

Kritische Analyse der Ursprünge von Heisenbergs Unschärferelation

André Michaud

Service de Recherche Pédagogique

→ [Click here for English version](#)

→ [Cliquer ici pour version française](#)

→ [Haga clic aquí para versión en español](#)

Zusammenfassung: Analyse der ersten Schritte des logischen Prozesses, dem Louis de Broglie bei der Aufstellung der Phasenwellengleichung des Elektrons in seiner Dissertation von 1924 folgte und der die Entwicklung der Wellenmechanik auslöste, als Erwin Schrödinger dieses Konzept mit seiner vektoriellen Wellengleichung formalisierte. Dieser Entwicklung folgte bald die Quantenmechanik, als Schrödinger nachwies, dass die von Werner Heisenberg unabhängig entwickelte Matrixmechanik der Wellenmechanik gleichwertig ist, wobei beide Theorien einen gewissen Grad an Ungewissheit hinsichtlich der physikalischen Lokalisierung des bewegten Elektrons zulassen. Dies veranlasste Heisenberg dazu, auch die Unschärferelation zu formalisieren, um dieser Situation Rechnung zu tragen. Dieses Prinzip galt bald als axiomatisches Grundprinzip, das es den meisten Forschern unmöglich zu machen schien, die subatomare Größenordnung weiter zu erforschen. In diesem Artikel analysieren wir, warum die von de Broglie festgelegte Geschwindigkeit der Phasenwelle diese Unsicherheit bei der Lokalisierung des sich bewegenden Elektrons erzeugt hat, und zwar im Lichte des aktuellen Wissens über das Verhalten des sich bewegenden Elektrons, um zu überprüfen, ob die Beibehaltung der Unschärferelation bei der Untersuchung der subatomaren Größenordnung angemessen ist.

Analyse der historischen Verwendung der Schlechtfrequenz, die zu dem von Louis de Broglie entwickelten Konzept der Wellengruppe zur Darstellung der Impulsenergie des Elektrons und zu der von Werner Heisenberg entwickelten Unschärferelation führte.

Schlüsselwörter: Phasenwellengeschwindigkeit; Wellenmechanik; Matrixmechanik; Quantenmechanik; Unschärferelation.

Michaud, A. (2024) *Critical Analysis of the Origins of Heisenberg's Uncertainty Principle*. Journal of Modern Physics. **15**, 765-795. doi: [10.4236/jmp.2024.156034](https://doi.org/10.4236/jmp.2024.156034).

https://www.scirp.org/pdf/jmp2024156_17505289.pdf

Andere Artikel im gleichen Projekt:

[INDEX – Elektromagnetische Mechanik – Das 3-Räume Modell](#)

Hier ist die deutsche Version des Artikels:

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

1. Einführung

Es scheint, dass Heisenberg dieses Prinzip formalisierte, weil er der Ansicht war, dass seine persönliche Niederlage bei dem Versuch, die subatomare Ebene klarer zu verstehen, als es mit seiner Matrixmechanik-Methode [1] möglich war, anscheinend bestätigt durch das Problem, das durch die berechnete Geschwindigkeit der de-Broglie-Phasenwelle verursacht wurde, stellte aus seiner Sicht, eine objektive Unmöglichkeit für die Menschheit als Ganzes bestätigte, die subatomare Ebene jemals klarer zu verstehen. Angesichts seiner immensen Stellung als einer der wichtigsten Physiker des zwanzigsten Jahrhunderts, entmutigte seine Haltung die weitere Forschung auf diesem Gebiet in unangemessener Weise und behinderte die Grundlagenforschung zum besseren Verständnis der Natur der Elementarteilchen im Laufe des letzten Jahrhunderts erheblich:

"Es kann keine visuelle Beschreibung der Struktur des Atoms geben, weil eine solche Beschreibung – gerade weil sie visuell ist – die Konzepte der klassischen Physik verwenden müsste, Konzepte, die es uns nicht mehr erlauben, die Phänomene zu erfassen. Sie verstehen, dass wir mit dem Versuch, eine solche Theorie zu entwickeln, eine von vornherein unmögliche Aufgabe in Angriff nehmen. Wir müssen etwas über die atomare Struktur sagen, aber wir haben keine Sprache, mit der wir uns verständlich machen können."

Werner Heisenberg (1969) [2]

Diese ungerechtfertigte Gewissheit, dass die Menschheit angeblich nicht in der Lage ist, die subatomare Ebene besser zu verstehen, hat sich schließlich so tief in die Denkweise selbst der höchsten Vertreter der Grundlagenphysik eingegraben, dass einige von ihnen so weit gingen, dass sie offen von dieser Forschung abrieten. Dies könnte nicht besser veranschaulicht werden als durch diesen Kommentar eines der wichtigsten Mitwirkenden an der Grundlagenphysik in seinem bahnbrechenden Aufsatz von 1949:

"In many problems, for example, the close collisions of particles, we are not interested in the precise temporal sequence of events. It is of no interest to be able to say how the situation would look at each instant of time during a collision and how it progresses from instant to instant."

Richard Feynman (1949) ([3] p. 771)

"Bei vielen Problemen, z. B. bei den engen Zusammenstößen von Teilchen, sind wir nicht an der genauen zeitlichen Abfolge der Ereignisse interessiert. Es ist nicht von Interesse, sagen zu können, wie die Situation zu jedem Zeitpunkt während einer Kollision aussehen würde und wie sie sich von Augenblick zu Augenblick entwickelt."

Es stellt sich heraus, dass es eine Entscheidung der wissenschaftlichen Gemeinschaft im Jahr 1907 war, während des Prozesses der Annahme der speziellen Relativitätstheorie eine bestätigte experimentelle Entdeckung über das Verhalten von Elektronen bei Beschleunigungsprozessen auf subatomarer Ebene zu ignorieren, die damals harmlos erschien und 20 Jahre später in der theoretischen Physik bereits praktisch vergessen war, nachdem sie zu wenig Einwände hervorgerufen hatte – eine Zeit lang hauptsächlich von Max Abraham und Walter Kaufmann – die der direkte Grund für die Entwicklung dieses

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Prinzips gewesen zu sein scheint, das tatsächlich als kompensatorischer, unscharfer Ersatz für diese nun vergessene, aber klar definierte Eigenschaft beschleunigender Elektronen diente, die seltsamerweise von der Ingenieurgemeinschaft dennoch ständig in allen Anwendungen verwendet wurde, die die Führung frei beweglicher Elektronen erforderten, seit die Lorentz-Kraftgleichung, die zur Festlegung dieser Eigenschaft verwendet wurde, sich als korrekt für die Anwendung auf die Bewegung von Elementarteilchen, wie dem Elektron, erwies.

Diese Entscheidung von 1907 wurde von der Gemeinschaft im Lichte dieser Bemerkung Einsteins getroffen, mit der die meisten Wissenschaftler der damaligen Zeit offenbar einverstanden waren:

"Herr Kaufmann has determined the relation between [electric and magnetic deflection] of β -rays with admirable care. ... Using an independent method, Herr Planck obtained results which fully agree with Kaufmann. ... It is further to be noted that the theories of Abraham and Bucherer yield curves which fit the observed curve considerably better than the curve obtained from relativity theory. However, in my opinion, these theories should be ascribed a rather small probability because their basic postulates concerning the mass of the moving electron are not made plausible by theoretical systems which encompass wider complexes and phenomena."

Albert Einstein (1907) ([4], p. 159)

"Herr Kaufmann hat das Verhältnis zwischen [elektrischer und magnetischer Ablenkung] der β -Strahlen mit bewundernswerter Sorgfalt bestimmt. ... Herr Planck hat mit einer unabhängigen Methode Ergebnisse erzielt, die mit denen von Kaufmann völlig übereinstimmen. ... Ferner ist festzustellen, dass die Theorien von Abraham und Bucherer Kurven liefern, die mit der beobachteten Kurve wesentlich besser übereinstimmen als die aus der Relativitätstheorie gewonnene Kurve. Meines Erachtens sollte man diesen Theorien jedoch eine eher geringe Wahrscheinlichkeit zuschreiben, da ihre grundlegenden Postulate bezüglich der Masse des bewegten Elektrons nicht durch theoretische Systeme plausibel gemacht werden, die größere Komplexe und Phänomene umfassen."

Aufgrund der Vernachlässigung dieser nachgewiesenen Eigenschaft der Elektronenbewegung in der Grundlagenphysik, die ihr elektromagnetisches Verhalten betrifft, wie in Referenz [5] analysiert, blieb die daraus resultierende Ungewissheit über die Lokalisierung des Elektrons im Wasserstoffatom zu der Zeit ungelöst und blieb in der Gemeinschaft der theoretischen Physik endemisch, noch bevor Heisenberg das Konzept formalisierte.

Die Information über die Entscheidung von 1907 kam erst nur 1982 mit der Veröffentlichung von Einsteins Biographie von Abraham Pais [4] ans Licht, die Verweise auf die meisten Korrespondenzen und Artikel, die Einstein im Laufe seines Lebens verfasst hat, zusammenfasste. Soweit dem Autor bekannt ist, wurde diese Entscheidung in keiner anderen Quelle der wissenschaftlichen Literatur je erwähnt.

1923 befand sich die Quantentheorie in einer Sackgasse, denn während das Bohrsche Modell des Wasserstoffatoms dessen Energiespektrum zufriedenstellend erklärte, stieß es

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

unter anderen Problemen bei der Erklärung des Verhaltens der beiden Elektronen des Heliumatoms auf extreme Schwierigkeiten.

Die ersten nennenswerten Fortschritte über Bohrs idealisiertes Modell hinaus im Verständnis des mechanischen Verhaltens des Elektrons im Wasserstoffatom wurden 1924 von Louis de Broglie mit seiner Doktorarbeit [6] [7] und 1925 unabhängig davon von Werner Heisenberg mit seiner Matrixmechanik [1] erzielt. In 1926, besonders beeindruckt von seinem eigenen Eingeständnis von de Broglies *Phasen-Wellen-Theorie, in einer Region von Null potenzielle Energie betrachtet*, Erwin Schrödinger zeigte, dass diese beiden Theorien äquivalent waren, und entwickelte seine Vektorwellengleichung auf der Grundlage dieses *Phasenwellenkonzepts*, das den Betrag der kinetischen Energie des Elektronenimpulses impliziert, wie von de Broglie für das Wasserstoffatom definiert [8]:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(\vec{r}, t) \right] \Psi(\vec{r}, t) \quad (1)$$

die eine vektorielle wellenmechanische Version der klassisch-mechanischen Darstellung des *Resonanzzustands* des Elektrons ist, den de Broglie entdeckt hatte und den er durch diese Gleichung darstellte:

$$m_0 \oint \mathbf{v} \cdot d\mathbf{l} = 2\pi R m_0 v = n h \quad n=1, 2, 3... \quad (2)$$

und die er mit der folgenden Metapher illustrierte:

"The notion of phase wave will allow us to provide an explanation of Einstein's condition. It results from the considerations of Chapter II that the trajectory of the mobile is one of the rays of its phase wave, the latter must run along the trajectory with a constant frequency (since the total energy is constant) and a variable velocity whose value we have learned to calculate. Propagation is therefore analogous to that of a liquid wave in a channel closed on itself and of variable depth. It is physically evident that to have a stable regime, the length of the channel must be in resonance with the wave. In other words, the wave portions that follow each other at a distance equal to an integer multiple of the length l of the channel and that are therefore at the same point in the channel, must be in phase. The resonance condition is $l = n\lambda$ if the wavelength is constant and $\oint (v/V) dl = n$ (integer) in the general case."

Louis de Broglie (1924) ([7], p. 51)

"Der Begriff der Phasenwelle erlaubt es uns, die Einsteinsche Bedingung zu erklären. Aus den Überlegungen in Kapitel II ergibt sich, dass die Flugbahn des Mobiles einer der Strahlen seiner Phasenwelle ist, die entlang der Flugbahn mit einer konstanten Frequenz (da die Gesamtenergie konstant ist) und einer variablen Geschwindigkeit verlaufen muss, deren Wert wir zu berechnen gelernt haben. Die Ausbreitung ist also analog zu der einer Flüssigkeitswelle in einem in sich geschlossenen Kanal mit variabler Tiefe. Es ist physikalisch offensichtlich, dass die Länge des Kanals in Resonanz mit der Welle sein muss, um einen stabilen Zustand zu erreichen. Mit anderen

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Worten: Die Wellenabschnitte, die in einem Abstand aufeinander folgen, der einem ganzzahligen Vielfachen der Länge l des Kanals entspricht, und die sich somit am selben Punkt im Kanal befinden, müssen in Phase sein. Die Resonanzbedingung ist $l = n\lambda$, wenn die Wellenlänge konstant ist und $\phi(v/V) dl = n$ (ganzzahlig) im allgemeinen Fall."

Mit dem Symbol λ bezog sich de Broglie hier auf die konstante Länge der Grundzustandsbahn des Bohrschen Modells, die wir in diesem Artikel eindeutig als $\lambda_{\text{deBroglie}}$ bezeichnen werden, um das $2\pi R_1$ -Element der Gleichung (2) darzustellen, um es klar von demselben λ -Symbol zu unterscheiden, das zur Darstellung der Wellenlänge elektromagnetischer Photonen verwendet wird, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, wie in der bekannten Gleichung $c = \lambda\nu$.

Denn diese jüngere Generation von Theoretikern wusste nichts von Kaufmanns Entdeckung, da sie nirgends in ihren Lehrbüchern oder von ihren Professoren erwähnt wurde, für die die Spezielle Relativitätstheorie und die neuere Allgemeine Relativitätstheorie der überwiegende Diskussionsgegenstand waren, die bestätigte Entdeckung von Kaufmann wurde also in keinem der drei Modelle, die die Quantenmechanik definierten, berücksichtigt, was dazu führte, dass die Darstellung des bewegten Elektrons in allen drei Modellen unscharf wurde.

Doch bevor wir uns näher mit den experimentellen Ergebnissen von Anfang 1900 befassen, deren Vernachlässigung zur Entwicklung der Unschärferelation führte, wollen wir einen Blick auf die Art und Weise werfen, in der das Verhalten der Elektronen im Wasserstoffatom in den 1920er Jahren analysiert wurde.

2. Ermittlung der Geschwindigkeit w der Phasenwelle, der Geschwindigkeit g der Wellengruppe und der Geschwindigkeit v des kontrollierten Teilchens

Ausgehend von der sehr übersichtlichen Darstellung der Referenz [9], dem wohl umfassendsten und vertrauenswürdigsten Lehrbuch zur Quantenphysik für Studenten, das derzeit erhältlich ist, werden wir diese Entwicklung Schritt für Schritt sorgfältig beschreiben und dabei viele auf den ersten Blick trivial erscheinende und im Allgemeinen als selbstverständlich angesehene Aspekte detailliert erläutern, deren detaillierter Zusammenhang jedoch in seiner Gesamtheit ein neues Licht auf viele derzeit verborgene Aspekte der wahren Ursprünge der Quantenmechanik und der Unschärferelation werfen wird.

