

## **Entwicklung von der komplexen Ebene zum Quaternion-Koordinatensystems zur dreiräumlichen Geometrie**

André Michaud

Service de Recherche Pédagogique

→ [Click here for English version](#)  
→ [Cliquer ici pour version française](#)  
→ [Haga clic aquí para versión en español](#)

**Zusammenfassung:** Gegenstand dieses Artikels ist eine vergleichende Analyse der geometrischen Eigenschaften der 2D-Einheitsvektorenmenge der komplexen Ebene, wie sie in der Quantenmechanik und bei der Verarbeitung von elektrischen LC-Schaltungen verwendet werden, der 3D-Einheitsvektorenmenge der Hamilton-Hypersphäre, wie sie in der Quantentheorie verwendet werden, und schließlich der 3x3D-Einheitsvektorenmenge der Dreiräumegeometrie, wie sie in der elektromagnetischen Mechanik verwendet werden. Analyse der Auswirkungen der Ausweitung der Verwendung des Hypersphären-Koordinatensystems auf die Behandlung von LC-Schaltungen und auf das traditionelle kartesische 3D-Koordinatensystem sowie der Folgen der Verwendung einer einzigartigen Eigenschaft des vektoriellen Kreuzprodukts der komplexen Quaternionen-Einheitsvektoren, nämlich der Umkehrung der Anwendungsrichtung des resultierenden reellen Vektors bei der Entwicklung der elektromagnetischen Mechanik mit Hilfe der dreiräumlichen Geometrie. Und schließlich eine Zusammenfassung der wichtigsten grundlegenden Fragen der elektromagnetischen Mechanik, die durch die Verwendung dieser besonderen Eigenschaft des Quaternion-Vektor-Kreuzprodukts mit der dreiräumlichen Geometrie gelöst werden konnten. Anschließend wird eine Zusammenfassung der wichtigsten grundlegenden Fragen der elektromagnetischen Mechanik gegeben, die durch die Verwendung des Quaternion-Vektor-Kreuzprodukts in der dreiräumlichen Geometrie gelöst werden konnten. Die erste dieser Fragen war die Identifizierung der Eigenschaften, die die fundamentale Energie haben muss, damit sie den Bedingungen entspricht, die Louis de Broglie für die Befolgung der Maxwell-Gleichungen durch lokalisierte elektromagnetische Photonen festgelegt hat. Und schließlich die Darstellung der wichtigsten komplementären mechanischen Prozesse, die unter Berücksichtigung dieser Eigenschaften der Energiesubstanz und dieser besonderen Eigenschaft des Quaternion-Vektor-Kreuzprodukts entwickelt wurden, um die Ursache der elektromagnetischen Frequenzen, die Beziehung zwischen dem Spin des Elektrons und seinem magnetischen Aspekt erklären, die Entkopplung masseloser elektromagnetischer Photonen in massive Elektron-Positron-Paare, die Existenz der invarianten elektrischen Ladungen des Elektrons und des Positrons und der Bruchteiladungen der kollidierbaren inneren Unterkomponenten von Protonen und Neutronen, die Stabilität des Protons und die Instabilität des isolierten Neutrons usw..

**Schlüsselwörter:** Die komplexe Ebene; die Quantentheorie; die Quaternionen; die Dreiräume-Geometrie; die elektromagnetische Mechanik.

Dieser Artikel wurde im März 2024 im Ingenieurmagazin IJERD veröffentlicht:

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>

**Andere Artikel im gleichen Projekt:**

**INDEX –Elektromagnetische Mechanik – Das 3-Räume Modell**

Hier ist seine Übersetzung ins Deutsche:

## 1. Einführung

Jüngste Experimente haben deutlich gezeigt, dass die Verwendung *komplexer Zahlen* in den Gleichungen der Quantentheorie unerlässlich ist, um das Ergebnis dieser Experimente korrekt zu erklären, und dass eine Beschränkung der Berechnungen auf *reelle Zahlen* das Ergebnis dieser Experimente nicht so genau vorhersagen könnte, wie in einem kürzlich erschienenen Artikel von *Physics World Research Update* [1] [2] [3] berichtet.

Da aber die Menge der *reellen Zahlen*, die durch  $a$  repräsentiert wird, eine Teilmenge der *komplexen Zahlen*  $a + ib$  ist – wobei  $i = \sqrt{-1}$  und  $a$  und  $b$  *reelle Zahlen* sind – und da die Beziehung zwischen dem reellen Teil  $a$  und dem komplexen Teil  $ib$  geometrischer Natur auf der *komplexen Ebene* ist, die nicht zum Normalraum zu gehören scheint, wie er traditionell durch das kartesische 3D-Koordinatensystem  $(x, y, z)$  abgebildet wird, aber dennoch als senkrecht zu einer realen Achse parallel zur  $x$ -Achse des kartesischen Koordinatensystems verstanden wird, scheint eine genauere Betrachtung des geometrischen Aspekts dieser Beziehung angebracht zu sein.

Es war Caspar Wessel, der 1797 die Senkrechteigenschaft der komplexen Ebene in Bezug auf die Achse der reellen Zahl feststellte, da er verstand, dass ein gerichteter Linienabschnitt, der vom Punkt Null der reellen Achse ausgeht,  $r = \sqrt{a^2 + b^2}$  entspricht und unter einem Winkel  $\theta$  in Bezug auf die reelle Achse steht, auch zur Darstellung einer *komplexen Zahl* verwendet werden kann.

Dies bedeutet, dass da  $r \angle \theta = a + ib$ , was bedeutet, dass, wenn  $a$  auf der realen Achse auf 0 und  $b$  auf 1 gesetzt wird,  $i = \sqrt{-1} = r \angle 90^\circ = 1 \angle 90^\circ$  *per Struktur* ein Einheitsvektor der Magnitude 1 wird, der um  $90^\circ$  von der realen Achse entlang einer imaginären Achse gedreht wird, die genau senkrecht zur realen Achse steht, die als parallel zur  $x$ -Achse des kartesischen Koordinatensystems betrachtet wird, aber weder die  $y$ -Achse noch die  $z$ -Achse dieses Koordinatensystems ist, auch wenn diese imaginäre Achse zur Vereinfachung der grafischen Darstellung oft als mit der kartesischen  $y$ -Achse zusammenfallend dargestellt wird. Siehe dazu die **Abbildungen 1** und **2** sowie weitere Ausführungen zu Wessels Argumentation bei der Definition dieser geometrischen Ausrichtung von  $i$  in Bezug auf die reale Achse, wie sie in Referenz [4] dargelegt wird.

Es ist auch erwähnenswert, dass die von Hamilton definierten *hyperkomplexen Zahlen*  $a + ib + jc + kd$ , bei denen  $j$  und  $k$  ebenfalls gleich  $\sqrt{-1}$  sind – und ebenso wie  $i$  als *Einheitsvektoren* *per Struktur* definiert werden können – wurden von vielen Forschern aus *algebraischer* Sicht ausgiebig mit der Quantentheorie in Verbindung gebracht, zum Beispiel [5] [6], und auch mit der elektromagnetischen Theorie [7] [8], aber nicht aus der *geometrischen* Perspektive, die hier behandelt werden soll.

Ein weiterer Bereich, in dem ebenfalls komplexe Zahlen verwendet werden, ist die Analyse sinusförmig betriebener elektronischer Schaltungen, bei denen es sich typischerweise um RLC- oder LC-Systeme aus Drahtspulen und Kondensatoren handelt – wobei  $R$  für den *Widerstand*,  $L$  für die *magnetische Induktivität* und  $C$  für die *elektrische Kapazität* steht – deren Eigenschaften die in diesen Schaltungen erforderlichen Signalfrequenzen festlegen [9].

Interessant ist an dieser Stelle in Bezug auf LC-Systeme, dass eine solche

## *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

elektromagnetische Beziehung auch mit den elektromagnetischen Doppelteilchen-Photonen von de Broglie in Verbindung gebracht werden kann, wenn der Maxwellsche *Verschiebungsstrom* bei der Bestimmung ihrer inneren elektromagnetischen Struktur angewandt wird, während sie sich im Vakuum auf subatomarer Ebene ausbreiten [10] [11], wobei die Permittivitätskonstante des Vakuums  $\epsilon_0$  in Wirklichkeit ein Maß für die *transversale elektrische Kapazität pro Meter* ist – in der elektromagnetischen Theorie auch durch C symbolisiert. Die Permeabilitätskonstante des Vakuums  $\mu_0$  ihrerseits ist ein Maß für die *transversale magnetische Induktivität pro Meter* – in der elektromagnetischen Theorie ebenfalls mit L bezeichnet [12].

Auch hier ist anzumerken, dass hyperkomplexe Zahlen offenbar auch aus geometrischer Sicht nie mit LRC- oder LC-Systemen in Verbindung gebracht wurden, obwohl komplexe Zahlen eindeutig in deren Gleichungen vorkommen. Wir werden weiter unten sehen, dass hyperkomplexe Zahlen geometrisch in LRC- und LC-Systeme einbezogen werden können, wenn auch auf eine möglicherweise unerwartete Weise.

Zusammenfassend kann man angesichts der Ergebnisse der Experimente [1] und [2], kann man sagen, dass etwas in den Gleichungen der Quantenmechanik und der RLC- und LC-Systeme *per Struktur senkrecht zu etwas anderem* steht, und zwar auf eine Weise, die nicht ohne Präzisionsverlust in den Experimenten, die die Notwendigkeit der Verwendung komplexer Zahlen in diesen Gleichungen bestätigen, ausgeschlossen werden kann. Wir werden in diesem Artikel untersuchen, was dieses "Etwas" sein könnte.

Schließlich werden wir die Beziehung zwischen der dreiräumlichen Geometrie, die der elektromagnetischen Mechanik der Elementarteilchen [13] [14] zugrunde liegt, und diesen komplexen geometrischen Beziehungen untersuchen, wenn die Standardmenge der Einheitsvektoren  $i=j=k=1$  *per Definition* durch die Menge der komplexen Einheitsvektoren *per Struktur*  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  im kartesischen 3D-Koordinatensystem und im Koordinatensystem der dreiräumlichen Geometrie ersetzt wird.

## **2. Historische Perspektive**

Untersuchen wir zunächst, wie de Broglies Konzept der *Pilotwelle* – die er in seiner Dissertation von 1924 [15] [16] zunächst als *Phasenwelle* bezeichnete – und die Einführung *komplexer Zahlen* durch Schrödinger in seine Wellengleichung [17] die traditionelle Vorstellung der klassischen Mechanik des frühen 20. Jahrhunderts vom Elektron als einem möglicherweise sehr kleinen, lokalisierten, starren Körper mit fester Ruhemasse, der sich auf einer präzisen, geschlossenen Bahn im Wasserstoffatom bewegt, in Richtung eines weitaus weniger genau definierten Zustands der Lokalisierung und Bewegung veränderte.

Hier ist das Zitat des metaphorischen Vergleichs, den er in seiner Dissertation von 1924 vorschlug, um diese Bewegung des Elektrons zu veranschaulichen, wie er sie sich im idealisierten Bohrschen Modell des Wasserstoffatoms vorstellte:

*"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*

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

*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) ([16], 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 Mobils 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 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  $\oint (v/V) dl = n$  (ganzzahlig) im allgemeinen Fall."*

Er schlug dann die folgende Gleichung der kinematischen Mechanik vor, die die Entwicklung der Wellenmechanik auslöste, der bald die Quantenmechanik folgte ([15], p. 65) ([16], S. 52):

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

Eine vollständige Analyse dieser scheinbar unscheinbaren Gleichung, die die Grundlagenphysik revolutionierte, als Erwin Schrödinger sie in eine vektorielle Wellenmechanik-Gleichung umwandelte, findet sich in **Abschnitt 6** der Referenzen [13] [14]:

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

Schrödingers Gleichung (2) erzeugt genau dieselbe Abfolge von ganzzahlig zusammenhängenden quantisierten Impuls-Energieniveaus wie de Broglies Gleichung (1), jetzt aber aus der Perspektive der Wellenoszillation berechnet und nicht mehr aus der kinematischen Perspektive der klassischen Mechanik, die de Broglie für eine lokalisierte Elektronenmasse verwendete, die radial um die idealisierte Kreisbahn des Grundzustands

## *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

des Bohrschen Modells des Wasserstoffatoms schwingt.

Die kreisförmige Bahn des Bohr-Atoms im Grundzustand wird als *idealisiert* bezeichnet, weil man ursprünglich davon ausging, dass ihre theoretische Etablierung um das zentrale Proton von einem lokalisierten Elektron ausgeführt wird, das im traditionellen Sinne der klassischen Mechanik als massereich angesehen wird, das aber nach de Broglie in einem oszillierenden radialen Resonanzzustand um diese kreisförmige Bahn gefangen sein muss, damit die im Spektrum des Wasserstoffatoms beobachtete ganzzahlige Frequenzfolge erklärt werden kann.

Die weiter entfernten metastabilen *Bahnen* des Bohr-Atoms, zu denen das Elektron springen soll, wenn es von der *Grundzustandsbahn* weg angeregt wird, könnten dann als Resonanzmultiplikatoren der Länge der *Grundzustandsbahn* erklärt werden, was direkt das gesamte Spektrum der vom Wasserstoffatom abgestrahlten Energiefrequenzen erklärt, wenn das Elektron aus dieser Reihe von metastabilen Abständen in den Grundzustand zurückkehrt, was der Lyman-Reihe entspricht.

Der Hauptunterschied zwischen Gleichung (1) und Gleichung (2) war die Einführung *komplexer Zahlen* durch Schrödinger in Gleichung (2), die eine strukturelle senkrechte Beziehung zwischen einigen Elementen der Wellenmechanik Gleichung (2) beinhaltet, die in de Broglies klassischer Mechanik Gleichung (1) nicht enthalten sind.

Betrachten wir nun, welche Elemente der de Broglie-Schlussfolgerung über die radiale Oszillation des Elektrons um die idealisierte Grundzustandskreisbahn des Bohr-Modells Schrödinger als senkrecht zueinander stehend wahrgenommen haben muss, so dass sie durch *komplexe Zahlen* darstellbar sind.

Aus seiner eigenen Schlussfolgerung geht hervor, dass de Broglie die Oszillation des Elektrons entlang seiner Flugbahn offensichtlich als einen Impuls in Längsrichtung ansah – seine oben zitierte *Phasenwelle*, die er schließlich auch als *Pilotwelle* bezeichnete – der das Elektron antreiben würde, was zu einer stabilen, stehenden Querschwingung des Elektrons führen würde, ähnlich wie die lineare Masse einer elastischen Schnur in der klassischen Mechanik, die in Querrichtung auf- und abschwingt, während sich der Anfangsimpuls in Längsrichtung entlang der Schnur bewegt [12].

Allein diese Beobachtung rechtfertigte die Einführung der komplexen Bedingung  $z = \cos \theta + i \sin \theta$  durch Schrödinger in seiner Gleichung (2), die die *Ruhemasse* des Elektrons als *schwach lokalisierbare, diffuse Darstellung der Anwesenheitswahrscheinlichkeit* darstellt [Siehe Gleichung (4)], die an einer dynamischen Querbewegung beteiligt ist, wie sie durch Anpassung der Wellenfunktion des freien Teilchens Gleichung (3) festgelegt ist, wobei  $i$  festlegt, dass diese Bewegung des Elektrons, dessen *Präsenzzentrum* in **Abbildung 1** durch den Punkt **P** dargestellt ist, nun *per Struktur* senkrecht zur Bohr'schen Bahn in de Broglies Gleichung (1) oszillieren muss, wobei die idealisierte Bohr'sche Grundzustandsbahn nun konzeptionell zu einer kreisförmigen, geschlossenen x-Achse der *komplexen Ebene* wird, auf der das Elektron zyklisch von außerhalb nach innerhalb der Bohr'schen Bahn im Stehen oszillieren würde.

$$\Psi(\vec{r}, t) = \cos(k\vec{r} - \omega t) + i \sin(k\vec{r} - \omega t) \quad (3)$$

Da aber die *komplexe Ebene* konzeptionell nicht darauf beschränkt ist, streng auf

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

derselben Ebene wie die kreisförmige Grundzustandsbahn zu liegen, sondern eine beliebige transversale Winkelausrichtung um diese Bahn haben kann, definiert Gleichung (2) auch ein zylindrisches Volumen um die Grundzustandsbahn, das mit der Amplitude  $i \sin(kx - \omega t)$  der *Phasenwelle* zusammenhängt, ein Volumen, in dem sich das Elektron wahrscheinlich an jedem beliebigen Punkt im Raum zu jedem beliebigen Zeitpunkt innerhalb dieses Volumens befindet, wie in den Referenzen [18] [19] dargelegt, und in dem Heisenbergs statistische Methode direkt abgebildet werden könnte. Die daraus resultierende Ungewissheit der momentanen Position des Elektrons innerhalb dieses Volumens zu einem bestimmten Zeitpunkt ist möglicherweise der Grund, warum Heisenberg seine *Unschärferelation* entwickelt hat.

