und kritisiert, nirgendwo scheint es irgendeine kurze Aussage zu geben, welche die volle Kopenhagener Interpretation definiert.“

Der Satz der Artikel, der als die Formulierung der besten Beschreibung der Kopenhagener Interpretation angesehen wird, variiert in Abhängigkeit vom Autor, der das Thema studiert. Viele verschiedenen Versionen der Kopenhagener Interpretation können festgestellt werden. Folglich lässt ihre Definition viel Raum für die eigenen Meinungen der Leser. In diesem Buch verwenden wir die Version, die als die sehr häufig geltende zu sein scheint.

Um die zuverlässigste Beschreibung der Kopenhagener Interpretation zu verwenden, geben wir so oft wie möglich genaue Zitate von bekannten Wissenschaftlern, welche die Interpretation zuerst entwickelten. Genaue Zitate sind notwendig, weil zu viele Physiker sich nicht aller Absurditäten bewusst sind, die von der Wissenschaft akzeptiert werden. Sie glauben überhaupt nicht, dass diese Absurditäten existieren. Die Kopenhagener Interpretation (was auch immer sie darstellt), hat nach mehr als sechzig Jahren eine entscheidende Bedeutung in der Physik erreicht. Sie ist abweichend auch bekannt unter einigen allgemeinen Namen wie: die Interpretation der Quantenmechanik oder die Quanteninterpretation der modernen Physik etc.

Die Kopenhagener Interpretation führt zu dem erstaunlichsten Satz von Widersprüchen, die überhaupt in der Wissenschaft existierten. Jene Widersprüche werden normalerweise unter dem Namen von *Paradoxen* geführt, weil dieser Ausdruck weniger absurd erscheint. Mit einfachen Worten: die Kopenhagener Interpretation führt zu Beobachtungen, die offenbar drei unvereinbare Schwierigkeiten enthalten,

- A) Die Verneinung der Kausalität
- B) Die Verneinung des Realismus und
- C) eine Beteiligung unbegrenzter und imaginärer Geschwindigkeiten oder Massen.

Wir besprechen zuerst die Kausalität, weil dieser Basis-Begriff leicht zu verstehen ist. Kausalität ist auch eine extrem wichtige Vorbedingung für die Wissenschaft. Die Punkte B) und C) werden in Abschnitt 4. besprochen.

1-2 Kausalität.

Das Wort, *weil* wird ungefähr fünfzig-mal in diesem Aufsatz verwendet. Das ist nicht überraschend, da diesem Aufsatz von Wissenschaft handelt. Das Ziel der Wissenschaft ist es, Phänomene zu erklären und neue Beobachtungen vorauszusagen. Wissenschaftliche Forschung zu praktizieren, bedeutet herauszufinden, warum ein Effekt verursacht wurde. Es wäre lächerlich und absurd, zu antworten, dass es keinen Grund oder keine *Ursache* gäbe, die zu den beobachteten Ergebnissen führe - dass Ergebnisse einfach so entstehen. Es wäre zweifellos vernünftiger zu antworten, dass wir es nicht wissen.

Wenn ich Ihnen eine Beschreibung der Naturgesetze gebe, ohne Ihnen die Gründe zu sagen, aus denen ich eine gegebene Beschreibung vornehme oder wähle, erwarte ich, dass Sie das als Mangel an Erklärung ziemlich unbefriedigend finden. Wissenschaftler sind es also gewohnt, nach der Ursache eines bestimmten beobachteten Ergebnisses zu suchen, sodass die meisten sich der Suche nach ihr nicht einmal bewusst sind. Es ist eine natürliche intelligente Reaktion, nach Ursachen zu suchen. Obgleich diese Diskussion den meisten von uns offensichtlich scheint, dass es keinen Effekt ohne Ursache geben kann, liegt das nicht bei allen Physikern auf der Hand, wie wir darstellen werden.

Seit vielen Jahrhunderten führten gesunder Menschenverstand und Beobachtungen zu der Schlussfolgerung, dass die gleichen Ursachen zu den gleichen Effekten führen. Wenn die gleichen Ursachen nicht zu den gleichen Effekten führten, wie könnten wir Wissenschaft treiben?

Kant [1,3] schrieb:

„Die Kausalität ist die Basis aller wissenschaftlichen Arbeit. Die Kausalität ist die Bedingung, die Wissenschaft möglich macht.“

Es ist dies ein große Mangel an Kausalität, was Heisenberg da gemacht hat, Feynman und andere verwenden das Wort „Absurdität“. Als Ergebnis der Kopenhagener Interpretation hat Heisenberg [1,4] erstaunt wegen des offensichtlichen Mangels an Kausalität selbst formuliert:

„Ich fragte mich immer wieder die Frage: Kann die Natur eventuell so absurd sein, wie sie uns in diesen Atomexperimenten erschien?“

Selbstverständlich ist es die Interpretation der Beobachtungen, welche die Natur mit der Kausalität unvereinbar aussehen lässt. Entsprechend der Kopenhagener Interpretation gibt es keine Ursache zu einem Phänomen. Folglich, da Quantenmechanik nicht verursachend ist, ist es unsinnig, nach Ursachen zu suchen. Man könnte gut fragen, warum so viele Physiker nach Ursachen suchen, wenn sie ein Modell benutzen und stützen, das nichts verursacht! Eine völlig verursachende Interpretation der modernen Physik wird in den Abschnitten 6, 7 und 8 dieses Aufsatzes gegeben².

Da Heisenberg einer der wichtigsten Mitwirkenden der Kopenhagener Interpretation ist, wollen wir seine eigene Einschätzung nehmen. Heisenberg [1,5] stellt klar:

„Das Kausalitätsprinzip wird in der Quantentheorie nicht mehr angewendet.“

Um damit überein zu stimmen, sollten Physiker heute nicht mehr versuchen, die Ursache eines physikalischen Phänomens zu suchen. Entsprechend Heisenbergs Aussage gibt es keine Ursache, es ist einfach magisch. Greenberger [1,6] benutzt den gleichen Ausdruck und erklärt einfach, „Quantenmechanik ist Magie“.

Später, nach dem Gebrauch der Kopenhagener Interpretation, schließt Feynman [1,7]:

„ Vom Standpunkt des gesunden Menschenverstands beschreibt die Theorie der Quantenelektrodynamik die Natur so absurd. Und sie stimmt völlig mit den Experimenten überein. So hoffe ich, dass Sie die Natur akzeptieren können, wie sie ist - so absurd,“

Gleich schlecht, gibt Mermin an, dass die Ergebnisse jener absurden Interpretationen erfreulich sind. Er [1,8] schreibt:

„Das EPR³-Experiment ist so nahe an Magie, wie kein physikalisches Phänomen sonst, das ich kenne, und diese Magie sollte genossen werden.“

Sollten wir nicht von den letzten zwei Aussagen schließen, dass Absurdität erfreulich sei? Wir können Magie als Unterhaltung genießen, aber ich bin nicht der Meinung, dass Forschungsfonds in der Wissenschaft für das Zelebrieren von Magie eingesetzt werden sollten.

Ich habe einige Spitzenphysiker getroffen, die nicht zuließen, dass sich moderne Physik mit soviel Absurdität beschäftigt. Nachdem ich einem Nobelpreisträger eine der Original-Aussagen gezeigt hatte, die über die Kopenhagener Interpretation geschrieben wurden, antwortete er mir einfach, **„sie konnten es so nicht gemeint haben.“**

Ich bin zweifellos mit ihm einverstanden, dass soviel Absurdität unglaublich ist. Jedoch wenn man die ganze Popularität der Kopenhagen-Interpretation betrachtet, und die Tatsache, dass es die einzige geltende Interpretation ist, muss irgendjemand es so gemeint haben.

Während ihres Vordiploms werden angehende Physiker schrittweise darin unterrichtet, Interpretationen anzunehmen, die mehr und mehr überraschend sind (absurd). Sie werden verleitet durch die Tatsache, dass die Gleichungen, die in der Physik verwendet werden, zu Vorhersagen führen, die mit Beobachtungen übereinstimmen. Physiker werden unterrichtet, zu glauben, dass, wenn eine Gleichung eine korrekte Vorhersage gibt, es der Beweis dafür ist, dass das Modell korrekt sei (selbst wenn das Modell absurd ist). Außerdem behaupten sie, dass, wenn das Funktionsmodell absurd ist, man feststellen muss, dass die Natur absurd sei.

Die Philosophie der Wissenschaft und der Mangel an Kausalität sind Themen, die fast vollständig in den Klassenzimmern vermieden werden, in denen Physik unterrichtet wird. Viele Studenten haben mich

² Die Abschnitte 6 und 7 sind vom Autor zurück gezogen worden. Vermutlich sollten sie überarbeitet werden.

³ Der **EPR-Effekt** (nach den Autoren des Artikels, in dem er das erste Mal behandelt wurde – [Einstein](#), [Podolski](#), [Rosen](#) –, zuweilen auch **EPR-Paradoxon** oder **EPR-Argument** genannt), ist ein zunächst als **Gedankenexperiment**, später aber auch im Labor nachgewiesener Effekt in der **Quantenmechanik**, der explizit erkennen lässt, dass die Quantenmechanik gegen eine Grundannahme klassischer Theorien, den sog. **lokalen Realismus**, verstößt.

informiert, dass sie manchmal durchaus mit den Erklärungen unzufrieden sind, die sie während ihrer Studien in den Büchern gefunden haben. Sie beabsichtigen, dieses Dilemma nachzuprüfen, nachdem sie ihren Grad erhalten haben. Das Studium über Kausalität und Realismus ohne Anleitung ist jedoch ein langsamer und schwieriger Prozess. Die Studenten werden nicht für solch ein Studium vorbereitet und sie verlassen schnell ihr Projekt, nachdem sie ihren Grad erhalten haben. Außerdem, wie oben erwähnt, weil es kein Dokument gibt, welches kurz die Kopenhagener Interpretation erklärt, versteht sie niemand. Selbstverständlich kann niemand eine Absurdität verstehen. Das ist vermutlich der Grund, aus dem Cramer [1,9], Feynman zitierend, schreibt:

„Ich denke, man kann sicher sagen, dass niemand die Quantenmechanik versteht.“

Physikern wird auch erklärt, dass es kein ungelöstes Grund-Problem in der Physik mehr gäbe. Vor der Veröffentlichung dieses Buches, als ich versuchte, einige Abschnitte dieser Arbeit (Teile von Abschnitt 6 und 7) über die Schwierigkeiten der Kopenhagener Interpretation in dem *Canadian Journal of Physics* zu veröffentlichen, wies der Referent das Manuskript zurück und behauptete:

„Die Argumente, die gegen die Quantenmechanik hervorgebracht wurden, wurden vor mehr als sechzig Jahren entschieden.“

Referenten anderer wissenschaftlicher Zeitschriften machen regelmäßig den gleichen Fehler. Die meisten Physiker sind bezüglich der Absurditäten der Kopenhagener Interpretation vollständig ahnungslos. Der Anspruch ist, dass es endgültig nachgewiesen worden wäre, dass wir bereits alles wissen, was in der Quantenmechanik bekannt ist. In dieser Hinsicht bemerkte Popper [1,10] :

„Die Kopenhagener Interpretation - oder präziser, die Sicht auf den Zustand der Quantenmechanik, den Bohr und Heisenberg definierten - war, ziemlich einfach gesagt, dass die Quantenmechanik der Abschluss, die nie-zu-übertreffende Revolution in der Physik wäre. [...] Das wurde behauptet, um zu zeigen, dass die Physik das Ende der Straße erreicht hätte.“

Popper [1,10] fügte hinzu:

„diesen epistemologischen⁴ Anspruch, betrachtete ich und ich betrachte ihn immer noch als unverschämt.“

Es ist Defätismus⁵, zu glauben, dass wir nie eine rationale Antwort finden würden. Viele defätistische Wissenschaftler behaupten, dass es unnütz sei, die Zeit zu vergeuden, eine neue Interpretation zu finden. Es wurde angenommen, das irrationale Modell sei die abschließende Antwort. Diese Haltung wurde offenbar von Murray Gell-Mann verstanden [1,11], als er schrieb:

„Niels Bohr wusch die Gehirne der ganzen Generation von Theoretikern, dass sie denken sollten, dass die Arbeit [eine ausreichende Darstellung der Quantenmechanik] vor 50 Jahren erledigt worden wäre.“

Wissenschaftler fragen die Natur. Deshalb sollten sie eine bescheidene Einstellung gegenüber der Wissenschaft haben. Wissenschaftler sollten glauben, dass sie etwas lernen und nicht ihren Willen der Natur vorschreiben können. Übermäßiges Vertrauen führt zu einer Reduzierung von Wachsamkeit. Zum Beispiel gab es vor nicht allzu langer Zeit, zur Zeit, als das Hubble-Teleskop in den Raum startete, ein unglaubliches Selbstvertrauen. In der *New York Times-Zeitschrift* [1,12] lasen wir:

„John Bahcall erwartet, dass das Teleskop nicht daran scheitert, seinen Teil zu leisten. Wenn wir enttäuscht sind, sagt er, ist es nicht der Fehler des Teleskops oder unser Fehler. Es ist

4 erkenntnistheoretisch

5 Zustand der Mutlosigkeit und Resignation, in dem die eigene Sache für aussichtslos angesehen wird.

wegen eines Mangels an Fantasie von Seiten Gottes.“

Im gleichen Artikel sagt Giacconi:

„Es ist nicht die Tatsache, wie groß das Universum ist, was beeindruckend ist. Es ist die Energie des menschlichen Geistes. Wir können mit unserem kleinen Kilogramm an Gehirn hier sitzen und herausfinden was dieses Universum überhaupt ist.“

Wir wollen daran erinnern, dass der Hauptspiegel defekt war und das Teleskop mit drei defekten Gyroskopen⁶ in Gefahr ist.

1-3 Die Rolle der Mathematik.

Viel zu häufig lasen wir in der Physik, dass die Ergebnisse, die in der Quantenmechanik erzielt werden, korrekt seien, da sie mathematisch nachgewiesen worden sind. Das sollte man aber wissen: Realismus kann nie mathematisch nachgewiesen werden; Realismus ist in der Mathematik irrelevant. Nichts in der Mathematik existiert unabhängig von unserem Verstand.

Mathematik ist ein außerordentliches leistungsfähiges Werkzeug, um Beziehungen zu bestimmen oder zu prüfen. Bei der Beschäftigung mit Quantensysteme wird Mathematik verwendet, um interne Wechselbeziehungen innerhalb eines Quantensystems zu ermitteln. Heisenberg [1,13] stellt fest:

„Das mathematische Bild des Systems garantiert, dass keine Widersprüche im System auftreten können.“

Heisenberg selbst zeigt richtig, dass Mathematik garantiert, dass es keine internen Widersprüche gibt. Jedoch behandelt die Kopenhagener Interpretation (oder irgendeine andere Interpretation) Beziehungen, die **außerhalb** von mathematischen Beziehungen sind.

Es ist klar, dass Mathematik mit den **internen** mathematischen Beziehungen zwischen verschiedenen physikalischen Konzepten fertig werden muss. Der

QUANTUM MECHANICS IS A FORTRESS BUILT ON QUICKSAND

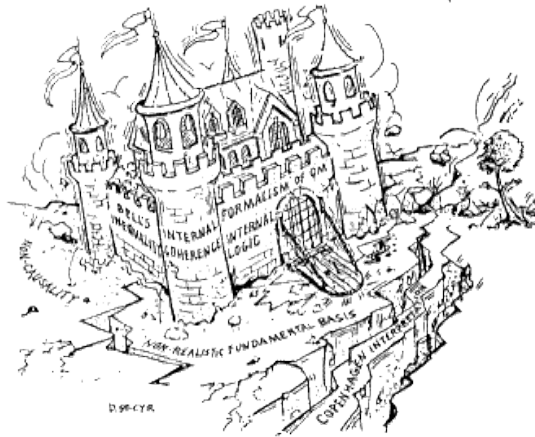


Figure 1-A

mathematische Formalismus, der in der Physik verwendet wird, ist vermutlich das zusammenhängendste und logischste **interne** System, das in der Wissenschaft existiert. Jedoch wird die Wahl der mathematischen Relationen in der Physik durch die **äußeren** Beziehungen vorgegeben, die von der Natur mithilfe von Experimenten und Beobachtungen vorgeschrieben werden. Von der Kopenhagener Interpretation wird erwartet, dass sie die externe Verbindung zwischen Natur und Mathematik zur Verfügung stellt. Es ist klar, dass die Kopenhagener Interpretation keine vollständig rationale Erklärung der Natur geben kann.

In Abbildung 1-A, wird der starke mathematische Formalismus durch die gut konstruierte Burg veranschaulicht. Seine **äußeren Beziehungen** zur Natur jedoch, werden durch das Versinken im Quicksand der Kopenhagener Interpretation dargestellt.