Nach der Referenz [9] beruht die Entwicklung der Quantenmechanik auf Albert Einsteins Bedingung, auf die er sich in seiner ersten Arbeit von 1905 [10] bezog und die von Max Planck 1899 [11] durch seine Analyse der von Wilhelm Wien 1893 gesammelten Daten, die die quantisierte Natur der elektromagnetischen Strahlung bestätigten [12], aufgestellt wurde:

$$E = h\nu \quad (3)$$

die mit der folgenden, von Louis de Broglie in seiner Dissertation von 1924 aufgestellten Beziehung korreliert [6] [7]:

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad \text{Hier umformuliert als} \quad p = \frac{h}{\lambda_{\text{deBroglie}}} \quad (4)$$

Der erste Schritt in der Entwicklung der Quantenmechanik hing von der Bedeutung ab, die der Wellenlänge $\lambda_{\text{deBroglie}}$ der de Broglie'schen *Materiewelle* und der Definition ihrer *Phasengeschwindigkeit* w zugewiesen wurde, wie sie in der Gleichung (3.8) der Referenz [9] dargestellt und hier als Gleichung (5) wiedergegeben wird:

$$w = \lambda \nu \quad \text{Umformuliert als} \quad w = \lambda_{\text{deBroglie}} \nu \quad (5)$$

Die verbleibende Variable ν – der griechische Buchstabe 'ny' ist nicht zu verwechseln mit dem sehr ähnlichen kursiven lateinischen Buchstaben ν für "vitesse" oder "velocity", der in Lehrbüchern häufig als Symbol für 'Geschwindigkeit' verwendet wird – ist die elektromagnetische 'Frequenz' eines elementaren Energiequants, die man erhält, indem man seine Energiemenge durch die Plancksche Konstante h dividiert, wie sie in der Planckschen Gleichung (3) definiert ist.

Kurz zusammengefasst beziehen sich im Zusammenhang mit de Broglies Analyse des Verhaltens des Elektrons alle Begriffe wie $\lambda_{\text{deBroglie}}$, *Phasenwelle*, *Wellengruppe*, *Wellenpaket*, *Materiewelle*, *Pilotwelle* speziell auf die *Impulsenergie* des sich bewegenden Elektrons, wobei ihr Wert auf der Grundzustandsbahn des Elektrons im idealisierten Bohr-Atom als leitendes, numerisch auflösbares Referenzbeispiel genommen wird.

Gleichung (5) unterscheidet sich deutlich von der bekannten, sehr ähnlichen Gleichung (6), denn für die gleiche Frequenz ν eines bestimmten Energieimpulses in beiden Gleichungen liefert Gleichung (5) die Geschwindigkeit eines entsprechend bewegenden massiven elektromagnetischen Teilchens, wie des Elektrons, während Gleichung (6) die unveränderliche Lichtgeschwindigkeit c für die gleiche Energiemenge angibt, die sich in Form eines frei beweglichen elektromagnetischen Photons bewegt, mit anderen Worten, eine Energiemenge, die kein massives elektromagnetisches Teilchen antreibt:

$$c = \lambda \nu \quad (6)$$

Zum Beispiel wird für die Frequenz $\nu=6.579683918E15$ Hz des Energiebetrags, der in einem Elektron im Grundzustand des Bohr-Atoms induziert wird – die die Anzahl der Male entspricht, die das Elektron die Bohrsche Umlaufbahn pro Sekunde mit seiner klassischen Geschwindigkeit durchläuft, wie wir später sehen werden – die *Phasenwellengeschwindigkeit* seiner Impulsenergiekomponente mit Gleichung (5) als $w=2187691,252$ m/s festgelegt (zunächst fälschlicherweise auf nur die Hälfte dieser Geschwindigkeit $w=1093845,625$ m/s geschätzt aufgrund der unbeabsichtigten Verwendung einer Frequenz von nur $\nu=3,289841958E15$ Hz, wie wir später sehen werden), während sie mit Gleichung (6) $c=299792458$ m/s, d.h. die Lichtgeschwindigkeit, sein wird.

Der Unterschied liegt in der Länge der Welle, $w/\nu = \lambda_{\text{deBroglie}} = 3.32491846E-10$ m, was die Länge der Bohrschen Bahn $\lambda_B = 2\pi a_0 = 3,32491846E-10$ m für Gleichung (5) ist, während die Wellenlänge in Gleichung (6) $c/\nu = 4,556335255E-8$ m ist, das ist die elektromagnetische Wellenlänge eines sich frei bewegenden Photons der Energie $E = h\nu = 4,359743806E-18$ j, d. h. die gleiche Energiemenge wie die Trägerenergie des

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

gefangenen Elektrons im Orbital des Grundzustands des Wasserstoffatoms, von der die Hälfte $K=2,179871903E-18$ J die Impulsenergie darstellt.

Die verallgemeinerte Verwendung desselben Symbols λ in der Literatur, das sich oft unterschiedslos auf die Wellenlängen der $\lambda_{\text{deBroglie}}$ -Impulsenergie und auf die elektromagnetischen λ -Wellenlängen bezieht, hat viel Verwirrung gestiftet.

Mit anderen Worten, die Wellenlänge $\lambda_{\text{deBroglie}}$ ist die Strecke, die ein Elektron während eines Zyklus der Frequenz ν seiner Gesamtenergie bei der Geschwindigkeit zurücklegt, mit der seine Impulsenergie es antreibt, die je nach der Gesamtenergiemenge, die zu jedem gegebenen Zeitpunkt in das Elektron induziert wird, variieren wird. Die Wellenlänge λ eines frei beweglichen elektromagnetischen Photons der gleichen Frequenz ν wird ihrerseits immer die Strecke liefern, die während eines Zyklus dieser Frequenz mit Lichtgeschwindigkeit zurückgelegt wird.

In Übereinstimmung mit Bohrs Bedingung "*Die einzigen stabilen Bahnen sind Kreisbahnen, deren Impuls ein ganzzahliges Vielfaches von $h/2\pi$ ist, wobei h die Plancksche Konstante ist*", stellte de Broglie mit Gleichung (2) fest, dass die Länge der Grundzustandsbahn $\lambda_{\text{deBroglie}} = 2\pi R_1$ des Bohr-Atoms genau der Energiemenge der Planckschen Konstante h entspricht, d. h., die genau einem Zyklus der Frequenz ν der Gesamtenergiemenge entspricht, die dem Elektron durch die Coulomb-Kraft im Abstand des Bohr-Radius vom Proton zugeführt wird.

$$2\pi R_1 m_0 \nu = 2\pi a_0 m_0 \nu = \lambda_B m_0 \nu = h = 6.62606875 \cdot 10^{-34} \quad (7)$$

Dabei ist R_1 der Radius der Grundzustandsbahn im Bohr-Atom, in der Literatur oft als Konstante $a_0=5,291772083E-11$ m bezeichnet, die, multipliziert mit 2π , der de-Broglie-Wellenlänge $\lambda_B=\lambda_{\text{deBroglie}} =3,32491846E-10$ m auf der Bohr-Bahn entspricht. Die Anzahl der theoretisch Durchläufe des Elektrons auf dieser idealen λ_B -Bahn pro Sekunde mit der theoretischen klassischen Geschwindigkeit des Elektrons auf dieser Bahn liefert also die genaue Anzahl der Zyklen der elektromagnetischen Frequenz ν der Energie, die am Bohr-Radius gemäß der Wechselwirkung nach dem Coulomb-Gesetz zwischen der negativen Einheitsladung $e_1=1,602176462E-19$ Coulomb des Elektrons und der gleichen und entgegengesetzten Einheitsladung e_2 des zentralen Protons in Abhängigkeit von der Umkehrung des Abstands a_0 zwischen der Bohr-Bahn und dem zentralen Proton entsteht.

Bevor wir fortfahren, sei an dieser Stelle daran erinnert, dass das elektrische Feld \mathbf{E} von Gauß definiert wurde, indem er einfach eine der beiden Ladungen aus der Coulomb-Gleichung entfernte und die verbleibende Ladung als idealisierte mathematische Punktladung betrachtete, von der aus die Intensität eines potenziellen elektrischen \mathbf{E} -Feldes ab einem theoretisch unendlichen Intensitätsniveau an der Stelle dieser Punktladung als Umkehrfunktion des Quadrats der zunehmenden Entfernung von diesem Punkt omnidirektional abnimmt. Das bedeutet, dass jedes Mal, wenn ein Elektron mit einem solchen potenziellen \mathbf{E} -Feld in Verbindung gebracht wird, die Coulomb-Gleichung in der linearen Wechselwirkung zwischen den beiden Ladungen wiederhergestellt wird, wie in der kommenden Gleichung, und dass die Energie, die sie in den wechselwirkenden Teilchen induziert, berechnet werden kann.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass diese Definition des potentiellen elektrischen \mathbf{E} -Feldes durch Gauß die Festlegung des Vektorfeldes, das sowohl der kinematischen als auch der elektromagnetischen Mechanik gemeinsam ist, in Referenz

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

[13] ermöglicht.

Vor dem Aufkommen der Quantenmechanik wurde die Geschwindigkeit eines Elektrons berechnet, indem man zunächst die Coulomb-Gleichung $F=eE$ und die fundamentale Beschleunigungsgleichung $F=ma$ gleichsetzte, um den Geschwindigkeitsparameter mit der Coulomb-Gleichung in Beziehung zu setzen, wie es Einstein 1910 in seiner Arbeit [14] [15] erwähnte und in Referenz [5] analysiert wurde, und sie dann zu ihren Formen der ersten Stufe erweiterte, um in einem zweiten Schritt die Geschwindigkeitsvariable v der Partikel zu isolieren:

$$F = eE = ma = \frac{|e_1||e_2|}{4\pi \varepsilon_0 r^2} = m_0 \frac{v^2}{r} \quad (8)$$

Vereinfacht man diese kombinierten Gleichungen und isoliert den Geschwindigkeitsparameter v , erhält man die klassische Geschwindigkeit des Elektrons am Bohr-Radius:

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi \varepsilon_0 m_0 a_0}} = 2187691.252 \text{ m/s} \quad (9)$$

Auf Seite 12 der Referenz [7] ist zu sehen, dass de Broglie diese Gleichung nicht verwendet hat, um die klassische Geschwindigkeit des Elektrons auf der Bohr'schen Bahn zu bestimmen, und dass Einsteins Aufstellung der Beziehung $md^2x/dt^2=eE_x$ – d.h. $ma=eE$, d.h. Gleichung (8) – auf Seite 143 seiner Arbeit von 1910 [14] in seiner Dissertation an keiner Stelle erwähnt wird, noch wird sie in der Referenz [9] verwendet.

Mit dieser klassischen Geschwindigkeit 2187691,252 m/s des Elektrons auf der Bohr'schen Bahn und mit Gleichung (7), die zeigt, dass die Planck'sche Konstante h direkt mit der Länge dieser Bahn $\lambda_{\text{deBroglie}}=2\pi R_1=3,32491846\text{E}-10$ m zusammenhängt, wobei jede Bahn 1,59186E-16 Sekunde dauert, ergibt sich eine Anzahl von Umlaufbahnen pro Sekunde, die genau der Frequenz $\nu=6,579683918\text{E}15$ Hz der Energie entspricht, die dem Elektron durch die Coulomb-Kraft im Abstand des Bohrschen Radius vom Proton zugeführt wird, wie in den Referenzen [16] [13] [17] [18] dargelegt:

$$\nu_{R_1} = \frac{v}{\lambda_{R_1}} = \frac{2187691.252}{3.32491846\text{E}-10} = 6.579683918\text{E}15 \text{ Hz} \quad (10)$$

Wenn man nun die von Planck aufgestellte Gleichung (3) anwendet und diese Frequenz ν mit der Planckschen Konstante h multipliziert, erhält man die gesamte Energiemenge $E=4,359743806\text{E}-18$ j:

$$E_B = h\nu_{R_1} = 4.359743806\text{E}-18 \text{ j} \quad (11)$$

Beachten wir, dass de Broglie diese Gleichung auf Seite 12 seiner These [7] nicht numerisch auflöste, ohne Zweifel davon auszugehen, dass alle Physiker den richtigen Frequenzwert ν bei der Auflösung verwenden würden, und dasselbe gilt für Referenz [9].

Wir werden nun beobachten, dass die Coulomb-Gleichung, die auf die Wechselwirkung am Bohr-Grundzustandsradius $R_1=a_0=5.291772083\text{E}-11$ m Abstand zwischen dem Elektron und dem Proton im Bohr-Atom angewendet wird, die gleiche Energiemenge wie Gleichung (11) mittels der Planck-Konstante h liefert:

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

$$E = a_0 \cdot F = a_0 \cdot e \cdot E = \frac{|e_1||e_2|}{4\pi\epsilon_0 a_0} = m_0 v^2 = 4.359743804E-18 \text{ joules} \quad (12)$$

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die mit Gleichung (9) erhaltene klassische Geschwindigkeit für die *Ruhemasse* $m_0=9,10938188E-31$ kg des Elektrons aus der mit den Gleichungen (11) und (12) bestätigten Gesamtenergie $E=4,359743806E-18$ Joule berechnet wird, die doppelt so groß ist wie die Energie $K=2,179871903E-18$ Joule, die die klassische Impulsenergie ist, die traditionell mit dieser klassischen Geschwindigkeit verbunden ist. Dies wird bestätigt, indem man die mit Gleichung (9) berechnete Geschwindigkeit aus der Gesamtenergiemenge, die in das Elektron auf der Bohrschen Bahn a_0 induziert wird verwendet, d. h. $E=hv=4,359743806E-18$ j, um die Hälfte dieser Gesamtenergiemenge zurückzugewinnen, die genau der Impulsenergiemenge entspricht, die traditionell mit dieser klassischen Geschwindigkeit verbunden ist:

$$K = \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{(9.10938188E-31)(2187691.252)^2}{2} = 2.179871902E-18 \text{ j} \quad (13)$$

Aber warum diese scheinbare Dichotomie? Warum liefert die Coulomb-Gleichung in Verbindung mit der fundamentalen Beschleunigungsgleichung $F=ma$ die korrekte klassische Geschwindigkeit des Elektrons mit Gleichung (9) aus dem doppelten Betrag der Impulsenergie, die klassisch mit dieser Geschwindigkeit verbunden ist?

Bevor wir uns dieser Frage zuwenden, die direkt das bestätigte elektromagnetische Verhalten des Elektrons betrifft, das die Theoretiker bei der Entwicklung der Speziellen Relativitätstheorie im Jahr 1907 lieber ausgeklammert haben, wollen wir noch ein paar weitere Schritte der logischen Entwicklung nachvollziehen, die zur Aufstellung der Schrödingergleichung und der Unschärferelation geführt hat (siehe Referenz [9]).