Aus diesem Grund wurde 2013 in Referenz [20] vorgeschlagen, die probabilistische Verteilung der möglichen Orte des bewegten Elektrons im Grundzustand des isolierten Wasserstoffatoms auf die Grenzen dieses zylindrischen Volumens zu beschränken, anstatt sie auf  $+$  und  $-\infty$  auszudehnen, um den Grenzen Rechnung zu tragen, die durch die Trägheit des Elektrons während seiner transversalen Beschleunigungs- und Abbremssequenzen auferlegt werden, wenn es um den mittleren Bohr-Radius oszilliert, wobei die Menge der wahrscheinlichsten Orte am Bohr-Radius gemittelt wird:

$$\int_r^R |\Psi_{(x,t)}|^2 dV dt = 1 \quad (4)$$

Natürlich wird sich dieses zylindrische Volumen aufgrund der Wechselwirkungen mit der umgebenden Materie in Wirklichkeit zu einem 3D-Volumen ausdehnen, das von den Oberflächen zweier konzentrischer Kugeln umschrieben wird, deren innerer und äußerer Radius jeweils  $r$  und  $R$  auf beiden Seiten des Bohr-Radius beträgt. Folglich sollte die Normalisierungsbedingung ausschließlich für dieses Volumen gelten, das durch das Produkt seiner komplexen Funktion mit seiner Konjugierten  $\Psi^* \Psi$  in Gleichung (4) dargestellt werden sollte, da aufgrund seiner Trägheit, jede andere Lokalisierung im Raum für das Elektron im Grundzustand des Wasserstoffatoms physikalisch unmöglich ist.

Wie bereits erwähnt, führte Schrödinger mit seiner Gleichung eine Eigenschaft ein, die nie zuvor mit der Bewegung massiver Körper in Verbindung gebracht wurde, nämlich eine senkrechte Beziehung zwischen der lokalen Querbewegung der Elektronenmasse um ihre angenommene Flugbahn im Bohr-Atom und der Bewegungsrichtung der *Phasenwellenenergie*, die sie trägt. Diese senkrechte Beziehung wird durch das Symbol  $i$  eingeführt, das als *imaginäre Einheit* bezeichnet wird und  $\sqrt{-1}$  entspricht – eigentlich ein *Einheitsvektor*, der als  $1 \angle 90^\circ$  in Bezug auf die *reelle Achse* der *komplexen Ebene* definiert ist, wie von Vessel definiert, wie weiter unten erklärt wird – und der, wenn er quadriert wird ( $i^2$ ), sich in  $-1$  auflöst, was die Richtung der Anwendung des entsprechenden Vektors umkehrt, was ein zusätzlicher Vorteil der Verwendung von  $i$  in vektoriellen Gleichungen ist.

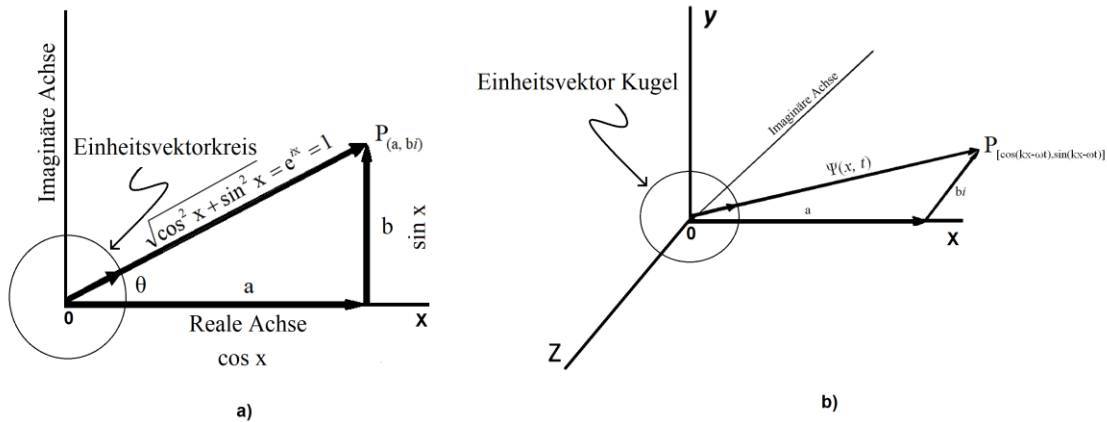
Wie bereits erwähnt, können komplexe Zahlen immer in der Form geschrieben werden:

$$z = a + bi \quad (5)$$

Das bedeutet, dass zur Lokalisierung eines Punktes  $\mathbf{P}$  im 2D-Koordinatensystem der

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

komplexen Ebene eine erste Verschiebung nach rechts um eine in reellen Zahlen gemessene Strecke  $a$  vom Ursprung einer horizontalen Achse erforderlich ist (**Abbildung 1a**), und dass  $i$  zeigt, dass eine zweite Verschiebung um eine ebenfalls in reellen Zahlen gemessene Strecke  $b$  im rechten Winkel vom äußersten rechten Ende des Liniensegments  $a$  erfolgen muss, was zu einem Ort außerhalb des vom kartesischen 3D-Koordinatensystem abgebildeten Volumens des Normalraums führt, wo sich der Punkt  $P$  befinden wird.



**Abbildung 1:** Reale und imaginäre Achsen der komplexen Ebene.

Wir wollen hier jedoch nicht die Schrödingergleichung vertiefen, die in zahlreichen Lehrbüchern, wie z. B. dem hervorragend gemachten [21], ausführlich erklärt wird, sondern die ganz besondere Eigenschaft von  $i = \sqrt{-1}$  erkunden, als *statischer geometrischer Rotationsoperator* einer beliebigen Vektordarstellung einer beliebigen Größe zu fungieren, die einen Betrag und eine Anwendungsrichtung in Bezug auf den Ursprung  $O$  der *komplexen 2D-Ebene* hat, wie z. B. Kraft, Druck, Geschwindigkeit, usw., wie in [4] dargelegt.

Die Konsequenz dieser neuen, von Schrödinger eingeführten Wellendarstellung des Elektrons war, dass seine Anwesenheit im Wasserstoffatom als die von verteilten *Orbitalen* angesehen wurde, von denen die idealisierten Kreisbahnen des Bohr-Modells schließlich die Menge der mittleren Abstände vom Proton darstellen, bei denen jedes Resonanzvolumen mit Gleichung (2) festgelegt wird.

Es stellt sich nun heraus, dass de Broglie mit seiner Hypothese richtig lag, dass eine Art von tragender *Energiewelle*, die er zunächst als *Phasenwelle* und dann als *Pilotwelle* bezeichnete, die Ruhemasse des Elektrons antreibt und leitet, und dass Schrödinger richtig lag, als er feststellte, dass die *Impulsenergie*, die er mit dieser *Pilotwelle* in Verbindung brachte, senkrecht zu der Energie wirkte, aus der die Ruhemasse des Elektrons bestand, aber auf eine Art und Weise, die erst viel später klar wurde, wie wir weiter unten sehen werden, gemäß den Bedingungen, die de Broglie selbst 1937 identifizierte [22], damit diese *tragende Energie* den Maxwell'schen Gleichungen gehorcht, und gemäß einer Raumeometrie, die sich über den Rahmen der kontinuierlichen 4D-Raumzeit hinaus erstrecken musste:

*"... 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*

## *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

*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 ([22], p. 273)

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

Diese von de Broglie erdachte erweiterte Raumgeometrie wurde auf dem Kongress 2000 im Juli 2000 [23] vorgestellt, und eine von Paul Marmet 2003 [24] [25] gemachte Entdeckung über das Magnetfeld des beschleunigenden Elektrons ermöglichte es zu verstehen, dass de Broglies *Pilotwelle* genau dieselbe innere elektromagnetische Struktur wie das Doppelteilchen-Photon hatte, dessen Entstehungsbedingungen den von ihm 1937 identifizierten Bedingungen gehorchten. Diese Gleichung wurde 2016 formell veröffentlicht [10] [11] und erklärt die Beziehung zwischen dem Elektronen-Träger-Photon und dem sich frei bewegenden elektromagnetischen Doppelteilchen-Photon, das de Broglie 1937 vermutet hatte, nachdem es 2013 als Elektronen-Träger-Photon nachgewiesen worden war [26].

Über die bereits gewagte Krümmung der traditionell als geradlinig wahrgenommenen realen Achse der *komplexen Ebene* zu einem geschlossenen Kreis, wie sie in **Abbildung 1** dargestellt ist, wie sie von Schrödinger eingeführt wurde, hinausgehend, werden wir weiter sehen, wie die dreiräumliche Geometrie es erlaubt, diese Achse im *Präsenzzentrum* der *Ruhmassenenergie* des Elektrons anzusiedeln, was es erlaubt, die Anwendungsrichtung seiner Impulsenergie direkt in Richtung des Protons zu drehen, anstatt entlang der idealisierten kreisförmigen Bahn des Bohrschen Grundzustands, wie sie zu Beginn des 20. Jahrhunderts verstanden wurde, wie durch die Coulomb-Wiederherstellungskraft in anziehender Wirkung zwischen dem negativ geladenen Elektron und dem positiv geladenen Proton erklärt, um als Gegendruck gegen die permanente gegenseitige magnetische Abstoßung zwischen dem Elektron und dem Proton aufgrund ihrer standardmäßigen parallelen magnetischen Spin-Ausrichtung zu wirken [18] [19], wie durch das grundlegende Experiment bestätigt wird, das der Entwicklung der Dreiräumegeometrie zugrunde liegt [26] und die Stabilität des Wasserstoffatoms erklärt, mechanisch zu erklären, warum sich das Elektron nicht einmal in einer Umlaufbahn um das Proton befinden muss, um sich im bekannten mittleren Bohr-Radius-Abstand vom Proton zu stabilisieren, wie in den Referenzen [18] [19] analysiert.

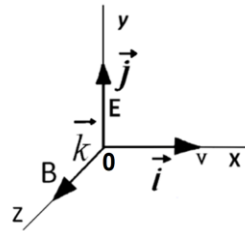
Wir werden diese erweiterte Raumgeometrie im weiteren Verlauf untersuchen, aber

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

lassen Sie uns zunächst das, was in Bezug auf die *komplexen Zahlen*, die *komplexe Ebene*, die *hyperkomplexen Zahlen* und die *Quaternion-Struktur* festgestellt wurde, vollständig in die richtige Perspektive rücken, bevor wir den zweiten Bereich untersuchen, in dem die *komplexen Zahlen* und die *komplexe Ebene* eine praktische Anwendung gefunden haben, nämlich den der RLC- und LC-Systeme, und sehen, ob sie diese bekannten elektromagnetischen Prozesse genauso vollständig erklären wie die Schrödinger-Gleichung.

### 3. Die komplexe Ebene

Im kartesischen 3D-Standardkoordinatensystem der klassischen Mechanik werden die Notationssymbole  $i$ ,  $j$  und  $k$  verwendet, um den dreifach orthogonalen *Einheitsvektorsatz* mit den Werten  $i=j=k=1$  zu bezeichnen, der sich auf die x-, y- und z-Achse des in **Abbildung 2** dargestellten 3D-Standardkoordinatensystems bezieht, was zu einer gewissen Verwirrung führen kann, da sie in verschiedenen mathematischen Kontexten auch für andere Größen verwendet werden, wobei diese Kontexte in der Regel ausreichen, um ihre lokale Bedeutung festzulegen; insbesondere in den Fällen der Symbole  $i$  und  $j$ , die in verschiedenen Zusammenhängen beide mit dem Wert  $i=j=\sqrt{-1}$  definiert sind, wobei  $i$  und  $j$  nicht einmal mit der geometrischen x-Achse von **Abbildung 2** übereinstimmen.



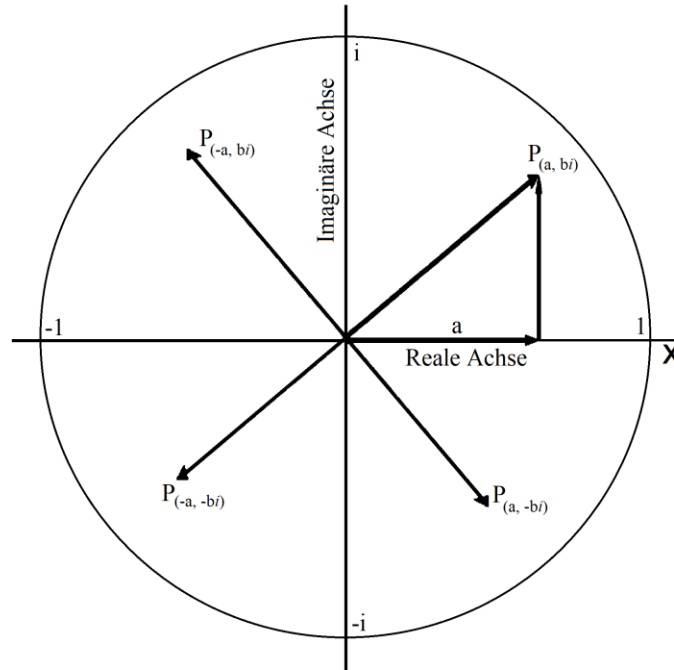
**Abbildung 2:** Die drei senkrecht zueinander stehenden Achsen des kartesischen Koordinatensystems, die die Lokalisierung eines beliebigen Punktes (x, y, z) im Raum in Bezug auf den Ort  $0$  ermöglichen, der im *Präsenzzentrum* eines Körpers oder Teilchens im Normalraum liegt.

Die Satz von Symbolen  $i=j=k=1$  wird traditionell verwendet, um den Satz von *Einheitsvektoren* in Bezug auf das kartesische Koordinatensystem zu identifizieren. Sie werden jedoch auch mit einer anderen Definition als *komplexe Einheitsvektoren*  $i=j=k=\sqrt{-1}$  im Zusammenhang mit *komplexen* und *hyperkomplexen Zahlen* verwendet.

Komplexe Zahlen werden in der Quantenmechanik verwendet, wie wir soeben gesehen haben, und finden auch im Bereich der Elektrotechnik breite Anwendung, insbesondere in den Gleichungen für die *Induktivität*  $L$  und die *Kapazität*  $C$ , die wir hier untersuchen werden, wobei  $j=\sqrt{-1}$  durch  $i=\sqrt{-1}$  ersetzt wird, um Verwechslungen mit dem Symbol für den Strom zu vermeiden, der ebenfalls mit  $i$  symbolisiert wird. Wir werden im Folgenden sehen, wie die *Quaternion-Einheitsvektoren*  $i=j=k=\sqrt{-1}$  auch mit der *Induktivität* und der *Kapazität* in Beziehung gesetzt werden können. Dies ist eine Aufgabe, die bisher noch nicht versucht worden zu sein scheint, trotz der potenziellen Vorteile, die sich aus der korrekten Zuordnung der an der LC-Schwingung beteiligten Energie zu der bekannten senkrechten elektromagnetischen Beziehung zwischen dem  $E$ -

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

Feld der C-Phase und dem  $\mathbf{B}$ -Feld der L-Phase der LC-Schwingung ergeben, anstelle der einzigen Beziehung von  $180^\circ$ , die zwischen ihnen in der *komplexen Ebene* zulässig ist, wie in **Abbildung 3** dargestellt, auch wenn sie beide als  $90^\circ$  korrekt versetzt zur reellen Achse dargestellt werden können.



**Abbildung 3:** Der Einheitsvektorkreis in der *komplexen Ebene*.

Wie in **Abbildung 2** dargestellt, werden die dreifach senkrechten elektromagnetischen Beziehungen  $\mathbf{E}/\mathbf{B}=c$  und  $\mathbf{E}/\mathbf{B}=v$  ebenfalls in dasselbe kartesische 3D-Koordinatensystem abgebildet, um die Tatsache zu verdeutlichen, dass das Vektor-Kreuzprodukt von zueinander senkrechten  $\mathbf{E}$ -Feldern und  $\mathbf{B}$ -Feldern einen Geschwindigkeitsvektor erzeugt, der sowohl zum  $\mathbf{E}$ -Feld als auch zum  $\mathbf{B}$ -Feld senkrecht steht, wobei die x-Achse als die Achse gilt, entlang der die Bewegung der entsprechenden elektromagnetischen Energie stattfindet.