Es gibt auch andere Fehler, bezüglich der Relevanz von Mathematik. Sogar wenn der mathematische Formalismus zu Vorhersagen führt, die mit Beobachtungen übereinstimmen. Dieses erfolgreiche Ergebnis wird normalerweise als Beweis der Korrektheit der Kopenhagener Interpretation interpretiert. Solch eine Übereinstimmung zwischen Vorhersagen und Beobachtungen beweist nicht die Korrektheit der Interpretation, wenn vielleicht eine andere davon verschiedene Interpretation möglicherweise zu einem ähnlichen Ergebnis führen kann (und das tut sie oft auch).

Es muss verstanden werden, dass überhaupt kein Experiment oder Satz von Experimenten die

⁶ Kreiselinstrumente für die Lagestabilisierung im Raum, ohne die jegliche Beobachtungen von kosmischen Objekten unmöglich wären.

Korrektheit eines Modells prüfen können. Aber das erste Experiment, das keine Übereinstimmung mit den Beobachtungen zeigt, widerlegt das Modell.

Der grundlegende Unterschied zwischen der Rolle der Logik in der Mathematik und der Rolle der Kausalität in der Physik hat zu vielen Verwirrungen geführt. Zum Beispiel in Bohrs Diskussion mit Einstein, verschob sich der Gegenstand der Diskussion von den Grundprinzipien der Physik auf die Freiheit von Widersprüchen im mathematischen Formalismus. Popper [1,14] bespricht den:

„titanischen Kampf zwischen Einstein und Bohr.“

Er [1,14] beschreibt auch klar:

„Bohrs Verschiebung des Problems von Vollständigkeit zu Stichhaltigkeit (= Freiheit von Widersprüchen).“

Die Klammern sind von Popper.

Die so genannte **Vollständigkeit**, von Bohr vermieden, hängt mit den grundlegenden Beziehungen in der Physik (die extern sind) zusammen, während die **Freiheit von Widersprüchen**, die von Bohr diskutiert werden, mit der Kohärenz im mathematischen Formalismus (die intern ist) zusammenhängt. Es gibt kein grundlegendes Kohärenz-Problem in den **internen Beziehungen** der Physik, weil dieser Teil, nichts außer der Mathematik verwendet. Jedoch werden die **externen** Beziehungen der Physik, die ihren Zusammenhang mit der Natur bestimmen, durch die Kopenhagener Interpretation interpretiert, ziemlich vernunftwidrig.

Die erfolgreiche Verschiebung dieses Problems durch Bohr bewirkte, dass das externe Verhältnis (die Beziehung zwischen Natur und mathematischem Formalismus), welches eins der schwierigsten Probleme der Physik ist, im Allgemeinen vermieden wurde zu diskutieren und nie gelöst worden ist.

1-4 Dualität.

Eine der wichtigsten und verhängnisvollsten Konsequenzen der Kopenhagener Interpretation wird im Falle der Welle-Teilchen-Dualismus-Interpretation des Lichtes beobachtet. Die Schwierigkeit des Erklärens des Verhaltens des Lichtes hat eine sehr lange Geschichte in der Physik. Sie hat zu einer Interpretation geführt, die entweder die Eigenschaften eines Teilchen, oder die Eigenschaft einer Welle benutzt, wenn es benötigt wird. Verschiedene Versionen dieser Näherung haben zu der Doppelinterpretation des Lichtes geführt. Das Licht (oder Photonen) benehmen sich gleichzeitig als Welle und als Partikel. Alle Art von verwirrenden Wörtern wird verwendet, um das auszudrücken. Diese Konsequenz führt zu dem naiven Glauben, dass ein Photon ein Partikel und eine Welle gleichzeitig sein könne.

Diese Hypothese ist extrem bequem, weil die Eigenschaften einer Welle denen von Partikeln hinzuzufügen mathematisch durchführbar ist. Das Einzige, was man tun muss, ist es je nach Bedarf, eine Wellenlösung der Gleichung zu betrachten oder auch eine Lösung, die mit einem Partikel kompatibel ist. Selbstverständlich ist das kein Problem, solange wir der Ansicht sind, dass es sich um eine interne Eigenschaft des mathematischen Formalismus handelt. Jedoch wenn man behauptet, dass das eine externe Beziehung sei, die durch den Welle-Teilchen-Dualismus beschrieben würde, wird diese Interpretation absurd.

Die komplette Demonstration der Absurdität dieses Dualität liegt nicht nur im Argument der Kausalität und in der Beziehung zwischen Internem und Externem, das in diesem Abschnitt betrachtet wird. Das stärkste Argument der Absurdität dieses Dualismus folgt aus dem Argument des Realismus, der in Abschnitt 4. besprochen wird.

Das dualistische Modell ist gerade so absurd wie die Kopenhagener Interpretation, weil in beiden Modellen keine physikalische Wirklichkeit existieren kann, bevor sie nachgewiesen wurde. In der Kopenhagener Interpretation werden Sachverhalte durch das Wissen des Beobachters vorweg genommen. Es gibt einen unvereinbaren Unterschied zwischen:

A) zwei Sätze von Eigenschaften in einer Gleichung mathematisch zu kombinieren und:
B), zu sagen, dass in Wirklichkeit Licht gleichzeitig aus einer Welle und einem Partikel bestünde.
Klausel A) ist möglich. Wir sehen in Abschnitt 4, dass Klausel B), dass ein Modell des Lichtes, bestehend sowohl aus einer Welle als auch einem Partikels, total unverträglich ist.
Dieses ist genau, was von Messiah [1,15] erklärt wird, wenn er schreibt:

„Mikroskopische Gegenstände haben eine sehr allgemeine Eigenschaft: sie erscheinen unter zwei anscheinend unvereinbaren Aspekten, dem Wellenaspekt einerseits und dem korpuskularen Aspekt andererseits. So weist die Superposition auf eine Eigenschaft, die für Wellen charakteristisch ist und andere Eigenschaften weisen auf lokalisierte Körner von Energie und Impuls.“

Lassen Sie uns auf den Worten „unvereinbare Aspekte“, des Messiahs bestehen.

Diese Aussage liegt so auf der Hand, dass sie in verschiedenen Formen erscheint. Zum Beispiel schreibt Bunge [1,16]:

„Aber mittlerweile sollten wir mindestens zwei Lektionen gelernt haben. Die erste ist, dass die Partikel- und die Wellenanalogien schwach sind und sich außerdem gegenseitig ausschließen.“

Als das duale Modell vorgeschlagen wurde, war man sich der Tatsache, dass die beiden Modelle unvereinbar sind, bewusst aber Heisenberg lies zu, dass dafür keine Lösung gesucht wurde. Er schrieb [1,17]:

„Die Paradoxie des Dualismus zwischen Wellenbild und Partikelbild wurde nicht gelöst; sie wurde irgendwie im mathematischen Entwurf versteckt.“

Das Wort *versteckt*, das Heisenberg hier verwendet, ist eine ausgezeichnete Beschreibung dieser Tatsachen. Es zeigt, dass die interne mathematische Beschreibung realisierbar ist, aber diese interne Beziehung verwendet wird, um die Absurditäten der externen Beschreibungen zu verstecken. Diese Beschreibung ist mit dem Realismus der Natur unvereinbar.

Bunge [1,18] nimmt auch zu der Dualitäts-Interpretation Stellung. Er schließt folgendermaßen:

„Beide, die Kopenhagener und die Dualitäts-Interpretation der physikalischen Theorien ergeben sich aus einer Verwirrung zwischen theoretischen und experimentellen Auffassungen, [...] diese Verwirrung darf von dem Kopenhagener Philosophen nicht bedauert werden, für den alles vom Grunde her unheilbar vernunftwidrig ist.“

Das zeigt, dass die Moderne Physik sogar über einen Zustand der Verwirrung hinausgegangen ist, sie hat das Stadium des unheilbaren Irrationalität erreicht.

1-5 Der frühe historische Ursprung des Nicht-Realismus

Die Suche nach Ursachen, die für die beobachteten Effekte verantwortlich sein können, bedeutet logisch, dass eine Ursache unabhängig vom Beobachter existieren muss. Deshalb bedeutet physikalische Kausalität Realismus. Die Beschreibung von Realismus wird im Detail in Abschnitt 4. betrachtet. Jedoch betrachten wir hier den historischen Ursprung von Realismus und von Nicht-Realismus⁷.

Die Geschichte des Realismus fing nicht erst mit Bohr um 1920 an. Der Realismus wurde offenbar schon ungefähr vor vierundzwanzig Jahrhunderten verstanden. Das auffallendste Beispiel von Realismus

⁷ Der Autor verwendet den Begriff *non-realism* eine eigene Wortschöpfung, um die Abkehr vom Realismus Platons zu charakterisieren. Er vermeidet den Begriff *subjectiv idealism*, der die philosophische Grundidee, die hinter dem Begriff steht, besser charakterisieren würde.

und von Kausalität ist ein Meisterwerk, das von Plato geschrieben wurde. Es ist die *Allegorie der Höhle* erdacht von Sokrates und von seinem berühmten Schüler aufgeschrieben. Diese Beschreibung ist so wichtig, dass wir sie hier in Anhang I. wiedergeben. Es ist ziemlich außerordentlich, wie Sokrates eine wichtige Lektion von Realismus vielen modernen Wissenschaftlern erteilen kann. Es ist zweifellos wert zu lesen, wie Sokrates in der Lage war, Schatten von der Wirklichkeiten zu unterscheiden, während moderne Physiker, unter Verwendung der Kopenhagener Interpretation zeigen, dass sie die gleiche Unterscheidung nicht treffen können. Es gibt eine klare Analogie zwischen dem Geist wie den *Schatten der Marionetten*, die von den Bewohnern der Höhle, Verwandte von Plato, beschrieben werden, und dem Geist wie der Materie, die durch den Zerfall einer Wellenfunktion zu existieren beginnt, wie durch die Kopenhagener Interpretation beschrieben.

Der Realismus sagt, dass die Materie ihre eigene Existenz unabhängig vom Beobachters hat, was schon lange vor Niels Bohr und Heisenberg angefochten wurde. Es wurde zuerst von Descartes angefochten. Er schrieb:

„Ich denke, also bin ich.“

Und er fuhr fort zu erklären, dass ein Tisch nicht denkt, weshalb ein Tisch nicht existiert. Descartes glaubte, dass ein Tisch keine eigene unabhängige Existenz hätte. Für ihn könnte ein Tisch nicht ohne einen Beobachter wirklich existieren.

Selbst wenn die Tatsache des Denkens, wie Descartes bemerkte, zu der Schlussfolgerung führen würde, auf die Realität der Existenz zu schließen, ist die Umkehrung nicht wahr. Descartes Syllogismus⁸ zeigt nicht, dass ein nicht-denkender Gegenstand nicht existiert. Man kann nicht sagen, dass eine schlafende Person nicht existiert, weil diese Person nicht denkt. Diese fehlerhafte Schlussfolgerung ist jedoch die Schlussfolgerung, die von Descartes gezogen wird.

Descartes Idee folgend waren es hauptsächlich Ballarmino und Bischof Berkeley, die beiden glaubten, dass Beobachtungen bloß mentale Konstrukte sind. Berkeley war ein irischer Philosoph des 17. Jahrhunderts⁹. Seine Sympathien zugunsten des Positivismus von Auguste Comte waren extrem stark. Hier ist, was Berkeley [1,19] über Realität schreibt:

„Es herrscht tatsächlich die merkwürdig Meinung unter Männern, dass Häuser, Berge, Flüsse in einem Wort alle fühlbaren Objekte eine natürliche oder reale Existenz haben, die sich unterscheidet von ihrer Wahrnehmung durch den Verstand.“

Das heißt, Berkeley findet es merkwürdig, dass einige Menschen glauben, dass Dinge eine unabhängige Existenz von der Wahrnehmung haben könnten. Berkeley [1,20] schreibt auch:

„Einige Wahrheiten sind dem Verstand so nah und offensichtlich, dass ein Mann nur seine Augen zu öffnen braucht, um sie zu sehen. So nehme ich es wichtig, dass es so ist, nämlich, dass der ganze Chor des Himmels und die Ausstattung der Erde, in einem Wort alle jene Körper, die den mächtigen Rahmen der Welt ausmachen, kein Dasein ohne einen Verstand haben, dass ihr Sein empfunden oder gewusst werden muss.“

Berkeley folgert:

„Esse est percipi“, das bedeutet „Existenz ist Vorstellung.“

An diesem Punkt möchte ich den vernünftigen Leser bitten, durch diese Absurditäten nicht aus der Fassung zu geraten. Wir müssen feststellen, dass das die Konsequenz der Schwäche des menschlichen

8 Syllogistische Argumente sind immer nach dem gleichen Muster aufgebaut. Jeweils zwei **Prämissen** (Voraussetzungen), genannt *Obersatz* (lateinisch *propositio major*) und *Untersatz* (lateinisch *propositio minor*), führen zu einer Konklusion (**Schlussfolgerung**, lateinisch *conclusio*).

9 (Berkeley selbst spricht von "Immaterialismus" = Materielosigkeit.) Berkeley gilt zusammen mit Hume als Begründer des subjektiven Idealismus, der auch den Positivismus einschließt. Der Realismus dagegen ist eine Richtung innerhalb des objektiven Idealismus.

Verstandes ist.

1-6 Die Berkeley-Kopenhagener Interpretation

Der Positivismus eines Descartes ist von Berkeley, von Hume und von anderen zu einem extremen Grad getrieben worden und bildet ein neues Denken als **moderne Philosophie** bezeichnet. Ähnliche Argumente werden von Kant, Hegel und vielen anderen geliefert.

Wir müssen feststellen, dass diese **moderne Philosophie** mit der modernen Physik erstaunlich übereinstimmt, wie die Kopenhagener Interpretation von Bohr, von Heisenberg und von Pauli vorgeschlagen, zeigt. In der modernen Physik wird Materie nicht als von ihrer Beobachtung unabhängige Existenz betrachtet, gerade wie im Falle der modernen Philosophie von Descartes und von Berkeley. Für Heisenberg und für Bohr, ebenso wie für Descartes und Berkeley ist Existenz **nichts weiter als Vorstellung**. (Esse est percipi.)

Es gibt einen auffallenden Beweis des direkten Einflusses von Berkeleys Philosophie auf die Kopenhagener Interpretation. Dieser Beweis ist in Heisenbergs Buch zu finden. Heisenberg schreibt eindeutig, dass er mit Berkeleys Philosophie einverstanden ist. Wir wollen Heisenbergs [1,21] Aussage mit seinen eigenen Worten wiedergeben:

„Der nächste Schritt wurde durch Berkeley unternommen. Wenn wirklich unser ganzes Wissen von der Vorstellung abgeleitet wird, hat die Aussage, dass die Dinge wirklich existieren keine Bedeutung; weil, wenn die Wahrnehmung gegeben ist, macht es vielleicht keinen Unterschied, ob die Dinge existieren oder nicht. Deshalb ist Empfinden zu werden identisch mit Bestehen.“

Wir könnten glauben, dass diese Aussage von einem Philosophen zu Zeiten Berkeleys geschrieben worden wäre. Sie wurde wirklich von Heisenberg [1,21] geschrieben. Heisenberg zeigt klar, dass die moderne Physik nicht innovativ war, als vorgeschlagen wurde, dass Materie keine Existenz vor ihrer Entdeckung hätte. Heisenberg gesteht, dass er gerade Berkeleys Idee der modernen Philosophie auf die moderne Physik übertrug.

Es ist in unserer Gesellschaft eine übliche Praxis, Namen zu geben, die den Ursprung von dem, was beschrieben wird, gut kennzeichnen. Es ist klar, dass der Nicht-Realismus in der Wissenschaft von Bohr und von Heisenberg unter dem Namen **die Kopenhagener Interpretation** entstand. Selbst wenn der Nicht-Realismus dann eine neue Anwendung auf dem Gebiet der Wissenschaft erfuhr, war jedoch die Grundidee zweifellos nicht neu, wie wir von Heisenbergs Hinweis auf Berkeley sehen können. Der Nicht-Realismus ist offenbar von Berkeleys Philosophie ausgeborgt worden. Heisenbergs Aussage beweist das. Deshalb glaube ich, dass es moralisch angebrachter ist, die Interpretation der modernen Physik, die Berkeley-**Kopenhagener Interpretation** zu nennen. Berkeleys Philosophie lieferte die wesentlichen Grundideen, die zur Interpretation der Quantenmechanik führten. Berkeleys Name kann nicht ignoriert werden.