Nachdem man nun die Gleichung (5) aufgestellt hat, besteht das in Referenz [9] erläuterte Verfahren im ersten von zwei Schritten darin, den de Broglie-Impuls Gleichung (4) $p=m_0v$ mit der Frequenz ν der im Elektron auf der Bohrschen Bahn induzierten Gesamtenergie in Beziehung zu setzen, die offensichtlich mit Gleichung (11) berechnet wurde, indem man ν für E/h aus dieser Gleichung in Gleichung (14) einsetzt, um schließlich im zweiten Schritt die *Phasengeschwindigkeit* w der *Materiewelle* mit der Teilchengeschwindigkeit v zu verbinden. An dieser Stelle sei daran erinnert, dass de Broglie die Gleichung (11) auf Seite 12 seiner Dissertation [7] nicht numerisch aufgelöst hat:

$$w = \lambda_{\text{deBroglie}} \nu = \frac{h}{p} \frac{E}{h} = \frac{E}{p} \quad (14)$$

Aber seltsamerweise ersetzen die Autoren – wie auch de Broglie selbst, wie auf Seite 12 seiner Dissertation [7] zu sehen ist – E durch $m_0 v^2/2$, um in Gleichung (15) zu kommen, von der wir aus Gleichung (13) wissen, dass sie nur die Hälfte der Energie $K=2,179871902E-18$ J liefert, die E in Gleichung (11) darstellt, die verwendet wurde, um den Wert der Energie in Gleichung (14) einzuführen.

Nach der in [9] dargelegten Logik wird Gleichung (14) unter der Annahme betrachtet, dass sich das Elektron mit der nicht-relativistischen Geschwindigkeit v , *in einem Gebiet mit potenzieller Energie Null* bewegt, wobei $p=m_0v$ und $E=4.359743806E-18$ j in Bezug auf die Ruhemasse $m_0=9,10938188E-31$ kg des Elektrons, seiner nichtrelativistischen

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Geschwindigkeit $v=2187691.252$ m/s und der Impulsenergie $K=m_0v^2/2=2,179871903E-18$ j aus Gleichung (13) bewertet werden, die, wie wir feststellen können, offensichtlich fälschlicherweise anstelle der Gesamtkinetischeenergie $E=4,359743806E-18$ j aus Gleichung (11) eingesetzt wurde, was natürlich dazu führte, dass man nur die halbe Geschwindigkeit v des Teilchens erhielt:

$$w = \frac{E}{p} = \frac{m_0v^2/2}{m_0v} = \frac{v}{2} = 1093845.625 \text{ m/s} \quad (15)$$

die falsch war, ohne dass es jemand in der Gemeinschaft bemerkt hat, was, wie wir weiter unten sehen werden, auf die in den meisten Nachschlagewerken weit verbreitete Gewohnheit zurückzuführen ist, bekannte Gleichungen allzu oft nicht numerisch aufzulösen und unbeabsichtigt davon auszugehen, dass die richtigen Werte für jeden Parameter immer berücksichtigt werden. Der gleiche Zustand der Verwirrung entstand auch in Bezug auf die Gleichheit zwischen der Coulomb-Kraft und der Gravitationskraft, wie in Referenz [19] analysiert.

Und natürlich bemerken die Autoren von Referenz [9] nach dieser Berechnung zu Recht:

"This result seems disturbing because it appears that the matter wave w would not be able to keep up with the particle whose motion it controls."

Robert Eisberg & Robert Resnick (1974) ([9], p. 69)

"Dieses Ergebnis scheint beunruhigend zu sein, denn es scheint, dass die Materiewelle w nicht in der Lage wäre, mit dem Teilchen Schritt zu halten, dessen Bewegung sie kontrolliert."

Wir werden weiter verstehen, warum de Broglie offensichtlich die Frequenz $\nu=3.289841958E15$ Hz anstelle von $\nu=6.579683918E15$ Hz bei der Lösung der Gleichung $E=h\nu$ auf Seite 12 der Referenz [7] verwendet hat, was ihn – sowie später auch Schrödinger selbst [8] – dazu veranlasst hat, E durch $m_0v^2/2$ in Gleichung (15) logischerweise zu ersetzen, und warum er, wie auch die ganze neue Generation von Theoretikern der 1920er Jahre, nicht wusste, dass die wahre Frequenz der am Bohr-Radius induzierten Energie $\nu=6.579683918E15$ Hz und nicht $\nu=3.289841958E15$ Hz ist, wie wir bald sehen werden.

Betrachten wir noch einmal Gleichung (14), aus der Gleichung (15) in Referenz [9] abgeleitet wurde, stellen wir fest, dass die Substitution der Frequenz ν durch E/h aus keiner anderen Quelle stammen kann als aus der Planckschen Gleichung (3), die dann numerisch als Gleichung (11) für den Fall der Frequenz $\nu=6,579683918E15$ Hz der im Bohrradiusabstand a_0 vom Proton induzierten Energie aufgelöst wird, d. h. eine Energiemenge, die auf vier verschiedene Methoden bestätigt werden kann, die sich gegenseitig bestätigen und zusätzlich von den Daten, die Kaufmann 25 Jahre zuvor gesammelt hatte, voll unterstützt werden, die sofort durch die Analysen aller hochrangigen Physiker des ersten Jahrzehnts des 20. Jahrhunderts als gültig bestätigt wurden.

- (1) Durch die Coulomb-Gleichung (12);
- (2) Durch die fundamentale Beschleunigungsgleichung (8) $F=ma$;
- (3) Multipliziert man die Plancksche Konstante h mit der Anzahl der Durchläufe, die

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

das Elektron theoretisch in einer Sekunde auf der Bohr'schen Bahn mit der klassischen Geschwindigkeit in Bezug auf seine Impulsenergie durchläuft – Gleichung (10) – d.h. $\nu=6,579683918E15$ Hz, so ergibt sich ein Gesamtbetrag von $E=4,359743806E-18$ Joule.

(4) Mit Hilfe der Lorentz-Kraft-Gleichung $F=e(\mathbf{E} +\nu\mathbf{B})$, die durch die Kaufmann-Daten bestätigt wird, die auch bestätigen, dass dieselbe Frequenz mit dieser Geschwindigkeit zusammenhängt, wie in Referenz [20] festgestellt und deren Berechnung wir kurz betrachten werden.

Damit stehen uns nun vier verschiedene Methoden zur Verfügung, die alle den korrekten Energiebetrag und die elektromagnetische Frequenz der im Elektron am mittleren Bohr-Radius des Wasserstoffatoms induzierten Energie bestätigen, der doppelt so hoch ist wie der Betrag, der historisch mit der *Phasenwellengeschwindigkeit* in Verbindung gebracht wurde, wobei Methode (4) sogar direkt die relativistische Geschwindigkeit des Teilchens liefert.

Denn unbemerkt von den Theoretikern der fundamentaltheoretischen Gemeinschaft der 1920er Jahre, hat die Gemeinschaft der angewandten Physik und der Technik – zwei Gemeinschaften, die nicht viel miteinander kommunizieren, außer wenn neue experimentelle Entdeckungen gemacht werden, wie als Lorentz 20 Jahre zuvor Kaufmanns Erkenntnisse bestätigte – die Lorentz-Kraftgleichung seit 20 Jahren kontinuierlich weiter verwendet, um frei bewegliche Elektronen in vielen Experimenten und angewandten Entwicklungen auf äußerst präzisen Bahnen zu steuern, wobei sie die \mathbf{E} - und \mathbf{B} -Felder der Lorentz-Gleichung in dem Prozess verwenden, der nur mit der korrekten elektromagnetischen Wellenlänge $\lambda=c/\nu=4,556335255E-8$ m hergestellt werden kann. aufgestellt mit Gleichung (6) entsprechend der korrekten Frequenz $\nu=6,579683918E15$ Hz der gesamten Energiemenge, die tatsächlich im Grundzustand des Wasserstoffatoms induziert wird.

Aber wie konnten die Theoretiker der Fundamentalphysik in den 1920er Jahren auch nur ahnen, dass die Frequenz des Betrags der kinetischen Energie des Impulses des sich auf der Bohr'schen Grundzustandsbahn bewegenden Elektrons nur halb so hoch war wie der tatsächliche Energiebetrag, der im mittleren Grundzustandsabstand vom Proton induziert wurde, da sie zum einen nichts von den Kaufmann'schen Entdeckungen wussten, die 20 Jahre zuvor gemacht worden waren, und zum anderen jeder für das Wasserstoffatom aufgezeichnete Spektralstrahl "genau" dieser Frequenz von $\nu=3,289841958E15$ Hz der kinetischen Energie entsprach, die als ein elektromagnetisches Bremsstrahlungsphoton freigesetzt wird, wenn ein Elektron von einem Proton eingefangen wird, um ein Wasserstoffatom zu bilden? Und dasselbe für die Spektralstrahlen der gesamten Lyman-Reihe, die alle mit den jeweiligen Impulsenergiebeträgen der einzelnen Orbitale in Beziehung gesetzt werden könnten!

Der Grund, warum nur die Impulsenergie eines Elektrons jedes Mal, wenn es sich in seinem Ruheorbital in einem Atom stabilisiert, als Bremsstrahlungsphoton freigesetzt wird, das als solches in Spektralaufnahmen aufgezeichnet werden kann, d. h. die Hälfte der gesamten induzierten Energie, wird in den Referenzen [21] [22] analysiert und erläutert.

Hier sind die detaillierten Gleichungen des lokalen zusammengesetzten \mathbf{E} -Feldes und des \mathbf{B} -Feldes des sich bewegenden Elektrons, die in Referenz [20] aufgestellt wurden, wobei die elektromagnetische Compton-Wellenlänge $\lambda_c=2,46310215E-12$ m der

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Elektronen-Ruhemasse m_0 und die elektromagnetische Wellenlänge $\lambda=c/v=4,556335255E-8$ m der am Bohr-Radius induzierten Energie zur Berechnung der zugehörigen Geschwindigkeit verwendet werden:

$$\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\epsilon_0 \alpha^3} \frac{(\lambda^2 + \lambda_C^2) \sqrt{\lambda_C (4\lambda + \lambda_C)}}{\lambda^2 \lambda_C^2 (2\lambda + \lambda_C)} \quad \mathbf{B} = \frac{\pi \mu_0 e c}{\alpha^3} \frac{(\lambda^2 + \lambda_C^2)}{\lambda^2 \lambda_C^2} \quad (16)$$

Und hier ist die elektromagnetische Standardgleichung, die aus der Lorentz-Kraftgleichung hervorgeht, um die relativistische Geschwindigkeit des Elektrons zu bestimmen, wie sie erstmals von Kaufmann im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts nachgewiesen wurde:

$$v = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{B}} = \frac{1.81334112E13 \text{ j/Cm}}{8.289000246E13 \text{ js/Cm}^2} 10^7 = 2,187,647.566 \text{ m/s} \quad (17)$$

Dies ist einer der Geschwindigkeitswerte, die zu der Kurve gehören, die Abraham und Bucherer aus den Kaufmann-Daten ermittelt hatten, und zu der Einstein 1907 die folgende, ebenfalls bereits zitierte Bemerkung machte: "*Es ist ferner zu bemerken, dass die Theorien von Abraham und Bucherer Kurven ergeben, die mit der beobachteten Kurve wesentlich besser übereinstimmen als die aus der Relativitätstheorie gewonnene Kurve.*" ([4], p. 159)

Aber kehren wir für einen Moment zu der niedrigeren *Phasenwellengeschwindigkeit* w zurück, die sich aus Gleichung (15) ergibt – Gleichung (3-9) in Referenz [9] – und sehen wir uns an, wie das Problem historisch gelöst wurde, indem die *Phasenwelle*, die sich mit der Geschwindigkeit $w=v/2$ fortbewegen sollte, angeblich die scheinbar unlogische und unmögliche Herausforderung bewältigen konnte, das von ihr gesteuerte Teilchen einzuholen, das sich selbst mit der doppelten Geschwindigkeit, d. h. der klassischen Geschwindigkeit $v=2187691,250$ m/s des Elektrons auf der fundamentalen Bohrschen Bahn, in dieselbe Richtung bewegt.

An diesem Punkt wurde das Konzept der *Materiewelle* von de Broglie [6] [7], und nach Referenz [9] eingeführt, das mit dem Symbol $\Psi_{(x,t)}$ bezeichnet wird und einer *Gruppe von Wellen* entspricht, die sich in Richtung des kontrollierten Teilchens, parallel zu einer x-Achse ausbreiten, und deren theoretisch angenommener Verlauf wie in **Abbildung 1** – Abbildung 3-7 in Referenz [9] aussehen würde.



Abbildung 1: Die idealisierte *Materiewelle*.

Die Autoren der Referenz [9] erklären:

"The amplitude of the matter wave must be modulated in such a way that its value is nonzero only over some finite region of space in the vicinity of the particle. This is necessary because the matter wave must somehow be associated in space with the particle whose motion it controls. The matter wave is in the form of a group of waves and, as time passes, the group surely must move along the x axis with the same velocity of the particle."

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Robert Eisberg & Robert Resnick (1974) ([9], p. 70)

"Die Amplitude der Materiewelle muss so moduliert werden, dass ihr Wert nur in einem begrenzten Bereich des Raums in der Nähe des Teilchens ungleich Null sein. Dies ist notwendig, weil die Materiewelle irgendwie im Raum mit dem Teilchen verbunden sein muss, dessen Bewegung sie steuert. Die Materiewelle hat die Form einer Wellengruppe, die sich im Laufe der Zeit sicherlich mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Teilchen entlang der x-Achse bewegen muss."

Die Verwendung des einschränkenden Ausdrucks "*sicherlich*" in diesem letzten Satz deutet darauf hin, dass die Autoren Zweifel daran hatten, dass die *Materiewelle*, die sich nur mit der Geschwindigkeit $w=v/2$ bewegt, wirklich in der Lage würde, um sich im Laufe der Zeit fortzubewegen und in der Nähe des Teilchens zu bleiben, das sich mit der Geschwindigkeit v bewegt und das sie kontrolliert. Nun, wer würde das nicht tun? In der Tat scheint es sogar physikalisch unmöglich!

Tatsächlich war ein so enormer Unterschied zwischen der berechneten Geschwindigkeit der nun durch die *Gruppenwelle* repräsentierten Impulsenergie des Elektrons und der Geschwindigkeit des Teilchens, das sie bekanntermaßen *antrieb*, *einholte* und kontrollierte, und dessen kleinster Betrag nun als die scheinbar unteilbare Energie h des Planckschen Wirkungsquantums verstanden wurde, musste selbst an der für das eigentliche Elektron berechneten Geschwindigkeit Zweifel aufkommen lassen oder zumindest Zweifel an der damals herrschenden Meinung aufkommen lassen, dass das Elektron tatsächlich ein lokalisiertes massives Festkörperteilchen sein könnte, wie es in der klassischen Mechanik gedacht war, und akkreditierte die Idee, dass das Elektron selbst eine *Gruppenwelle* oder ein *Wellenpaket* sein könnte, dessen Geschwindigkeit lokal in dem Bereich variieren könnte, den de Broglies Berechnungen zu akkreditieren schienen, was schließlich die Schlussfolgerung war, die von der Theoretikergemeinschaft angenommen wurde, wie formalisiert in Übereinstimmung mit Heisenbergs Matrixmechanik [1], Schrödingers Wellengleichung [8] und eventuell mit Feynmans Pfadintegral [3], alle drei Methoden gründen nun fest auf der Heisenbergschen Unschärferelation, die nun als axiomatisches Grundprinzip angesehen wird!