Der Mittelpunkt des Koordinatensystems – die Position  $\mathbf{0}$  aller drei Achsen – kann sich im *Präsenzzentrum* eines beliebigen Objekts befinden, auf das die Vektoren zu oder von dem sie weg zeigen könnten.

Was an dem auf der *komplexen Ebene* verwendeten *Einheitsvektor*  $i=\sqrt{-1}$  besonders faszinierend ist, ist die Tatsache, dass sein Ursprung zwar mit dem Zentrum des kartesischen 3D-Koordinatensystems zusammenfällt, der Vektor selbst aber auf keinen  $(x, y, z)$ -Ort in unserem bekannten 3D-Raum zeigt, sondern auf einen Ort in einer 2D- $(x, i)$ -Ebene, die senkrecht zu diesem Koordinatensystem entlang einer so genannten *imaginären Achse* verläuft, einer Ebene, die aus diesem Grund als *komplexe Ebene* bezeichnet wurde und in der Regel in **Abbildung 1a** dargestellt ist.

Um visuell zu verdeutlichen, wie diese *komplexe Ebene* und ihre *imaginäre Achse* in Bezug auf die x-Achse des Standardkoordinatensystems und damit auch in Bezug auf die

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

beiden anderen Achsen ausgerichtet sind, wird in **Abbildung 1b** die Darstellung aus **Abbildung 1a** visuell um  $90^\circ$  um die x-Achse gedreht, um zu verdeutlichen, dass sie in einer vierten Richtung senkrecht zu den anderen drei Achsen ausgerichtet ist. Das ist gedanklich sehr schwer zu begreifen, denn mehr als drei senkrecht zueinander stehende Raumachsen scheinen keinen logischen geometrischen Sinn zu ergeben, da, wie in **Abbildung 3** dargestellt, nach dreimaliger Drehung um  $90^\circ$ , ausgehend von einem gegebenen Winkel, der als  $0^\circ$ -Winkel in einer gegebenen Ebene festgelegt wurde, eine vierte Drehung um  $90^\circ$  uns nur zu unserer Ausgangslage zurückbringen kann, es sei denn, diese Drehung wird senkrecht zu dieser Ebene ausgerichtet.

Und wenn drei Ebenen selbst senkrecht zueinander stehen, wie in dem in **Abbildung 2** dargestellten kartesischen Koordinatensystem, kann eine vierte Drehung, wie in **Abbildung 1b** dargestellt, nur aus dem normalen Raum herausführen. Wir werden dieses Problem weiter unten auf logische Weise angehen. Bevor wir fortfahren, wollen wir einige grundlegende Regeln für die *komplexe Ebene* auffrischen.

In **Abbildung 3** ist der Einheitsvektorkreis der *komplexen Ebene* um  $90^\circ$  um die x-Achse gedreht, so dass die Ebene dem Leser zugewandt ist. In dieser Ebene wird eine Vektorgroße in zwei rechtwinklig zueinander stehende Komponenten zerlegt, eine Komponente  $a$ , deren Richtung entlang der horizontalen x-Achse, der sogenannten *Achse der Realen*, verläuft, und die andere Komponente  $b$ , die sich rechtwinklig zur *Achse der Realen* in einer Richtung parallel zur *Achse der Imaginären* erstreckt.

Ein positiver Vektor mit seiner Richtung entlang der x-Achse wird negativ, wenn er mit  $-1$  multipliziert wird, d.h. ( $1 \cdot -1 = -1$ ), was bedeutet, dass er in **Abbildung 3** nach links zeigt. Ein positiver Vektor, dessen Richtung entlang der *imaginären Achse* nach oben zeigt, wird negativ, wenn er mit  $-1$  multipliziert wird, d. h. ( $i \cdot -1 = \sqrt{-1} \cdot -1 = -i$ ) und zeigt entlang der *imaginären Achse* nach unten.

Die Erhöhung der Potenzen von  $i$  bedeutet, dass der entsprechende Vektor in der komplexen Ebene um ebenso viele  $90^\circ$ -Winkel gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird ( $i^0=1$ ,  $i^1=i$ ,  $i^2=-1$ ,  $i^3=-i$ ). Weitere zunehmende oder abnehmende Potenzen von  $i$  wiederholen einfach denselben Zyklus  $1$ ,  $i$ ,  $-1$ ,  $-i$  um den Ursprung des Einheitsvektorkreises in der *komplexen Ebene*. Aus diesem Grund wird ( $i=\sqrt{-1}$ ) oft als der *Rotationsoperator* bezeichnet [4].

Was diesen *Rotationsoperator* so besonders macht, ist, dass z. B. bei der Multiplikation einer *komplexen Zahl* wie Gleichung (5), die in **Abbildung 1a** als **P** aufgelöst ist, mit  $i$  die beiden Segmente  $a$  und  $b$  um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, wodurch der Punkt **P** im zweiten Quadranten liegt:

$$P = i \cdot z = i \cdot (a + ib) = ia - b \quad (6)$$

Die wiederholte Multiplikation des Ergebnisses der in Gleichung (6) dargestellten Drehung führt schließlich zur Vollendung des Vollkreises um den Ursprung der *komplexen Ebene*, d. h. ( $-a - ib$ ), wodurch der Punkt **P** im dritten Quadranten liegt, dann ( $a - ib$ ), wodurch er im vierten Quadranten liegt, und schließlich ( $a + ib$ ), wodurch er wieder im ersten Quadranten liegt.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, veröffentlichte Caspar Wessel 1797 eine Denkschrift, in der er die Polarform der *komplexen Zahlen* einführte. Damit gelang es

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

ihm, mathematisch zu erklären, warum ein Einheitsvektor mit dem Wert  $\sqrt{-1}$  geometrisch ein Vektorsegment der Länge 1 darstellt, das gerade nach oben entlang der *imaginären Achse* der *komplexen Ebene* zeigt.

Ausgehend von zwei Liniensegmenten, die sich vom Ursprung  $\mathbf{0}$  in der *komplexen Ebene* unter verschiedenen Winkeln zur *reellen Achse* erstrecken, stellte Wessel fest, dass die Multiplikation der Längen der beiden Liniensegmente und die Addition der beiden Winkel, wobei die Längen stets als positive Werte angenommen werden, die Länge des resultierenden Liniensegments und seinen Richtungswinkel zur reellen Achse bestimmen, und dass diese Definition eines Produkts die Erklärung dafür liefert, was  $\sqrt{-1}$  geometrisch bedeutet.

Seine Argumentation lautete wie folgt, zitiert aus Reference ([4], S.53):

*"Suppose that there is a directed line segment that represents  $\sqrt{-1}$ , and that its length is  $l$  and its direction angle  $\theta$ . Mathematically then, we have  $\sqrt{-1} = l \angle \theta$ . Multiplying this statement by itself, i.e., squaring both sides, we have  $-1 = l^2 \angle 2\theta$  or, as  $-1 = 1 \angle 180^\circ$ , then  $l^2 \angle 2\theta = 1 \angle 180^\circ$ . Thus,  $l^2 = 1$  and  $2\theta = 180^\circ$ , and so,  $l = 1$  and  $\theta = 90^\circ$ . This says that  $\sqrt{-1}$  is the directed segment of length one pointing straight up along the vertical axis."*

*"Nehmen wir an, dass es einen gerichteten Linienabschnitt gibt, der  $\sqrt{-1}$  darstellt, und dass seine Länge  $l$  und sein Richtungswinkel  $\theta$  ist. Mathematisch gesehen haben wir dann  $\sqrt{-1} = l \angle \theta$ . Multipliziert man diese Aussage mit sich selbst, d. h. man quadriert beide Seiten, so erhält man  $-1 = l^2 \angle 2\theta$  oder, da  $-1 = 1 \angle 180^\circ$  ist,  $l^2 \angle 2\theta = 1 \angle 180^\circ$ . Somit ist  $l^2 = 1$  und  $2\theta = 180^\circ$ , und somit  $l = 1$  und  $\theta = 90^\circ$ . Dies bedeutet, dass  $\sqrt{-1}$  das gerichtete Segment der Länge eins ist, das gerade nach oben entlang der vertikalen Achse zeigt."*

$$i = \sqrt{-1} = 1 \angle 90^\circ \quad (7)$$

Aus geometrischer Sicht bedeutet das Symbol  $\angle$  einfach "im gedrehten Winkel".

Seine Erdungshypothese wurde unter Bezugnahme auf **Abbildung 1a** aufgestellt, wie von Nahin in Referenz [4] erläutert. Wenn also  $\theta = \tan^{-1}(b/a)$ , dann:

$$a + ib = \sqrt{a^2 + b^2} \{ \cos(\theta) + i \sin(\theta) \} \quad (8)$$

Der Wert von  $\sqrt{a^2 + b^2}$ , der die Länge des *Radiusvektors* darstellt, wird als *Modulus* der *komplexen Zahl*  $a + ib$  bezeichnet, und der Wert des Polarwinkels  $\tan^{-1}(b/a)$  wird als das *Argument* von  $a + ib$  bezeichnet. In Bezug auf die Länge des *Radiusvektors* vom Ursprung bis zum Punkt  $a + ib$  führt die Multiplikation zweier verschieden gerichteter Linienabschnitte also zu:

$$a + ib = \sqrt{a^2 + b^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (9)$$

Damit haben wir nun eine vollkommen logische Erklärung dafür, warum  $i = \sqrt{-1}$  ein um  $90^\circ$  von der *realen Achse* gedrehter *Einheitsvektor* in **Abbildung 1a** ist. Aber wenn wir die *reelle Achse* mit der x-Achse des kartesischen 3D-Koordinatensystems in Übereinstimmung bringen, wie in **Abbildung 1b**, stellen wir auch fest, dass die

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

*imaginäre Achse*, an der der *Einheitsvektor i* ausgerichtet ist, nicht die y-Achse des kartesischen Koordinatensystems ist, sondern auch senkrecht dazu steht.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es mindestens 4 Möglichkeiten gibt, eine *komplexe Zahl* auszudrücken:

$$z = a + ib, z = r \cos(\theta) + i r \sin(\theta), z = r e^{i\theta}, z = r \angle \theta \quad (10)$$

Die Exponentialfunktion  $e^z$  ist über die Eulersche Formel mit den komplexen Zahlen verbunden:

$$e^{iy} = \cos y + i \sin y \quad (11)$$

Gut erklärt in einführenden Lehrbüchern zur komplexen Analysis [27].

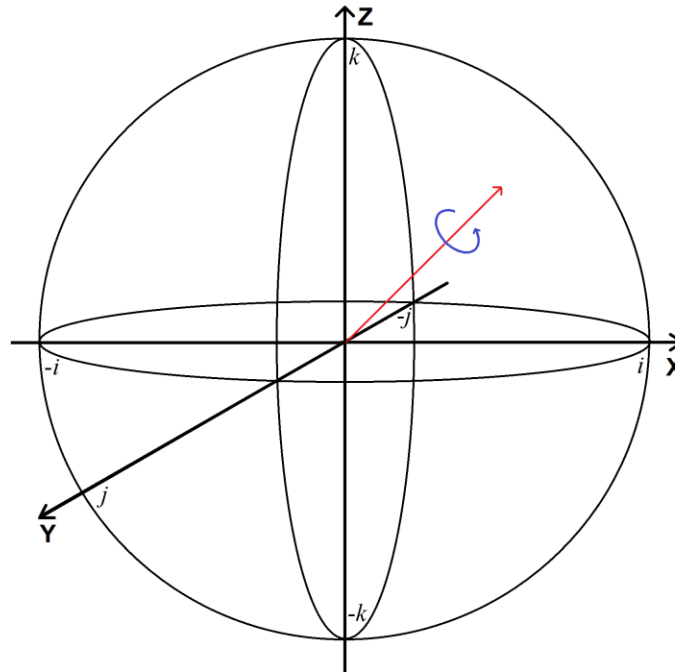
## 4. Die 3 senkrecht zueinander stehenden komplexen Ebenen der Hamilton-Hypersphäre

Wie von Nahin in Referenz [4] erwähnt, brachte dies Hamilton dazu, sich zu fragen, was aus der Einführung solcher *gedrehten Einheitsvektoren* im 3D-Raum, wie er durch das kartesische Koordinatensystem abgebildet wird, entstehen würde. Dies führte ihn zu seiner Entdeckung der Quaternionen im Jahr 1843, die *hyperkomplexe Zahlen* sind, die die Form haben:

$$H = a \cdot 1 + b \cdot i + c \cdot j + d \cdot k \quad (12)$$

In der sich  $a$  auf der *reellen Achse* erstreckt, wie in der Gleichung der *komplexen Ebene*  $z = a + ib$ , und in der  $[bi + cj + dk]$  die drei *gedrehten Einheitsvektoren* des Quaternionenkoordinatensystems sind.

Wir betreten hier den Bereich der *hyperkomplexen Geometrie*, die ein Koordinatensystem mit drei Einheitsvektoren umfasst, das dem traditionellen kartesischen 3D-Koordinatensystem von **Abbildung 2** ähnelt, aber die Menge  $i=j=k=1 \angle 90^\circ$  umfasst, wobei jeder Einheitsvektor  $i, j$  und  $k$  *per Struktur* senkrecht zu den beiden anderen stehen, anstatt der Menge  $i=j=k=1$ , die nur *per Definition* senkrecht zueinander stehen, und die nun drei zueinander senkrechte *komplexe Ebenen* definieren, die *xy-Ebene*, die *yz-Ebene* und die *xz-Ebene* innerhalb der so definierten *Hypersphäre* (**Abbildung 4**).



**Abbildung 4:** Das Quaternionen-Koordinatensystem.

Damit machte Hamilton einen großen Schritt, indem er den komplexen mathematischen Bereich von *einer komplexen 2D-Ebene*, auf der ein Vektor beliebiger Länge, der im Ursprung  $\mathbf{0}$  des zugehörigen 2D-Koordinatensystems verankert ist, um jeden möglichen Winkel gedreht werden kann (siehe **Abbildung 3**), auf eine Konfiguration mit *drei zueinander senkrechten komplexen Ebenen* ausdehnte, die nun die Drehung der *realen Achse* selbst um jeden beliebigen Winkel innerhalb der *Hypersphäre* ermöglichen (siehe **Abbildung 4**).

Während die *komplexe Ebene* (**Abbildung 3**) in 4 Viertelkreise unterteilt ist, ist die *Hypersphäre* (**Abbildung 4**) in 8 Viertel von Halbkugeln unterteilt. Vier bilden die obere Halbkugel und vier die untere Halbkugel, wobei die *xy-Ebene* als Standardtrennung zwischen den beiden Halbkugeln festgelegt wurde und innerhalb derer *hyperkomplexe Zahlen* wie Gleichung (12) einen Punkt der *reellen Achse* in alle Richtungen innerhalb der *Hypersphäre* ausrichten und drehen können, was beispielsweise bei der Programmierung von Computergrafiken häufig genutzt wird.

## 5. Das Quaternion-3D-Koordinatensystem

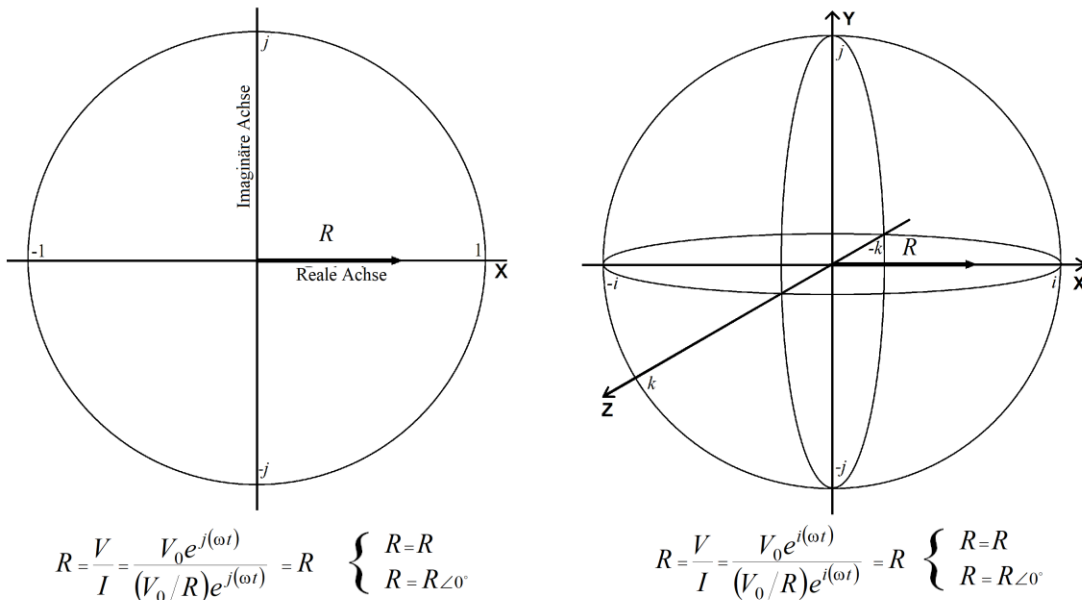
Wir werden hier nicht auf diese bekannte Fähigkeit der Quaternionen eingehen, Vektoren auf recht nützliche Weise zu drehen, sondern vielmehr einen Aspekt des  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$ -Quaternionenkoordinatensystems analysieren, der offenbar nicht viel Aufmerksamkeit der mathematischen Gemeinschaft auf sich gezogen hat, ebenso wenig wie in der Gemeinschaft der Physiker, trotz der bekannten Nützlichkeit der imaginären Einheit  $i=\sqrt{-1}$  und der *komplexen Ebene* bei der Lösung von Kapazitäts- und Induktions-RLC-Gleichungen im Entwurf elektronischer Schaltungen [28].