Es gibt eine zweite Idee in Heisenbergs Aussage, die analysiert werden muss. Es ist:

„Wenn wirklich unser ganzes Wissen von der Vorstellung abgeleitet wird, hat die Aussage, dass die Dinge wirklich existieren, keine Bedeutung.“

Berkeley und Heisenberg verwendeten nicht viel Energien auf ihre Schlussfolgerungen, als sie diese Meinung teilten. Selbstverständlich, wenn unser ganzes Wissen über ein Objekt einfach von der Vorstellung einer einzelnen Person abgeleitet würde, wäre es nicht sinnvoll, zu behaupten, dass Dinge unabhängig vom Beobachter existieren. Jedoch kann geprüft werden, ob Dinge unabhängig von irgendeinem Beobachter existieren. Ein Ding könnte von mehreren unabhängigen Beobachtern mit ihren Sinnen erfasst werden und zu vergleichbaren unabhängigen Berichten führen. Berkeley und Heisenberg betrachteten nur das von der Vorstellung erworbene Wissen von einem einzelnen Beobachter. Sie

verstanden nicht, dass die unabhängige Existenz von Dingen durch übereinstimmende Berichte unabhängiger Beobachter überall und zu jeder Zeit nachgewiesen werden kann. Diese letzte Bedingung der Übereinstimmung von unabhängigen Beobachtungen in Raum und Zeit gibt ein entscheidendes Extrawissen, das von Berkeley und von Heisenberg vernachlässigt worden ist. Diese Extraintformationen liefern das notwendige Wissen zugunsten der unabhängigen Existenz. Dieser Punkt wird in Abschnitt 4-4 besprochen.

Weil Heisenberg dieses Argument zugunsten des Realismus nicht verstand, nahm er die Ansicht an, dass Materie nur im Verstand des Beobachters existiert. Das ist das Modell, das jetzt von der Quantenphysik benutzt wird.

Popper, als er Heisenbergs Ideen diskutierte, drückte [1,22] dessen Irrtum folgendermaßen aus:

„Es war er [Heisenberg], der eine Generation von Physikern verführte, die absurde Ansicht zu akzeptieren, die man von der Quantenmechanik lernen kann.“

1-7 Der Misskredit der Philosophie

Die Irrationalitäten der modernen Physik sind von wissenschaftlichen Philosophen der Kopenhagener Gruppe, hauptsächlich von Bohr, von Heisenberg und von Pauli entwickelt worden. Weniger stark verteidigten P. Jordan und P.M. Dirac die Kopenhagener Interpretation. Erwin Schrödinger und besonders Einstein waren konsequente Gegner und glaubten nicht, dass Physik Magie wäre.

Von den angeführten Zitaten ist klar zu entnehmen, dass Descartes, Ballarmino und Berkeley einen sehr starken Einfluss auf Bohr und Heisenberg und deshalb auf die Kopenhagener Philosophie hatten. Das ist gesichert seit Heisenberg Berkeleys Aussage bei der Argumentation zugunsten des Nicht-Realismus in der Physik verwendete.

Es ist sehr traurig, dass die Ideen, die von Sokrates und Plato [1,23] entwickelt wurden, nicht überlebten. Die **Allegorie der Höhle** wird in Anhang I dieses Buches wiedergegeben, um die Abnahme von Logik während der letzten Jahrhunderte zu zeigen. Das Verständnis der Allegorie von Sokrates, in dem die Bewohner einer Höhle den Schatten der Marionetten Wirklichkeit zuweisen (siehe Plato in Anhang 1) anstelle die Wirklichkeit den realen Gegenständen zuschreiben, wäre für moderne Physiker wichtig. Etwas philosophisches Grundlagen-Wissen über Logik könnte vielen Physikern helfen. Popper [1,24] stellte fest:

„Moderne Instrumentalisten sind selbstverständlich ahnungslos, dass sie philosophieren. Dementsprechend haben sie auch keine Ahnung von der Möglichkeit, dass ihre moderne Philosophie tatsächlich unkritisch, vernunftwidrig und unzulässig sein kann – Ich bin davon überzeugt, dass es so ist.“

Philosophie ist nicht nur als unbrauchbar, sondern auch als eine Belästigung für die moderne Physik betrachtet worden. Zum Beispiel ist die wissenschaftliche Zeitschrift **Galilean Electrodynamics (Experience, Reason and Simplicity, Above Authority)** gegenüber neuen Ideen außerordentlich offen außer philosophischen Erwägungen. Die redaktionelle Politik für die Annahme der Artikel gibt explizit an:

„Von allen Papieren wird erwartet, dass sie im Fachbereich der Physik, der Mathematik, [...] angesiedelt sind, philosophische Erwägungen werden im Allgemeinen nicht angenommen“

Es ist überraschend, dass eine Zeitschrift, die besonders an **Grundlagen** interessiert ist, philosophische Erwägungen ausschließt. Der Ausschluss solcher Artikel wird normalerweise nicht vom Herausgeber einer wissenschaftlicher Zeitschriften bestimmt, aber in der Praxis ist das Ergebnis bei den meisten Zeitschriften das selbe. Philosophische Erwägungen werden in den meisten wissenschaftlichen

Zeitschriften mit Misstrauen angeschaut.

Ich kann die Aussage eines meiner Freunde [1,26] nicht ignorieren:

„Sich zu entscheiden, Philosophie zu ignorieren und Ignoranz zu wählen, ist auch eine Philosophie. Jedoch ist sie vernunftwidrig.“

1-8 Bedeutet QM¹⁰ unbegrenzte Geschwindigkeiten?

Eine andere unüberwindliche Schwierigkeit von QM ist, dass sie unbegrenzte Geschwindigkeiten von Wechselwirkungen zulässt. Wir müssen feststellen, dass die Konsequenzen von QM zu Bohrs Zeiten nicht völlig bekannt waren. Unbegrenzte Geschwindigkeiten, die der Relativitätstheorie widersprechen, wurden in jenen Jahren nicht bemerkt. Popper [1,27] stellt fest:

„In seinem Dialectica Artikel trägt Einstein ein sehr bescheidenes und einfaches Argument gegen die Kopenhagener Interpretation der Quantentheorie vor. Zuerst formuliert er das Prinzip des Ortes, so wie es jetzt genannt wird, d.h. das ist das Prinzip der ausgeschlossenen Aktion in einem Abstand beziehungsweise das Prinzip der Aktion bei verschwindenden Abständen oder das „Prinzip der Nahwirkung“. Er bemerkt dann, dass die Prinzipien der Quantenmechanik, mindestens die in der Kopenhagener Interpretation, mit diesem Prinzip des Ortes unvereinbar sind und dass, wenn die Quantenmechanik wahr wäre, wie von Bohr interpretiert, so müsste es eine Aktion im Abstand geben.“

Das Problem der unbegrenzten Geschwindigkeiten wird unten in Abschnitt 5. besprochen.

Schlussfolgerung.

Man kann argumentieren, dass Philosophie von den Physikern nicht sehr respektiert wird, wegen der absurden Aussagen, die von einigen modernen Philosophen wie Berkeley geschrieben werden. Jene Aussagen geben nicht viel Vertrauen in der Nützlichkeit der Philosophie. Aber, warum nahmen Heisenberg und Bohr die gleiche Philosophie an?

Es muss auch verstanden werden, dass viele Philosophen, den offensichtlichen Erfolg der wissenschaftlichen Leistung bewundernd, sich entschieden haben, Physik und ihre Interpretation der Natur zu studieren. Wenn einige Philosophen über die Kopenhagener Interpretation lesen, machen sie die traurige Entdeckung aller Absurditäten, die in der Wissenschaft unterrichtet werden. Philosophen entdecken, dass das Lehren von Absurditäten in der Physik gerade so üblich ist wie in der Philosophie. Jene Philosophen fühlen sich zurück versetzt ins Mittelalter.

Schließlich wollen wir noch ein Zitat von Lovelock [1,28] über die Meinungsfreiheit in der Forschung anführen. Er schrieb:

„,Alles bedeckend ist in den letzten Jahren die „Reinheit“ der Wissenschaft immer enger durch eine selbst verordnet Inquisition geschützt worden, was die Beurteilung durch eine Peer-Gruppe genannt wird. [...] Wie die Inquisition der mittelalterlichen Kirche, hat sie Zähne und kann eine Karriere ruinieren, indem sie Mittel für die Forschung ablehnt oder indem sie Veröffentlichungen zensiert.“

Es gibt nicht viel Hoffnung, dass neue Wissenschaftler versuchen, neue Aufsätze zu schreiben, um Physik vernünftig zu erklären, es sei denn sie akzeptieren, ihre Karriere zu beenden. Vor einigen Jahrhunderten, verbrannten sie Bruno und sperrten Galilei ein. Sogar in unserem Jahrhundert, wird ein Gegner der Kopenhagen-Interpretation abgelehnt und ein Störenfried genannt.

10 QM = Quantenmechanik

2 - Experimente in der Physik und in einigen Modellen

2-1 Schrödingers Katze.

In diesem Kapitel betrachten wir eins der berühmtesten „Gedanken“ Experimente in der Physik, um die sich widersprechende Hypothese zu veranschaulichen, die verwendet wird, um Beobachtungen zu erklären. Wir wollen mit dem Experiment, das als **Schrödingers Katze** bekannt wurde, beginnen.

Schrödingers Katze veranschaulicht das Problem von Realismus und fehlender Kausalität in der Quantenmechanik. Dieses Experiment kann folgendermaßen beschrieben werden. Ein ideal isoliertes System wird so vorbereitet, dass es einen Geigerzähler enthält, der nahe einer radioaktiven Quelle angebracht wird, die γ -Strahlen emittiert. Die Intensität der γ -Strahlen-Quelle wird so justiert, dass im Zeitraum von einer Stunde genau mit 50%-iger Verursacher-Wahrscheinlichkeit der Geigerzähler ein Ereignis registriert. Der Zählmechanismus wird an ein Gerät angeschlossen, das, wenn ein Ereignis registriert ist, eine Flasche tödlichen Giftes zerbricht, die dann den Kasten füllt, in dem die Katze sitzt.

Es gibt eine 50%-ige Wahrscheinlichkeit, dass kein Ereignis eintritt und die Flasche intakt bleibt. Der Experimentator versiegelt den Kasten und lässt das System eine Stunde lang ungestört. Am Ende der Stunde, ist Schrödingers Frage:

„ Wie ist der quantenmechanische Zustand des Systems, kurz bevor der Kasten geöffnet ist und die Beobachtung gemacht wird?“

Die Quantenmechanik gibt folgende Erklärung. Zwei Zustände sind möglich: Zustand A für die lebendige Katze, und D für die tote Katze. Entsprechend der Quantenmechanik ist die Wellenfunktion des Systems:

$$\alpha\alpha^* = \beta\beta^* = \frac{1}{2} \quad 2,1$$

wo:

$$[\alpha|A\rangle + \beta|D\rangle] \quad 2,2$$

Das heißt, die Wellenfunktion des Systems besteht zu gleichen Teilen aus Komponenten der Wellenfunktion der lebendigen Katze $|A\rangle$ und der Wellenfunktion $|D\rangle$ für die tote Katze¹¹, bis der Beobachter einen Einsturz der Wellenfunktion produziert. Die Berkeley-Kopenhagener Interpretation lehrt [2,1] dass das Ergebnis des Experimentes nicht entschieden ist und nicht existiert

„bis der Beobachter den Zustandsvektor in den einen oder den anderen dieser Zustände stürzt, indem er eine Beobachtung macht, da es die Änderung im Wissen des Beobachters ist, das den Zustandsvektoreinsturz herbeiführt.“

Wir wollen festhalten, dass es das *Wissen des Beobachters* ist, das die Wellenfunktion einstürzen lässt. So findet der Einsturz weder statt, bevor es der Beobachter weiß, noch wenn es keinen Beobachter gibt. Selbstverständlich ist solch eine Beschreibung unsinnig.

Grundlegende Logik und Realismus bedeuten, dass die Katze nicht gleichzeitig lebendig und tot sein kann. Außerdem kann die Katze am Leben bleiben oder sterben, selbst wenn der Beobachter das nicht weiß. Die Berkeley-Kopenhagener Beschreibung, die von Cramer [2,1] gegeben wird, bedeutet, dass eine Katze in Abwesenheit von irgendeinem beliebigen Beobachter weder wirklich lebendig noch wirklich tot

11 Deutet man die Wellenfunktion als Wahrscheinlichkeitsaussage, dann ist die Wahrscheinlichkeit, ob die Katze lebt oder tot ist, ein halb, was eine durchaus vernünftige Aussage ist. Siehe E. W. Schpolki „Atomphysik II“ Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin Übersetzung aus dem Russischen der 3. Auflage Moskau 1951

sein kann. Ähnlich bedeutet die Berkeley-Kopenhagener Interpretation auch, dass Sie nicht wirklich sterben können, wenn niemand Sie beobachtet. Ohne einen Beobachter gibt es keinen Einsturz der Wellenfunktion. Das ist doch absurd.

Der Zustand der Katze wird in allen Einzelheiten von einigen Autoren beschrieben. Sie beharren darauf, dass das Leben der Katze nicht unbedingt existiert. Davies [2,2] schreibt über die Katze:

„Ihr (der Katze) Schicksal ist erst entschieden, wenn der Experimentator den Kasten öffnet und hineinschaut, um die Gesundheit der Katze zu kontrollieren .“

Davies fügt hinzu, solange ein bewusster Verstand nicht die Katze überprüft,

„muss die Katze fortfahren, ihren Scheintod auszuhalten, bis sie entweder schließlich von ihrem Fegefeuer erlöst oder zu einem vollen Leben wiederbelebt wird.“



Abbildung 2 - A

Jene Katzen warten in einen Zustand des Scheintodes auf die einstürzende Welle, wenn der Blick des Beobachters sie tot oder lebendig macht. Heisenberg würde sagen, dass es eine dritte Wahl gibt. Möglicherweise verschwinden die Katzen! Das genügt, die Katze in einen schizophrenen Zustand zu versetzen, wie Davies [2,2] vorschlug.

Wenn Davies [2,2] diesen zwiespältigen Zustand bespricht, geht er so weit, den Ausdruck **schizophrene Zustände** zu benutzen!

Wir wollen zur Berkeley-Kopenhagener Interpretation zurück kehren. Im Zeitraum, kurz bevor der Beobachter den Kasten öffnet, lehrt die Berkeley-Kopenhagener Interpretation, dass wir die Summe von zwei Komponenten haben, wie in Gleichungen 2,1 und 2,2 gegeben. Jedoch fügt Cramer den folgenden Kommentar hinzu:

„Diese Beschreibung, die genügen plausibel scheinen mag, wenn sie auf ein mikroskopisches System angewendet wird, sieht ziemlich absurd aus, wenn sie auf einen einzelnen komplexen Organismus angewendet wird, wie eine Katze.“

Tatsächlich wenn Cramer das Argument verwendet, das im Falle eines **komplexen Organismus wie einer Katze** absurd aussieht, unterstellt er, dass das Wissen des Beobachters, welches die Wellenfunktion herbeiführt, in Bezug auf ein mikroskopisches System nicht absurd wäre! Eine ähnliche Unterscheidung des Verhaltens ist von Van Zandt [2,3] im Falle des Vergleichs von makroskopischen mit mikroskopischen

Systemen vorgeschlagen worden. Van Zandt [2,3] schreibt:

„Folglich sind wir angehalten, eine kritische Größe für die Trennung der mikroskopischen Welt der Quantenmechanik und von der makroskopischen vorzuschlagen“.

Dieses würde bedeuten, dass die Logik verschieden wäre, die auf kleine Sachen angewendet würde, von der die auf große Sachen angewendet würde. Yurke und Stoler [2,4] zeigten, dass die Grenze zwischen der makroskopischen und mikroskopischen Welt nicht existiert, weil jeder makroskopische Zustand aus der Überlagerung von vielen mikroskopischen Zustände entstehen kann. Yurke und Stoler [2,4] schließen:

„Folglich gibt es eine Möglichkeit, die Seltsamkeit der Quantenmechanik in die makroskopische Welt zu holen.“

Es ist klar, dass der Anwendungsbereich der Berkeley-Kopenhagener Interpretation nicht auf mikroskopische Systeme beschränkt werden kann: Eine logische Argumentation kann nicht von der Größe der betrachteten Systeme abhängen.

2-2 Tertium non datur¹².