Selbst Einstein hatte seine Zweifel an der Fähigkeit der *Gruppenwellenmethode*, die stationäre Resonanzschwingung des Elektrons im Wasserstoffatom korrekt darzustellen. Hier seine diesbezügliche Bemerkung in der Einleitung eines 1952 in Frankreich erschienenen Buches, an dem Einstein, Schrödinger, Pauli, Rosenfeld, Heisenberg, Yukawa, Davisson und de Broglie, um nur die bekanntesten Mitwirkenden zu nennen, gemeinsam mitgewirkt haben, um einen allgemeinen Überblick über den Stand der Quantenphysik im Jahr 1952 zu geben, wobei der Beitrag von Louis de Broglie in seinem historischen Kontext hervorgehoben wird [23].

Einstein steuerte die Einleitung zu diesem Werk in deutscher Sprache bei, die von den Herausgebern auf den gegenüberliegenden Seiten ins Französische übersetzt wurde; der Rest des Buches ist auf Französisch. Es handelt sich um ein 500 Seiten umfassendes Werk, das die wissenschaftlichen Gedanken der besten Physiker des 20. Jahrhunderts zusammenfasst die nie ins Englische übersetzt wurde, um es der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft zugänglich zu machen.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

"Ich will dem zusammen mit Frau B. Kaufman verfassten Beitrag zu diesem Bande einige Worte vorausschicken in der einzigen Sprache, in der ich mich mit einiger Leichtigkeit ausdrücken kann. Es sind Worte der Entschuldigung. Sie sollen zeigen, warum ich, trotzdem ich De Broglie visionäre Entdeckung des inneren Zusammenhanges zwischen diskreten Quantenzuständen und Resonanzzuständen in relativ jungen Jahren bewundernd miterlebt habe, doch unablässig nach einem Wege gesucht habe, das Quantenrätsel auf anderem Wege zu lösen oder doch wenigstens eine Lösung vorbereiten zu helfen."

Albert Einstein (1952) ([23], p. 4)

In Kapitel II von de Broglies Dissertation ([7], S. 17), auf das sich de Broglie in dem vorangegangenen Zitat aus seiner Dissertation ([7], S. 51) bezieht, finden wir unter dem Titel "*II. Phase Velocity and Group Velocity*" die eigentliche Erklärung, die de Broglie lieferte, um zu erklären, wie die *Wellengruppe* das von ihr kontrollierte Teilchen einholen kann, eine Erklärung, die sich auf die *Schwebegeschwindigkeit der überlagerten Phasenwellen der Gruppe* bezieht, die in Referenz [9] nicht ausdrücklich erwähnt wird.

"If waves of very similar frequencies propagate in the same direction Ox with velocities V that we will call phase propagation velocities, by their superposition, these waves will give rise to beat phenomena if velocity V varies with frequency v. These phenomena have been studied in particular by Lord Rayleigh in the case of dispersive media... If we designate by U the propagation speed of the beat, or speed of the group of waves, we find ... that the speed of the group of phase waves is equal to the speed of the moving body."

Louis de Broglie (1924) ([7], p. 17)

"Wenn Wellen sehr ähnlichen Frequenzen propagieren in der gleichen Richtung Ox mit Geschwindigkeiten V, die wir als Phase Ausbreitungsgeschwindigkeiten, durch ihre Überlagerung, diese Wellen geben Anlass zu Beat-Phänomene, wenn die Geschwindigkeit V variiert mit der Frequenz v. Diese Phänomene wurden insbesondere von Lord Rayleigh im Falle von dispersiven Medien untersucht... Wenn wir mit U die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Beat, oder die Geschwindigkeit der Gruppe von Wellen bezeichnen, finden wir ..., dass die Geschwindigkeit der Gruppe von Phase Wellen ist gleich der Geschwindigkeit des bewegten Körpers."

Mit anderen Worten, er kam zu dem Schluss, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der *Schwebung* innerhalb der Wellengruppe die Geschwindigkeit des sich bewegenden Körpers einholen wird.

Aber was von de Broglies Entdeckung des stationären Resonanzzustands des Elektrons im Grundzustand des Wasserstoffatoms zu verstehen ist, scheint in Wirklichkeit zu sein, dass das Elektron selbst, von dem wir jetzt aus seiner elektromagnetischen Struktur [13] wissen, dass es permanent lokalisiert ist, auf einer stationären Wirkungsresonanzbahn im Wasserstoffatom mit der Geschwindigkeit gefangen wäre, die von seiner kinetischen Impulsenergie bereitgestellt wird, "*wenn es sich in Regionen mit null potenzieller Energie befindet*", wie in der Referenz [9] zitiert,

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

und wie in den Verweisen [24] [25] vollständig analysiert – siehe auch **Abbildung 2** – und nicht speziell, dass nur seine Impulsenergie mit Hilfe der *Phasenwelle*, die sich mit der halben Geschwindigkeit des von ihr kontrollierten Teilchens bewegt, und der *Gruppenwelle*, die sie einholen soll, behandelt werden muss, wie das Konzept schließlich in der Quantenmechanik behandelt wurde.

Das Konzept der *Phasenwelle* / *Gruppenwelle* / *Materiewelle* / *Pilotwelle* ist eine geniale Methode, die de Broglie vorschlug, um das Geschwindigkeitsproblem zu lösen, das durch die einzige zu niedrige Frequenz ν entstand, die er und seine Zeitgenossen aus der einzigen Menge kinetischer Energie berechnen konnten, von der sie wussten, dass sie mit dem Elektron in Verbindung gebracht werden konnte – seiner Impulsenergie – da dies damals der einzige Weg aus dieser scheinbaren Sackgasse zu sein schien, um dem Elektron erfolgreich die stationäre Resonanzeigenschaft zuzuordnen, die er entdeckt hatte aus seiner Untersuchung des Spektrums des Wasserstoffatoms.

Aber wir beobachten nun, dass bei Verwendung der richtigen Frequenz die tatsächliche Energiemenge, die im Grundzustand des Wasserstoffatoms in das Elektron induziert wird, dass das Konzept der *Wellengruppe* oder des *Wellenpakets* nicht notwendig war, um den Unterschied zwischen der angenommenen, aber falsch berechneten Geschwindigkeit der *Phasenwelle* und der des von ihr gesteuerten Teilchens zu erklären, da eine Berechnung mit der korrekten Frequenz deutlich zeigt, dass es keinen Geschwindigkeitsunterschied zwischen der Impulsenergie des Elektrons und der des Elektrons selbst gibt und dass sich die *Phasenwelle* nur mit derselben Geschwindigkeit bewegen kann wie das Teilchen, dessen Bewegung sie steuert, was bedeutet, dass es *keine Ungewissheit* über den Ort des Elektrons in Bezug auf seine Impulsenergie besteht.

Es sei darauf hingewiesen, dass dieser unbeabsichtigte Irrtum von de Broglie – wie wir weiter unten sehen werden – über die Frequenz der am Bohr-Radius induzierten Energie, der in allen Nachschlagewerken bis hin zur Referenz [9] aufgegriffen wurde, die logische Folge der Argumentation, die zur Aufstellung der Quantenwellengleichung führte, in keiner Weise entkräftet. Unter der Annahme, dass sich die Impulsenergie des Elektrons wie eine räumlich verteilte *Wellengruppe* verhalten muss, damit sie das von ihr angetriebene Elektron einholen kann, macht sie nur den Teil der Logik überflüssig, der beweisen sollte, dass die *Phasenwellengeschwindigkeit* w , die mit Gleichung (15) fälschlicherweise als halbe Teilchengeschwindigkeit ν berechnet wurde, identisch ist mit der *Wellengruppengeschwindigkeit* g und der Teilchengeschwindigkeit ν , wie mit Gleichung (17) und auch durch Gleichung (3-13b) von Referenz ([9], S. 72), die die Gleichheit der Geschwindigkeiten der *Phasenwelle* und der *Wellengruppe* bestätigt.

Kehren wir nun zu der damit zusammenhängenden Frage zurück, warum die Kombination der Coulomb-Gleichung mit der fundamentalen Beschleunigungsgleichung $F=ma$ als Gleichung (9) es erlaubt, die gleiche klassische Geschwindigkeit des Elektrons auf der Bohr'schen Bahn $\nu=2187691,252$ m/s aus dem doppelten Betrag der zugehörigen Impulsenergie $E=4,359743806E-18$ j zu berechnen, während die Gleichung der klassischen Mechanik (13) diese Geschwindigkeit nur mit der Impulsenergie $K=2,179871902E-18$ j in Beziehung setzt, und warum die vier verschiedenen Methoden (1), (2), (3) und (4), die zuvor aufgeführt wurden, einstimmig das tatsächliche Vorhandensein dieses doppelten Energiebetrags bestätigen, der im Grundzustandsorbitalabstand des Wasserstoffatoms induziert wird und von dem die

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Impulsenergie nur die Hälfte ausmacht.

Der Schlüssel zum Verständnis des Ursprungs dieser zusätzlichen Energiemenge, die von allen vier zuvor erwähnten Methoden (1), (2), (3) und (4) aufgedeckt wurde und die zusätzlich zur Impulsenergie induziert wird, die seit der Entwicklung dieser Gleichungen bekannt war, aber im Fall der Methoden (1), (2) und (3) unerklärt blieb, und die gleich der Impulsenergie ist, sich aber dennoch von der Impulsenergie der klassischen Mechanik Gleichung (13) unterscheidet, liegt in dem Beweis ihrer separaten Existenz, der durch die Methode (4) in den von Walter Kaufmann während seiner Experimente Anfang 1900 gesammelten Daten erbracht wurde [26] [27] [28] [29], die von H. A. Lorentz in seinem Aufsatz von 1904 analysiert und bestätigt [30].

Die Kaufmann-Experimente waren die ersten in der Geschichte, bei denen frei bewegliche Elektronenstrahlen in einer Blaskammer mit Hilfe sorgfältig kalibrierter E - und B -Felder präzise gelenkt wurden, um Daten über ihre Flugbahnen zu sammeln. Diese Elektronen, die damals im Rahmen der klassischen Mechanik als massiv im gleichen Sinne wie makroskopische Massen angesehen wurden, wurden auf gekrümmten Bahnen auf hochrelativistische Geschwindigkeiten beschleunigt, was die Aufzeichnung von Daten über ihr geschwindigkeitsbezogenes Verhalten in ihrer Bewegungsrichtung sowie senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung ermöglichte und ein Verhalten offenbarte, das in keinem der mit makroskopischen Massen durchgeführten Experimente beobachtet worden war.

H. A. Lorentz analysierte diese Daten in seinem berühmten Artikel von 1904 [31] und bestätigte dieses unerwartete Verhalten der Elektronen anhand der von Kaufmann gesammelten Daten, der diese Elektronenstrahlen nach der Methode Nummer (4) führte, die Lorentz selbst 1895 vorgeschlagen hatte [32]. Mit klarer experimenteller Unterstützung kam er zu dem Schluss:

"... in processes in which acceleration occurs in the direction of motion, the electron behaves as if it had mass m_1 , and in acceleration in a direction perpendicular to the motion, it behaves as if it had mass m_2 . These quantities m_1 and m_2 are therefore appropriately named the 'longitudinal' and 'transverse' electromagnetic masses. I will assume that, in addition, there is no 'real' or 'material' mass."

H.A. Lorentz (1904) [31]

"... Bei Prozessen, bei denen die Beschleunigung in Bewegungsrichtung erfolgt, verhält sich das Elektron so, als hätte es die Masse m_1 , und bei der Beschleunigung in einer Richtung senkrecht zur Bewegung verhält es sich so, als hätte es die Masse m_2 . Diese Größen m_1 und m_2 werden daher passenderweise 'longitudinale' und 'transversale' elektromagnetische Massen genannt. Ich gehe davon aus, dass es darüber hinaus keine 'reale' oder 'materielle' Masse gibt."

Eine eingehende Analyse dieser Daten und weiterer Daten, die später von Planck, Bucherer und Neumann gesammelt wurden, bestätigte die von Lorentz gezogene Schlussfolgerung, die auch von Abraham, Poincaré und Einstein selbst separat bestätigt wurde, wie in der Referenz [5] in historischer Perspektive dargestellt.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Zusammenfassend beschrieben, beschleunigte Kaufmann diese Elektronen auf gekrümmten Bahnen in seiner Blaskammer mit Hilfe von \mathbf{E} - und \mathbf{B} -Feldern, die nach der Lorentzkraftgleichung berechnet wurden:

$$\mathbf{F} = e(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (18)$$

dessen erster Term $e\mathbf{E}$ die in Gleichung (8) erweiterte Coulomb-Gleichung ist, die sich auf die Coulomb-Kraft bezieht, die in allen geladenen Teilchen Energie als Funktion des Kehrwerts der Abstände induziert, die jedes geladene Elementarteilchen von allen anderen geladenen Elementarteilchen trennt:

$$\mathbf{F} = e\mathbf{E} = \frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \rightarrow E_{\text{induzierte}} = R \cdot \mathbf{F} = \frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (19)$$

wobei Q die Resultante aller Elementarladungen in der Umgebung darstellt, die mit dem Elektron wechselwirkt und die relative Intensität ihres gemeinsamen \mathbf{E} -Feldes bestimmt, und R den mittleren Abstand darstellt, in dem sich die durch Q dargestellten Ladungen vom Elektron befinden.

Die Kaufmann-Daten zeigten, dass das Elektron in seiner Bewegungsrichtung eine Trägheit m_1 hat, die der Summe der Trägheit der Ruhemasse m_0 des Elektrons plus der Trägheit der gesamten durch die Coulomb-Kraft induzierten Energiemenge entspricht, die mit der Geschwindigkeit entsprechend dem Lorentz- γ -Faktor zunimmt:

$$\text{Vorwärtsträgheit von } E_{m_1} = E_{m_0} + E_{\text{induzierte}} \quad (20)$$

wobei

$$E_{\text{induzierte}} = \frac{\gamma m_0 v^2}{2} + \frac{\gamma m_0 v^2}{2c^2} \quad (21)$$

m_2 seinerseits entspricht der Summe der Trägheit der Ruhemasse m_0 des Elektrons plus die Hälfte der Trägheit der durch die Coulombkraft induzierten Energie dar, die Paul Marmet 2003 – siehe weiter unten – als dieselbe Energiemenge entdeckte, die ebenfalls nicht geradlinig mit der Geschwindigkeit gemäß dem Lorentz-Faktor γ zunimmt, und die gleichzeitig den Δm -Massenzuwachs und den $\Delta \mathbf{B}$ -Feldzuwachs des beschleunigenden Elektrons wiedergibt, die mit der momentanen Geschwindigkeit des Elektrons zusammenhängen:

$$\text{Querträgheit der } E_{m_2} = E_{m_0} + \frac{E_{\text{induzierte}}}{2} \quad (22)$$

wobei

$$\frac{E_{\text{induzierte}}}{2} = \frac{\gamma m_0 v^2}{2c^2} \quad (23)$$

Die Betrachtung des Unterschieds zwischen der Trägheit von m_1 und der von m_2 führte Lorentz und alle führenden Forscher, die diese Interpretation bestätigten, zu der Schlussfolgerung, dass die Hälfte der durch die Coulomb-Kraft induzierten Energie in ein geschwindigkeitsbezogenes Masseninkrement $\Delta m = \gamma m_0 v^2 / 2c^2$ umgewandelt wird, das sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung genau wie die Ruhemasse m_0 des Elektrons, messbar ist, während die Trägheit der Impulsenergie $\Delta K = \gamma m_0 v^2 / 2$ – die die

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Ruhemasse m_0 des Elektrons plus diesen Δm -Massenzuwachs vorantreibt – nur in Längsrichtung messbar ist, so dass die Gleichungen (20) und (22) wie folgt umgeschrieben werden können:

Gesamtenergie, die die messbare Vorwärtsträgheit eines sich bewegenden Elektrons definiert:

$$E = \Delta K + \Delta mc^2 + m_0 c^2 \quad (24)$$

und der Gesamtenergie, die die messbare Querträgheit eines bewegten Elektrons definiert:

$$E = \Delta mc^2 + m_0 c^2 \quad (25)$$

Doch obwohl alle führenden Physiker der damaligen Zeit die Realität dieses Verhaltens von Elektronen bei relativistischen Geschwindigkeiten auf subatomarer Ebene akzeptierten, blieben Zweifel an dieser möglichen Realität für makroskopische Massen, da die für makroskopische Massen möglichen experimentellen Geschwindigkeiten im Vergleich zum relativistischen Bereich viel zu gering waren, um eine Bestätigung für Massen auf makroskopischer Ebene zu ermöglichen.