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

Um dieses Problem anzugehen, müssen wir zunächst das Quaternionenkoordinatensystem von der realen Achse isolieren. Dies kann geschehen, indem  $a$  in Gleichung (12) auf Null gesetzt wird. Das dreifach senkrechte  $ijk$  3D-Quaternionenkoordinatensystem ist nun ohne seine omnidirektional orientierbare reelle Achse definiert.

$$H_0 = H_{[a=0]} = b \cdot i + c \cdot j + d \cdot k \quad (13)$$

In dieser Studie wird als praktisches Beispiel für den Vergleich der Behandlung in der komplexen 2D-Ebene mit der Behandlung im 3D-Quaternionenkoordinatensystem eine Standardsituation mit kapazitiven und induktiven Reaktanzen verwendet, in der die Werte für den Widerstand  $R$  und den Strom  $I$  traditionell in der komplexen Ebene entlang der reellen Achse wie auf der linken Seite von **Abbildung 5** dargestellt, während der kapazitive Reaktanzwert  $C$ , der sich auf das induzierte elektrische Feld  $E$  bezieht, als entlang der negativen Seite der imaginären Achse gedreht dargestellt wird, während der induktive Reaktanzwert  $L$ , der sich auf das induzierte Magnetfeld  $B$  bezieht, als entlang der positiven Seite der imaginären Achse gedreht dargestellt wird (linke Seite von **Abbildung 7**), was dazu führt, dass sie scheinbar um  $180^\circ$  zueinander versetzt sind (linke Seite von **Abbildung 5**). Die Referenz [28] bietet sehr klare visuelle Darstellungen der drei Darstellungen in komplexer Form der RLC-Reaktanzgleichungen, die auf der linken Seite der **Abbildungen 5, 6 und 7** wiedergegeben sind.



**Abbildung 5:** Widerstand (Komplexe Form) - Vergleich zwischen der Darstellung in der komplexen 2D-Ebene und der Darstellung im 3D-Quaternionenkoordinatensystem.

Aus der Darstellung auf der rechten Seite von **Abbildung 5** geht hervor, dass der Widerstandsvektor immer noch entlang der x-Achse ausgerichtet ist, die nun durch den Einheitsvektor  $i = \sqrt{-1} = 1 \angle 0^\circ$  im Quaternionenkoordinatensystem abgebildet wird. Die einzige Änderung in den Gleichungen besteht darin, dass der Einheitsvektor  $i$  nun den Einheitsvektor  $j$  in den Widerstandsgleichungen ersetzt.

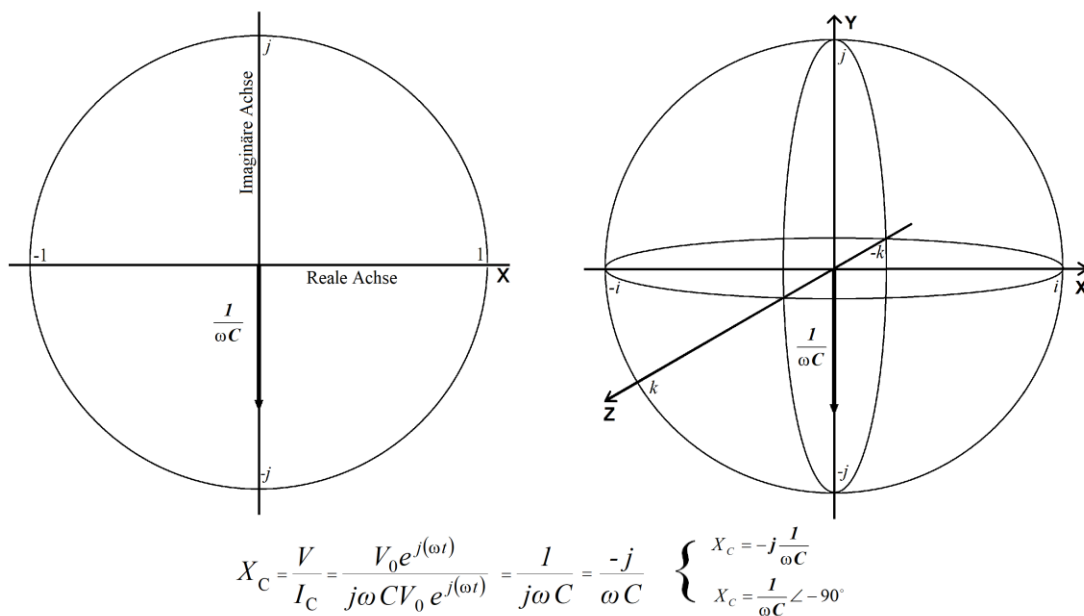
Es sei darauf hingewiesen, dass die Ersetzung des Einheitsvektors  $j$  durch  $i$  die

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

numerische Auflösung der Gleichungen in keiner Weise beeinträchtigt, da beide *Einheitsvektoren* demselben  $\sqrt{-1}$ -Wert entsprechen. Einige mögen argumentieren, dass die Verwendung von  $i$  in diesem Fall kontraproduktiv wäre, da  $j$  im elektronischen Kontext gewählt wurde, um  $\sqrt{-1}$  darzustellen, und zwar genau deshalb, um eine Verwechslung zwischen dem *irrationalen Zahlensymbol*  $i$  und dem Standardsymbol  $I$  zu vermeiden, das zur Darstellung von Strom verwendet wird.

Der Hinweis, dass der Großbuchstabe  $I$  auch als Symbol für Strom verwendet wird, während der Kleinbuchstabe  $i$  für die *irrationale Zahl* verwendet wird, sollte in Verbindung mit dem Verwendungskontext völlig ausreichen, um jegliche Verwirrung zu vermeiden.

Schauen wir uns nun die vergleichenden Darstellungen der komplexen Formen des kapazitiven Reaktanzwertes an (**Abbildung 6**):

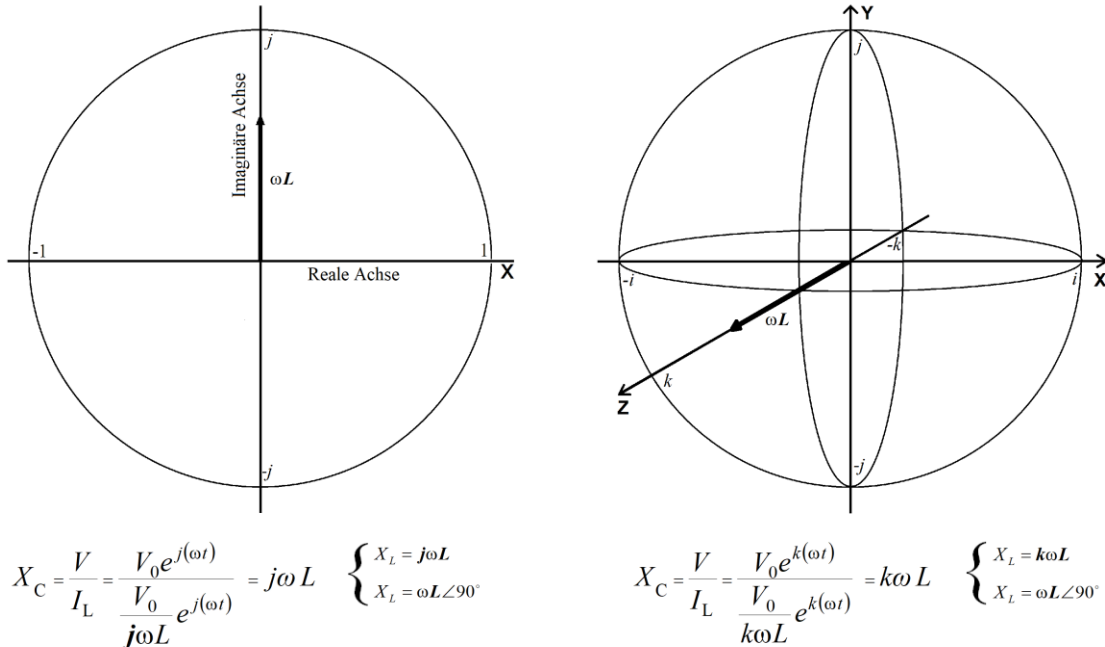


**Abbildung 6:** Kapazitiver Reaktanzwert (komplexe Form) - Vergleich zwischen der Darstellung in der *komplexen 2D-Ebene* und der Darstellung im 3D-*Quaternionenkoordinatensystem*.

In **Abbildung 6** ist zu sehen, dass sich zwischen der Darstellung in der 2D-*komplexen Ebene* und der Darstellung im 3D-*Quaternionenkoordinatensystem* keinerlei Änderung ergibt, da die vertikale Achse der *komplexen Ebene* bereits mit dem Symbol  $j = \sqrt{-1} = 1 \angle 90^\circ$  gekennzeichnet wurde. Die Gleichungen müssen also nicht geändert werden.

Eine wesentliche Änderung ist jedoch bei der Impedanzgleichung zu beobachten, wie in **Abbildung 7** dargestellt. Es ist in der elektromagnetischen Theorie wohlbekannt und experimentell leicht zu bestätigen, dass sich das magnetische Feld um einen Draht oder eine Drahtspule senkrecht zum elektrischen Feld ausrichtet ( $\angle 90^\circ$ ).

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry



**Abbildung 7:** Induktiver Reaktanzwert (komplexe Form) - Vergleich zwischen Darstellungen in der *komplexen 2D-Ebene* und im *3D-Quaternionenkoordinatensystem*.

Es ist in der Tat erwiesen, dass, wenn Elektronen in einem Draht durch Anlegen einer Spannung in Bewegung gesetzt werden, sich sofort ein makroskopisches magnetisches  $\mathbf{B}$ -Feld um den Draht entwickelt, das leicht mit einem ganz gewöhnlichen Magnetkompass direkt nachgewiesen werden kann und dessen Richtung um den Draht sehr genau senkrecht zur Bewegungsrichtung des Elektronenflusses im Draht ist.

Die im frühen 20. Jahrhundert durchgeführten Einstein-de Haas- und Barnett-Experimente [29] haben eindeutig festgestellt, dass ein solcher Aufbau eines magnetischen  $\mathbf{B}$ -Feldes auf ein makroskopisch messbares Niveau in Verbindung mit der Elektronenflussbewegung auf die Addition der einzelnen lokalen magnetischen  $\Delta\mathbf{B}$ -Felder der Trägerenergie jedes beteiligten Elektrons zurückzuführen ist, die auf der Ebene jedes Elektrons in einer starren und permanent invarianten 3-Wege-Senkrechtbeziehung zu den zugehörigen  $\Delta\mathbf{E}$ -Feldern und der  $\Delta\mathbf{K}$ -Impulsenergie stehen, die mit der gut etablierten  $\mathbf{E}/\mathbf{B}=\mathbf{v}$ -Vektor-Kreuzproduktbeziehung der  $\mathbf{E}$ - und  $\mathbf{B}$ -Vektoren zusammenhängt, wie in **Abbildung 2** dargestellt.

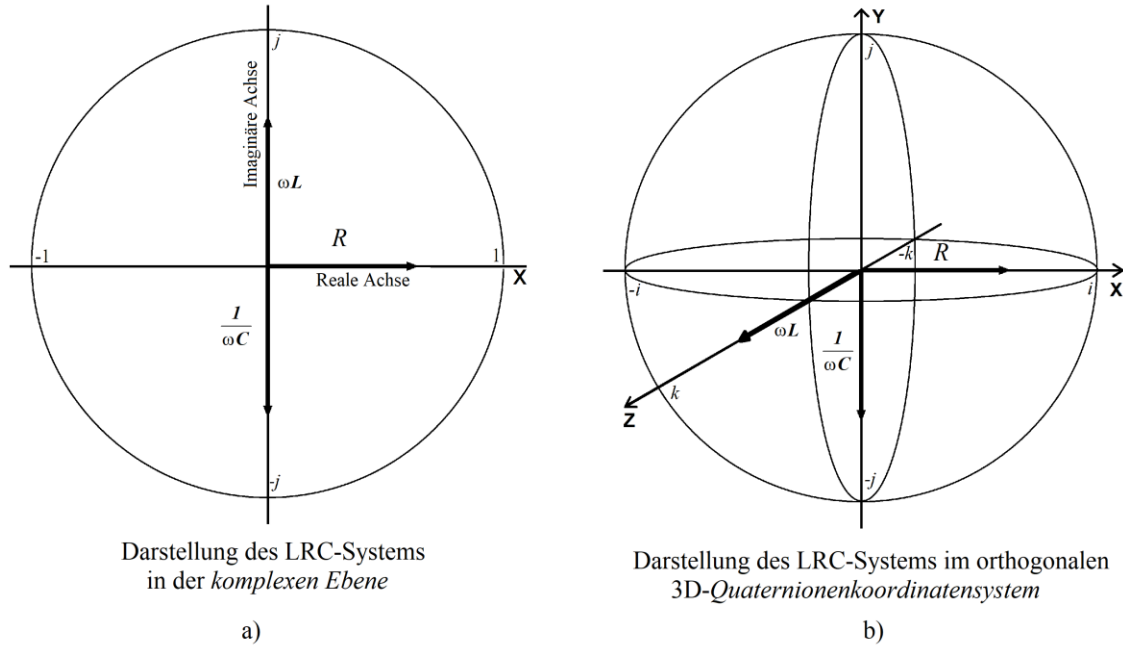
Also, da der Elektronenfluss, der durch das Anlegen einer Spannung an den Draht ausgelöst wird – an dem natürlich unzählige Elektronen im Draht beteiligt sind, die sich alle in die gleiche Richtung entlang der äußeren Oberfläche des Drahtes zu bewegen beginnen – zwingt ihre individuellen  $\Delta\mathbf{B}$ -Magnetfelder dazu, sich alle in einer additiven parallelen Magnetspinrichtung senkrecht zur Bewegungsrichtung des Elektronenflusses auszurichten.

Es ist auch bekannt, dass der Elektronenfluss an der Oberfläche des Drahts stattfindet, wobei jedes sich bewegende negative Elektron auf seinem gesamten Weg zum nächstgelegenen positiven Atomkern, an dem es zufällig im Draht vorbeikommt, stark angezogen wird, d. h. eine Wechselwirkungsrichtung zwischen Elektronen und Atomkernen, die dazu führt, dass die lokalen elektrischen  $\Delta\mathbf{E}$ -Felder sowohl senkrecht

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

zur Bewegungsrichtung des Elektronenflusses an der Oberfläche des Drahts als auch senkrecht zur Richtung des makroskopischen  $\mathbf{B}$ -Feldes um den Draht ausgerichtet sind.

Diese dreifache Orthogonalität, die traditionell in **Abbildung 2** dargestellt wird, kann nun auch im dreifach orthogonalen Koordinatensystem der Hamilton-*Hypersphäre* veranschaulicht werden, wie auf den rechten Seiten der **Abbildungen 5, 6 und 7** dargestellt, die zum Vergleich in **Abbildung 8** zusammengefasst sind.



**Abbildung 8:** Vergleichende Darstellungen der elektromagnetischen Vektorstruktur des LRC-Systems in der traditionellen *komplexen 2D-Ebene* und im orthogonalen 3D-*Quaternionenkoordinatensystem*.

Wenn man das traditionelle kartesische Koordinatensystem von **Abbildung 2**, das in der elektromagnetischen Mechanik traditionell zur Darstellung der bewährten dreifach orthogonalen elektromagnetischen Beziehung verwendet wird, mit der Darstellung von **Abbildung 8b** vergleicht, kann der Leser sicherlich erkennen, dass die Darstellung im orthogonalen 3D-*Quaternionenkoordinatensystem* eine angemessenere Darstellung dieser vektoriellen Beziehung ist als die in der *komplexen 2D-Ebene*.