Heisenberg schlug eine dritte Möglichkeit vor, in der es weder wahr noch falsch ist, dass die Katze lebendig ist. Er schreibt [2,5]:

„In der klassischen Logik wird angenommen, dass, wenn eine Aussage überhaupt irgendeine Bedeutung hat, dann muss entweder die Aussage oder ihre Verneinung korrekt sein. Von „hier ist ein Tisch“, oder „hier ist kein Tisch“, muss entweder die erste oder die zweite Aussage korrekt sein. „Tertium non datur“, eine dritte Möglichkeit existiert nicht. Es kann vorkommen, dass wir nicht wissen, ob die Aussage oder ihre Verneinung korrekt ist; aber „in der Wirklichkeit“ ist eine der zwei korrekt. In der Quantentheorie soll dieses Gesetz „tertium non datur“ geändert werden.“

Einige Leute könnten glauben, dass die dritte Möglichkeit auftritt, wenn der Beobachter das Ergebnis des Experimentes ignoriert. So geht das nicht: Die Hypothese vom Ignorieren des Ergebnisses ist nicht die dritte Wahl. Heisenberg speziell besteht auf der unmöglichen dritten Wahl, wenn „wir die Wörter Atom und Kasten verwenden“. Das wird eindeutig durch folgenden Text [2,5] belegt.

„Wir wollen ein Atom betrachten, das sich in einem geschlossenen Kasten bewegt, der durch eine Wand in zwei gleiche Teile unterteilt wird. Die Wand kann ein sehr kleines Loch haben, damit das Atom hindurch passen kann. Dann kann das Atom entsprechend klassischer Logik, entweder in der linken Hälfte des Kastens oder in der rechten Hälfte sein. Es gibt keine dritte Möglichkeit: „tertium non datur“. In der Quantentheorie jedoch müssen wir zulassen - wenn wir die Worte „Atom“ und „Kasten“ verwenden - dass es andere Möglichkeiten gibt, die in merkwürdiger Weise eine Mischungen der zwei vormaligen Möglichkeiten sind. Dieses ist notwendig für die Erklärung der Ergebnisse unserer Experimente.“

An diesem Punkt müssen wir annehmen, dass Heisenberg die dritte Wahl zulässt, dass das Partikel weder in der linken Hälfte noch in der rechten Hälfte des Kastens ist. Das ist vernunftwidrig. Außerdem wird gezeigt, dass es falsch ist, zu glauben, dass solche vernunftwidrige Argumentation notwendig wäre,

¹² Ein drittes gibt es nicht!

um Experimente zu erklären.

Die Katze in Heisenbergs Paradoxon ist bei Wigner [2,6] durch einen Menschen ersetzt worden. Davies [2,7] schreibt:

„Entsprechend Wigners Theorie existierte das Universum nicht wirklich, bevor es intelligentes Leben gab.“

Ist es überhaupt notwendig, lange Argumente aufzuzählen, um zu erklären, dass es nicht sinnvoll ist, zu glauben, dass das Universum nicht existierte, bevor es von intelligenten Beobachtern beobachtet werden könnte? Davies stellt nach Konsultation von Wigners Freund fest [2,2]:

„Fragen Sie Wigners Freund, was er während des Zeitraums fühlte, bevor der Kasten geöffnet war. Es gibt keinen Zweifel, was er antworten würde „nichts“, trotz der Tatsache, dass sein Körper in einem Zustand zwischen Leben und Tod gewesen sein sollte.“

J. Energien gibt eine vernünftige Antwort. Er [2,8] konstatiert:

„Nun, selbstverständlich kann dieses wunderliche Beispiel nicht zu ernst genommen werden; [...] „der gemischte Zustand“ beschreibt unseren Wissensstand über die Katze, nicht den Zustand der Katze selbst.“

Diese letzten zwei Aussagen sind vernünftig und zeigen die Absurdität der Berkeley-Kopenhagen Interpretation.

Arthur Fine [2,9] berichtet eine nicht sehr nützliche Antwort auf jene peinlichen Fragen.

„Die übliche Art und Weise ist, nichts über die tatsächliche experimentelle Situation zu sagen. In der beruhigenden Philosophie der Schulen – um Einsteins Lieblingsphrase zu verwenden – uns wird einfach gesagt, fragt nicht!“

Wir müssen feststellen, dass die Berkeley-Kopenhagener Interpretation hoffnungslos ist. Wir können nicht absehen, dass sie überhaupt je eine sinnvolle Beschreibung der physikalischer Wirklichkeit liefert, die mit der Logik vereinbar ist. Die Berkeley-Kopenhagener Interpretation erfüllt nie das Ziel einer guten Forschung, die unser Verständnis von der Natur der Dinge verbessern und anregende Diskussionen provozieren soll. Im Gegenteil, die Berkeley-Kopenhagener Interpretation blockiert jede mögliche Diskussion und führt zu die Antwort, **Fragt nicht.**

2-3 Kausalität in den Experimenten

Es gibt ein grundlegendes Problem in der Berkeley-Kopenhagener Interpretation von Schrödingers Katzenexperiment, weil wir unbewusst eine wirkliche Ursache für den Tod der Katze finden müssen. Diese Ursache muss mit dem Moment zusammenhängen, als die γ -Strahlen ausgestrahlt wurden. Sie kann nicht an der Öffnung des Kastens und an der Beobachtung durch den Beobachter liegen. Die wirkliche Ursache eines physikalischen Ereignisses kann mittels eines anderen Gedankenexperimentes studiert werden. Nehmen wir als Beispiel ein Atom in einem angeregten Zustand mit einer Halbwertszeit von 1 ms. Gleich nach der Anregung beginnt eine Digitaluhr, die Zahl der vergangenen Nanosekunden zu zählen, bevor ein Photon emittiert wird. Das Experiment wird viele Male wiederholt. Es ist zu sehen, dass es im Mittel 1000 Nanosekunden dauert, bevor ein Photon nachgewiesen wird. Die Mathematik der Quantenmechanik kann solch ein Ergebnis aus der Wellenfunktion des Atoms sehr genau berechnen. Wir schlussfolgern, dass die Halbwertszeit des Atoms von 1 Mikrosekunde das Resultat einer Eigenfunktion der betreffenden Wellenfunktion ist.

Lassen Sie uns zu unserer Apparatur zurückkehren. Nachdem das erste Atom angeregt worden ist, wollen wir annehmen, dass wir 930 Nanosekunden gewartet haben, bevor das Photon ausgestrahlt wurde.

Warum hat genau dieses Atom 930 Nanosekunden anstelle von 800 oder 1026 Nanosekunden oder irgendeiner anderen Zeit benötigt? Die Quantenmechanik kann die genaue Zeit eines einzelnen Ereignisses nicht voraussagen. Welches Phänomen hat bestimmt, dass es genau nach 930 Nanosekunden in diesem besonderen Fall geschah? Die Quantenmechanik gibt darauf keine Erklärung. Dieser Wert ist wirklich gemessen worden, aber die Quantenmechanik behauptet, dass es keine Ursache für diese bestimmte Beobachtung gibt.

Um sich die Schande, ohne **Antwort** zu bleiben, und alle möglichen weiteren Fragen von neugierigem Verstand zu ersparen, ist die normalerweise gegebene Entschuldigung die:

„Die Frage ist nicht sinnvoll“.

Tatsächlich ist diese einschüchternde Antwort psychologisch sehr erfolgreich. In vielen Jahre des Unterrichtens, habe ich nie einen Studenten gesehen, der weitere Fragen zu stellen wagte. Er oder sie ziehen es vor, eher unwissend zu bleiben, als Fragen zu stellen, die sie als absurd empfinden.

Selbstverständlich ist es wahr, dass die Frage einem Schüler der Berkeley-Kopenhagener Interpretation **nicht sinnvoll erscheint**. Wenn jemand nicht glaubt, dass es notwendig sei, eine **Ursache** zu benötigen, um einen Effekt zu erzeugen, ist es nicht sinnvoll, nach solch einer **Ursache** zu suchen. So ist es absurd, zu fragen **warum?** Solch eine einschüchternde Antwort vereinfacht die Lehre in der Wissenschaft beträchtlich. Jedoch ist es tatsächlich ein Missverständnis, welches durch die Lehre einer Absurdität von Professoren **verursacht wird**, die an die Berkeley-Kopenhagener Interpretation glauben.

Das Problem der Kausalität ist im Detail im oben genannten Kapitel 1,2 kommentiert worden. Wir sehen jetzt, wie dieses Prinzip die Interpretation einiger Experimente beeinflusst.

2-4 Das dualistische Modell.

Eine der besten Illustrationen von all den Schwierigkeiten mit der Berkeley-Kopenhagener Interpretation zeigt sich, wenn wir versuchen, eine vernünftige Erklärung für das Verhalten des Lichtes zu finden.

Um das Verhalten des Lichtes zu erklären, wird angenommen, dass **etwas**, was von der Lichtquelle ausgestrahlt wird, später von einem Detektor ermittelt wird. Dieses **Etwas** wird normalerweise entweder als ein Paket von elektromagnetischen Wellen¹³ oder als ein **Partikel**, genannt Photon, betrachtet. Da die genaue Natur dieses **Etwas**, das übertragen wird, zu einem der wichtigsten Paradoxien in der Wissenschaft geführt hat, versuchen wir absichtlich dieses vage Wort **Etwas** zu verwenden und erfolglos wie jeder, eine vorgefasste Idee über die genaue Natur der Energieübertragung zu vermeiden.

Es wird normalerweise angenommen, dass dieses ausgestrahlte **Etwas** irgendetwas von folgendem ist:

- (a) ein reines Paket von elektromagnetischen Wellen.
- (b) ein Punktpartikel.
- (c) eine Mischung von Wellen und Partikel in einem festen Mengenverhältnis.
- (d) gleichzeitig eine Welle und ein Partikel.
- (e) eine einzelnes Ding, das sich unerwartet vom Aspekt einer Welle zum Aspekt eines Partikels ändert.

Wir wollen diese fünf Modelle betrachten und zeigen, dass, was auch immer das Modell darstellt, sie alle mit der Realität unvereinbar sind. Keine dieser fünf Beschreibungen ist mit der physikalischen Wirklichkeit vereinbar. Wir betrachten später in den Abschnitten 6 und 7 eine vernünftige Alternative¹⁴.

- (a) Der Hypothese reiner elektromagnetischer Strahlung wird durch Beobachtung widersprochen.

Ein Beispiel genügt, das zu beweisen. Wenn sich eine Welle entsprechend Maxwells Theorie ausbreitet, wissen wir, dass sie sich in alle Richtungen ausbreitet. Das ist mit der Tatsache unvereinbar, dass all die Energie (eines Photons) ausgestrahlt durch ein einzelnes angeregtes Atom

¹³ Die Vorstellung ein Partikel als Wellenpaket darzustellen, scheitert, da infolge der Dispersion und damit der unterschiedlichen Phasengeschwindigkeiten der Einzelwellen das Wellenpakete sofort zerfließen würde.

¹⁴ Leider fehlen diese Abschnitte, da sie vom Autor entfernt wurden und es zu seinen Lebzeiten nicht mehr zu einer Überarbeitung kam.

weit entfernt, (manchmal Millionen Lichtjahre entfernt), auf einer sehr kleinen Oberfläche (auf einem einzelnen Atom) experimentell nachgewiesen werden kann. Wenn eine kugelförmige elektromagnetische Welle um ein emittierendes Atom ausgestrahlt würde, wäre es unmöglich, zu erklären, wie man all die Energie aus großen Entfernungen in einem Punkt konzentriert ermitteln kann, wie experimentell beobachtet.

- (b) Die Hypothese, dass jenes **Etwas** nichts sei, als Partikel wird leicht widerlegt. Einerseits wissen wir, dass dieses **Etwas** leicht durch Gitter oder durch einen Mehrfach-Spalt gebeugt wird. Andererseits sind die wesentlichen Eigenschaften jedes Partikels so, dass **wirkliche** Partikel prinzipiell nicht an einem Gitter gebeugt werden können oder indem man sie durch einen Mehrfach-Spalt schickt. Das ist einfache Logik. Da Beugungsmuster wirklich experimentell beobachtet werden, kann das logischerweise nicht von einem Partikel herrühren. Folglich ist die Beschreibung des Lichtes als Partikel unannehmbar. Ihr wird durch Experimente widersprochen.
- (c) Die Hypothese, dass diese **Etwas** eine Mischung aus Wellen und Partikel sei, ist auch aus mindestens zwei Gründen unannehmbar:
- I) Wenn jenes **Etwas** eine Mischung von Wellen und Partikel wäre, würden wir dann die Wellenkomponente mit einem **Wellendetektor** und die Partikelkomponente mit einem **Partikeldetektor** ermitteln können. Dies heißt, dass der **Wellendetektor** nur einen Teil der Gesamtenergie ermitteln könnte, während der Partikeldetektor den anderen Teil ermitteln würde. Dieses ist nicht annehmbar, weil experimentell der **Partikeldetektor** sowie der **Wellendetektor** in der Lage sind, die Gesamtenergie zu ermitteln.
 - II) Ein zweiter Grund ist folgender. Wenn ein Teil der Energie in Form eines Partikels existierten würde, könnte dieser Teil nicht durch das Gitter gebeugt werden, das sich zwischen der Quelle und dem Detektor befindet, (da Beugung eine Eigenschaft ist, die zu Wellen gehört). So würde der Teil des Signals nicht gebeugt. Dieses ist zu den Beobachtungen konträr.
- (d) Die Hypothese, dass jenes **Etwas** gleichzeitig eine Welle und ein Partikel seien, wie häufig angenommen wird, ist ebenso widersprüchlich. Dieses kann aus der Grundbedeutung von Wellen und Partikeln verstanden werden. Einerseits haben wir gesehen, dass die grundlegende Eigenschaft einer Welle ist, einen immer größeren und umfangreicheren Raum zu besetzen und sich im Raum auszubreiten. Andererseits ist die grundlegende Eigenschaft eines Partikels, dass das Volumen während seiner Bewegung klein bleibt. Infolgedessen wenn das **Etwas** gleichzeitig eine Welle und ein Partikel wäre, bedeutet das, dass entsprechend einer Weile das **Etwas** gleichzeitig ein umfangreiches (als Welle) und kleines Volumen (als Partikel) besetzen müsste. Solch eine Beschreibung ist offenbar widersprüchlich, da ein Gegenstand nicht gleichzeitig groß und klein sein kann.
- (e) Es ist mit der Realität unvereinbar, dass die Lösung eine Beschreibung sei, in der ein Partikel und eine Welle sich unerwartet in einander umwandeln. Diese Unmöglichkeit kann vom Argument abgeleitet werden, das in (d) dargestellt wurde, da dieses erfordern würde, dass gleichzeitig ein großes mit einem kleinen Volumen übereinstimmen würde. In der elektromagnetischen Theorie gibt es kein Verfahren, eine Welle an Größe zu schrumpfen. Jedoch würde eine Kontraktion dann notwendig sein, um ein Partikel zu einem späteren Zeitpunkt mindestens kurzzeitig zu bilden, weil zum Zeitpunkt der Umwandlung der Welle in ein Partikel, sie die selbe Größe haben müsste. Da inverse Expansion keine Welleneigenschaft ist, macht die Unverträglichkeit zwischen den Größenverhältnissen eines Partikels und einer Welle diesen Mechanismus unmöglich.

Man muss feststellen, dass keine der fünf Hypothesen, die oben beschrieben wurden, mit dem Gesetz der Kausalität und der Vernunft vereinbar ist. Es gibt ein 6. Modell, das noch nicht betrachtet worden ist. Es wird in den Abschnitten 6 und 7. betrachtet. Eine korrekte Beschreibung der physikalischen Auswirkungen von Einsteins Relativitätstheorie¹⁵ wird gezeigt, um eine Lösung zu geben, die mit Vernunft und Realität natürlich übereinstimmt.

¹⁵ Möglicherweise fand der Autor einen Widerspruch seines Modells mit der Relativitätstheorie, mit der er sich in einem weiteren Buch sehr ausführlich auseinandergesetzt hat.

3 - Die Subjektivität der Heisenberg'schen Unschärfe-Relation

3-1 Heisenbergs Unschärferelation.

Die Quantenmechanik verwendet eine Beziehung, die als eine grundlegende Grenze der Auflösung in der Physik interpretiert wird. Sie wird die Unschärferelation genannt. Dieses Unschärfeprinzip ist in der Physik so wichtig, dass Cramer [3,1] feststellt:

„Die Heisenberg'sche Unschärfe-Relation ist einer der wichtigsten Aspekte der Kopenhagener Interpretation. Sie ist auch ein Interpretationsaspekt der Quantenmechanik.“

Es ist deshalb wichtig, die Zuverlässigkeit dieser Interpretation zu studieren, von der geglaubt wird, dass sie in der Physik so grundlegend sei.

Die Unschärferelation kann auf unterschiedliche Arten geschrieben werden. Lassen Sie uns mit der Relation beginnen, wie sie von Heisenberg [3,2] geschrieben wurde:

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{2\pi} \quad 3,1$$

wobei:

ΔE = Auflösung in der Energie, Δt = Auflösung in der Zeit, h = Planck'sche Konstante ist.