Angesichts der Tatsache, dass zeitgleich mit diesen Entdeckungen und Diskussionen über das Verhalten der Elektronenmasse auf subatomarer Ebene die erst zwei Jahre zuvor, 1905, von Einstein vorgeschlagene Spezielle Relativitätstheorie als primär auf die Bewegung makroskopischer Massen im Universum im astronomischen Bereich anwendbar angesehen wurde, die Zweifel in der Fachwelt reichten aus, um die 1907 getroffene Entscheidung zu rechtfertigen, diese bestätigte Massenzunahme der Elektronen bei relativistischen Geschwindigkeiten im Rahmen der Aufstellung der Speziellen Relativitätstheorie nicht zu berücksichtigen, wie das in der Einleitung wiedergegebene Zitat von Einsteins 1907-Kommentar zu diesem Thema beweist.

Der 1892 geborene Louis de Broglie war 1907 erst 15 Jahre alt, was bedeutet, dass er keine direkte Kenntnis von den laufenden Diskussionen in der Theoretikergemeinschaft hatte, da diese Art von Diskussionen zu dieser Zeit nur auf persönlicher Ebene in Briefen zwischen Theoretikern oder bei persönlichen Besuchen stattfanden, und dass er später in seinem weiteren Studium vielleicht nicht einmal davon hörte, da er erst fast 20 Jahre später mit seiner Dissertation von 1924 die Doktorandenebene erreichte. Schrödinger seinerseits schloss sein Studium erst 1914 ab, sieben Jahre nach Abschluss dieser Diskussionen, von denen in den damaligen Nachschlagewerken keine Spur zu finden war, da diese Schlussfolgerungen für die Anwendung auf makroskopische Massen abgelehnt wurden.

Aus de Broglies Dissertation aus dem Jahr 1924 geht auch hervor, dass all seine Überlegungen auf der Grundlage der Speziellen und der Allgemeinen Relativitätstheorie angestellt wurden, die sich in keiner Weise auf die aus den Kaufmann-Daten gezogenen Schlussfolgerungen beziehen oder diese integrieren, was erklärt, warum in seiner Dissertation keinerlei Erwähnung dieses bestätigten Verhaltens des Elektrons zu finden ist, das selbst bei der niedrigen relativistischen Geschwindigkeit, die mit der am mittleren Bohr-Radius des Wasserstoffatoms induzierten Energie möglich ist, messbar war.

Anstatt also die in das Elektron induzierte Gesamtenergie aus Gleichung (12) zu berechnen, die in der Tat die in ein geladenes Teilchen induzierte gesamte Energiemenge

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

aus dem ersten Term von Gleichung (18) der Methode Nummer (4) liefert, die Kaufmann zur Steuerung seiner Elektronenstrahlen und zur Identifizierung der Massenzunahme von Elektronen bei relativistischen Geschwindigkeiten verwendete und das seitdem von allen Ingenieuren in ihren Anwendungen verwendet wird, auf Seite 12 von de Broglies Dissertation ist zu sehen, dass er die Frequenz der Gesamtenergiemenge am Bohr-Radius nicht aus der tatsächlichen Gesamtenergiemenge berechnet, die in diesem Abstand vom Proton induziert wird, wie sie mit der *Coulomb-Beschleunigungs-Gleichung* (12) berechnet wird, sondern nur aus der Impulsenergie des Elektrons $K=2,179871903E-18$ j – also der Hälfte der tatsächlichen Gesamtenergie – mit der *kinetischen* Gleichung der klassischen Mechanik (13), die geteilt durch h die Frequenz $E/h=\nu=3,289841958E15$ Hz ergibt, was offensichtlich zur falschen *Phasenwellengeschwindigkeit* von Gleichung (15) führt.

Er berechnete diese Impulsenergie mit Gleichung (13), um die nichtrelativistische Impulsenergie $K=2,179871903E-18$ j zu erhalten, die zur klassischen Geschwindigkeit $\nu=2187691,252$ m/s führt, und auch mit der relativistischen Gleichung der kinetischen Impulsenergie:

$$K = m_0 c^2 (\gamma - 1) = 2.179873E - 18 \text{ j} \quad (26)$$

Der letztgenannte Energiewert führt zu einer relativistischen Geschwindigkeit $\nu=2187647,561$ m/s – auch direkt aus der elektromagnetischen Mechanik erhalten Gleichung (17) – die, wie wir jetzt verstehen, offenbart, dass die tatsächliche Masse des Elektrons bei dieser Geschwindigkeit etwas höher sein muss als seine Ruhemasse $m_0=9,10938188E-31$ kg, um diese etwas niedrigere Geschwindigkeit und höhere Impulsenergie des Elektrons zu erklären, wie in Referenz [21] [22] analysiert und mit Gleichung (24) in Perspektive gesetzt.

3. Festlegung der Bedingungen für die Existenz des lokalisierten Photons durch de Broglie

De Broglies Entdeckung des Resonanzzustands des Elektrons im Wasserstoffatom war nicht sein einziger wichtiger Beitrag zur Grundlagenphysik. In einer 1937 veröffentlichten Buch [33] identifizierte er die grundlegende Bedingung, die lokalisierte elektromagnetische Photonen, wie sie von Einstein in seiner ersten Arbeit von 1905 [10] postuliert wurden, erfüllen müssen, um den photoelektrischen Effekt perfekt zu erklären, während sie gleichzeitig vollständig mit den Eigenschaften der Dirac-Theorie der komplementären Teilchensymmetrie übereinstimmen und der Bose-Einstein-Statistik gehorchen, wie es die Präzision des Planckschen Schwarzkörpergesetzes erfordert. Diese grundlegende Bedingung besagt, dass die Existenz des lokalisierten Photons nur erklärt werden kann, wenn zwei Teilchen oder Halbphotonen mit Spin 1/2 beteiligt sind.

Ihm zufolge ist ein solches komplementäres Teilchenpaar mit dem Spin $h/4\pi$ in der Lage, sich beim Kontakt mit der Materie zu vernichten, indem es seine gesamte Energie abgibt, und schließlich erlaubt dieses Modell des Photons die Definition eines elektromagnetischen Feldes, das mit der Wahrscheinlichkeit der Annihilation des Photons verbunden ist, ein Feld, das den Maxwell'schen Gleichungen gehorcht und alle Eigenschaften der elektromagnetischen Lichtwellen aufweist.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Er kam auch zu dem Schluss, dass es nicht möglich ist, Elementarteilchen in einem kontinuierlichen 3D-Raum genau darzustellen, und dass er erwartet, dass diese Frage irgendwann gelöst wird.

"... la non-individualité des particules, le principe d'exclusion et l'énergie d'échange sont trois mystères intimement reliés : ils se rattachent tous trois à l'impossibilité de représenter exactement les entités physiques élémentaires dans le cadre de l'espace continu à trois dimensions (ou plus généralement de l'espace-temps continu à quatre dimensions). Peut-être un jour, en nous évadant hors de ce cadre, parviendrons-nous à mieux pénétrer le sens, encore bien obscur aujourd'hui, de ces grands principes directeurs de la nouvelle physique."

Louis de Broglie 1937 ([33], p. 273)

"... Die Nichtindividualität der Teilchen, das Ausschlussprinzip und die Austauschenergie sind drei eng miteinander verbundene Rätsel: Alle drei hängen mit der Unmöglichkeit zusammen, elementare physikalische Einheiten im Rahmen des kontinuierlichen dreidimensionalen Raums (oder, allgemeiner formuliert, der kontinuierlichen vierdimensionalen Raumzeit) exakt darzustellen. Vielleicht gelingt es uns eines Tages, aus diesem Rahmen auszubrechen und die heute noch sehr dunkle Bedeutung dieser großen Leitprinzipien der neuen Physik besser zu durchdringen."

Dieses Problem wurde in Form einer Erweiterung des Quaternion-Vektor-Koordinatensystems gelöst, das zunächst in Form einer dreiräumlichen Vektorgeometrie in einem Vortrag auf dem Kongress-2000 an der Staatlichen Universität St. Petersburg im Juli 2000 [34] zusammenfassend beschrieben und in Referenz [35] formell analysiert wurde.

Diese erweiterte vektorielle Geometrie ermöglichte dann die Identifizierung der Eigenschaften, die die fundamentale *Energiesubstanz* haben muss, aus der quantisierte Photonen bestehen müssen, damit Photonen den vollständigen von de Broglie identifizierten Bedingungen gehorchen, was die Aufstellung der dreiräumlichen LC-Gleichung für Photonen sowie ihrer Äquivalenzgleichung für lokalisierte *E*- und *B*-Felder ermöglichte, wie in Referenz [36] [37] analysiert.

Die von Paul Marmet 2003 veröffentlichte Entdeckung [38], dass die Energie des Magnetfelds des beschleunigten Elektrons, die mit der Geschwindigkeit zunimmt, dieselbe Energie ist, die für die Zunahme der Masse mit der Geschwindigkeit verantwortlich ist, brachte die Aufmerksamkeit wieder auf die Experimente von Kaufmann aus den frühen 1900er Jahren, die es dann ermöglichten zu verstehen, dass die in den Elektronen induzierte Energie dieselbe elektromagnetische Struktur hat wie die des Doppelpartikeln-Photons nach de Broglie. Die Hälfte davon ist seine Impulsenergie, die mit den Gleichungen (13) und (26) berechnet werden kann, während die andere Hälfte, die zusätzlich zur Impulsenergie durch die Coulomb-Gleichung oder die fundamentale Beschleunigungsgleichung $F=ma$ oder deren Kombination wie Gleichung (8) bereitgestellt wird, und auch durch die Lorentz-Gleichung (18), im stationären Modus in einer Ebene senkrecht zur Richtung der Anwendung der Impulsenergie zwischen den Zuständen des *E*- und des *B*-Feldes – oder zwischen dem L- und dem C-Zustand, je nach

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

dem verwendeten mathematischen Darstellungsmodus – mit der Frequenz ν schwingt, die mit dem Gesamtbetrag dieser mitgeführten Energie zusammenhängt.

Diese Entdeckung ermöglichte wiederum die Entwicklung einer integrierten Reihe komplementärer mechanischer Prozesse, die die Ursache elektromagnetischer Frequenzen, die Beziehung zwischen dem Spin des Elektrons und seinem magnetischen Aspekt, die Entkopplung masseloser elektromagnetischer Photonen ausreichender Energie in massereiche Elektron-Positron-Paare, die Existenz invarianter elektrischer Ladungen für das Elektron und das Positron und der Teilladungen der streubaren internen Unterkomponenten von Protonen und Neutronen, die Stabilität des Protons und die Instabilität des isolierten Neutrons usw. erklären. Wie in Referenz [35] zusammengefasst.

4. Die Resonanzzustände des Wasserstoffatoms

Als de Broglie den Resonanzzustand des Elektrons im Wasserstoffatom entdeckte, war noch nicht klar, dass das Elektron ein elektromagnetisches Teilchen ist, d. h., dass seine Ruhemasse aus einer lokalisierten Menge stabilisierter *elektromagnetischer Energie* besteht, die im stehenden Zustand der kleinsten Wirkung oszilliert, und dass der Resonanzzustand des Elektrons, den er entdeckt hatte, auf die elektromagnetische Natur der Energie zurückzuführen ist, die durch die Coulomb-Rückstellkraft zusätzlich zu seiner Ruhemasse in ihm induziert wird und die zur Hälfte seine Impulsenergie ist, die von der kinematischen Mechanik berücksichtigt wird, und dass die zweite Hälfte dieser induzierten Energie, deren Existenz ihm nicht bewusst war und die über die Lorentz-Kraftgleichung oder die fundamentale Beschleunigungsgleichung $F=ma$ bereitgestellt wird, der Grund für seine $\nu=6,579683918E15$ Hz Schwingungsfrequenz im stehenden Zustand mehr zwischen lokalen E - und B -Feldzuständen ist, wie in den Referenzen [36] [37] analysiert.

Auch wurde noch nicht verstanden, dass das zentrale Proton kein Elementarteilchen ist, sondern ein System elementarer streuungsfähiger geladener und massereicher elektromagnetischer Teilchen, die jeweils ähnliche Massen- und Ladungseigenschaften wie das Elektron haben, so wie das Sonnensystem kein Himmelskörper, sondern ein System von Himmelskörpern ist, was zeigte, dass diese inneren geladenen und massereichen streuungsfähigen Teilkomponenten des Protons ebenfalls in verschiedenen stationären elektromagnetischen Resonanzzuständen stabilisiert sind, die in Abhängigkeit von ihren jeweiligen lokalen Frequenzen im stehenden Modus zwischen lokalen E - und B -Zuständen schwingen.

Die bestätigte physikalische Existenz einer kollisionsfähigen inneren Vielteilchenstruktur des Protons – und des Neutrons – wurde erst viel später experimentell nachgewiesen, in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre, während der ersten Betriebsjahre des Stanford Linear Accelerator (SLAC), der der erste Beschleuniger war, der Elektronen oder Positronen mit ausreichender Energie beschleunigen konnte, um das Volumen des Nukleons – an dem sie abprallen, wenn sie nicht ausreichend energitisiert sind – zu durchdringen und zerstörungsfrei hochgradig unelastisch mit ihren geladenen und massiven inneren Unterkomponenten zu kollidieren, die nun Up-Quarks und Down-Quarks genannt werden, gemäß der Theorie von Murray Gell-Mann und George Zweig, wie in Referenz [39] enthüllt und in Referenz [40] analysiert. Der wesentliche

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Unterschied zwischen destruktiver und nicht-destruktiver Streuung wird in den Referenzen [17] [18] analysiert.