Daher hätte ein mögliches Upgrade der komplexen Formen der elektronischen LC- und RLC-Gleichungen von der 2D-Darstellung in der *komplexen Ebene* auf die 3D-Darstellung im *Quaternionenkoordinatensystem* den Vorteil, dass die L-Komponente, die mit dem  $\mathbf{B}$ -Feld in LC- und RLC-Systemen zusammenhängt, in ihrem wahren  $\angle 90^\circ$ -Versatzwinkel in Bezug auf die mit dem  $\mathbf{E}$ -Feld zusammenhängende C-Komponenten-Kapazität vektoriell dargestellt würde. Die *komplexe Ebene* stellt die orthogonale Beziehung zwischen den beiden L- und C-Komponenten korrekt dar, da sie um  $\angle 90^\circ$  phasenverschoben zur i-x-Achse sind, aber sie stellt die L- und C-Komponenten falsch dar, da sie um  $\angle 180^\circ$  phasenverschoben sind, und zwar auf die einzige Weise, die die *komplexe 2D-Ebene* darstellen kann.

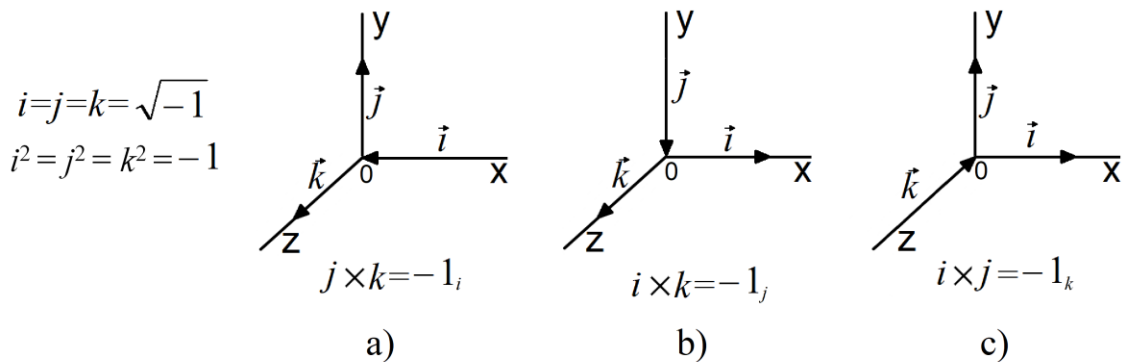
## 6. Detaillierte Analyse des 3D-Quaternionenkoordinatensystems

Zurück zu Gleichung (13), die das 3D-Quaternionenkoordinatensystem mit den drei senkrechten Koordinaten der Hamilton-Hypersphäre  $[bi + cj + dk]$  isoliert, verdienen einige weitere Merkmale dieses Koordinatensystems eine nähere Betrachtung. Die erste Beobachtung ist, dass jedes vektorielle Kreuzprodukt von zwei dieser Einheitsvektoren zu einer Umkehrung der Anwendungsrichtung des dritten Einheitsvektors führt, der in der dritten senkrechten Richtung gilt, wie in **Abbildung 9** dargestellt.

$$j \times k = k \times j = -1_i \quad c_j \times dk = dk \times c_j = -b_i \quad (14)$$

$$i \times k = k \times i = -1_j \quad bi \times dk = dk \times bi = -c_j \quad (15)$$

$$i \times j = j \times i = -1_k \quad bi \times c_j = c_j \times bi = -d_k \quad (16)$$



**Abbildung 9:** Veranschaulichung des Kreuzprodukts von *Einheitsvektoren*, die per Struktur als  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  definiert sind, was dazu führt, dass der dritte *Einheitsvektor* seine Anwendungsrichtung umkehrt.

Lassen Sie uns die Auswirkungen analysieren. Wenn man bedenkt, dass der resultierende senkrechte *Einheitsvektor* jedes vektoriellen Kreuzprodukts ein negativer *reeller Einheitsvektor* ist, kann dies nur bedeuten, dass jeder Wert, der diesem *Einheitsvektor* als Folge des Kreuzprodukts der Werte der ersten beiden *komplexen Einheitsvektoren* zugeordnet wird, in umgekehrter Richtung angewandt wird, d. h. in Richtung des Zentrums der dreifach orthogonalen Struktur (**Abbildung 9**), da er als zwischen dem Ursprung  $\mathbf{0}$  und dem Abstand 1 vom Ursprung liegend definiert ist.

Unter Bezugnahme auf Gleichung (14) und **Abbildung 9a** würde dies bedeuten, dass ein vektorielles Kreuzprodukt der Werte  $c_j$  und  $dk$  zu einer umgekehrten Anwendungsrichtung des Wertes in Bezug auf den resultierenden umgekehrten Vektor  $b_i$  führen würde; dass ein vektorielles Kreuzprodukt der Werte  $bi$  und  $dk$  aus Gleichung (15) und **Abbildung 9b** zu einer umgekehrten Anwendungsrichtung des Wertes in Bezug auf den resultierenden Vektor  $c_j$  führen würde; und dass ein vektorielles Kreuzprodukt der Werte  $bi$  und  $c_j$  aus Gleichung (16) und **Abbildung 9c** zu einer umgekehrten Anwendungsrichtung des Wertes in Bezug auf den resultierenden Vektor  $dk$  führen würde.

Wenn wir also ein Koordinatenreferenzsystem wie in **Abbildung 8b** mit den *Einheitsvektoren*  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  im *Präsenzzenrum* eines Elementarteilchens aufstellen würden, und wenn man feststellt würde, dass der Stoff, aus dem dieses

## *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

Elementarteilchen besteht, Eigenschaften aufweist, die es ihm ermöglichen, zwischen den beiden Zuständen des Einheitsvektors zu oszillieren, deren Kreuzprodukt zu einer solchen Umkehrung der Anwendungsrichtung des resultierenden senkrechten Einheitsvektors führt, würde dies in der Tat die Anwendungsrichtung des mit dem umgekehrten *Einheitsvektor* verbundenen Wertes klären und bestätigen.

Es ist so, dass die Bedingungen, die de Broglie 1937 identifizierte, damit lokalisierte elektromagnetische Photonen, die präzisen Trajektorien der kleinsten Wirkung folgen, den Maxwell-Gleichungen [22] gehorchen, genau beinhalten, dass die *Energiesubstanz*, aus der diese lokalisierten Photonen bestehen, wie von Einstein in seinem ersten Artikel von 1905 [30] definiert, eine solche *Substanz* sein muss, deren erforderliche Eigenschaften in Referenzen [10] [11] identifiziert wurden.

Die von de Broglie ([22], S. 277) genannten Bedingungen waren, dass das lokalisierte Photon nur dann erklärt werden kann, wenn es zwei Teilchen oder Halbphotonen mit Spin  $1/2$  umfasst, um gleichzeitig die Bose-Einstein-Statistik und das Plancksche Gesetz zu erfüllen, den photoelektrischen Effekt perfekt zu erklären und gleichzeitig den Maxwellschen Gleichungen zu gehorchen und die Eigenschaften der Dirac-Theorie der komplementären Korpuskel-Symmetrie vollständig zu erfüllen. Er fügte hinzu, dass ein solches komplementäres Teilchenpaar beim Kontakt mit der Materie wahrscheinlich vernichtet wird, indem es seine gesamte Energie abgibt, was die Eigenschaften des photoelektrischen Effekts perfekt erklärt, und dass es aus zwei Elementarteilchen mit Spin  $h/4\pi$  besteht, und schließlich, dass dieses Modell des Photons die Definition eines elektromagnetischen Feldes ermöglicht, das mit der Wahrscheinlichkeit der Annihilation des Photons verbunden ist, ein Feld, das den Maxwellschen Gleichungen gehorcht und alle Eigenschaften der elektromagnetischen Lichtwellen aufweist.

Die in den Referenzen [10] [11] identifizierten Eigenschaften, die die Energiesubstanz haben muss, damit die lokalisierten elektromagnetischen Photonen die von de Broglie identifizierten Bedingungen erfüllen, sind *Inkompressibilität*, *Fluidität*, *Elastizität* und eine *Tendenz-immer-in-Bewegung-zu-bleiben*.

Um auf die bereits zitierte Schlussfolgerung von de Broglie zurückzukommen, dass die Nichtindividualität der Teilchen, das Ausschlussprinzip und die Austauschenergie drei eng miteinander verbundene Rätsel sind, die mit der Unmöglichkeit verbunden sind, elementare physikalische Entitäten im Rahmen des kontinuierlichen dreidimensionalen Raums – oder allgemeiner der kontinuierlichen vierdimensionalen Raumzeit – exakt darzustellen, ist diese Schlussfolgerung mit der Unmöglichkeit verbunden, irgendeine logische mechanische Art und Weise zu identifizieren, in der diese Energiesubstanz in interne elektromagnetische Schwingung zwischen den beiden Zuständen versetzt werden könnte, die durch die  $\mathbf{j}$ - und  $\mathbf{k}$ -Einheitsvektoren des kartesischen 3D-Koordinatensystems innerhalb der begrenzten Grenzen des normalen 3D-Raums repräsentiert werden, was ihre messbaren Frequenzen kohärent erklären würde.

Es war auch nicht möglich, innerhalb der engen Grenzen des normalen 3D-Raums eine logische mechanische Methode zu etablieren, um zu erklären, wie es elektromagnetischen Photonen mit einer Energie von über 1,022 MeV, die als maßlos angenommen werden, gelingt, sich in ein Paar massiver Elektronen und Positronen aufzuspalten., wie bereits in den 1930er Jahren bei Andersons erstem Nachweis von Positronen in seiner Blaskammer [31] entdeckt wurde. Ein solches Ereignis wurde

### *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

eindeutig im FERMILAB-Experiment E-632 aufgezeichnet, das in der 15-Fuß-Blaskammer von FERMILAB durchgeführt wurde [33].

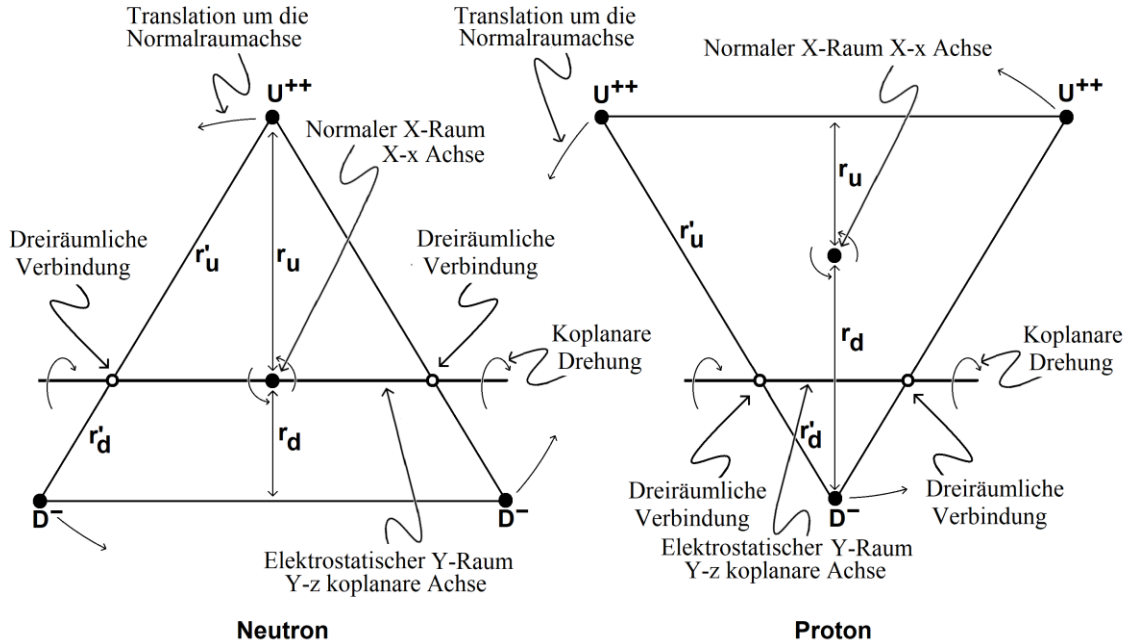
Es war auch nicht möglich, eine mechanische Erklärung für die unveränderliche elektrische Einheitsladung des Elektrons und des Positrons zu finden, ebenso wenig wie für die Teilladungen der drei streubaren inneren Komponenten von Protonen und Neutronen.

Es war auch nicht möglich, eine mechanische Erklärung für die relative *magnetische Spin*-Wechselwirkung zwischen geladenen Elektronen zu liefern, die es ihnen ermöglicht, sich in attraktiver antiparalleler Ausrichtung zu paaren, um kovalente Bindungen zwischen Atomen trotz ihrer gleichen repulsiven elektrischen Ladungen mit gleichem Vorzeichen zu bilden, in Paaren, um Elektronenorbitale in Atomen zu füllen und in frei beweglichen Cooper-Paaren, und schließlich in relativer standardmäßiger abstoßender paralleler Spin-Ausrichtung, um zu verhindern, dass Elektronen auf Atomkerne in Atomen stürzen.

Es war auch nicht möglich, in den begrenzten Grenzen des normalen 3D-Raums eine logische mechanische Art und Weise zu etablieren, in der die Dreikörperstrukturen von Protonen und Neutronen wie beobachtet stabilisiert werden konnten, wobei das Proton dauerhaft stabil ist und das Neutron etwas instabil wird, wenn es isoliert ist, d.h., zwei Strukturen, die, um mit der elektromagnetischen Natur ihrer streuungsfähigen Triaden-Unterkomponenten vereinbar zu bleiben, sich mechanisch gleichzeitig in zwei zueinander senkrechten Richtungen um zwei senkrechte Rotations-/Translationsachsen drehen und verschieben müssen, die sich in der Neutronenstruktur schneiden, was ihre Instabilität erklärt, und sich in der Protonenstruktur nicht schneiden, was ihre Stabilität erklärt, wie in Referenz [32] analysiert.

Damit sich die Leser den unerwarteten inneren Bewegungszustand der Nukleonen leichter vorstellen können, werden die in Referenz [32] im Zusammenhang mit der Analyse und Veröffentlichung der inneren 3-Körper-Strukturen von Proton und Neutron im Jahr 2013 verwendeten Abbildungen hier als **Abbildung 10** wiedergegeben, die die streuungsfähigen geladenen elektromagnetischen Unterkomponenten nur durch ihre *Präsenzzentren* darstellt, ohne ihre dreiräumlichen Vektorkomplexe zu illustrieren, die in den Referenzen [13] [14] im Zusammenhang mit der Einrichtung des gemeinsamen Vektorfeldes der elektromagnetischen und kinematischen Mechanik [14] zur Verfügung gestellt wurden.

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry



**Abbildung 10:** Rotations- und Translationsachsen der Triaden der internen streubaren Teilkomponenten von Protonen und Neutronen.

## 7. Die dreiräumliche Geometrie

Erstmals 1999 in einem Popularisierungswerk vorgestellt – das 2012 als E-Book neu aufgelegt wurde [34] – wurde die umfassendere Raumgeometrie, die de Broglie für notwendig erachtet hatte, vorgeschlagen, die die Lösung für diese mechanischen Prozesse brachte, die er für unmöglich hielt, innerhalb der Grenzen unseres normalen 3D-Raums zu etablieren, um dann im Jahr 2000 auf dem Kongress-2000 an der Staatlichen Universität St. Petersburg [23] vorgestellt und schließlich im April 2013 in Referenz [35] offiziell veröffentlicht zu werden.

Diese erweiterte Raumgeometrie erlaubte es, die Frequenzen lokalisierter Photonen durch eine mechanische Oszillation der halben Photonenenergie zwischen dem  $\mathbf{E}$ -Feld-Zustand und dem  $\mathbf{B}$ -Feld-Zustand zu erklären, in Übereinstimmung mit Maxwells ursprünglicher Interpretation der gegenseitigen Hin- und Herinduktion beider Felder auf einer Ebene quer zu ihrer Bewegungsrichtung, wie sie in Referenzen [13] [14] analysiert wurde.

Damit konnte auch erklärt werden, wie die Gesamtenergie eines sich bewegenden Photons mit einer Energie von mehr als 1,022 MeV in ein Paar aus *massereichem* Elektron und Positron umgewandelt werden kann, indem die gesamte Energie mechanisch auf eine Ebene senkrecht zum normalen Raum übertragen wird [26].