Um Verwirrung zu vermeiden, wollen wir zuerst das Argument nennen, das von Heisenberg [3,2] angegeben wird um eine solche Grenze der Auflösung herzuleiten. Der Ausgangspunkt ist der, dass jedes Paket einer monochromatischen Welle durch die Frequenz ν kennzeichnet ist. Eine ununterbrochene Welle wird durch ein Zeitfenster in Stücke geschnitten und bildet Wellenpakete der Dauer Δt . Unter Verwendung der Fourier-Transformation hat Heisenberg beobachtet, dass das Spektrum eines Wellenpakets, wie es durch ein Spektroskop gegeben wird, in seiner Auflösung begrenzt ist. Ein Wellenpaket, das durch ein Zeitabstand Δt begrenzt ist, zeigt eine größere Bandbreite ΔE , wenn Δt kleiner ist, wie durch Gleichung 3,1 gegeben. Diese Gleichung, resultierend aus dem Gebrauch von Plancks Relation $E = h\nu$, führte Heisenberg zur Unschärferelation.

Heisenberg nahm an, dass das beschriebene Wellenpaket ein einzelnes Photon darstellt. Seine mathematische Analyse jedoch basiert nur auf der Beschreibung eines Wellen-Phänomens. Es gibt nichts im Wellenpaketmodell, das darauf hindeuten würde, dass es nur für einen einzigen kleinen Energiebetrag gültig sei. Es scheint nutzlos, zu behaupten, dass ein Wellenpaket die Beschreibung eines einzelnen Photons wäre, wenn die Ergebnisse in gleicher Weise auf jede beliebige Anzahl von Photonen angewendet werden können. Wenn Heisenbergs Unschärferelation nur einzelne Photonen kennzeichnen würde, würden wir erwarten, eine andere Auflösung bei höherer Intensität zu erhalten.

Die mathematischen Transformationen, die Heisenberg vorgenommen hat, sind zweifellos korrekt. Gleichung 3,1 ist ein Ergebnis, das eine Konsequenz der Fourier-Transformation des Wellenpakets ist. Jedoch gibt Heisenberg eine physikalische Interpretation des Ergebnisses. Er behauptet, dass die Grenze der Auflösung, durch die mathematische Umwandlung vorausgesagt, einer physikalischen Grenze entspräche. Wir müssen deshalb überprüfen, ob die Grenze, durch Gleichung 3,1 auferlegt, physikalische Auswirkungen hat oder einfach eine Grenze der Auflösung von einem bestimmten Instrument ist, nämlich einem Spektroskop.

3-2 Heisenbergs Wellen-Paket-Beschreibung.

Der physikalische Aspekt des Problems wird folgendermaßen veranschaulicht. Im Falle Heisenbergs Modells betrachten wir eine Anfangswelle mit einer unbegrenzten Kohärenzzeit¹⁶. Innerhalb eines Wellenpakets wird Kohärenz bei einer Frequenz aufrecht erhalten, solange die Welle ihre Phasen-Relation beibehält. Die Amplitude des Signals schwankt entsprechend einer zeitabhängigen Sinusfunktion, wie auf Abbildung 3-A veranschaulicht.

Heisenbergs Berechnungen werden auf das Wellenpaket angewendet, das gebildet wird, wenn die unbegrenzte Sinuswelle durch ein Zeitfenster zwischen t_1 und t_2 , geschnitten wird, wie in der Abbildung 3-A gezeigt. Lassen Sie uns dieses Wellenpaket ausführlicher überprüfen.

Experimentell gibt es viele Wege, ein Wellenpaket zu messen, aber zu der Zeit als Heisenberg sein Modell entwickelte, wurde nur eine Methode verwendet. Es war die Standardspektroskopie. Mittels Spektroskopie kann man die Informationen über die Frequenz und die Bandbreite des Signals leicht erhalten, wie auf Abbildung 3-B veranschaulicht ist. Jedoch deckt ein Spektroskop nicht alle vorhandenen Informationen auf, die in einer Welle enthalten sind.

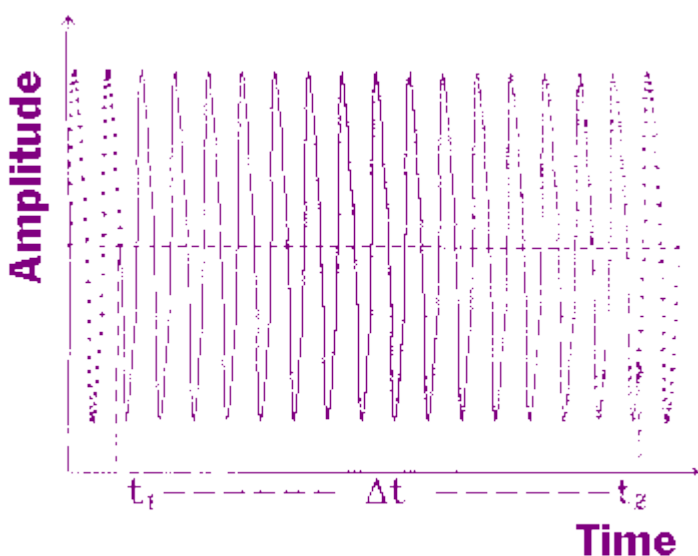


Figure 3-A

Zum Beispiel ist die vollständige Form eines Wellenpakets, wie auf Abbildung 3-A gezeigt, nicht mit einem Spektroskop nachweisbar. Das Spektroskop deckt nur einen Teil der vorhandenen Informationen auf. Es gibt nur die Amplitude jeder Frequenzkomponente. Das Spektroskop kann keine Informationen über die Phasen-Verhältnisse zwischen den Frequenzen aufzeichnen.

Wir wissen, dass verschiedene Wellenformen der Wellenpakete, wenn sie mit einem Spektroskop beobachtet werden, zu genau dem gleichen Spektrum führen können. Dieses kann durch ein Wellenpaket veranschaulicht werden, das von einer Welle bei Zunahme der Amplitude oder von einem Wellenpaket mit abnehmender Amplitude gemacht wird. Diese

zwei verschiedenen Wellenpakete können Spektren darstellen, die in der Frequenz und in der Bandbreite identisch sind, selbst wenn die Anfangswellenpakete verschiedene Formen haben.

Mathematisch kann man zeigen, dass eine unbegrenzte Anzahl von verschiedenen Wellenpaketen das gleiche Spektrum (d.h. die gleichen Amplituden im Fourier-Spektrum) erzeugen kann. Da es weniger Informationen im Spektrum gibt, ist klar, dass während der Umwandlung vom Wellenpaket zum Spektrum, das in der Spektroskopie beobachtet wird, etwas Informationen verloren geht. Selbst wenn viele verschiedenen Wellenformen zu genau dem gleichen Spektrum führen können, kann nur ein Spektrum aus einem Wellenpaket resultieren. Weil die genaue Form der ursprünglichen Wellenform nicht aus dem Studium seines Spektrums bekannt sein kann, muss man feststellen, dass die Spektroskopie nicht die beste Methode für das Studieren von Wellenpaketen ist.

Es ist allgemein bekannt, dass ein Spektroskop ein Instrument ist, das die Gesamtamplitude der Fourier-Transformation liefert. Die Phasen-Verhältnisse zwischen den Frequenzkomponenten werden durch ein Spektroskop nicht gemessen. Infolgedessen verliert das Spektroskop experimentell die selbe

¹⁶ In der Natur auftretende Wellen, wie Lichtwellen, Schallwellen oder Wasserwellen, können mehr oder weniger zufällig aus verschiedenen [Frequenzanteilen](#) zusammengesetzt sein. Damit bei Überlagerungen bestimmter Teilwellen [Interferenzphänomene](#) beobachtet werden können, müssen die Zusammensetzungen dieser Wellen Bedingungen erfüllen, die verallgemeinert mit *Kohärenz* zusammengefasst werden. Zwei Teilwellen sind kohärent, wenn sie zueinander eine feste Phasenbeziehung haben, im anderen Fall inkohärent.

Menge an Informationen, wie wenn die Phase in der Fourier-Transformation vernachlässigt wird. Die Realteile sowie die Imaginärteile der Fourier-Transformation sind notwendig, um die Informationen über die Phase wieder herzustellen. Deshalb ist das Spektroskop eine nützliche aber begrenzte Methode des Studiums der Wellenpakete, da viele Informationen notwendigerweise verloren sind.

Detektoren, die unvollständige Informationen liefern, sind in der Physik sehr häufig. Wenn wir ein Signal durch die Beschreibung seiner Ableitung darstellen, verlieren wir offenbar die

Integrationskonstante. Ein anderes Beispiel tritt auf, wenn wir die Energie betrachten, die an eine Wand abgegeben wird, die Stickstoffmoleküle absorbiert (aus der Luft).

Wenn wir eine genaue Energiemessung machen, die von der Wand nach der Absorption eines Stickstoffmoleküls absorbiert wird, können wir nicht ableiten, wie groß die Geschwindigkeit des

Stickstoffmoleküls war, bevor es auf die Wand schlug. Der Grund ist, dass wir außer Betracht lassen, wie groß die Rotations- und Schwingungsenergie der Moleküle war, bevor sie auf die Wand schlugen. Die Messmethode der Energie, die an die Wand übermittelt wird, berichtet nur unvollständig über die kinetische Energie der Moleküle.

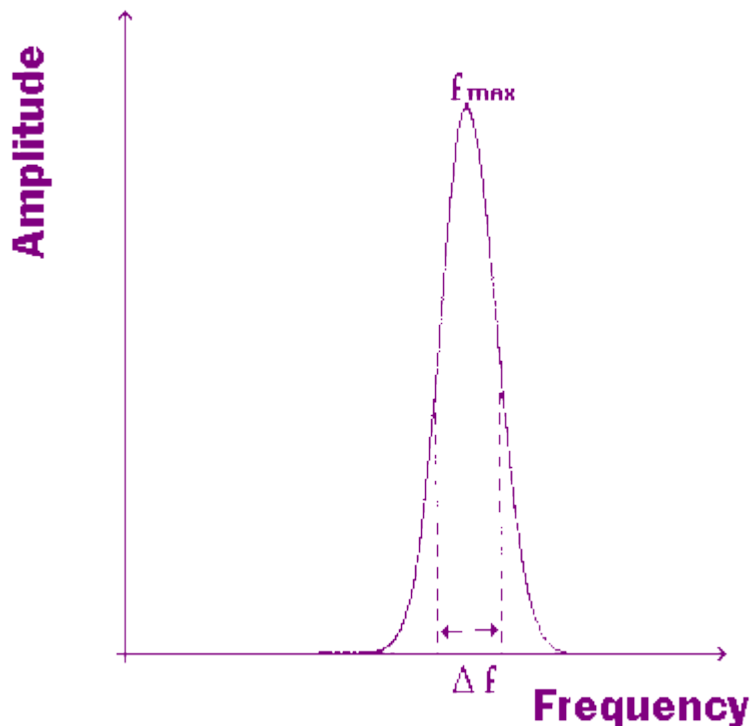


Figure 3-B

3-3 Statische Analyse.

Wir wollen das folgende Beispiel betrachten, wie es Abbildung 3-C veranschaulicht. Lassen Sie uns eine Sinuswelle mit der Frequenz f_1 und Amplitude A_1 über einen und ein Viertel Zyklus (zwischen 0 und 450 Grad) erzeugen.

Das ist gleich bedeutend mit einem ununterbrochenen Wellenpaket, mit einem Ausschnitt so groß, dass nur ein und ein Viertel eines Zyklus gespeichert werden. So eine Beschreibung ist völlig klar und vollständig, und jeder kann solch ein Wellenpaket mit dieser Beschreibung, ohne Informationen zu verlieren, reproduzieren.

Zwecks Studium des Wellenpaketes, wollen wir erwägen, zahlreiche Proben der Amplitude des Signals zu verschiedenen Zeiten zu nehmen, wie in Abbildung 3-C dargestellt wird. Von diesen Daten kann die ursprüngliche Wellenform zuverlässig reproduziert werden. Außerdem kann die genaue ursprüngliche Frequenz berechnet werden, indem man (durch mathematische Berechnung mittels Computer) die beobachteten Daten zwischen t_1 und t_2 an eine Sinuswelle anpasst. Diese mathematische Berechnung muss in der Lage sein, drei Parameter zu berücksichtigen: a) die Frequenz, b) die Phase und c) der Amplitude. Die Anpassung wird auf der ursprünglichen ungestörten Welle und nicht auf dem scharfen Schnitt vorgenommen, der vom Experimentator verursacht wird. Es ist der scharfe Schnitt, der die Spektrallinien in der Spektroskopie verbreitert.

Das Ergebnis solch einer Anpassung führt zur genauen Frequenz des Wellenpakets und die Genauigkeit, die erzielt wird, kann so gut sein, wie Geräusche und Technologie es ermöglichen. Die Anpassung gibt keine breite Bandbreite, wie sie es im Falle der Fourier-Transformation tut. Unter Verwendung der Frequenz, der Phase und der Amplitude, die durch die Anpassung erhalten werden, kann das Wellenpaket ohne Heisenbergs Unschärfe reproduziert werden.

Die Spektralanalyse des Wellenpakets gibt eine unvollständige Beschreibung. Es ist völlig

unmöglich, das gleiche Anfangswellenpaket vom beobachteten Spektrum wieder herzustellen. Es gibt keine Möglichkeit, die verlorene Phase wieder herzustellen. Die einzige Möglichkeit, keine Informationen zu verlieren ist, kein Spektroskop zu benutzen.

Der Informationsverlust ist offenbar nichts Grundlegendes für die Physik, wenn dieser Informationsverlust nur die Konsequenz des Gebrauchs einer mathematischen Umwandlung - der Fourier-Transformation ist. Eine fundamentale Bedeutung der Beschränkung einer Fourier-Transformation zu geben (wie das Unschärfeprinzip) ist so, wie wenn man den Informationsverlust, der auf dem Verlust der Integrationskonstante bei der Ableitung eines Signals basiert, zu einem anderen Grundprinzip in der Physik erheben würde. Hieran ist keine Physik beteiligt, es handelt sich lediglich um Eigenschaften der Mathematik. Wir studieren nun eine andere Methode, welche, im Gegensatz zum Gebrauch der Fourier-Transformation, die Information (die Phase), die im ursprünglichen Wellenpaket enthalten ist, nicht verliert.

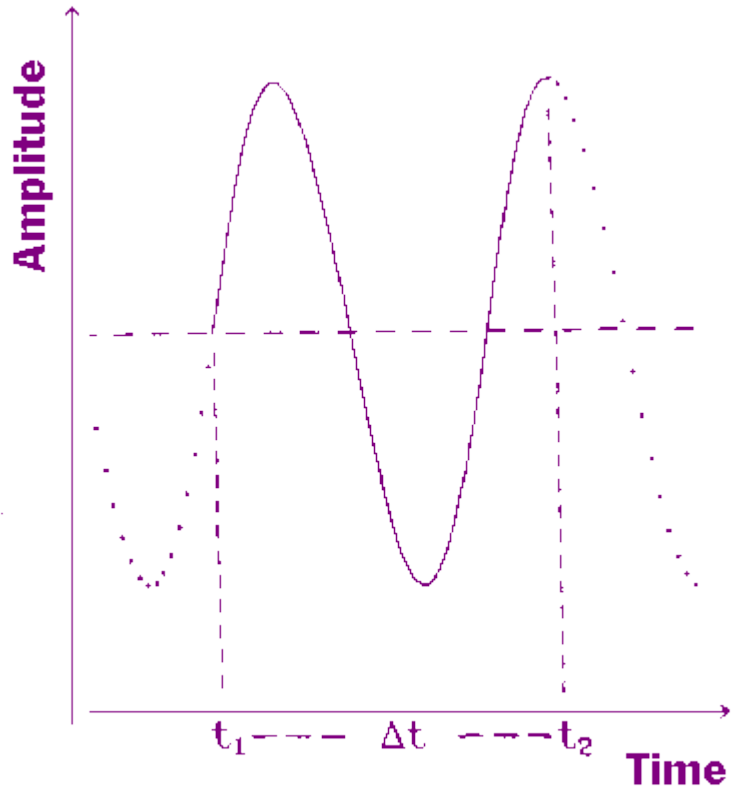


Figure 3-C

3-4 Eigenschaften einiger phasenempfindlicher Frequenz-Messer.