Für den Leser ist es vielleicht interessant zu wissen, dass derzeit am Brookhaven National Laboratory [41] ein Projekt läuft, einen neuen Collider zu bauen, der sich ganz der Untersuchung der inneren kollidierbaren Strukturen von Nukleonen durch zerstörungsfreie Kollisionen widmet und damit an die Niedrigstenergiemethode anknüpft, die in den 1960er Jahren für kurze Zeit an der SLAC-Anlage verwendet wurde. Alle Aspekte des Aufbaus dieser neuen Anlage, des Elektron-Ionen-Kollisionators (EIC), und der verschiedenen Programme, die derzeit definiert werden, sind in Referenz [42] beschrieben. Ein wichtiges Ziel des EIC-Projekts ist die weitere Erforschung hochgradig unelastischer Kollisionsereignisse, wie sie in Referenz [39] für die SLAC-Anlage beschrieben werden.

Ein weiteres Problem war die Art und Weise, wie sich die Elektronen in Schichten in den Atomen anordnen, was in den frühen Stadien der Entwicklung der Quantenmechanik ebenfalls noch nicht klar verstanden wurde und mit der Beobachtung zusammenhing, dass sich Elektronen nur paarweise in elektronischen Orbitalen in Atomen stabilisieren. Sobald zwei Elektronen in einem Atom gepaart sind, können keine weiteren Elektronen dieses Orbital besetzen.

Da die Schrödinger-Gleichung nur die Impulsenergie von sich bewegenden Elektronen direkt erklärt und misst, wurde angenommen, dass sie sich senkrecht zu der erwarteten Bewegungsrichtung des Elektrons drehen. Da um eine bestimmte Drehachse nur Drehungen im und gegen den Uhrzeigersinn möglich sind, schlug Dirac vor, dass sich nur ein gegen den Uhrzeigersinn drehendes Elektron mit einem im Uhrzeigersinn drehenden Elektron paaren kann, um ein Orbital zu füllen, was zur Definition einer *Quantenzahl* mit nur zwei Werten führte. Der Drehung im Uhrzeigersinn wurde der Wert $+\frac{1}{2}$ und der Drehung gegen den Uhrzeigersinn der Wert $-\frac{1}{2}$ zugewiesen, woraus sich der Begriff "Spin" für diese Eigenschaft des Elektronenverhaltens in Atomen ableitet.

Heute weiß man jedoch besser, dass Elektronen elektromagnetischer Natur sind und folglich jeweils ein lokales Magnetfeld besitzen, was bedeutet, dass sie trotz ihrer sich gegenseitig abstoßenden elektrischen Ladungen gleichen Zeichens wie kleine Magnete wechselwirken, wenn sie sich nahe genug beieinander befinden. Die Paarbildung wird nun logischerweise durch die antiparallele magnetische Ausrichtung der Magnetfelder zweier Elektronen erklärt. Gleiche Pole stoßen sich ab (abstoßende parallele magnetische Ausrichtung, entsprechend zwei $+\frac{1}{2}$ -Teilchen, die in paralleler magnetischer Ausrichtung wechselwirken, oder zwei $-\frac{1}{2}$ -Teilchen, die in paralleler magnetischer Ausrichtung wechselwirken), und ungleiche Pole ziehen sich an (anziehende antiparallele magnetische Ausrichtung, entsprechend einem Paar von Teilchen, die in $+\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$ magnetischer Ausrichtung wechselwirken), wie in Referenz [43] festgestellt und in Referenz [13] vollständig analysiert.

Auch wenn die Schrödinger-Gleichung und sogar die Dirac-Gleichung, die den Hilbert-Raum einbeziehen, es erlauben, das vollständige Komplement der ΔK -Impulsenergie des Elektrons in Bewegung oder gefangen in den Atomorbitalen zu berücksichtigen, sind sie nicht in der Lage, die ΔZ -Zitterbewegung des Elektrons mechanisch zu erklären, die aus der magnetischen Wechselwirkung zwischen dem \mathbf{B} -Feld des Elektrons und dem $\Delta \mathbf{B}$ -Element seiner Trägerenergie resultiert, wie in den

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Referenzen [24] [25] analysiert. Da beide Felder mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen, wobei das **B**-Feld der Ruhemasse des Elektrons mit der festen Frequenz $\nu = m_0 c^2 / h = 1,235589976 E 20$ Hz schwingt, während die Schwingungsfrequenz des $\Delta \mathbf{B}$ -Feldes seiner Trägerenergie mit der Energiemenge variiert, die ihm zu einem bestimmten Zeitpunkt zugeführt wird, wird die resultierende Schwebungsfrequenz, die mit der Geschwindigkeit variierende Schlagfrequenz, die sich aus ihrer Wechselwirkung bei diesen unterschiedlichen Frequenzen ergibt, erscheint nun als direkte Ursache der Zitterbewegung des Elektrons, der nun nicht mehr als stochastisch, sondern als ein klar definierter Mehrfrequenz-Schlag verstanden wird.

In der Tat erlaubt die Grundlage der klassischen Mechanik der Schrödinger-Gleichung, die durch ihre Komplexebenenbeziehung nur unvollständig mit dem Elektromagnetismus verbunden ist, wie in der Referenz [35] dargelegt, erlaubt es nicht, die elektromagnetischen Resonanzeigenschaften des Elektrons von seinen Wellenfunktionseigenschaften abzuleiten, was die von Feynman 1964 beobachtete Diskrepanz ist, die eine vollständige Synchronisierung der Quantenmechanik mit dem Elektromagnetismus verhindert [44]:

"There are difficulties associated with the ideas of Maxwell's theory which are not solved by and not directly associated with quantum mechanics...when electromagnetism is joined to Quantum Mechanics, the difficulties remain."

Richard Feynman (1964) ([44], Vol. II, p. 28-1)

"Es gibt Schwierigkeiten, die mit den Ideen der Maxwellschen Theorie verbunden sind, die nicht durch die Quantenmechanik gelöst werden und nicht direkt mit ihr verbunden sind... wenn der Elektromagnetismus mit der Quantenmechanik verbunden wird, bleiben die Schwierigkeiten bestehen."

Dies gilt umso mehr, als die Wellengleichung, wie wir gesehen haben, nicht das bewegte Elektron selbst darstellt, sondern nur das Raumvolumen, das die *Wellengruppe*, die seine kinetische Energie repräsentiert, im Laufe der Zeit durchläuft, während sie sich im Grundzustandsorbital des Wasserstoffatoms befindet.

Um eine Vorstellung von der Herausforderung zu bekommen, mit der sich die Gemeinschaft konfrontiert sah, als sie versuchte, durch Reverse Engineering die Ursache für den Resonanzzustand des Elektrons im Wasserstoffatom zu entdecken, wollen wir untersuchen, wie die Natur des Resonators, der ein gut verstandenes Resonanzvolumen in der klassischen Mechanik erzeugt, durch Reverse Engineering leicht verstanden werden kann.

Wer hat nicht schon einmal beobachtet, wie eine Gitarrensaite, die gerade gezupft wurde, praktisch aus dem Blickfeld *verschwindet*, während sie sozusagen ein sehr charakteristisches Volumen des Raums, nämlich ihr *Resonanzvolumen*, das sich auch durch eine Wellengleichung darstellen lässt, quer *besucht*?

In diesem Fall wissen wir natürlich im Voraus, dass es sich bei dem Resonator um eine durchgehende elastische Saite handelt, die an beiden Enden gebunden ist, denn wir können die Saite im Ruhezustand tatsächlich sehen, und obwohl sie bei der Schwingung praktisch zu verschwinden scheint, wissen wir auch, dass die Saite physisch immer noch existiert, auch wenn wir sie kaum sehen, da sie momentan zu schnell in Querrichtung schwingt, als dass wir sie deutlich sehen könnten.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Wir können uns auch vorstellen, dass jemand, der noch nie eine Gitarre oder ein anderes Saiteninstrument gesehen hat, aber ein Experte in Mathematik ist und dem die sehr charakteristische Wellengleichung gezeigt wird, die das stationäre Resonanzvolumen der Saite beschreibt, nach sorgfältiger Beobachtung der symmetrisch gegen Null abnehmenden Amplitude des Resonanzvolumens auf beiden Seiten seines Maximalwerts durchaus in der Lage sein könnte, zu folgern, dass dieses Resonanzvolumen nur durch eine kontinuierliche elastische Saite erzeugt werden kann, die an beiden Enden fest verankert ist, und so die Natur eines Resonators zu entdecken und zu verstehen, von dem er vorher nichts wusste.

Dasselbe gilt nicht für die Schrödinger-Gleichung, da die elektromagnetischen Ankerpunkte des Resonators, der für das betrachtete Resonanzvolumen verantwortlich ist, nicht wie im Fall der Gitarrensaite bequem außerhalb dieses Resonanzvolumens liegen, sondern innerhalb dieses Volumens, was keinen Hinweis liefert, der helfen könnte, die Existenz des Resonators selbst und damit seine Beziehung zum Elektromagnetismus zu erkennen. Daher ist der einzig mögliche Ausgangspunkt für die Reverse-Engineering-Rekonstruktion der Beziehung zwischen dem durch die Schrödinger- und Dirac-Gleichungen definierten Raumvolumen einerseits und dem Elektromagnetismus andererseits die Gesamtheit der bestätigten elektromagnetischen Eigenschaften der Energie, aus der die Ruhemasse des Elektrons und seiner Trägerenergie bestehen.

Wie in Referenz [35] dargelegt, wurde 2013 in Referenz [43] vorgeschlagen, die Wahrscheinlichkeitsverteilung der möglichen Orte des Elektrons im Grundzustand auf die Grenzen des zylindrischen Volumens zu beschränken, das durch die Schrödinger-Gleichung um die mittlere Bohr'sche Umlaufbahn in der komplexen Ebene definiert ist [35], zu beschränken, anstatt sie auf $+$ und $-\infty$ auszudehnen, um den Grenzen Rechnung zu tragen, die durch seine Trägheit während der transversalen Beschleunigungs- und Abbremssequenzen gesetzt werden, denen er unterworfen ist, während er um den mittleren Bohr-Radius oszilliert, wobei sich die Menge der wahrscheinlichsten Orte auf den Bohr-Radius mittelt:

$$\int_r^R |\Psi_{(x,t)}|^2 dV dt = 1 \quad (27)$$

Natürlich wird sich dieses zylindrische Ringvolumen aufgrund der ständigen Wechselwirkungen mit der umgebenden Materie in Wirklichkeit wahrscheinlich zu einem 3D-Volumen ausdehnen, das von den Oberflächen zweier konzentrischer Kugeln umschrieben wird, deren innere und äußere Radien mit r und R auf beiden Seiten des Bohr-Radius bezeichnet werden könnten. Folglich gilt die Normalisierungsbedingung ausschließlich für dieses Volumen, das sich im Abstand r vom zentralen Proton befindet und durch das Produkt seiner komplexen Funktion mit ihrer Konjugierten $\Psi^*\Psi$ in Gleichung (27) beschrieben wird, da jede andere Lokalisierung im Raum für das Elektron im Grundzustand des Wasserstoffatoms aufgrund seiner Trägheit physikalisch unmöglich ist.

Wie in Referenz [45] analysiert, wurde erst verstanden, dass die dreiräumliche elektromagnetische Struktur der Ruhemasse des Elektrons identisch mit der des Doppel-Teilchen-de-Broglie-Photons ist, jedoch um 90° gedreht, um sich vollständig auf der

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

komplexen Ebene YZ in den komplexen Räumen Y und Z zu stabilisieren, durch den Vergleich mit der dreiräumlichen elektromagnetischen Struktur des Photons, die auf der YX-Ebene stabilisiert ist, wobei sich nur die Impulsenergie im normalen X-Raum befindet, wie in der Referenz [35] abschließend dargestellt, wurde es möglich, die Mechanik des Resonanzzustands des Elektrons im Grundzustand des Wasserstoffatoms zu verstehen, wie in **Abbildung 2** zusammengefasst.

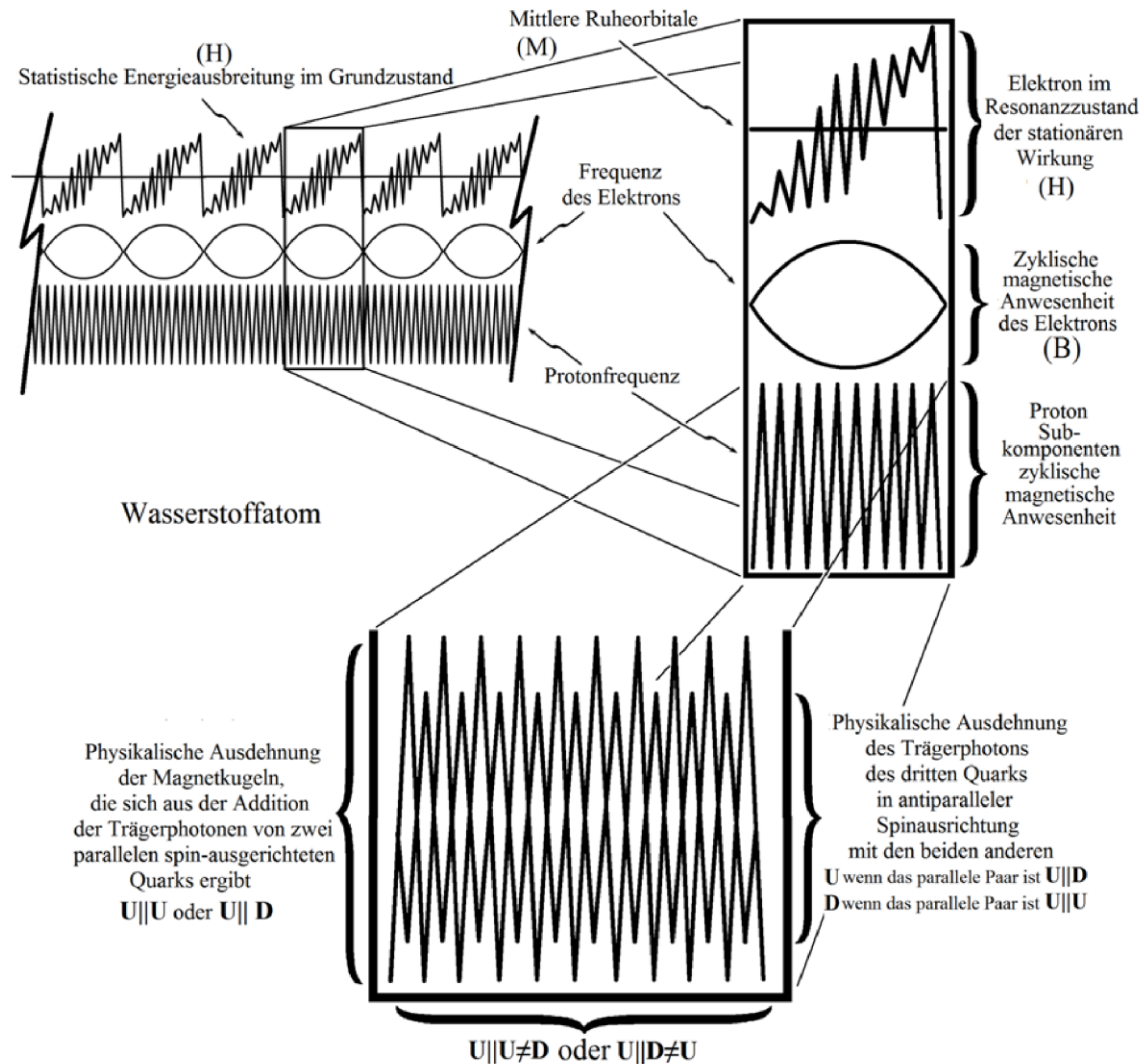


Abbildung 2: Herstellung des Stationärenwirkungsresonanzzustands des Elektrons im Wasserstoffatom.