Sie ermöglichte es auch, eine mechanische Erklärung für das Problem zu finden, das im normalen 3D-Raum nicht gelöst werden kann, nämlich dass sich die internen Triaden der Nukleonen um zwei senkrecht zueinander stehende Achsen drehen/verschieben, die sich in der Neutronenstruktur schneiden, was ihre Instabilität erklärt, wenn sie isoliert

### *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

sind, die sich aber in der Protonenstruktur nicht schneiden, obwohl sie senkrecht zueinander stehen, was die Gesamtstabilität des Protons erklärt [32].

Diese erweiterte Raumgeometrie ermöglichte auch eine mechanische Erklärung für die invariante elektrische Einheitsladung des Elektrons und des Positrons sowie eine mechanische Erklärung für die Teilladungen der drei streubaren inneren Komponenten von Protonen und Neutronen, wie sie in Referenz [32] analysiert wurden.

Sie lieferte auch eine mechanische Erklärung für die relative *magnetische Spin-Wechselwirkung*, die es geladenen Elektronen ermöglicht, sich in attraktiver antiparalleler Ausrichtung zu paaren, trotz ihrer elektrischen Ladung mit gleichem Vorzeichen um kovalente Bindungen zwischen Atomen zu bilden, in Paaren, um Elektronenorbitale in Atomen zu füllen, und in frei beweglichen Cooper-Paaren zu Paaren, und schließlich in relativer standardmäßiger abstoßender paralleler Spin-Ausrichtung, um zu verhindern, dass Elektronen auf Atomkerne in Atomen stoßen, wie durch das Experiment bestätigt wurde, das die Grundlage für die Entwicklung der dreiräumlichen Geometrie bildet [26].

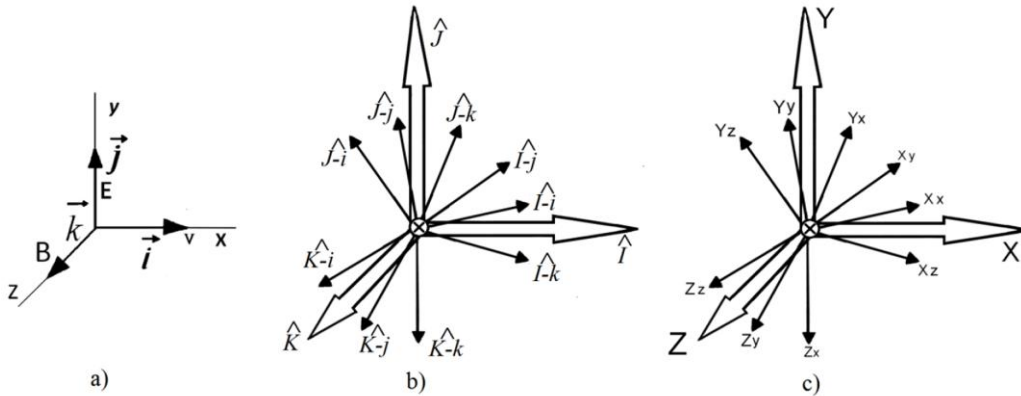
Kurz dargestellt, ergab sich diese Lösung aus der seit langem etablierten invarianten dreifachen vektoriellen Orthogonalität des Vektor-Kreuzprodukts der Vektoren der  $\mathbf{E}$ - und  $\mathbf{B}$ -Felder, die im Elektromagnetismus so grundlegend ist (**Abbildung 11a**). Wenn die  $\mathbf{j}$ - und  $\mathbf{k}$ -Minor-Einheitsvektoren des Normalraums, die die  $\mathbf{E}$ - und  $\mathbf{B}$ -Felder im klassischen Elektromagnetismus repräsentieren, zu *voll entwickelten 3D-Hauptvektorräumen* erweitert werden, die durch  $\mathbf{J}$ - und  $\mathbf{K}$ -Hauptvektoren repräsentiert werden, von denen jeder seinen eigenen internen Satz von *ijk-Minor-Einheitsvektoren* besitzt, entsteht ein *voll entwickelter 3D-Hauptvektor-Normalraum*, der durch einen *Haupteinheitsvektor*  $\mathbf{I}$  repräsentiert wird, als vektorielles Kreuzprodukt der *Hauptvektoren*  $\mathbf{J}$  und  $\mathbf{K}$ , der auch seinen üblichen internen Satz von *ijk-Minor-Einheitsvektoren* beibehält (**Abbildungen 11b** und **11c**).

Diese völlig neue vektorielle Raumgeometrie ermöglichte es nicht nur, frei bewegliche Photonen gemäß den de Broglie-Bedingungen logisch darzustellen, sondern auch mechanisch zu erklären, wie solche Photonen ausreichender Energie in Paare aus *massiven* Elektronen und Positronen entkoppelt werden können [26], und auch mechanisch zu erklären, wie Dreiergruppen von ausreichend thermischen Elektronen und Positronen beschleunigt werden können, um sich als die energiereichsten Dreiergruppen elementarer elektromagnetischer Teilchenkonfigurationen zu stabilisieren, die im Universum existieren können, nämlich Protonen und Neutronen [32], und deren elektromagnetische Intensität in ihrer neuen Umgebung die Veränderung ihrer Masse- und Ladungseigenschaften in den beobachteten Zustand erklären würde.

Der gemeinsame punktuelle Ursprung  $\mathbf{0}$  der drei orthogonalen Vektorräume wird dann als ein infinitesimales Volumen  $dV$  begriffen, durch das die Energie eines lokalisierten Quants, das nun als eine lokale Menge physikalisch existierender *Energiesubstanz* wahrgenommen wird, zwischen den drei Räumen wie durch kommunizierende Gefäße hindurchgehen kann, um den von der Symmetrie geforderten Gleichgewichtszustand herzustellen, und dessen infinitesimaler Querschnitt  $ds$  als Drehpunkt dient, gegen den die Hälfte der Energie des Quants ihren Druck ausüben kann, um die andere Hälfte zu veranlassen, sich im Raum zu bewegen – in einer Ebene senkrecht zur Richtung dieser Bewegung im Raum transversal im stationären Modus zu schwingen – wenn die lokale elektromagnetische Umgebung dies zulässt. Daraus ergibt sich zur Veranschaulichung

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

der erweiterte 3x3D+1-Vektorraum, der dem dreiräumlichen Modell zugrunde liegt, wobei das +1-Element natürlich die Zeit-Dimension darstellt, die in Referenz [36] analysiert wird.



**Abbildung 11:** Haupt- und Nebenvektorsätze für die dreiräumliche Geometrie.

Die Schwierigkeit für uns, mehr als drei senkrechte Dimensionen auf einmal mental zu visualisieren, wird dadurch gelöst, dass wir jeden der großen 3D-Vektorräume  $\mathbf{I} \mathbf{J} \mathbf{K}$  so behandeln, als wären sie gefaltete 3-Rippen-Regenschirme, die sich an ihren Spitzen senkrecht treffen, und die, einmal gefaltet, die Menge der 3x3D-Hauptvektorräume auf die grundlegende 3D-Kreuzproduktvektordarstellung von **Abbildung 11a** reduzieren, und wenn die Haupteinheitsvektormenge  $\mathbf{I}=\mathbf{J}=\mathbf{K}=1$  durch eine *Haupteinheitsvektormenge*  $\hat{\mathbf{I}}=\hat{\mathbf{J}}=\hat{\mathbf{K}}=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  in **Abbildung 11b** ersetzt wird, dann kehrt der *Haupteinheitsvektor*  $\hat{\mathbf{I}}$  seine Anwendungsrichtung um, wenn das Kreuzprodukt der *Haupteinheitsvektoren*  $\hat{\mathbf{J}}$  und  $\hat{\mathbf{K}}$  angewendet wird (Vektoren  $\hat{\mathbf{J}}\times\hat{\mathbf{K}}=-1\hat{\mathbf{I}}$ ), und die auf den Einheitsvektor  $\hat{\mathbf{I}}=\sqrt{-1}=-1\angle 180^\circ$  bezogene Impulsenergie, wird sich zeigen, dass sie richtig ausgerichtet ist, um ihren Druck auf die infinitesimale  $ds$ -Oberfläche auszuüben, während sie die träge transversal oszillierende Energie auf der gegenüberliegenden Seite der die drei Räume trennenden Verbindungsstelle antreibt, was mit dem Ergebnis von Gleichung (14) übereinstimmt, wie in **Abbildung 9a** dargestellt.

Wenn man die Schirme nacheinander öffnet, kann man die Bewegung der *Energiesubstanz*, die in jedem 3D-Vektorraum des Sets zirkuliert, nacheinander visualisieren.

Das Kreuzprodukt der Vektoren  $\hat{\mathbf{j}}$  und  $\hat{\mathbf{k}}$ , wie es traditionell im klassischen kartesischen Koordinatensystem mit den Einheitsvektoren  $\mathbf{i}=\mathbf{j}=\mathbf{k}=1$  gebildet wird (**Abbildung 2**, wiedergegeben als **Abbildung 11a**), lässt den resultierenden Vektor scheinbar in der positiven Richtung  $\hat{\mathbf{j}}\times\hat{\mathbf{k}}=1\hat{\mathbf{i}}$  gelten, aber in Wirklichkeit bleibt er undefiniert, weil ein Einheitsvektor, der als  $\mathbf{i}=1$  definiert ist, nicht grundsätzlich richtungsabhängig ist, während ein *Einheitsvektor*, der als  $\hat{\mathbf{i}}=\sqrt{-1}=-1\angle 180^\circ$  definiert ist, per Struktur richtungsabhängig ist, was eindeutig seine umgekehrte Anwendungsrichtung bestätigt, das heißt, dass das Element, das sich auf den nun *reellen Einheitsvektor* ( $-1\angle 180^\circ$ ); bezieht, geometrisch so dargestellt wird, dass es seinen Druck auf die beiden Elemente ausübt, die durch die beiden *komplexen Einheitsvektoren*  $\hat{\mathbf{j}}\times\hat{\mathbf{k}}$  dargestellt werden, die nun an dem entsprechenden vektoriellen Kreuzprodukt beteiligt sind.

Vom realen normalen X-Raum aus betrachtet, scheint die gesamte Energie, die in den

komplexen elektrostatischen und magnetostatischen Y- und Z-Räumen zu einem bestimmten Zeitpunkt eines jeden Zyklus der elektromagnetischen Frequenz des betreffenden Substanzquantums vorhanden ist, sowohl longitudinale als auch transversale Trägheit zu besitzen, d. h. omnidirektionale Trägheit. Mit anderen Worten, es scheint eine elektromagnetische Masse zu besitzen. Metaphorisch gesprochen würde sich die Energie, die in diesen beiden zusätzlichen komplexen Räumen vorhanden ist, so verhalten, als wäre sie in einem unsichtbaren Behälter gefangen, der sich dagegen wehrt, aus jeder Richtung aus dem realen normalen X-Raum herumgeschoben zu werden, wobei die unidirektionale Impulsenergie, die im X-Raum vorhanden ist, ihren Druck gegen ihr *Präsenzzentrum* ausübt, wie in den Referenzen [10] [11] analysiert wird.

## 8. Das elektromagnetische Photon

Dies ist auch der Fall für die Impulskomponente  $[(hc/2\lambda)_x \mathbf{I} \mathbf{i}]$  des lokalisierten elektromagnetischen Doppelteilchen-Photons, das nach den Bedingungen von Louis de Broglie definiert ist, was zur Aufstellung seiner LC-Gleichung (17) führte. Diese Gleichung und die dazugehörigen Ableitungen wurden erstmals 2004 in einem Popularisierungswerk [37] veröffentlicht, das als Taschenbuch in den Physikabteilungen zahlreicher Institutionen weit verbreitet war. 2013 wurden sie dann offiziell in der Referenz [35] veröffentlicht und 2016 in den Referenzen [10] [11] neu aufgelegt, um alle Aspekte ihres ontologischen Ursprungs zu erklären:

$$\vec{E} \vec{I} \vec{i} = \left( \frac{hc}{2\lambda} \right)_x \vec{I} \vec{i} + \left[ 2 \left( \frac{e^2}{4C} \right)_y (\vec{J} \vec{j}, \vec{J} \vec{j}) \cos^2(\omega t) + \left( \frac{L i^2}{2} \right)_z \vec{K} \sin^2(\omega t) \right] \quad (17)$$

in der:

$$C = 2\varepsilon_0 \alpha \lambda \quad L = \frac{\mu_0 \alpha \lambda}{8\pi^2} \quad i = \frac{2\pi e c}{\alpha \lambda} \quad (18)$$

sowie deren **E**- und **B**-Felder betreffende Gegenstücke, die gemäß dem durch Gleichung (14) definierten vektoriellen Kreuzprodukt ermittelt werden, d. h.  $c\mathbf{j} \times d\mathbf{k} = -b_i$ :

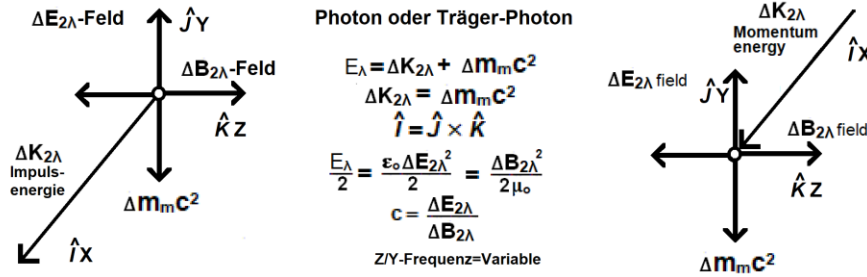
$$\vec{E} \vec{I} \vec{i} = \left( \frac{hc}{2\lambda} \right)_x \vec{I} \vec{i} + \left[ 2 \left( \frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_{2\lambda}^2}{4} \right)_y (\vec{J} \vec{j}, \vec{J} \vec{j}) \cos^2(\omega t) + \left( \frac{\mathbf{B}_{2\lambda}^2}{2\mu_0} \right)_z \vec{K} \sin^2(\omega t) \right] \mathbf{V}_{2\lambda} \quad (19)$$

In der:

$$\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda^2} \quad \mathbf{B} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda^2} \quad \mathbf{V} = \frac{\alpha^5 \lambda^3}{2\pi^2} \quad (20)$$

Diese dreifache orthogonale Beziehung zwischen den **E**- und **B**-Feldern der Photonen, die senkrecht zueinander stehen und auch ihre L- und C-Gegenstücke darstellen, angetrieben durch ihre Impulsenergie  $\Delta\mathbf{K}$ , wurde mit dem linken Bild der **Abbildung 12** in den Referenzen [13] [14] illustriert:

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry



**Abbildung 12:** Der dreiräumliche Vektorkomplex eines Photons oder Träger-Photons.

Natürlich könnte man in Anbetracht der Tatsache, dass Gleichung (17) und (19) zeigen, dass der mit dem  $i_x$ -Vektorverbundene Wert  $b$  visuell so dargestellt werden sollte, dass er direkt gegen den *Präsenz*zentren des Teilchens – mit der Position  $\mathbf{0}$  des *Bezugskoordinatensystems* zusammenfallenden – wie in der rechtsseitigen Darstellung von **Abbildung 12** versuchsweise veranschaulicht wird, Druck ausübt, aber angesichts der Tatsache, dass diese Beziehung immer direkt mit der zugehörigen **Abbildung 13** veranschaulicht wurde, war man der Ansicht, dass die linke Darstellung dieselbe vektorielle Idee transportiert, wobei das Zentrum der dreifach orthogonalen Beziehung, das mit der Position  $\mathbf{0}$  des Koordinatensystems zusammenfällt, deutlicher isoliert wird, da dies der gemeinsame Ort entweder des Ursprungs oder des Anwendungspunkts der gesamten Reihe von Vektoren ist, die die innere Struktur des de Broglie-Doppelteilchen-Photons beschreiben. Aus dieser Perspektive könnte Gleichung (16) zum Beispiel wie folgt umformuliert werden:

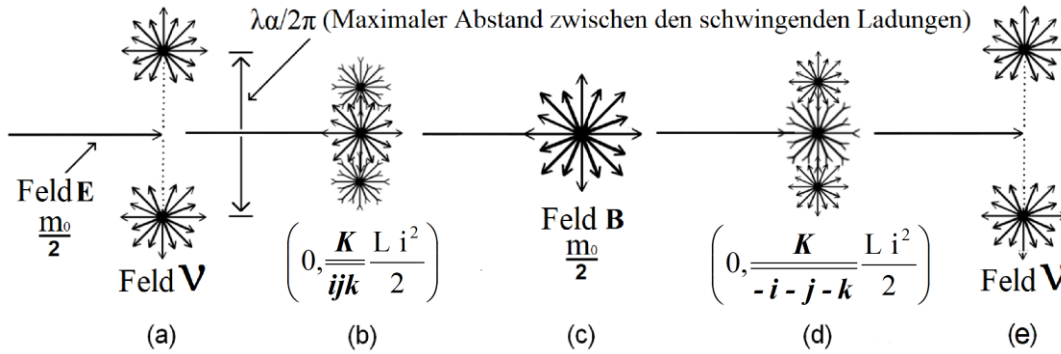
$$\vec{E} \vec{i} \vec{i} = \left( 0, (-I/i) \frac{hc}{2\lambda} \right)_x + \left[ \left\{ \left( 0, (J/j) \frac{e^2}{4C} \right) + \left( 0, (J// - j) \frac{e^2}{4C} \right) \right\}_y \cos^2(\omega t) + \left\{ \left( 0, (K//ijk) \frac{L i^2}{2} \right) + \left( 0, (K// - i - j - k) \frac{L i^2}{2} \right) \right\}_z \sin^2(\omega t) \right] \quad (21)$$

In der die *Haupteinheitsvektoren*  $\mathbf{I}=\mathbf{J}=\mathbf{K}=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  die drei zueinander orthogonalen Räume der dreiräumlichen Geometrie darstellen, und die drei *Nebeneinheitsvektoren*  $\mathbf{i}=\mathbf{j}=\mathbf{k}=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  die inneren dreidimensionalen Koordinatensysteme innerhalb jedes Raumes darstellen, und dass die Vektordarstellungen ( $\mathbf{I//i}$ ,  $\mathbf{J//j}$ ,  $\mathbf{J//j}$ ,  $\mathbf{K//ijk}$ ,  $\mathbf{K//i-j-k}$ ) den die betreffenden inneren Raum-*Nebeneinheitsvektoren* mit dem lokalen *Haupteinheitsvektor*  $\mathbf{I}$   $\mathbf{J}$  oder  $\mathbf{K}$  des betreffenden Raums in Beziehung setzen.