Anders als bei der statische Analyse, die in Abschnitt 3-3 erwähnt wurde, um die Grundprinzipien zu erklären, sind schnelle dynamische Frequenzmesser unter Verwendung phasenempfindlicher Detektoren für die verschiedenen Frequenzbereiche entwickelt worden. Zum Beispiel ein Instrument, als ein automatischer Wellenmesser [3,3] bezeichnet, benutzt einen phasenempfindlichen Detektor, um die genaue Frequenzen während der kurzen Zeiträume der Integration zu messen. Das Instrument verwendet die Zählung der Interferenzstreifen der Michelson-Interferometer-Technik und kann Interferenzstreifen bei Berücksichtigung der Phasen zählen. Das Instrument zählt gewöhnlich elektronisch eine Million Interferenzstreifen in einer Sekunde und kann 1/50 eines Interferenzstreifens unterscheiden. Infolgedessen hat das Instrument eine Genauigkeit von 2×10^{-8} bei der Zählung von nur 10^6 Interferenzstreifen. Diese Genauigkeit (± 0.02 Interferenzstreifen) ist dem Unschärfeprinzip überlegen. Das Unschärfeprinzip erlaubt nur die Auflösung eines $1/2\pi$ eines Interferenzstreifen.

Eine andere Methode bezieht den Gebrauch von Phasen-Regel-Schleifen mit ein [3,4]. Um das betroffene Prinzip zu beschreiben, geben wir hier eine allgemeine Beschreibung der Phasen-Regel-Schleifenmethode zur Frequenzmessung. Phasen-Regel-Schleifen werden allgemein in allen Farbfernsehapparaten verwendet, um die Phase zu justieren, welche die Farbe in jeder Zeile des Elektronenstrahls auf dem Fernsehschirm steuert.

3-5 Grundprinzipien, wie sie in phasen-geregelten Detektoren enthalten sind.

Das Prinzip, das in phasen- geregelten Detektoren enthalten ist, entspricht vereinfacht dem folgenden Verfahren. Wir wollen das Wellenpaket betrachten, das in der Abbildung 3-A beschrieben ist. Sobald das elektromagnetische Signal das System zur Zeit t_1 betritt, wird die ankommende Welle ermittelt und mit einem Bezugssignalgenerator von ungefähr gleicher Frequenz verbunden. Wenn der vordere Teil des Wellenpakets im Detektor ankommt, ist die Phase selbstverständlich vollständig zufällig in Bezug auf den Vergleichs-Oszillator. Jedoch während der ersten Zyklen des Wellenpakets, ändert eine aktive elektronische Schaltung die Phase des Oszillators im Gerät, bis seine Phase und Frequenz mit dem ankommenden Wellenpaket übereinstimmt. Die elektronische Schaltung behält die Übereinstimmung der Phase bei, bis das Wellenpaket bei t_2 beendet ist. Die Zählung der Zyklen beginnt automatisch am ersten Nulldurchgang nach der Zeit t_1 , wenn die Phasenregelung zwischen den zwei Signalen erzielt worden ist. Dann ist die Phasendifferenz zwischen dem Wellenpaket und dem Oszillator des Gerätes ungefähr null. Die gemessene Zählung ist gewöhnlich eine Million Interferenzstreifen. Die Zählung stoppt in dem Augenblick des letzten Null-Durchlaufs der Phase kurz vor t_2 , wenn ein anderes Signal das kommende Ende des Wellenpakets anzeigt (durch eine Verzögerungsschaltung). Die elektronische Steuerung stoppt die Zählung in dem Augenblick, sobald die letzte Nullphase gekreuzt wird, kurz vor t_2 . Eine Atomuhr kann sehr genau die vergangene Zeit messen, während der eine ganze Anzahl Zyklen durchlaufen wurden.

In der Praxis gibt es einige Zyklen, die während des Anfangszeitraums der elektronischen Phasen Anpassung vergeudet werden, aber diese sind, verglichen mit der Summe von einer Million Zyklen normalerweise gezählt werden, geringfügig. Die Kenntnis der Zyklenzahl mit einer Genauigkeit von ± 0.02 Zyklen liefert eine viel exaktere Information über die Wellenparameter, als durch ein Spektroskop ermittelt werden kann, weil das Phasen-Verhältnis jetzt bekannt ist und der Detektor nicht durch ein einfaches Spektroskop behindert wird. Eins dieser Instrumente [3,3] könnte reproduzierbare Ergebnisse innerhalb eines Zyklus von ± 0.02 geben. Das ist kleiner als der Wert $1/2\pi$ der Heisenberg'schen Unschärferelation. Es ist auch kleiner als $1/15\pi$.

3-6 Verwirrung zwischen schwacher Messtechnik und einem grundlegenden Phänomen.

Heisenberg irrte, als er an nahm, dass die einzige Möglichkeit, ein Wellenpaket zu messen, sei, sein Spektrum zu messen. Er wagte sogar zu behaupten, dass es gar keine anderen Informationen als die, die mit einem Spektroskop erhalten werden, geben könne. Heisenbergs Interpretation ist entsprechend der Berkeley-Kopenhagener Interpretation nicht realistisch. Entsprechend der Berkeley-Kopenhagener Interpretation entsteht das Wellenpaket (oder das Photon) beim Einsturz der Wellenfunktion und existiert nicht unabhängig vom Beobachter. Heisenberg hat nie versuchte selbst zu messen noch vorzuschlagen, die Frequenz mit einer höher entwickelten Methode als der Spektroskopie zu messen.

Die Grenze, die von Heisenberg vorgeschlagen wurde, kann jetzt entweder als instrumentale Grenze eines Spektroskops interpretiert werden oder als eine mathematische Grenze wegen des Informationsverlustes bei der Anwendung der Fourier-Transformation ohne den Imaginärteil. Im Falle eines phasenempfindlichen Detektors gibt es keine grundsätzliche Grenze. Mit einem phasenempfindlichen Detektor hängt die Grenze der Auflösung nur von der Grenze ab, die der Rauschpegel verursacht. Es ist bedauerlich, dass Heisenberg nicht zwischen dem Informationsverlust verursacht durch ein schlechtes Instrument und einem physikalischen Grundprinzip unterscheiden konnte.

3-7 Versteckte Kriterien.

Wir haben gesehen, dass die Heisenberg'sche Unschärferelation in der Physik nicht grundlegend ist. Wir sehen jetzt, dass der verlorene Betrag an Information, beschrieben als $h/2\pi$, nicht absolut sondern ziemlich willkürlich ist. Er hängt von den gewählten Einheiten ab.

Wir wollen zu Heisenbergs Modell zurück kehren, um ein Wellenpaket so zu beschreiben, wie auf Abbildung 3-A veranschaulicht. Wir zeigen, wie man drei verschiedene Grenzen der Auflösung, unter Verwendung einer Methode erreichen kann, die mit der übereinstimmt, die von Heisenberg verwendet wurde. Die Ergebnisse werden danach besprochen.

Aus der Abbildung 3-A wollen wir berücksichtigen, dass wir die Zahl der Zyklen im Wellenpaket zählen, das zum Zeitpunkt t_1 beginnt. Wir wollen annehmen, dass zu Beginn der Zählung die Phase Null ist. Wenn die beobachtende Zeit Δt abgelaufen ist, haben wir x -Zyklen gezählt. Ein Bruchteil eines Zyklus kann nicht gezählt werden. Jedoch nach der Zählung des letzten Zyklus hat ein unbekannter Bruch eines anderen Zyklus vor dem Ende des Zeitabstand Δt begonnen. Deshalb ist die genaue Anzahl der Zyklen ein Bruch zwischen der Zahl x und $x+1$. Dann ist die maximal mögliche Frequenz:

$$\mathbf{v_{max} = \frac{x + 1}{\Delta t} \text{ cycles / s}} \quad 3,2$$

Die minimale Frequenz ist:

$$\mathbf{v_{min} = \frac{x}{\Delta t} \text{ cycles / s}} \quad 3,3$$

Der Fehler in der Frequenz wegen der zufälligen Phasenlage zur Schnittzeit t_2 ist:

$$\mathbf{\Delta v = v_{max} - v_{min} = \frac{(x + 1) - x}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \text{ cycles / s}} \quad 3,4$$

Deshalb ist

$$\mathbf{\Delta v \Delta t = 1 \text{ Zyklus}} \quad 3,5$$

Beide Seiten mit h multipliziert und mit der Planckschen Beziehung $E = hv$, finden wir das:

$$\mathbf{\Delta E \Delta t = h \cdot \text{Zyklen} \cdot h} \quad 3,6$$

wo $\text{Zyklen} \cdot h$ die Einheit *Zyklus*, multipliziert mit den Einheiten von h bedeutet .

Gleichung 3,6 ist eine Form der Unschärfe, wenn Zyklen gezählt werden. Bevor wir Schlussfolgerungen ziehen, wollen wir den Fall in Bogenmaß überprüfen.

Im beschriebenen Experiment könnte der Detektor, anstatt Zyklen zu zählen, die Phase der ankommenden Welle überwachen und eine ganzzahlige Anzahl von Radianten¹⁷ zählen. Die Radianten werden notiert und gezählt, bis die Zeit Δt abgelaufen ist. Es wird gefunden, dass y Radianten am Ende des Zeitabschnitts Δt gezählt werden. Wieder nachdem der letzte Radiant gezählt worden ist, hat ein unbekannter Bruch eines Radianten vor dem Ende von Δt begonnen. Deshalb ist die Zahl der Radianten im Wellenpaket zwischen der Zahl y und $y+1$.

Weil ein Zyklus gleich 2π Radianten ist, ist die maximale mögliche Frequenz:

$$\mathbf{v_{max} = \frac{y + 1}{2\pi \Delta t} \text{ cycles / s}} \quad 3,7$$

Die minimale Frequenz ist:

¹⁷ Der ebene Winkel von 1 Radiant umschließt auf der Umfangslinie eines [Kreises](#) von 1 Meter [Radius](#) einen Bogen der Länge 1 [Meter](#). 1 rad entspricht $57,3^\circ$

$$\mathbf{v_{min}} = \frac{\mathbf{y}}{2\pi\Delta t} \text{ cycles / s} \quad 3,8$$

Der Fehler in der Frequenz wegen des zufälligen Phasenanschnitts zur Zeit t_2 ist:

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v_{max}} - \mathbf{v_{min}} = \frac{(\mathbf{y} + 1) - \mathbf{y}}{2\pi\Delta t} = \frac{1}{2\pi\Delta t} \text{ cycles / s} \quad 3,9$$

Daraus folgt:

$$\Delta \mathbf{v}\Delta t = \frac{1}{2\pi} \text{ cycles} \quad 3,10$$

Beide Seiten mit h multipliziert und mit der Planckschen Beziehung $E = hv$ finden wir:

$$\Delta \mathbf{E}\Delta t = \frac{\mathbf{h}}{2\pi} \text{ cycles} \cdot \mathbf{h} \quad 3,11$$

Obwohl es aussehen könnte, als wiederholten wir uns, wollen wir schließlich überprüfen, was im Falle der Zählung der Winkel in Grad geschieht. Unter Verwendung der gleichen Methode können wir die maximale mögliche Frequenz finden, wenn wir z -Grad während des Zeitabstand Δt zählen:

$$\mathbf{v_{max}} = \frac{\mathbf{z} + 1}{360\Delta t} \text{ cycles / s} \quad 3,12$$

Die minimale Frequenz ist:

$$\mathbf{v_{min}} = \frac{\mathbf{z}}{360\Delta t} \text{ cycles / s} \quad 3,13$$

Der Fehler in der Frequenz wegen der zufälligen Phasenlage am Schnittzeitpunkt t_2 ist:

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v_{max}} - \mathbf{v_{min}} = \frac{(\mathbf{z} + 1) - \mathbf{z}}{360\Delta t} = \frac{1}{360\Delta t} \text{ cycles / s} \quad 3,14$$

Deshalb ist

$$\Delta \mathbf{v}\Delta t = \frac{1}{360} \text{ cycles} \quad 3,15$$

Und beide Seiten mit h multipliziert und mit Planck'schen Beziehung $E = hv$ finden wir das:

$$\Delta \mathbf{E}\Delta t = \frac{\mathbf{h}}{360} \text{ cycles} \cdot \mathbf{h} \quad 3,16$$

Drei verschiedene Gleichungen sind von dieser Methode erhalten worden. Sie sind Gleichung 3,6, 3,11 und 3,16. Wie können sie sich unterscheiden? Da die Gleichungen unterschiedlich sind, muss man nach einem versteckten Parameter suchen. Der Unterschied zwischen diesen drei Gleichungen kommt davon, dass wir *willkürlich einen* experimentellen Fehler gemacht haben, indem wir in Zyklen, in Radianen und in Grad die Welle gemessen haben.

In Bezug auf die Auflösung ist die Methode der Zählung einer ganzzahligen Anzahl von Radianen mit der Fourier-Transformation gleichwertig. Die Fourier-Transformation gibt jedoch Ergänzungsinformationen, weil man die Form der Verteilung erhalten kann, während die Methode der Zählung der ganzzahligen Anzahl von Radianen (oder von irgendeinem eingeschlossenen Winkel) einen Durchschnittswert von ΔE liefert. Andere Instrumente wie Lock-in-Verstärker¹⁸ können die

¹⁸ Ein **Lock-in-Verstärker** (auch **phasenempfindlicher Gleichrichter** oder **Trägerfrequenzverstärker (TFV)**) ist ein Verstärker zur Messung eines schwachen elektrischen Wechselsignals, das mit einem in Frequenz f_{ref} und Phase bekannten

Häufigkeitsverteilung experimentell anzeigen. Selbstverständlich hat die mathematische Verteilung, die durch die Fourier-Transformation gegeben ist, eine absolute Größe (Abbildung. 3-B). Es ist die absolute Größe der Auflösung, die durch ein Spektroskop zu erreichen ist.

Da Heisenbergs Auflösung mathematisch dem erzielten Ergebnis identisch ist, wenn wir eine ganzzahlige Anzahl von Radianten zählen (Gleichung 3,11), müssen wir feststellen, dass die Auflösung von einem Radianten Heisenbergs Unschärfe-Kriterium entspricht. Diese Auflösung von einem Radianten ist genau dem Informationsverlust gleich, der beim Gebrauch der Fourier-Transformation tatsächlich auftritt, wenn die Phase vernachlässigt wird. Das heißt, Heisenbergs Unschärfe-Kriterium bezieht sich auf den Informationsverlust, der mathematisch gleich dem ist, wenn wir ein Spektroskop benutzen. Es ist zweifellos für die Physik *willkürlich* festzulegen, dass der genaue Informationsverlust beim Gebrauch eines bestimmten Instrumentes (eines Spektroskops) ein *Grundprinzip* werden sollte. Außerdem wissen wir, dass so ein Informationsverlust nicht existiert, wenn wir eine andere Ermittlungsmethode wie einen phasen-geregelten Detektor anwenden.

Der Winkel von 1 Radiant, von $1/2\pi$ Zyklen oder von 57,3 Grad, wie von Heisenberg verwendet, ist zweifellos kein absolutes oder physikalisches Kriterium. Er könnte sich entschieden haben, Zyklen (oder irgendeine andere Einheit) zu zählen. In diesem Fall würde die so genannte grundlegende Unschärferelation tatsächlich davon abweichen was in Gleichungen 3,6 und 3,16 gezeigt ist. In der Tat war es weder vernünftig noch übereinstimmend, dass Heisenberg den *Einheitseinheitswinkel* verwendete, da er in der gleichen Gleichung $E = hv$ verwendet, worin v in Zyklen und nicht in Radianten ausgedrückt wird.

Was auch immer die Interpretation sein mag, die Beziehung sollte folgendermaßen geschrieben werden:

$$\Delta E \Delta t = kh \quad 3,17$$

wo k ein beliebiges Kriterium der Auflösung ist, dass entweder viele Zyklen, ein Zyklus oder ein Bruchteil eines Zyklus, den der Detektor noch auflöst, sein kann. Die Einheiten von k sind *Zyklen*. Heisenberg (bewusst oder nicht) nahm dieses $k =$ als das $1/2\pi$ zur Auflösung eines Spektroskop passend an. Die Einheiten von k stimmen mit der Dimensionsanalyse von $E = hv$ überein, die zeigt, dass die Einheiten von h gleich Js/cycle sind. Verwendet man einen phasenempfindlichen Detektor kann der Koeffizient k experimentell so klein sein, wie es die Technologie erlaubt. Tatsächlich gibt es keine grundlegende Grenze.¹⁹

Die Unschärferelation so wird behauptet, sei unter einem anderen Gesichtspunkt *unsicher*. Einige Wissenschaftler wie Schiff, [3,5] geben an, dass die Beziehung „*innerhalb einer Größenordnung*“ gut sei. Außerdem schreibt Schiff die Gleichung als Näherungswert unter Verwendung des Symbol \sim als:

$$\Delta E \Delta t \gtrsim \frac{h}{2\pi} \quad 3,18$$

Vor kurzem, gab Van Name [3,6] einen anderen Betrag der Unschärfe unter Verwendung folgender Beziehung an:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \quad 3,19$$

Es ist klar, dass alle jene Werte einer groben Schätzung einer praktischen Grenze entsprechen, wenn man die Fourier-Transformation oder ein Spektroskop verwendet, um Daten zu analysieren. Offenbar hat die Unschärferelation keine grundlegende Bedeutung.