1998 wurde ein Experiment durchgeführt, um die Wechselwirkung zwischen Magneten zu untersuchen, deren beide Pole mit dem geometrischen Zentrum jedes Magneten übereinstimmen, ausgehend von der Hypothese, dass sich diese Magnete bei der Wechselwirkung miteinander magnetisch verhalten würden, ähnlich wie Elektronen, die magnetisch miteinander wechselwirken, da die punktförmige Lage des *Präsenzentrums* jedes Elektrons im Raum bei allen Streuexperimenten impliziert, dass die beiden Pole jedes ihrer Magnetfelder per Struktur mit diesem *Präsenzzentrum* übereinstimmen müssen.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Die bei dem Experiment gesammelten Daten und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen wurden 2013 veröffentlicht [43] und enthüllten viele überraschende Eigenschaften. Die erste war, dass solche Magnete in Abhängigkeit vom Kehrwert der dritten Potenz des Abstands zwischen ihnen wechselwirken, was im Falle von Elektronen weniger als ein Jahr später, 2014, durch die Veröffentlichung des Berichts über ein Experiment mit echten Elektronen durch das Team von Kotler et al. bestätigt wurde [46].

Die überraschendste Beobachtung war jedoch die experimentelle Bestätigung, dass bei Magneten, bei denen beide Pole mit ihrem geometrischen Mittelpunkt zusammenfallen, was per Struktur auch für Elektronen gilt, ihre Pole nur abwechselnd vorhanden sein können, im Gegensatz zu Stabmagneten, z.B. bei denen sich beide Pole statisch in einiger Entfernung voneinander befinden. Eine vergleichende Untersuchung beider Magnettypen findet sich in Referenz [13].

Im speziellen Fall der Elektronen und aller anderen elektromagnetischen Elementarteilchen, deren *Präsenzzentrum* durch direkte Kollision festgestellt werden kann, wie die Up- und Down-Quarks, bedeutet dies, dass ihr Magnetfeld physikalisch zwischen Zuständen der relativen Anziehung und Abstoßung oszilliert, die sich auf die Frequenz beziehen, die mit der Energie verbunden ist, aus der ihre Ruhemasse besteht. Da ihre Trägerphotonen bekanntlich auch elektromagnetischer Natur sind, gilt diese Bedingung auch für sie, seit Marmet 2003 [38] die Beziehung zwischen dem Magnetfeldinkrement des beschleunigten Elektrons und dem Masseninkrement seiner Trägerenergie entdeckte.

Im Hinblick auf die möglichen Konfigurationen der Magnetfelder der drei Quarks des Protons, da ihre ungerade Zahl immer garantiert, dass, wenn ein Quark im abstoßenden Modus ist, die anderen beiden per Struktur im anziehenden Modus sein werden, und umgekehrt, was eine Bedingung ist, die in der Referenz [43] analysiert und erklärt wird, was auch bedeutet, dass, wenn das Magnetfeld des gefangenen Elektrons eines Wasserstoffatoms nicht durch das einzigartige Magnetfeld des ungeraden Quarks abgestoßen wird, es durch die beiden anderen abgestoßen wird und umgekehrt, was in **Abbildung 2** dargestellt ist.

Nachdem das Experiment [43] ergeben hatte, dass die Wechselwirkung zwischen den Magnetfeldern der inneren Teilkomponenten des Protons nur in einer permanenten, standardmäßig oszillierenden, vorwiegend abstoßenden, parallelen magnetischen Spinausrichtung in Bezug auf die des Elektrons-Magnetfelds erfolgen konnte, wie in **Abbildung 2** dargestellt, wurde deutlich, dass nur der Druck, den die auf das Proton ausgerichtete Impulsenergie des Elektrons ständig ausübte, das Elektron im mittleren Abstand des Bohrschen Radius vom Proton gefangen hielt, und dass es das Zusammenspiel dieses Impulsenergiegedrucks mit den oszillierenden, sich gegenseitig abstoßenden Magnetfeldern des Elektrons und die der Teilkomponenten des Protons war, das es in dem von de Broglie entdeckten Resonanzzustand innerhalb des durch die Schrödinger-Gleichung definierten Volumens hielt. Die Mechanik dieses Resonanzzustands wird in den Referenzen [24] [25] ausführlich analysiert.

5. Die Stabilität des Wasserstoffatoms

In **Abbildung 2** stellt die zentrale Sequenz "B" symbolisch eine beliebige Stichprobe

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

von 6 Vorkommen der Intensitätsvariation der sphärischen Präsenz der magnetischen Elektronenenergie in Abhängigkeit von ihrer Frequenz dar. Vereinfacht gesagt, stehen jedem dieser 6 Ereignisse in der unteren Sequenz die mehr als 600 Ereignisse der Intensitätsvariation der sphärischen Präsenz der magnetischen Energie der drei Trägerphotonen der drei streubaren elektromagnetischen Unterkomponenten des Protons in Abhängigkeit von ihren eigenen Frequenzen gegenüber.

Der Stationäre Wirkungsgleichgewichtszustand des Elektrons wird folglich dadurch hergestellt, dass das ΔK -Impulsenergie-Halbquant seines Trägerphotons abwechselnd in seiner Vorwärtsbewegung auf das Proton zu behindert wird, wenn die magnetische Wechselwirkung zwischen den magnetischen Energiesphären des Elektrons und einer der magnetischen Energiesphären des Protons abstoßend wird, und dann von diesem Gegendruck befreit wird, wenn die magnetische Wechselwirkung zwischen den beteiligten magnetischen Sphären anziehend wird.

Wie in **Abbildung 2** dargestellt, wird die magnetische Sphäre "B" des Elektrons während jedes der 600 magnetischen Zyklen des Träger-Photons einer Protonen-Unterkomponente während der Hälfte des Zyklus der magnetischen Präsenz des Träger-Photons der Unterkomponente des Protons, in dem ihre Spin-Ausrichtung parallel und damit abstoßend ist, um die Distanz Δd axial vom Proton abgestoßen, und da das Elektron weiter vom Proton entfernt sein wird, wenn die Beziehung für die gleiche Dauer antiparallel anziehend wird, ist es physikalisch unmöglich, dass es axial den ganzen Weg um die Entfernung $-\Delta d$ zurückgebracht wird, bevor der folgende protonenmagnetische Umkehrzyklus einsetzt, da die magnetische inverse Würfelkraft zu Beginn der antiparallelen anziehenden Phase an dieser weiter vom Proton entfernten Stelle schwächer ist als zu Beginn der vorherigen parallelen abstoßenden Phase.

Daher und per Struktur kann das Elektron angesichts der schwächer wirkenden inversen Würfelanziehungsfunktion des vergrößerten Abstands zu Beginn der anziehenden Phase axial nur bis zum Abstand $-(\Delta d - \Delta(\Delta d))$ zurückgebracht werden, bevor der folgende protonenmagnetische Umkehrzyklus einsetzt, was dazu führt, dass es sich bei jeder relativen Magnetspin-Polaritätsumkehrsequenz zwischen dem Elektronenmagnetfeld und dem des Protons für jedes der etwa 600 Vorkommnisse der magnetischen Zyklen der einander zugewandten Protonenteilkomponenten schrittweise vom Proton entfernt, bis die magnetische Energiepräsenz des Elektrons "B" kurzzeitig auf null fällt. In diesem Moment ist nur noch die ΔK -Impulsenergie des Elektronen-Trägerphotons aktiv, die das Elektron veranlasst, sich so nahe an das Proton heranzubewegen, wie es die Funktion der Coulomb-Kraft in Abhängigkeit von der Entfernung zulässt, bis der nächste Zyklus der magnetischen Präsenz "B" des Elektrons wieder einsetzt und die gesamte vorwiegend abstoßende magnetische Sequenz "B" gegenüber den Magnetfeldern der inneren Teilkomponenten des Protons wieder einsetzt, wie in **Abbildung 2** dargestellt.

Natürlich ist der tatsächliche Resonanzzustand des Elektrons im stationären Wirkungsalgebra des Wasserstoffatoms oder in jedem anderen Atom viel komplexer als mit diesem begrenzten Beispiel angedeutet, das nur die grundlegende Mechanik der magnetischen Wechselwirkung zwischen der magnetischen Energiereihenfolge "B" des Elektrons und seiner ΔK -Impulsenergie einerseits, und die standardmäßig überwiegend abstoßende magnetische Energie der Trägerphotonen der streubaren Teilkomponenten

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

des Protons andererseits zusammenfassend beschreiben soll. Offensichtlich kann das genaue Resonanzvolumen, in dem sich jedes elektromagnetische Elementarteilchen im Wasserstoffatom befindet, nämlich ein Elektron, ein Down-Quark und zwei Up-Quarks, letztendlich nur durch eine sorgfältige Untersuchung aller elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen ihnen und ihren Trägerphotonen bestimmt werden.

In Anbetracht der Tatsache, dass der mittlere Gleichgewichtsabstand, der das bewegte Elektron im Wasserstoffatom zur Stabilisierung zwingt, mit dem dichtesten Bereich der Wahrscheinlichkeitsverteilung von Heisenbergs statistischer Methode übereinstimmt, scheint es, dass die axiale Flugbahn des Elektrons um diesen mittleren Abstand innerhalb des Volumens, das das Elektron als Funktion seiner variierenden relativistischen Masse und der damit verbundenen Trägheit zu jedem beliebigen Zeitpunkt aufsuchen kann, Sie sollte direkt mit Heisenbergs Wahrscheinlichkeitsverteilung aller möglichen momentanen Orte übereinstimmen, an denen das Elektron lokalisiert werden kann, wenn die Wellenfunktion in ihrer aktuellen Form wiederholt theoretisch zusammenfällt [27] [31], und deren quantisierter axialer Beat zweifellos mit den Regelmäßigkeiten der Feinstruktur des Wasserstoffspektrums in Verbindung gebracht werden kann, die Sommerfeld in seinem Versuch, die feine Aufspaltung der Hauptspektrallinien zu erklären, zuerst mit einer hypothetischen elliptischen Bahn in Verbindung brachte, der das Elektron folgen würde ([9], S. 114).

Deshalb wird das mit Gleichung (27) beschriebene, sehr begrenzte Resonanzvolumen, in dem das Elektron auf dieser präzisen Zickzackbahn gehalten wird, unter allen Umständen durch das ständige Wechselspiel zwischen seinem ΔK -Impuls, der es ständig in Richtung Proton drängt, und der präzisen Gegendrucksequenz der permanenten gegenseitigen Abstoßung zwischen den spinparallelen, vorwiegend repulsiven Standardausrichtungsmagnetfeldern zwischen dem Elektron und inneren Unterkomponenten des Protons bestimmt, wie es im Gründungsexperiment des dreiräumlichen Modells festgestellt wurde [43].

Es muss klar sein, dass diese Art von Resonanzwechselwirkung, die beinhaltet, dass die ΔK -Impulsenergie des Elektrons permanent auf das Proton ausgerichtet ist, also nicht entlang der idealisierten Bohr'schen Bahn um das Proton, wie noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts angenommen, keineswegs bedeutet, dass sich das Elektron auf einer geschlossenen Bahn um das Proton bewegen muss, um permanent in einem gewissen Abstand zum Proton gehalten zu werden – im vorliegenden Fall am mittleren a_0 -Bohr-Radius im isolierten Wasserstoffatom. Das bedeutet natürlich, dass diese Wechselwirkung auch für zwei Elektronen in einer kovalenten Bindung zwischen zwei Wasserstoffatomen gilt, selbst wenn die Elektronen nur lokal in der Mitte zwischen den beiden beteiligten Protonen oszillieren können, sowie in allen anderen stabilen Beziehungen, in die Elektronen mit anderen elektromagnetischen Teilchen eingebunden sind.

Hier ist anzumerken, dass die Projektion, die während des Experiments von Aneta Stodolna et al. aufgezeichnet wurde [47], Zehntausende von Umläufen des Elektrons um den immobilisierten Kern umfasste, und dass es dann logisch ist, dass eine scheinbare *probabilistische Wolke* auf der Aufzeichnung innerhalb der r - und R -Grenzen des *Wahrscheinlichkeitsrings* erscheinen würde, aufgrund der $8,734668247E-14$ m Verschiebung des Beginns des 138. magnetischen Elektronenzyklus jeder

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

aufeinanderfolgenden Bahn, wie in Referenz [43] analysiert, und auch für die anderen metastabilen Orbitale, in die sich das Elektron flüchtig bewegt hat, bevor es in das Ruheorbital zurückgekehrt ist, als Ergebnis parasitärer stochastischer Energieanregung aus der Umgebung.

Aber trotz der offensichtlichen Komplexität der Tausenden von überlagerten aufgezeichneten Spuren der Aufzeichnung des Experiments von Stodolna et al. Experimentes [47] scheint es nicht unrealistisch zu denken, dass es auf der Grundlage des elektromagnetischen Gleichgewichts mit stationärer Wirkung, das durch das dreiräumliche Modell offenbart wird, schließlich möglich sein könnte, alle zukünftigen physikalisch möglichen Orte eines lokalisierten Elektrons in der statistischen QM-Verteilung in einem isolierten Wasserstoffatom mit großer Präzision zu berechnen, wobei als Ausgangsort ein beliebiger Punkt auf der Zickzackbahn des Elektrons innerhalb der durch seine Trägheit und die Folge seiner Querschleunigungen und -verzögerungen für eine einzige Umlaufbahn gesetzten Grenzen gewählt werden kann, wodurch die unbedingte Herrschaft der Heisenbergschen Unschärferelation beendet wird.

Dies umso mehr, als entgegen dem Mantra der Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik, dass, wenn der Ort eines Elektrons durch einen "Kollaps" der *Wellenfunktion* bestimmt wird, es nicht möglich wäre, gleichzeitig seine Impulsenergie zu kennen, denn, wenn der Abstand eines Elektrons vom zentralen Proton auch nur kurzzeitig auf seiner axial zickzackförmig verlaufenden Bahn bestimmt wird, wie zuvor beschrieben, dann kann seine Impulsenergie in diesem Abstand leicht über die Coulomb-Gleichung (8) berechnet werden, da sowohl die invarianten Ladungen des Elektrons als auch die des Protons bekannt sind.

6. Schlussfolgerung

Die lange Zeit ungerechtfertigte Annahme der Theoretikergemeinde, dass bei der Lösung gut etablierter Gleichungen immer korrekte Zahlenwerte verwendet werden, hat im Laufe der Geschichte zu zahlreichen Verwirrungen geführt, wie man im Fall der in **Abschnitt 2** analysierten *Phasenwellengeschwindigkeit* und auch im Fall der in Referenz [19] analysierten Beziehung zwischen der Coulomb- und der Gravitationskraft sehen kann.