Die vektorielle Konfiguration ( $\mathbf{K//ijk}$ ) stellt die sphärische Expansionsphase der magnetischen Komponente der Energie des Photons dar, die zur maximalen Präsenz im magnetostatischen Z-Raum führt (**Abbildung 13b**), während es den Y-Raum verlässt (**Abbildung 13a**), während die vektorielle Konfiguration ( $\mathbf{K//i-j-k}$ ) seine kugelförmige Rückbildungsphase in Richtung der Nullpräsenz im magnetostatischen Z-Raum darstellt (**Abbildung 13d**), während es als Zwillingladungen, die sich im Y-Raum voneinander entfernen, wieder in den Y-Raum eintritt (**Abbildung 13e**), bis zur maximalen Präsenz und Trennung im Y-Raum, wodurch der nächste Zyklus seiner Schwingung eingeleitet wird.

Die Beziehung zwischen der Polarisierbarkeit elektromagnetischer Photonen und dem Doppelteilchen-Aspekt ihres  $\mathbf{E}$ -Feld-Zustands im Y-Raum, dargestellt in **Abbildung 13a**, wird in den Referenzen [10] [11] analysiert.

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry



**Abbildung 13:** Darstellung des stationären transversalen Schwingungszyklus des elektromagnetischen Halbquants eines frei beweglichen Photons oder des Träger-Photons eines Elektrons.

Wir können nun Gleichung (17) entsprechend der Kreuzproduktkonfiguration des *Quaternion-Koordinatenreferenzsystems* von Gleichung (13) formatieren, wobei:

$$b = \left( \frac{hc}{2\lambda} \right)_{-x_i}, \quad c = 2 \left( \frac{e^2}{4C} \right)_{jY}, \quad d = \left( \frac{L i^2}{2} \right)_{kZ} \quad (22)$$

und schließlich:

$$E = |-b_x| + [c j \cos^2(\omega t) + d k \sin^2(\omega t)] \quad (23)$$

wobei  $-b$  die Impulsenergie darstellt, die einen Druck auf das *Präsenzzenrum* des Teilchens ausübt, das als eine infinitesimale *ds-Fläche* visualisiert wird, auf die dieser Druck ausgeübt werden kann (Gleichung (14) und **Abbildung 9a**), wie in den Referenzen [13] [14] beschrieben, die c- und d-Komponente von Gleichung (23), die sich in ständiger Schwingung auf der  $\mathbf{JK}$ -Ebene senkrecht zu seiner Bewegungsrichtung im X-Raum befinden durch das oben erwähnte infinitesimale Volumen  $\Delta V$ , das die Verbindung zwischen den drei Vektorräumen im Punkt 0 des Kreuzprodukts  $\mathbf{J} \times \mathbf{K} = \mathbf{I}$  in **Abbildung 11b** herstellt, das die für die Menge charakteristischen kommunizierenden Gefäße bildet, wodurch es sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit bewegt.

## 9. Die Ruhemasse des Elektrons und seine elektrische Ladung

Ein letzter Fall eines Vektor-Kreuzprodukts muss noch in den Blick genommen werden, der mit Gleichung (15) und **Abbildung 9b** veranschaulicht wird.

In diesem Fall geht es um die Mechanik der Entkopplung eines masselosen elektromagnetischen Photons von 1,022 MeV oder mehr in ein Paar von zwei massereichen Teilchen mit entgegengesetztem elektrischem Vorzeichen, gleicher Masse ( $m_0 = 8,18710414E-14 \text{ Joule}/c^2 = 0,511 \text{ MeV}/c^2$ ) und gleicher elektrischer Ladung ( $e = 1,602176462E-19 \text{ Coulomb}$ ). Die Ruhemassenenergie des Elektrons oder Positrons in Mega-Elektronenvolt (0,511 MeV) erhält man, indem man den Wert der Masse in Joule durch den Wert der unveränderlichen Einheitsladung des Elektrons teilt ( $8,18710414E-14 \div 1,602176462E-19 = 0,5109989027 \text{ MeV}$ ).

Bei der Entkopplung des Photons wird die Impulshälfte dieses elektromagnetischen Photons in die gleiche transversale Ausrichtung wie seine andere Hälfte übertragen, wie in den Gleichungen (17) oder (19) beschrieben, mit einer Wellenlänge ( $\lambda$ ), die der halben

### Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

Compton-Wellenlänge der Ruhemassenenergie des Elektrons ( $\lambda_c=2,426310215E-12$  Meter) entspricht, zur senkrechten Ausrichtung, die bereits die elektromagnetisch schwingende Hälfte der Photonenenergie kennzeichnet.

Die beiden LC-Gleichungen, die die entkoppelten massiven Teilchen – ein Elektron und ein Positron – beschreiben, wurden 2013 offiziell in Referenz [26] veröffentlicht.

Für die *Ruhemasse* des Positrons:

$$E \vec{\mathbf{0}} = m_e c^2 \vec{\mathbf{0}} = \left[ \frac{hc}{2\lambda_c} \right]_Y \vec{\mathbf{J}} \vec{\mathbf{i}} + \left( 2 \left[ \frac{(e')^2}{4C_C} \right]_X (\vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}) \cos^2(\omega t) + \left[ \frac{L_c i_c^2}{2} \right]_Z \vec{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t) \right) \quad (24)$$

und für die *Ruhemasse* des Elektrons:

$$E \vec{\mathbf{0}} = m_e c^2 \vec{\mathbf{0}} = \left[ \frac{hc}{2\lambda_c} \right]_Y \vec{\mathbf{J}} \vec{\mathbf{i}} + \left( 2 \left[ \frac{(e')^2}{4C_C} \right]_X (\vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}) \cos^2(\omega t) + \left[ \frac{L_c i_c^2}{2} \right]_Z \vec{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t) \right) \quad (25)$$

In demselben Artikel wurde auch die mit den  $\mathbf{E}$ - und  $\mathbf{B}$ -Feldern zusammenhängende Äquivalenzgleichung für die Ruhemasse des Elektrons vorgeschlagen, wobei erwähnt wurde, dass die Äquivalenzgleichung für das Positron bis auf die Ausrichtung seines elektrostatischen Y-Raum-Nebenvektors identisch war [ $\mathbf{J} \vec{\mathbf{i}}$  für das Positron und  $\mathbf{J} -\vec{\mathbf{i}}$  für das Elektron, wie in den Gleichungen (24) und (25)]:

$$m_e c^2 \vec{\mathbf{0}} = \left[ \frac{\epsilon_0 \mathbf{E}^2}{2} \mathbf{V} \right]_Y \vec{\mathbf{J}} \vec{\mathbf{i}} + \left[ 2 \left( \frac{\epsilon_0 \mathbf{V}^2}{4} \right)_X (\vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}) \cos^2(\omega t) + \left( \frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0} \right)_Z \vec{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t) \right] \mathbf{V} \quad (26)$$

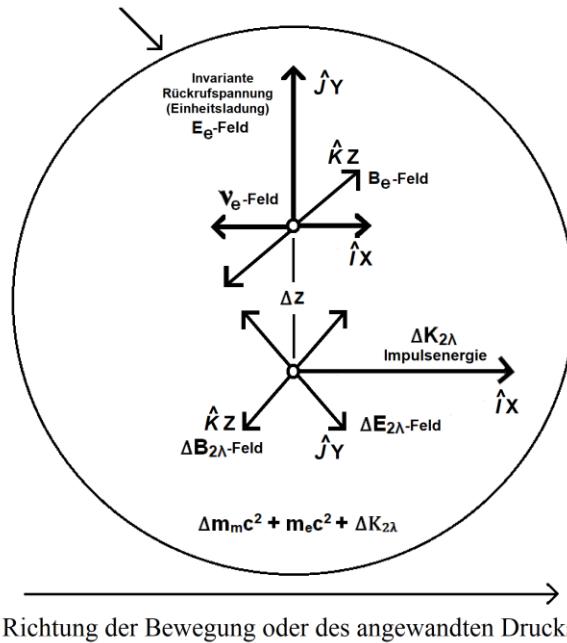
Der Vektor  $\mathbf{0}$ , der sich auf die Gesamtenergie jedes massiven Teilchens bezieht, bezieht sich auf die Tatsache, dass die gesamte Energie der invarianten *Ruhemasse* des Elektrons und des Positrons physikalisch senkrecht zum *normalen X-Raum* ausgerichtet ist, was bedeutet, dass keine Energie der *Ruhemasse* verfügbar bleibt, um sie im *normalen Raum* anzutreiben, was in direktem Zusammenhang mit der bereits erwähnten Entdeckung von Schrödinger steht, dass die  $\Psi_{(r, t)}$ -Komponente seiner Wellengleichung (2) irgendwie senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung ausgerichtet sein musste, die damals als entlang der Bohr'schen Flugbahn im Bohr-Atom im Grundzustand angenommen wurde, was in seiner Gleichung durch die Verwendung des senkrechten  $\vec{\mathbf{i}} = \sqrt{-1} = 1 \angle 90^\circ$  *gedrehten Einheitsvektors* festgelegt wurde.

Die Analyse und Beschreibung der *neutrinishen* Energiekomponente des ()x-Terms der Gleichungen (24), (25) und (26) ist in Referenz [38] enthalten.

Wie in den Referenzen [13] [14] dargelegt und in **Abbildung 14** veranschaulicht, muss ein Träger-Photon, wie in den Gleichungen (17) und (19) beschrieben, mit der Ruhemasse des Elektrons oder des Positrons verbunden sein, damit es sich im *normalen Raum* bewegen kann.

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

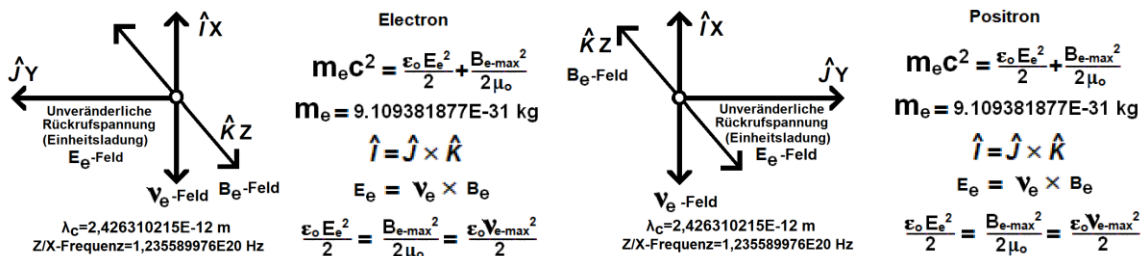
Oszillierendes zusammengesetztes Magnetfeld des sich bewegenden Elektrons



**Abbildung 14:** Der dreiräumliche Vektorkomplex aus der *relativistischen Masse* des bewegten Elektrons und seiner Impulsenergie.

Wie in den Referenzen [13] [14] dargelegt, ist es die von diesem Trägerphoton gelieferte  $\Delta K$ -Impulsenergie, die mit der de Broglie-Gleichung (1) und der Schrödinger-Gleichung (2) für jedes erlaubte Orbital des Wasserstoffatoms berechnet werden kann, entsprechend dem von de Broglie eingeführten Konzept der Pilotwelle, die es dem Teilchen ermöglicht, sich im normalen Raum zu bewegen.

Wie alle anderen LC- und  $E/B$ -Gleichungen, einschließlich der Gleichungen, die die streubaren inneren Teilkomponenten von Protonen und Neutronen beschreiben [32], können die Gleichungen (24), (25) und (26), die die *Ruhemasse* von Elektronen und Positronen beschreiben, umformuliert werden, um ihre lokalen Vektorkomplexe auf den Ursprung  $\mathbf{0}$  – oder den  $ds$  oder  $dV$ -Knotenpunkt, der mit ihren *Präsenzzentren* zusammenfällt – jedes ihrer lokalen dreiräumlichen Koordinatensysteme zu beziehen (**Abbildung 11b**), wie es mit Gleichung (21) für die beiden Gleichungen (17) und (19) getan wurde und wie es mit ihren Darstellungen in **Abbildung 15** veranschaulicht wird, in der der *Ladungsspannungsvektor* des Elektrons vereinbarungsgemäß nach links ausgerichtet ist, um seine negative Anwendungsrichtung darzustellen, während der *Ladungsspannungsvektor* des Positrons nach rechts ausgerichtet ist, um seine positive Anwendungsrichtung darzustellen [26] [13] [14].

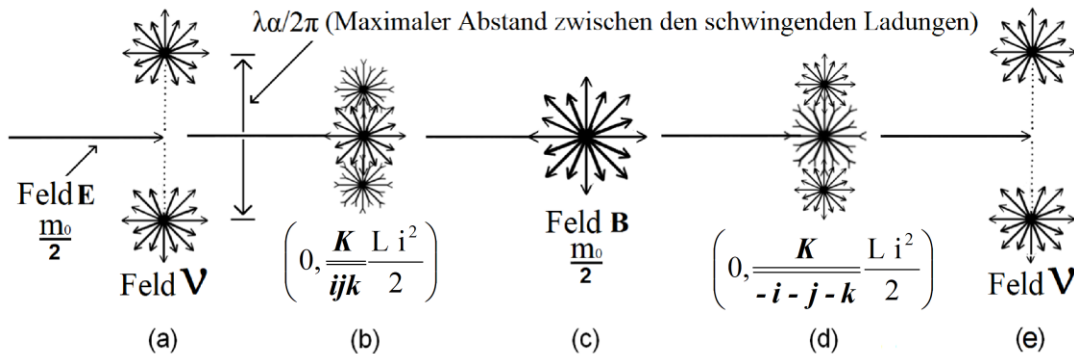


**Abbildung 15:** Die dreiräumlichen Vektorkomplexe der *unveränderlichen Ruhemassen* des Elektrons und des Positrons.

Die dreiräumliche Geometrie wirft sofort ein neues Licht auf die Frage nach dem Vorzeichen der elektrischen Ladungen, da diese fortan in einem separaten Y-Raum "leben". Die elektrische Ladung der Elementarteilchen kann nun als Vektor mit negativem, positivem oder Null-Vorzeichen im Y-Raum dargestellt werden. Die Ladung des Elektrons entspräche dann einem *unveränderlichen Impulsdruck* in negativer Richtung entlang der Y-x-Achse, die des Positrons einem *unveränderlichen Impulsdruck* in positiver Richtung entlang der Y-x-Achse, und das Null-Vorzeichen der de Broglie-Halbphotonen-Ladungen würde dadurch erklärbar, dass diese *variablen Ladungen mit entgegengesetztem Vorzeichen* in der Y-y/Y-z-Ebene senkrecht zur Y-x-Achse in entgegengesetzter Richtung oszillieren, einer Ebene, in der sie in jeder Richtung um den Ursprung **0** polarisierbar sind, wie in den Referenzen [10] [11] dargestellt und in den Referenzen [39] [40] analysiert.