Referenzsignal [moduliert](#) ist.

19 Gleichung 3.17 unter Verwendung der Beziehung $E = 1/2 mv^2$, wird nach E.W. Schpolksi $\Delta q \Delta p = kh$ geschrieben, wobei q eine allgemeine Ortskoordinate und p der dazugehörige Impuls bedeutet. Die Konstante k ist dort die Anzahl der Nebenmaxima des Beugungsbildes der Elektronenstreuung am Spalt. Das ist also keine neue Erkenntnis, sondern höchstens ein historisch interessanter Fakt. Das Unschärfeprinzip sagt aus, dass man in der Genauigkeit mit dem Modell der klassischen Mechanik diese Schranke nicht unterschreiten kann.(E.W. Schpolksi)

3-8 Irrelevanz der Planckschen Konstante h zur Photon-Energie.

Man glaubt, wenn man Gleichung 3,1 folgt, dass die Planck'sche Konstante die Ungewissheit des Energiebetrags eines Photons bestimmen würde. Im Gegenteil, man kann zeigen, dass die Unschärfe keine Funktion der Planck'schen Konstante ist. Wir wollen beide Seiten von Gleichung 3,1 durch h dividieren und dann wollen wir E durch seinen Wert $h\nu$ ersetzen. Selbstverständlich ändert solch eine Division auf beiden Seiten der Gleichung nicht die Art der Gleichung. Das gibt:

$$\Delta h\nu\Delta t \left(\frac{1}{h}\right) = \frac{h}{2\pi} \left(\frac{1}{h}\right) \quad 3,20$$

$$\Delta\nu\Delta t = \frac{1}{2\pi} \quad 3,21$$

Gleichungen 3,20 und 3,21 zeigen, dass die Unschärferelation sich überhaupt nicht ändert, selbst wenn die Planck'sche Konstante h einen anderen Wert hätte. Wir müssen vom oben genannten feststellen, dass die Planck'sche Konstante bezüglich Unschärferelation völlig irrelevant ist, obwohl wir gewohnt waren zu glauben, dass h den Betrag der Ungewissheit zu bestimmen schien.

3-9 versteckte Einheiten.

Eine andere Beobachtung hängt mit versteckten Einheiten zusammen. In der Praxis wird die Einheit *Zyklus* übersehen. Das Fehlen der Einheit *Zyklus* ist leider verwirrend, wie im Falle Heisenbergs Unschärferelation gesehen. Das macht es unmöglich, unterschiedliche Einheiten, wie Zyklen und Radianten zu unterscheiden, wenn sie in der gleichen Gleichung benutzt werden.

Schließlich können wir von Gleichung 3,11 sehen, nun da die Einheiten von $\Delta E\Delta t = h/2\pi$: „Radiant·Joule·s.“ und nicht einfach „Joule·s.“ sind. Um Verwirrung zu vermeiden, ist es wichtig, klar anzuzeigen, dass die Einheiten „Radiant·Joule·s“ sind.

So versteckt sich in Heisenbergs Unschärferelation ein willkürliches Kriterium der Auflösung, das bedeutet, dass sie gar kein grundlegendes physikalisches Prinzip enthält. Heisenbergs Relation (Gleichung. 3,11) welche einem Maßstab von einem Radianten entspricht, ist genau so willkürlich wie Gleichung. 3,16, die einem Maßstab von einem Grad (oder von $1/57.3$ Radiant) entspricht, als auch Gleichung 3,6, die einem Maßstab von einem Zyklus entspricht. Da die Heisenberg'sche Unschärferelation einer der wichtigsten Aspekte der Kopenhagen-Interpretation [3,1], ein willkürliches Kriterium ist, müssen wir feststellen, dass es notwendig ist, die Bedeutung der Quantenmechanik [3,1] neu zu bewerten.

3-10 Die Beziehung $E = h\nu$

In der Physik haben wir die Beziehung:

$$E = h\nu \quad 3,22$$

Wir weisen nach, dass die Einheiten in dieser Beziehung nicht übereinstimmen. Wir wissen, dass die Einheiten von E Joule sind. Die Einheiten von h sind Joule•Sekunde. Die Einheiten des Frequenz ν sind „Zyklen pro Sekunde“. Deshalb gibt $E = h\nu$:

$$\text{Joules} = (\text{Joules} \cdot \text{Second}) \cdot \frac{\text{Cycles}}{\text{Second}} \quad 3,23$$

Wir teilen beide Seiten von 3,23 durch [Zyklen]. Das gibt die Energie des Photons pro Zyklus. Nach Vereinfachung erhalten wir:

$$\frac{\text{Joule}}{\text{Cycle}} = \text{Joule} \quad 3,24$$

Gleichung. 3,24 liefert: (Joule/Zyklus) = Joule. Diese Gleichung ist nicht sinnvoll, weil die Einheiten nicht übereinstimmen. „Energie pro Zyklus“ kann nicht gleich „Energie“ sein. Das zeigt die Zusammenhanglosigkeit der Einheiten in der Beziehung $E = hv$. Der fehlende „Zyklus“ entspricht der Quantelung der Energie pro Zyklus.

4 - Was ist Realismus?

4-1 Warum scheint die Natur nicht mit dem Realismus überein zu stimmen .

Jahrelang wurde versucht, die Physik rational zu erklären. Aber seit dem ersten Teil dieses Jahrhunderts hat die Berkeley-Kopenhagener Interpretation der modernen Physik gelehrt, dass es keine Wirklichkeit in der Physik gäbe. Es wird behauptet, dass, was wir als wirklich empfinden, hätte keine eigene unabhängige Existenz. Es existiere nur in unserer Fantasie. Beschreibungen in der modernen Physik können nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen, da einige wesentliche Definitionen nicht mit dem Realismus übereinstimmen. Ein Beispiel wird in Abschnitt 4-5 genannt.

4-2 Was ist Realismus?

Die Idee des Realismus wurde auf allen Gebieten der Physik vom Anfang der Geschichte bis zu Beginn dieses Jahrhunderts angenommen und verwendet. Jedoch seit der Entwicklung der modernen Physik hat die Interpretation der Quantenmechanik den Realismus zurückgewiesen.

Vor wir die Idee des Realismus diskutieren, wollen wir mit großer Sorgfalt untersuchen, was das bedeutet. Realismus ist auf verschiedene Arten definiert worden. Eine der Definitionen von Realismus ist: „Die Natur des Universums existiert unabhängig uns selbst.“

Jedoch negiert die Berkeley-Kopenhagen Interpretation die Existenz von Realismus. Entsprechend moderner Physik beginnt die Materie erst in dem Augenblick zu existieren, sobald der Beobachter über ihre Existenz unterrichtet ist.

Dieser seltsame Glaube wird durch einen der großen Meister der Berkeley-Kopenhagen Interpretation veranschaulicht. Heisenberg [4,1] stellt fest:

„Aber andererseits sieht man, dass nicht einmal die Qualität des Seins (wenn sie eine „Qualität“ genannt werden kann), zu dem gehört, was beschrieben wird. Sie ist eine Möglichkeit für das Sein oder eine Tendenz für das Sein.“ (Klammern und Anführungszeichen sind aus Heisenbergs Buch.)

Lassen Sie uns rekapitulieren, dass Cramer [4,2] den gleichen Anspruch mit anderen Worten geltend macht:

„Es ist die Änderung im Wissen des Beobachters, das den Einsturz des Zustandsvektors herbeiführt“

Heisenberg besteht auch auf diesem Mangel an Realität in der Berkeley-Kopenhagen Interpretation. Er [4,3] schreibt:

„In der Kopenhagen-Interpretation der Quantenmechanik ist die objektive Wirklichkeit verdunstet und Quantenmechanik stellt nicht Partikel, sondern eher unser Wissen, unsere Beobachtungen oder unser Bewusstsein über Partikel dar“

Wenn Natur nicht einmal die **Qualität des Seins** hat und wenn es das Wissen des Beobachters ist, das das **Sein herbeiführt**, dann existierte das Universum nicht bevor das Leben auf Erden anfang, wie von Davies [4,4] vorgeschlagen. Das Universum hört deshalb in dem Augenblick auf zu existieren, sobald alles Leben auf der Erde verschwindet. Wenn Materie keine eigene Existenz unabhängig vom Verstand des Menschen haben kann, wie es die Berkeley-Kopenhagener Interpretation vorschreibt, können Kosmologen die Geburt von Galaxien oder den Ursprung des Universums nicht studieren. Es gab keinen Beobachter vor den Menschen, der zu beobachten begann. Wenn die Schaffung des Universums das Ergebnis des **Wissens des Beobachters** wäre, dann könnte das Universum nicht existieren, bevor wir es beobachteten. Dann müsste der Beobachter im allerersten Augenblick der Schaffung da sein, um die Schaffung **herbeizuführen**. Das hieße, das Universum sei eine Kreation unseres Verstandes und würde mit ihm verschwinden.

Wie kann solch eine absurde Theorie als die beste Interpretation der modernen Physik des 20. Jahrhunderts angesehen werden?

4-3 Verwirrung über die Bedeutung des Realismus.

Ein logisches Verständnis von Realismus ist zentral für eine rationale Wissenschaft. Definitionen des Realismus werden hier nicht zum Vergnügen gegeben. Sie sind absolut wesentlich, Kohärenz und Logik in der Wissenschaft zu erzielen.

Es wurden nicht genügend Anstrengungen unternommen, mit genügender Verständlichkeit zu erklären was **Realismus** oder **Realität (Wirklichkeit)** bedeuten. Es ist ziemlich unzulänglich, zu sagen, dass Wirklichkeit die **Qualität des Seins wirklich** sei, oder dass Realismus eine **zuverlässige Schilderung der Wirklichkeit** [4,5] sei. Es bleibt viel Verwirrung.

Man kann mindestens drei unterschiedliche Beispiele finden, in denen der Ausdruck Realität mit verschiedener Bedeutungen verwendet wird. Wir wollen betrachten, welche Arten von Realität wir meinen, wenn wir davon sprechen:

A) die Realität der Existenz einer Masse;

B) die Realität der Existenz von Gedanken; und

C) die Realität der Existenz von Längen, von Zeit, von elektrischer Ladung, von Massenverteilung, von etc.

Der gleiche Ausdruck **Realität der Existenz** wird in allen drei Fällen verwendet, aber jedes Beispiel hat verschiedene Auswirkungen. Wir wissen, dass eine Masse unabhängig unseres Verstandes existiert, während unsere Gedanken das offenbar nicht tun. Jedoch **Gedanken** und **Massen** haben normalerweise eine reale Existenz. Es bedeutet zweifellos nicht die gleiche Art von **realer Existenz**. Es gibt einen klaren und grundlegenden Unterschied zwischen diesen „Realitäten“.

Es ist unmöglich, ein klares Verständnis von Realismus (Realität des Bestehens) in der Physik zu haben, wenn das gleiche Wort **Realität**, sowohl bei **Gedanken** als auch Massen angewendet wird. Der Unterschied zwischen der Realität der Materie und der Realität von Gedanken wird normalerweise nicht berücksichtigt. Schließlich muss auch angemerkt werden, dass die Realität der Zeit und die Realität von Längen noch weitere Arten von Realität sind.

Lassen Sie uns zu den drei Fällen zurück kehren, die oben erwähnt wurden. Lassen Sie uns einen spezifischen Namen zu jeder Art Realismus geben. Wir betrachten:

A) **Physikalischer Realismus**, wenn man sich mit der Realität der Existenz von Massen beschäftigt.

B) **Mentaler Realismus**, wenn man sich mit der Realität der Existenz von Gedanken beschäftigt,

und C) **Spezifischer Realismus**, wenn man sich mit der Realität der Existenz von **spezifischen Eigenschaften** wie Längen, Zeit, elektrische Ladung und andere beschäftigt. Das sind Eigenschaften, die Massen gehören und sie sind infolgedessen von Massen selbst unterscheidbar. Geometrische Eigenschaften besitzen auch irgendeine Art Realität.²⁰

²⁰ Der philosophische Realismusbegriff kann hier nicht gemeint sein. Es handelt sich hier eher um Wirklichkeitssinn. Der

Die Definitionen, die zum Realismus gegeben werden, sind normalerweise vage, weil sie diese grundlegenden Unterschiede nicht zeigen können. Unter einigen interessanten Definitionen von Realismus [4,3] ist folgende:

„Die Lehre, dass materielle Gegenstände selbstständig existieren, getrennt von der gedanklichen Vorstellung über sie.“

Mit einfacheren Worten sagt man im Realismus: „Materie hat ihre eigene Existenz unabhängig von unserem Verstand.“

Solche Definitionen erfordern mehr Analyse. Man bemerkt, dass die Wörter **Materie** oder **materielle Objekte** in der oben genannten Definition wesentlich sind, wenn wir physikalischen Realismus definieren. Tatsächlich muss man bei der **Realität von Gedanken** feststellen, dass sie keine physikalische Realität besitzen, weil Gedanken nicht außerhalb unseres Verstandes existieren²¹. Man kommt zu der Feststellung, dass in der Physik der Realismus nur auf seine Beziehung zur Materie²² begrenzt ist, da es der einzige Fall ist, wo Objekte wirklich unabhängig vom Beobachter existieren. Das zeigt die Notwendigkeit, das Wort **Masse** in der Definition der Realität zu benutzen.

Viele Wissenschaftler haben bei Suche nach einer ausreichenden Beschreibung von Realismus die subtile Schwierigkeit, den mentalen **Realismus** auszuschließen. Anstatt, „weichen“ **Realismus**, wie mentalen Realismus auszuschließen, bestehen sie stärker auf dem Gegensatz zum materialistischen Aspekt. Sie verwendeten dann sehr ursprüngliche Beschreibungen. Popper [4,6] berichtet:

„Ich betrachte Landés Vorschlag als ausgezeichnet, dass wir physikalisch realistisch nennen, was „tretbar“ ist (und fähig ist, zurück zu treten, wenn es gewünscht wird).“

Erst vor kurzem, gab Popper²³[4,7] auch viel Unterstützung für den Realismus, als er während eines Interviews mit Horgan Physik so beschrieb. Popper sagte:

„Subjektivismus hat keinen Platz in der Physik, weder bei Quanten noch andernfalls. Physik ist“, ruft er [Popper] aus, ergreift ein Buch vom Tisch und schlägt es auf die Tischplatte, „das!“

Samuel Johnson widerlegte Berkeley wirklich, als er einen Stein mit mächtiger Kraft [4,8] trat. Es ist klar, dass man keinen **Gedanken** ergreifen und ihn auf einen Tisch schlagen kann! Man kann **keine** Geschwindigkeit oder eine Massenverteilung auf den Tisch **schlagen**. Nur eine Masse kann auf den Tisch geschlagen werden. Jene Definitionen von Landé, Popper und Johnson sind ein genaues Äquivalent zu unserer Definition der physischen Realität, alles was **tretbar** oder **schlagbar** ist, muss eine Masse sein und unabhängig von unserem Verstandes existieren.

Geschwindigkeiten, Längen und Zeit sind keine Materie²⁴.

Autor übersieht, dass es sich bei Punkt B) und C) jeweils um Eigenschaften der Masse handelt. Der Unterschied besteht nur darin, dass sich die Wertebereiche dieser Eigenschaften in reelle Zahlen und Wahrheitswerte unterscheiden.

21 An dieser Stelle wird die gesamte Argumentation verdorben. Indem der Autor seine Gedanken, die gerade in eine andere Sprache übersetzt worden sind, zu Papier gebracht hatte, hat er ihnen eine zweifelsfreie unabhängige Existenz auch über seinen Tod hinaus erteilt. Sie sind von seinen Gehirnstrukturen, die letztendlich aus biologischer Materie bestehen auf andere materielle Träger übertragen worden. Insofern existieren diese Gedanken unabhängig von jedem Verstand und ihr Wahrheitswert kann bewertet oder durch Experiment falsifiziert werden. Hier handelt es sich um Informationen, einer materiellen Struktureigenschaft höherer Ordnung, die über den Rahmen reinen Denkens hinausgehen und erst mit der Automatentheorie beschrieben werden können.

22 Der Materiebegriff im Idealismus umfasst alles was Ruhemasse besitzt, der Materialismus fasst den Materie-Begriff weiter. Er versteht darunter die Widerspiegelung der gesamten objektiven Realität, die außerhalb und unabhängig von unserem Bewusstsein existiert. Der Idealismus separiert Dinge die keine Ruhemasse enthalten von der Materie wie das **Vakuum** und **Elektromagnetische Wellen** wie zum Beispiel Licht. Das muss zu Widersprüchen führen, wie wir noch sehen werden.