Diese Verwirrung hält im Fall der *Phasenwellengeschwindigkeit* seit einem ganzen Jahrhundert an, was zur Etablierung der Unschärferelation als axiomatischem ontologischen Prinzip beigetragen hat, wodurch die Reichweite von Forschungsprojekten in der Grundlagenphysik zumindest auf der subatomaren Größenebene enorm eingeschränkt wurde, und im Fall der Beziehung zwischen der Coulombkraft und der Gravitationskraft noch viel länger, wodurch jede kohärente Forschung über die Gravitation ungebührlich verzögert wurde.

Es ist zu hoffen, dass die Entdeckung dieser fehlerhaften Werte in zwei entscheidenden Ableitungssequenzen der fundamentalen Physik durch die einfache Durchführung einer gründlichen numerischen Überprüfung aller beteiligten Parameter die Theoretiker dazu ermutigen wird, eine solche vollständige numerische Überprüfung aller Parameter durchzuführen, die in zukünftigen Entwicklungen der fundamentalen Physik verwendet werden.

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

Zusammenfassend lässt sich sagen, obwohl die Theoretiker der 1920er Jahre keinen Zweifel daran hatten, dass die Frequenz der Energie, die im Elektron im Grundzustand des Wasserstoffatoms induziert wird, nur $\nu=3,289841958E15$ Hz beträgt - also die Hälfte der tatsächlichen Frequenz, von der wir heute wissen, dass es sich um sie handelt -, kann dies nicht als Irrtum ihrerseits angesehen werden, da es für sie keine Möglichkeit gab, anhand der ihnen zur Verfügung stehenden experimentellen Daten auch nur etwas anderes zu vermuten. Das Gleiche gilt für die gesamte Gemeinschaft, da in keinem Nachschlagewerk auf die Kaufmann-Experimente verwiesen wird.

Selbst die Information, dass die von Kaufmann in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts gesammelten Daten von der Entwicklung der Theorie der Spezielle Relativitätstheorie ausgeschlossen worden waren, wurde erst 1982 sehr diskret und indirekt durch einen scheinbar harmlosen Kommentar verfügbar, der auf Seite 159 der von Abraham Pais herausgegebenen Einstein-Biografie zitiert wird [4], und wurde nirgendwo sonst in der formalen Literatur dokumentiert.

Außerdem wurde die Bedeutung dieser Daten für den experimentellen Nachweis, dass der tatsächliche Energiebetrag, der in geladenen Teilchen durch die Coulomb-Wechselwirkung induziert wird, doppelt so hoch ist wie der Betrag der messbaren kinetischen Impulsenergie, erst 2003 durch die Entdeckung von Marmet ([38], Gleichung 23) deutlich, dass die zunehmende Energie, die der für beschleunigte Elektronen messbaren Magnetfeldzunahme entspricht, nur die gleiche Energie sein kann, die für die relativistische Massenzunahme mit der Geschwindigkeit verantwortlich ist, wie in den Referenzen [36] [37] dargelegt.

Dieser falsche Frequenzwert, auf dem de Broglie, Heisenberg, Schrödinger und dann auch Feynman ihre Beiträge zur Quantenmechanik sowie alle anderen Mitwirkenden an der Quantentheorie aufbauten, hinderte sie nicht daran, uns ein wunderbares Erbe an mathematischen Werkzeugen zu hinterlassen, das weiterhin nützlich sein wird. Schrödingers Gleichung, insbesondere mit der Hinzufügung der komplexen Ebene zu seiner Lösung, ebnete den Weg für eine klarere Harmonisierung, die schließlich zwischen der Quantentheorie und dem Elektromagnetismus hergestellt werden konnte, wie in Referenz [35] dargelegt.

References

- [1] Heisenberg, W. (1925) *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*. Zeitschrift für Physik. Volume 33, S. 879-893, (1925).
<http://www.psiquadrat.de/downloads/heisenberg1925.pdf>
- [2] Heisenberg, W. (1972) *Der Teil und das Ganze*. H. Piper und Co. Verlag, München.
- [3] Feynman, R. (1949) *Space-Time Approach to Quantum Electrodynamics*, Phys. Rev. 76, 769 (1949).
<https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.76.769>
- [4] Pais, A. (2008) *Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford University Press. 2008.
- [5] Michaud, A. (2022) *Demystifying the Lorentz Force Equation*. Journal of Modern Physics, Vol.13 No.5, May 2022, DOI: 10.4236/jmp.2022.135046
https://www.scirp.org/pdf/jmp_2022053015080692.pdf
- [6] De Broglie, L. (1925) *Recherche sur la théorie des quanta*, Annales de Physique, Masson & Cie, Éditeurs. Paris.
<https://theses.hal.science/file/index/docid/47078/filename/tel-00006807.pdf>
- [7] De Broglie, L. (2021) *Research on the Theory of Quanta*, Minkowski Institute Press. Edited by Vesselin Petkov. Montreal. Canada. <https://www.amazon.ca/Research-Theory-Quanta-Louis-Broglie/dp/1927763983?asin=1927763983&revisionId=&format=4&depth=1>
- [8] Schrödinger, E. (1926) *An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules*. The Physical Review. Second Series, December, 1926. Vol. 28, No. 6.
<https://web.archive.org/web/20081217040121/http://home.tiscali.nl/physics/HistoricPaper/Schroedinger/Schroedinger1926c.pdf>
- [9] Eisberg, R., and Resnick, R. (1985) *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [10] Einstein, A. (1905a) *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*. Annalen der Physik, vol. 17, n° 6, 1905, p. 132–148. (DOI 10.1002/andp.19053220607,
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053220607>
http://users.physik.fu-berlin.de/~kleinert/files/eins_lq.pdf
- [11] Planck, M. (1900b) *Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum*. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 2: 237.
<https://archive.org/stream/verhandlungende01goog#page/n246/mode/2up>
- [12] Wien, W. (1893). *Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie*, Sitzungsberichte der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin), 1893, 1: 55–62.
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/93363#page/9/mode/1up>

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

- [13] Michaud, A. (2023) *Electromagnetic and Kinematic Mechanics Synchronized in their Common Vector Field: A Mathematical Relation*, Journal of Modern Physics, **14**, 876-932. doi: [10.4236/jmp.2023.146051](https://doi.org/10.4236/jmp.2023.146051).
https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf
- [14] Einstein, A. (1910) *Le Principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne*. Traduit de l'allemand par E. Guillaume. Archives des sciences physiques et naturelle 29 (1910): 5-28; 125-144.
<https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/169>
<https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/193>
- [15] Einstein, A. (1910) *The Principle of Relativity and its Implications in Modern Physics*. In: Vesselin Petkov, Editor. Relativity: Meaning and Consequences for Modern Physics and for our Understanding of the World. Minkowski Institute Press. Montreal. Canada. 2021.
<http://www.minkowskiiinstitute.org/mip/books/einstein2.html>
- [16] Michaud, A. (2023) *Introduction to Synchronized Kinematic and Electromagnetic Mechanics*, Journal of Modern Physics, **14**, 876-932. doi: [10.4236/jmp.2023.146051](https://doi.org/10.4236/jmp.2023.146051).
https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf
- [17] Michaud, A. (2017) *The Last Challenge of Modern Physics*. J Phys Math 8: 217. doi: 10.4172/2090-0902.1000217.
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-last-challenge-of-modern-physics-2090-0902-1000217.pdf>
- [18] Michaud, A. (2021) *The Last Challenge of Modern Physics: Perspective to Concept and Model Analysis*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 1–29.
<https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1640>
- [19] Michaud, A. (2013) *Unifying All Classical Force Equations*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 6 (March 2013), PP. 27-34.
<http://www.ijerd.com/paper/vol6-issue6/F06062734.pdf>
- [20] Michaud, A. (2007) *Field Equations for Localized Individual Photons and Relativistic Field Equations for Localized Moving Massive Particles*, International IFNA-ANS Journal, No. 2 (28), Vol. 13, pp. 123-140, Kazan State University, Kazan, Russia.
https://www.researchgate.net/publication/282646291_Field_Equations_for_Localized_Photons_and_Relativistic_Field_Equations_for_Localized_Moving_Massive_Particles
- [21] Michaud, A. (2016) *On Adiabatic Processes at the Elementary Particle Level*. J Phys Math 7: 177. doi:10.4172/2090-0902.1000177.
<https://projecteuclid.org/journals/journal-of-physical-mathematics/volume-7/issue-2/On-Adiabatic-Processes-at-the-Elementary-Particle-Level/10.4172/2090-0902.1000177.full>

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

- [22] Michaud, A. (2021) *On Adiabatic Processes at the Subatomic Level*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. *Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4*, 30–62. <https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v4/1978F>
<https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1641>
- [23] Einstein, A., Schrödinger, E., Pauli, W., Rosenfeld, L., Born, M., Joliot-Curie, I. & F., Heisenberg, W., Yukawa, H., et al. (1953) *Louis de Broglie, physicien et penseur*. Éditions Albin Michel, Paris.
- [24] Michaud, A. (2018) *The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. *Journal of Modern Physics*, 9, 1052-1110. doi: 10.4236/jmp.2018.95067.
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=84158>
- [25] Michaud, A. (2020) *An Overview of The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. In: Dr. Mohd Rafatullah, editor. *New Insights Into Physical Science Vol. 6*. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.
<http://bp.bookpi.org/index.php/bpi/catalog/book/265>
- [26] Kaufmann, W. (1901) *Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit der Bequerelstrahlen und die Scheinbare Masse der elektronen*. Vorgelegt in der Sitzung vom 8. November 1901. *Göttinger Nachrichten, Math.-phys. Klasse*, Jg. 1901, S. 143–155.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Kaufmann_magnetische_und_elektrische_Ablenkbarkeit_der_Bequerelstrahlen_1901.pdf
- [27] Kaufmann, W. (1903) *Über die "Elektromagnetische Masse" der Elektronen*, Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften *Nachrichten, Mathem.-Phys. Klasse*, pp. 91-103.
http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN252457811_1903&DMDID=DMDLOG_0025
- [28] Kaufmann, W. (1902a) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. *Göttinger Nachrichten* (5): 291–296.
<http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=GDZPPN002499444>
- [29] Kaufmann, W. (1902b) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. *Physikalische Zeitschrift*, 4 (1b): 54–56
https://wikilivres.org/wiki/Die_elektromagnetische_Masse_des_Elektrons
- [30] Lorentz, H.A. (1904) *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light*, in: KNAW, *Proceedings*, 6, 1903-1904, Amsterdam, 1904, pp. 809-831.
https://en.wikisource.org/wiki/Electromagnetic_phenomena.
- [31] Schrödinger, E. (1952) *Are there quantum jumps?* *Brit. J. Philos. Sci.* 3 109,233.
<https://philpapers.org/rec/SCHATQ-3>
- [32] Lorentz, H.A. (1895) *Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern*, Leiden — E. J. Brill.
<https://archive.org/details/versucheinerthe00loregoog>
https://de.wikisource.org/wiki/Versuch_einer_Theorie_der_elektrischen_und_optischen_Erscheinungen_in_bewegten_K%C3%B6rpern

- https://en.wikisource.org/wiki/Translation:Attempt_of_a_Theory_of_Electrical_and_Optical_Phenomena_in_Moving_Bodies
- [33] De Broglie, L. (1993) *La physique nouvelle et les quanta*, Flammarion, France 1937, 2nd Edition 1993, with new 1973 Preface by Louis de Broglie. ISBN: 2-08-081170-3.
- [34] Michaud, A. (2000) *On an Expanded Maxwellian Geometry of Space*. Proceedings of Congress-2000 – Fundamental Problems of Natural Sciences and Engineering. (2000) Volume 1, St.Petersburg, Russia, pages 291-310.
https://www.researchgate.net/publication/357527119_On_an_Expanded_Maxwellian_Geometry_of_Space
- [35] Michaud, A. (2024) *Evolution From the Complex Plane to the Quaternion Coordinate System to the Trispatial Geometry*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. March 2024. Volume 20, Issue 3. pp. 108-130.
<http://www.ijerd.com/paper/vol20-issue3/2003108130.pdf>
- [36] Michaud, A. (2016) *On De Broglie's Double-particle Photon Hypothesis*. J Phys Math 7: 153. doi:10.4172/2090-0902.1000153.
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/on-de-broglies-doubleparticle-photon-hypothesis-2090-0902-1000153.pdf>
- [37] Michaud, A. (2021) *De Broglie's Double-Particle Photon*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 63–102.
<https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v4/1979F>
<https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1642>
- [38] Marmet, P. (2003) *Fundamental Nature of Relativistic Mass and Magnetic Fields*. International IFNA-ANS Journal, No. 3 (19), Vol. 9. Kazan State University.
<http://www.newtonphysics.on.ca/magnetic/index.html>
- [39] Breidenbach M. et al. (1969) *Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering*, Phys. Rev. Let., Vol. 23, No. 16, 935-939.
<http://www.slac.stanford.edu/pubs/slacpubs/0500/slac-pub-0650.pdf>
- [40] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutron and Proton Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN : 2278-800X, Volume 7, Issue 9. pp. 29-53.
<http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue9/E0709029053.pdf>
- [41] *The Electron-Ion Collider*. Brookhaven National Laboratory.
<https://www.bnl.gov/eic/>
- [42] Burkert, V.D. (2022) *Precision Studies of QCD in the Low Energy Domain of the EIC*. arXiv:2211.15746v1 [nucl-ex] 28 Nov 2022.
<https://arxiv.org/abs/2211.15746>
- [43] Michaud, A. (2013) *On The Magnetostatic Inverse Cube Law and Magnetic Monopoles*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 5. pp. 50-66.
<http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue5/H0705050066.pdf>

Analyse der Ursprünge der Heisenbergschen Unschärferelation

- [44] Feynman, R.P., Leighton, R.B. and Sands, M. (1964) *The Feynman Lectures on Physics*. Addison-Wesley, Vol. II, p. 28-1.
- [45] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Electron-Positron Pair Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 10. pp. 01-10.
<http://ijerd.com/paper/vol6-issue10/F06103649.pdf>
- [46] Kotler S., Akerman N., Navon N., Glickman Y., Ozeri R. (2014) *Measurement of the magnetic interaction between two bound electrons of two separate ions*. Nature magazine. doi:10.1038/nature13403. Macmillan Publishers Ltd. Vol. 510, pp. 376-380.
https://www.nature.com/articles/nature13403.epdf?referrer_access_token=yoC6RXrPyxwvQviChYrG0tRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PdPJ4geER1fKVR1YXH8GThqECstdb6e48mZm0qQo2OMX_XYURkzBSUZCrXM8VipvnG8FofxB39P4lc-1UIKEO1
- [47] A. S. Stodolna, A. S., Rouzée, E. et al. (2013) *Hydrogen Atoms under Magnification: Direct Observation of the Nodal Structure of Stark States*. Physical Review Letters. Volume 110, Issue 21, e213001.
<https://hal.science/hal-03055046/document>
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.110.213001>