23 Popper ist der Begründer des kritischen Rationalismus. Die Grundaussage des kritischen Rationalismus ist eine **Lebenseinstellung**, „die zu gibt, dass ich mich irren kann, dass du recht haben kannst und dass wir zusammen vielleicht der Wahrheit auf die Spur kommen werden“

24 Raumbereiche, die keine Materie enthalten, bezeichnet man als **Vakuum. Elektromagnetische Wellen** wie zum Beispiel Licht werden von idealistischen Philosophen nicht zur Materie gezählt, obwohl sie Energie und einen Impuls haben. Da man Eigenschaften von Massen als nicht materiell definiert, kommt es zu Widersprüchen, wie in der folgenden

Lassen Sie uns die Eigenschaften betrachten, die Materie qualifizieren. Wir haben Parameter wie Geschwindigkeiten, Längen, Zeit, (Massen)-Verteilung und andere. Diese sind verschiedene Eigenschaften, die nicht ohne Materie existieren.

Die Tatsache, dass eine Geschwindigkeit zu einer Masse gehört, oder dass ein Beobachter in Bezug auf sie sich bewegt, ändert nicht die physische Realität oder die grundlegende Beschaffenheit von dieser Masse. Die **Geschwindigkeit in Bezug auf den Beobachter** ist keine physikalische Realität. Es ist eine Beschreibung der relativen Bewegung des Beobachters in Bezug auf die physikalische Realität (der Masse). Die **Geschwindigkeit des Beobachters** existiert nicht ohne den Beobachter.

Autonome Existenz.

Wir müssen feststellen, dass Masse die einzigartige Eigenschaft des Besitzes einer unabhängigen Existenz hat. Die elektrische Ladung ist nur eine Eigenschaft der Massen, da in der Physik keine elektrische Ladung ohne Masse existiert. Wir haben gefunden, dass **nur Massen** eine vollständig **autonome Existenz** unabhängig von irgend etwas haben. Längen, Zeit, Ladungen und (Massen) Verteilungen haben ihre autonome Existenz nicht ohne eine Masse, die sie zu stützt. Die Masse ist der **Träger** aller weiteren physikalischen Quantitäten. Die Existenz von Längen, von Zeit und von Ladungen ist gebunden an die Existenz von Masse. Es ist unnötig zu sagen, dass selbst Gedanken keine autonome Existenz haben.

So muss man feststellen, dass in der Physik, physikalische Realität notwendigerweise **autonome Existenz** bedeutet. Autonome Existenz ist eine Schlüsselbedingung für Realismus.

Die Schwierigkeit zu entscheiden, ob eine physikalische Beschreibung real oder nicht ist, erscheint größtenteils, wenn wir eine Beschreibung betrachten, die teils physikalische Realität und teils etwas nicht-physikalische Realität verwendet. Meistens wird behauptet, dass eine Beschreibung eine physikalische Realität ist, weil ein Teil des Phänomens physikalisch real ist. Es wird nicht bemerkt, dass nur ein Teil der Beschreibung physikalische Realität enthält. Da dieser Unterschied manchmal sehr subtil ist, bleibt er folglich unbemerkt. Dieser Fehler existiert in vielen Fällen in der Physik und **ist für die meisten Absurditäten in der modernen Physik verantwortlich.**

Ein einfaches Beispiel ist der Fall der Massenverteilung. Es ist klar, dass eine Masse eine autonome Existenz hat, aber die Verteilung dieser Masse hat keine autonome Existenz, da es keine Verteilung ohne Masse geben kann.

Man kann diese Beispiele vervielfältigen. Der Fall einer Beschreibung von Schallwellen in Luft ist ziemlich interessant. Schallwellen pflanzen sich als Veränderung des Luftdrucks in Raum und Zeit fort. Die Wellen existieren unabhängig von der relativen Bewegung des Beobachters. Unabhängige Beobachter können zur gleichen grundlegenden Beschreibung kommen, die mit der Realität übereinstimmt. Jedoch existieren diese Wellen nicht unabhängig von einem Trägergas.

Die Beschreibung von Wellen ist nichts anderes als eine Beschreibung der Verteilung von Materie im Raum. Ohne Materie könnte es keine Wellen geben. Wellen haben keine autonome Existenz. Da Wellen keine autonome Existenz haben, haben sie keine uneingeschränkte physikalische Realität²⁵.

Außerdem wenn sich ein Beobachter in Bezug auf Luft bewegt, kann er einen Doppler-Effekt beobachten. Diese Frequenzänderung liegt vollständig an der Bewegung des Beobachters oder an der Bewegung der experimentellen Apparatur. Es gibt keine physikalische Realität im Doppler-Effekt selbst, da die relative Geschwindigkeit keine autonome Existenz hat.

Die Frequenzverschiebung des Doppler-Effekt ist wahr, aber sie hat keine physikalische Realität²⁶.

Argumentation ersichtlich wird.

25 Diese Aussage ist bedenklich. Eine Eigenschaft einer Menge kann nicht mit der Menge selbst verglichen werden, sondern nur mit anderen Eigenschaften der Menge, sonst stimmen die Einheiten nicht. Außerdem haben Wellen Energie und entsprechend der Beziehung $mc^2 = hv$ auch Masse, wenn auch keine Ruhmasse. Masse wird aber vom Autor als Realität ausdrücklich anerkannt. Über eventuelle Einschränkungen gibt es vom Autor keine Aussagen.

26 Jetzt wird die Sache wirklich absurd. Ein physikalischer Effekt wie der Doppler Effekt sei keine physikalische Realität. Wozu muss er dann untersucht werden? Hier wird eine philosophische Kategorie des Idealismus mit dem physikalischen Begriff verbunden, der natürlich wirklich existiert, da er von unabhängigen Beobachtern festgestellt wurde. Das Licht wurde von einer Masse ausgesandt. Die beobachtete Verschiebung der Spektrallinien hat zweifelsfrei eine physikalische Ursache, weshalb die Wirkung nicht außerhalb der physikalischen Realität liegen kann. Damit würde das Kausalgesetz

Wir wollen mit einer praktischen Beschreibung der physikalischen Realität schließen. Physikalische Realität existiert nur im Falle der Materie, da es die einzige Sache ist, die ihre eigene autonome Existenz hat, unabhängig vom Verstand eines beliebigen Beobachters, eines Standorts oder einer Zeit. Außerdem bedeutet eine objektive Beschreibung der grundlegenden Realität, dass es keine relative Bewegung in Bezug auf die beobachtete Masse gibt, da relative Bewegung (in Bezug auf den Beobachter) nicht unabhängig vom Beobachter existiert und Beobachtungen verzerren kann.²⁷

Wir müssen schließlich unterstreichen, dass die Familie von Worten, die sich auf Realismus und Realität beziehen, auch das Wort *realistisch* umfasst. Jedoch dürfen wir das Wort **realistisch** in diesem Zusammenhang nicht verwenden, weil es einfach bedeutet, dass etwas nicht absurd ist. Auch das Wort **real** wird häufig mit **wahr**²⁸ verwechselt.

4-4 Test der physikalischen Realität.

Um zu sehen, ob etwas physikalische Realität in einem beobachteten Phänomen steckt, ist es nützlich, einen Test zu planen. Wir sind der Ansicht, dass physikalische Realität existiert, wenn die Beschreibung einer Sache (einer Masse), die von einem Beobachter gegeben wird mit einer anderen Beschreibung der gleichen Sache übereinstimmt, die durch einen anderen unabhängigen Beobachter gegeben wurde. Um sich der unabhängigen Existenz vollständig sicher zu sein, darf der Beobachter keine Beobachtungen berücksichtigen, die von Anderen gemacht wurden. Das ist die Art, zu zeigen, dass Beobachtungen unabhängig vom Verstand des Beobachters sind. Es muss auch mehr als einen Beobachter geben, und das Experiment muss zu verschiedenen Zeiten wiederholt worden sein, damit, wenn die Beobachtungsergebnisse zusammengetragen werden, die Beobachtungen zu unabhängigen und übereinstimmenden Beschreibungen führen. Schließlich muss die Beschreibung des Gegenstandes mit einer kompletten autonomen Existenz übereinstimmen. Jene Bedingungen sind wesentlich, um eine physikalische Realität zu überprüfen, die eine notwendige Bedingung für Realismus ist.

Verschiedene unabhängige Beobachter sind erforderlich, weil, wenn eine Sache keine eigene Existenz unabhängig vom Beobachter hätte, es logisch unmöglich wäre, dass alle unabhängigen Beobachter, die von einander nichts wissen, zufällig eine übereinstimmende Beschreibung geben könnten.

Wir wollen ein Beispiel nennen. Lassen Sie uns annehmen, dass viele Leute, nachdem sie unabhängig den Mond gesehen hatten, übereinstimmende Beschreibungen von ihm abgaben. In diesem Fall sollte man keinen begründeten Zweifel haben, dass der Mond eine unabhängige Existenz hat, selbst wenn während bestimmter kurzer Augenblicke ihn niemand betrachtet. Die Beschreibung des Mondes wird nicht grundlegend verschieden, wenn er zu einer anderen Zeit und aus einer anderen Richtung beobachtet wird. Wie oben gesehen, ändern die Zeit, die Richtung und die Geschwindigkeiten nicht die Beschaffenheit des Mondes. Wenn eines Tages jemand entdecken sollte, dass der Mond für einen Moment wirklich nicht existiert, dann ist diese letzte Beobachtung eine neue Entdeckung, die eine vollständige Revision seines physikalischen Modells erfordern würde.

Literaturhinweise

1.1 Baggott, Jim, *The Meaning of Quantum Theory, a Guide for Students of Chemistry and Physics*,

verletzt.

²⁷ Diese Aussage ist unverständlich. Sie steht im Widerspruch zu den sonst so einleuchtenden Formulierungen der vorangegangenen Argumentation. Objektivität hat nichts mit Relativität zu tun. Eine objektive Beschreibung ist eine Beschreibung, die unabhängig von einem individuellen Beobachter existiert. Eine relative Bewegung eines Objektes bedeutet, dass sich diese Bewegung vollzieht in Bezug auf ein anderes Objekt. Das muss nicht notwendig ein Beobachter sein. Diese Bewegung erfolgt unabhängig vom Beobachter.

²⁸ Die Bedeutung von **real** nach dem Deutschen Fremdwörterbuch von 1957 ist wirklich, tatsächlich, dinglich, sachlich und *die Sache selbst bezeichnend*. Das Wort **wahr** bezeichnet einen logischen Wert wie auch das Wort falsch.

- New York, Oxford University Press, 1992, 230 p., see the preface.
- 1.2 Cramer, John G., "The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", in *Reviews of Modern Physics*, Vol. 58, No. 3, July 1986, p. 649.
 - 1.3 Kant cited by Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, 229 p.
 - 1.4 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 42.
 - 1.5 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 88.
 - 1.6 Greenberger, Daniel, Discussion remarks at the Symposium on Fundamental Questions in Quantum Mechanics, Albany, SUNY, April 1984.
 - 1.7 Feynman, Richard P., *The Strange Theory of Light and Matter*, New Jersey, Princeton University Press, 1988, p. 10.
 - 1.8 Mermin, N. David, "Is the Moon There when Nobody Looks? Reality and the Quantum Theory", in *Physics Today*, April 1985, p. 47.
 - 1.9 Feynman, R. P., *The Character of Physical Law*, 1967, p. 129, cited by Cramer, *Reviews of Modern Physics*, Vol. 58, No. 3, 1986, p. 647.
 - 1.10 Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, p. 6.
 - 1.11 Gell-Mann, M., in Douglas Huff and Omer Prewett, *The Nature of the Physical Universe: 1976 Nobel Conference*, New York, 1979, p. 29, cited by Popper, *Quantum Theory and the Schism in Physics*, 1982, p. 10.
 - 1.12 Bahcall, John, in *The New York Times Magazine*, February 11, 1990, p. 59.
 - 1.13 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 93.
 - 1.14 Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, p. 39.
 - 1.15 Messiah, Albert, *Quantum Mechanics*, Vol. 1, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1961, p. 59.
 - 1.16 Bunge, Mario, *Philosophy of Physics*, Boston, D. Reidel, 1973, p. 108.
 - 1.17 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 40.
 - 1.18 Bunge, Mario, *Philosophy of Physics*, Boston, D. Reidel, 1973, p. 63.
 - 1.19 Berkeley, George, *A New Theory of Vision, and Other Writings*, New York, Everyman's library, 1963, p. 114.
 - 1.20 Berkeley, George, *A New Theory of Vision, and Other Writings*, New York, Everyman's library, 1963, p. 115-116
 - 1.21 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 84.
 - 1.22 Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, p. 9.
 - 1.23 See Appendix I.
 - 1.24 Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, p. 103.
 - 1.25 Galilean Electrodynamics (Box 251, Boulder, Colorado 80306, U.S.A.).
 - 1.26 St-Jacques, A., *Philosopher*, Québec, Canada.
 - 1.27 Popper, Karl R., *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Totowa (New Jersey), Rowman and Littlefield, 1982, p. 21.
 - 1.28 Lovelock, James E., "Small Science", in *Doing Science*, The Reality Club, Toronto, Prentice Hall Press, 1991, p. 178.
- 2.1 Cramer, John G., "The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", in *Reviews of Modern Physics*, Vol. 58, No. 3, 1986, p. 673.
 - 2.2 Davies, Paul, *Other Worlds: A Portrait of Nature in Rebellion Space, Superspace and the*

- Quantum Universe*, New York, Simon and Schuster, 1980, p. 131.
- 2.3 Van Zandt, L. L., "Separation of the Microscopic and Macroscopic Domains", in *American Journal of Physics*, Vol. 45, No. 1, 1977, p. 55.
 - 2.4 Yurke, B., Stoler, D., "The Dynamic Generation of Schrödinger Cats and Their Detection", in *Physica B*, Vol. 151, 1988, p. 300
 - 2.5 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 181-182
 - 2.6 Wigner, Eugene P., "Remarks on the Mind-Body Question", in *The Scientist Speculates*, New York, Basic Book, 1962, p. 284-302
 - 2.7 Davies, Paul, *Other Worlds: A Portrait of Nature in Rebellion Space, Superspace and the Quantum Universe*, New York, Simon and Schuster, 1980, p. 133.
 - 2.8 Powers, Jonathan, *Philosophy and the New Physics*, New York, Methuen, 1982, p. 148.
 - 2.9 Fine, Arthur, "On the Completeness of Quantum Theory", in *Logic and Probability in Quantum Mechanics*, Boston, D. Reidel, 1976, p. 251.
-
- 3.1 Cramer, John G., "The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", in *Reviews of Modern Physics*, Vol. 58, No. 3, 1986, p. 658.
 - 3.2 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, 213 p.
 - 3.3 Lew, H., Marmet, N., Marshall, M. D., McKellar, A. R. W., Nichols, G. W., "A Compact Automatic Wavemeter for Use with Tunable Infrared Diode Lasers", in *Applied Physics B*, Vol. 42, 1987, p. 5-10.
 - 3.4 Hall, J. L., Lee, S. A., "Interferometric Real-time Display of CW Dye Laser Wavelength with Sub-Doppler Accuracy", in *Applied Physics Letters*, Vol. 29, No. 6, 1976, p. 367.
 - 3.5 Schiff, Leonard I., *Quantum Mechanics*, Toronto, McGraw-Hill, 1955, 417 p.
 - 3.6 Van Name, F. W. Jr., *Modern Physics*, Englewood Cliffs (N. J.), Prentice-Hall, 1962, p. 117.
-
- 4.1 Heisenberg, Werner, *Physics and Philosophy, the Revolution in Modern Science*, New York, Harper and Row, 1966, p. 70.
 - 4.2 Cramer, John G., "The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", in *Reviews of Modern Physics*, Vol. 58, No. 3, 1986, p. 673.
 - 4.3 Heisenberg, Werner, "The Representation of Nature in Contemporary Physics", *Daeladus*, Vol. 87, 1958, p. 100.
 - 4.4 Davies, Paul, *Other Worlds: A Portrait of Nature in Rebellion Space, Superspace and the Quantum Universe*, New York, Simon and Schuster, 1980, p. 133.
 - 4.5 *Webster's Electronic Dictionaries*, Proximity Technology Inc., 1987.
 - 4.6 Popper, Karl R., cited by Horgan, John, "The Intellectual Warrior", in *Scientific American*, November 1992, p. 46.
 - 4.7 Popper, Karl R., cited by Horgan, John, "The Intellectual Warrior", in *Scientific American*, November 1992, p. 38.
 - 4.8 "Spooky Action Up Close", *Scientific American*, April 1993, p. 127.