Der Aspekt der Rückrufspannung der invarianten Elektronen- und Positronenladungen in Bezug auf die Coulomb-Rückrufkraft wird in den Referenzen [13] [14] analysiert. Die Teilladungen der streubaren inneren Unterkomponenten von Protonen und Neutronen werden in [32] analysiert.

Vergleicht man sorgfältig die **Abbildung 13**, die die stationäre Transversalschwingung der elektromagnetischen Photonen oder Trägerphotonen darstellt, mit der **Abbildung 16**, die die stationäre Transversalschwingung der *Ruhemassenenergie* des Elektrons oder Positrons darstellt, wird man feststellen, dass die Hälfte der Energie des Photons zwischen dem Zustand des Doppelteilchen-**E**-Feldes im Y-Raum und dem Zustand des Einkomponenten-**B**-Feldes im Z-Raum oszilliert, während die Hälfte der Energie des Elektrons oder Positrons eher zwischen dem Zustand des Doppelteilchen-**v**-Feldes im X-Raum und dem Zustand des Einkomponenten-**B**-Feldes im Z-Raum oszilliert.



**Abbildung 16:** Darstellung der zyklichen Oszillation der Hälfte der Ruhemassenenergie des Elektrons zwischen seinem magnetischen **B**-Zustand und seinem neutrinischen **v**-Doppelladungszustand, während die andere Hälfte die invariante Energie seines E-Feldes darstellt.

Die gleiche vektorielle magnetische Konfiguration (**K//ijk**) plus (**K//i-j-k**) wie für das elektromagnetische Photon (**Abbildung 13**), die die sphärischen Expansions- und Regressionsphasen der magnetischen Komponente der Elektronenenergie darstellt, kann

## *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

in Gleichung (26) und **Abbildung 16** beobachtet werden. Die Beziehung zwischen diesem Verhalten der magnetischen Schwingungsphase des Elektrons und dem Spin des Elektrons wurde als Ergebnis des 1998 durchgeführten Experiments entdeckt, das in der Referenz [26] analysiert wurde und die Entwicklung der dreiräumlichen Geometrie auslöste. Die Analyse des damit verbundenen mechanischen Aufbaus kovalenter molekularer Bindungen, des Auffüllens elektronischer Orbitale durch Elektronenpaare, der Erzeugung von Cooper-Paaren und der entsprechenden Interpretation des Stern-Gerlach-Experiments wurde in Referenz [14] veröffentlicht.

Wie bereits erwähnt, kann man, wenn man die **Abbildungen 13** und **16** mit den entsprechenden LC-Gleichungen – Gleichung (17) für **Abbildung 13** und Gleichungen (24) und (25) für **Abbildung 16** – in Beziehung setzt, feststellen, dass die Energie des Photons zwischen dem Y-Raum und dem Z-Raum oszilliert, während die Energie der massiven Teilchen Elektron und Positron zwischen dem X-Raum und dem Z-Raum oszilliert, wie in der Referenz [26] analysiert und dargestellt.

Dies ist es, was die Aufmerksamkeit wieder auf das vektorielle Kreuzprodukt von Gleichung (14) lenkt, wie es in **Abbildung 9a** dargestellt ist, das die Gleichung (17) so strukturiert, dass das Kreuzprodukt der *Haupteinheitsvektoren*  $\mathbf{J}$  und  $\mathbf{K}$  dazu führt, dass der *Impulseinheitsvektor* des Photons auf seinen *Präsenzcentren* ausgerichtet ist, anstatt von ihm weg, um die Tatsache korrekt zu berücksichtigen, dass der Impuls-Energievektor, der mit dem resultierenden *Haupteinheitsvektor*  $\mathbf{I}=-1_I$  verbunden ist, nun seine Größe gegen den *Präsenzcentren* des Teilchens anwendet, um es mit Lichtgeschwindigkeit im Vakuum im Fall von elektromagnetischen Photonen anzutreiben, eine Lichtgeschwindigkeit, die sich aus der Tatsache ergibt, dass die *angetriebene* Energiemenge aufgrund der Symmetrie *immer genau gleich* der Menge der *treibenden* Impulsenergie ist, wie in Referenz [41] mathematisch nachgewiesen.

Die Untersuchung der Gleichungen (24) und (25) zeigt, dass bei massiven Teilchen dem Haupteinheitsvektor  $\mathbf{J}$  des Y-Raums eher das Kreuzprodukt der *Nebeneinheitsvektoren*  $\mathbf{J}\mathbf{j}$  und  $\mathbf{J}\mathbf{k}$  untergeordnet ist, was dazu führt, dass der Impuls-*Nebeneinheitsvektor*  $\mathbf{J}\mathbf{i}$  – auf der Ebene Y-y/Y-x innerhalb des Y-Raums – des Elektrons und des Positrons in entgegengesetzte Richtungen orientiert ist und für das Positron einen Druck in Richtung des normalen X-Raums und für das Elektron einen Druck weg vom normalen Raum ausübt. In der dreiräumlichen Geometrie ist es dieser invariante Druck, der in entgegengesetzte Richtungen zum normalen X-Raum hin und vom normalen X-Raum weg ausgeübt wird, der als die invarianten und entgegengesetzten Ladungen des Elektrons und des Positrons gemessen wird. Der Druck, der von den Teilladungen der streubaren Unterkomponenten von Protonen und Neutronen ausgeübt wird, wird in Referenz [32] analysiert.

## **10. Jenseits von Kernspaltung und Kernfusion**

Die dreiräumliche Geometrie ermöglichte es auch, sich die Möglichkeit vorzustellen, Energieniveaus zu erzeugen, die weit über die der Kernfusion hinausgehen, wie in den Referenzen [42] [43] [44] analysiert wurde, indem mechanische Mittel identifiziert wurden, mit denen Neutronen und Protonen potenziell erzeugt werden könnten, indem Triaden von ausreichend thermischen Elektronen und Positronen in so großer Nähe zur

### *Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry*

Wechselwirkung gebracht werden, dass sie sich gegenseitig in  $e^+ e^+ e^-$  und  $e^- e^- e^+$  Triaden einfangen, wobei die Energie nicht ausreicht, um der gegenseitigen Wechselwirkung zu entgehen, wie in der Referenz [32] beschrieben.

Aus den Schlussfolgerungen, die aus der Analyse einer solchen Triadenbildung in Referenz [32] gezogen wurden, ging hervor, dass es sich bei den drei streu- und ladungsfähigen Teilkomponenten von Protonen und Neutronen einfach um ganz normale Elektronen und Positronen handeln könnte, deren Massen- und Ladungseigenschaften durch die Intensität der elektromagnetischen Umgebung, in der sie sich beim Erreichen dieser endgültigen Gleichgewichtszustände stabilisieren, d. h. der intensivsten stabilen Energieniveaus, die es auf subatomarer Ebene im Universum gibt, einfach in diese leicht erhöhten Ruhemassen und verringerten Teilladungen verzerrt wurden.

Die neu geschaffene Energie, die bei jeder solchen Nukleogenese freigesetzt wird, würde sich auf drei Bremsstrahlungsphotonen von je 155 MeV belaufen, also auf insgesamt 465 MeV, plus einer stabilen adiabatisch erzeugten relativistischen, nicht freisetzbaren Massenzunahme von  $938 - 1,533 = 936,467 \text{ MeV}/c^2$ , also auf einen Gesamtenergiegewinn von 1401.467 MeV, d.h. 1.401.467.000 eV oder  $2,245 \times 10^{-10}$  Joule [32], was 34,35 Millionen Mal mehr Energie ist als die 40,8 eV, die bei der anfänglichen irreversiblen adiabatischen Beschleunigung eines neu erzeugten Elektrons auf das Orbital der kleinsten Wirkung eines Wasserstoffatoms gewonnen werden [42] [43].

Um sicherzustellen, dass die Beschreibung dieser Möglichkeit dauerhaft in den offiziellen Unterlagen verbleibt, wurde 2015 beschlossen, einen PCT-Antrag bei der *Weltorganisation für geistiges Eigentum* (WIPO) zur Bewertung einzureichen und in Kanada und den USA Patente für identifizierte potenzielle Mittel zur Erzeugung solcher Nukleonen anzumelden, auch wenn diese Möglichkeiten zu weit von den derzeitigen etablierten physikalischen Theorien entfernt waren, um akzeptiert zu werden.

Folglich sind diese Verfahren, die in den **Abbildungen 17, 18 und 19** zusammenfassend beschrieben sind, jetzt im öffentlichen Bereich und nun öffentlich zugänglich sind, und ihre vollständige Beschreibung und Begründung sind nun dauerhaft auf der WIPO-Website sowie in den Patentdatenbanken Kanadas und der Vereinigten Staaten [45] [46] [47] verfügbar, und zwar für jeden, der sie untersuchen und möglicherweise nutzen möchte.

Anlage zur Erzeugung von Protonen- und Neutronenstrahlen durch Destabilisierung einfallender Photonen

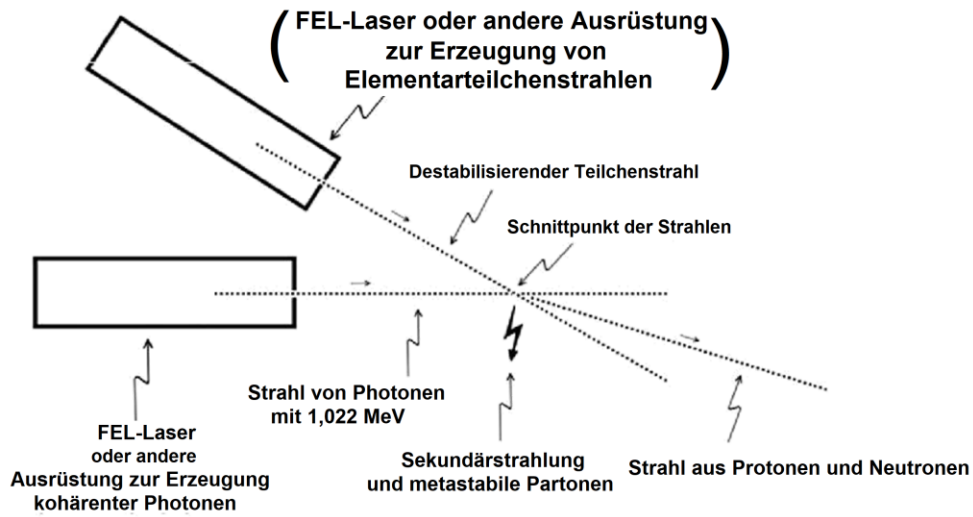


Abbildung 17: Schematische Darstellung einer Teilchenstrahlerzeugungsanlage zur Erzeugung von Protonen und Neutronen aus destabilisierenden Photonen mit jeweils 1,022 MeV Energie.

Anlage zur Erzeugung von Neutronenstrahlen durch Destabilisierung einfallender Elektronen

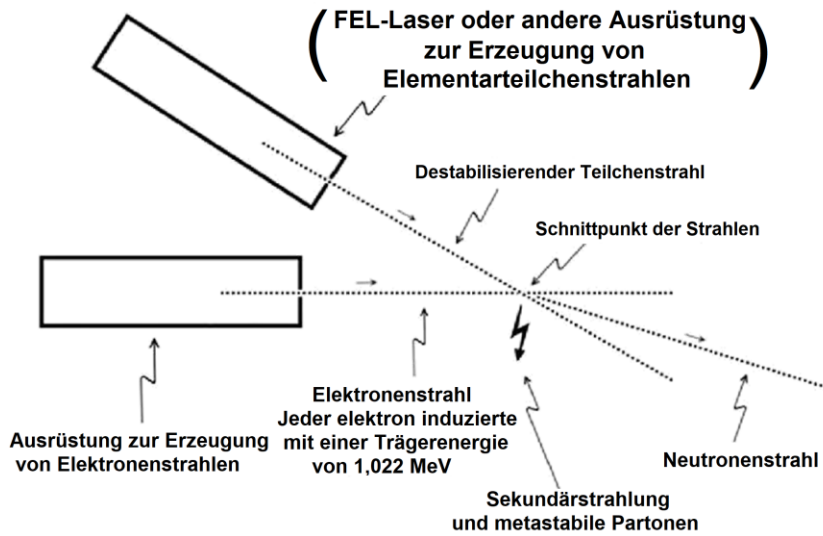
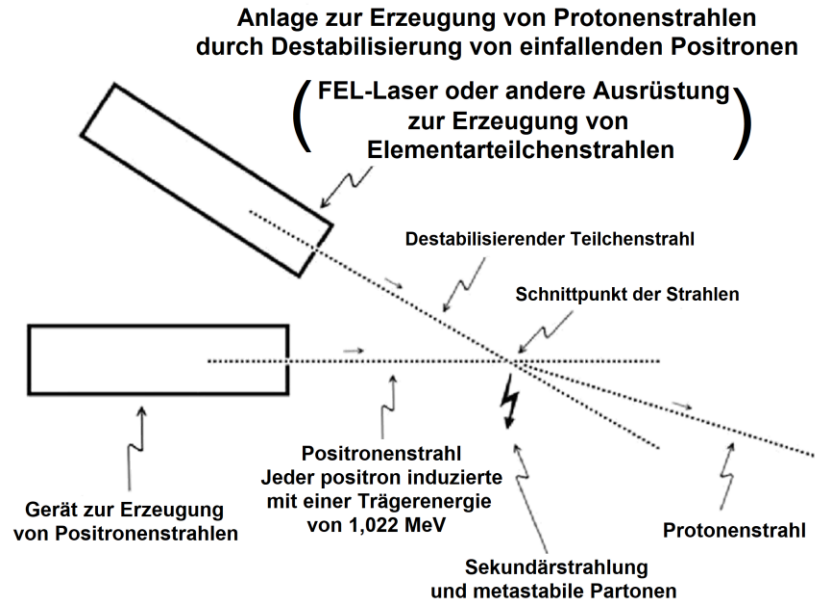


Abbildung 18: Schematische Darstellung einer Teilchenstrahlerzeugungsanlage zur Erzeugung von Neutronen durch Destabilisierung von Elektronen mit jeweils 1,022 MeV Energie.



**Abbildung 19:** Schematische Darstellung einer Teilchenstrahlerzeugungsanlage zur Erzeugung von Protonen aus destabilisierenden Positronen mit jeweils 1,022 MeV Trägerenergie.

## 11. Schlussfolgerung

In Bezug auf Schrödingers Gleichung (2) lässt sich feststellen, dass die Verwendung komplexer Zahlen zur Darstellung der senkrechten Ausrichtung der *Ruhmassenenergie* des Elektrons auf der *komplexen 2D-Ebene* in Bezug auf seine angenommene Bewegungsrichtung entlang der mittleren Bohrschen Bahn die nichtrelativistische Gleichung (1) von de Broglie korrekt wiedergibt, da die *klassische Ruhmasse* des Elektrons, wie in [48] analysiert, als eine Masse ohne innere Struktur angesehen wurde und ihre Darstellung durch eine einzige Größe, die durch  $\Psi_{(r,t)}$  repräsentiert wird und harmonisch um den mittleren Bohr-Radius oszilliert, den nicht-relativistischen Charakter der ursprünglichen de Broglie-Gleichung korrekt wiedergibt. Die Schrödinger-Gleichung wurde schließlich von Dirac zum vollen relativistischen Status aufgewertet.

Im Hinblick auf die Verwendung *komplexer Zahlen* bei der Analyse sinusförmig betriebener elektronischer Schaltungen, typischerweise mit RLC- oder LC-Systemen, die aus Drahtspulen und Kondensatoren bestehen, haben wir festgestellt, dass die vektorielle Orientierung der L- und C-Komponenten dieser Systeme in der *komplexen Ebene* in Bezug auf die *reelle Achse* korrekt dargestellt werden kann, da sowohl L als auch C als senkrecht zur Richtung der reellen Achse in der *2D-komplexen Ebene* dargestellt werden, aber dass es nicht möglich ist, sie anders als entgegengesetzt um  $180^\circ$  darzustellen (**Abbildung 8a**), im Gegensatz zu ihrer bekannten gegenseitigen vektoriellen Ausrichtung von  $90^\circ$  in der elektromagnetischen Theorie, die besser im *3D-Quaternionenkoordinatensystem* dargestellt werden kann (**Abbildung 8b**).

Mit dieser Analyse der *2D-komplexen Ebene*, die in **Abbildung 3** dargestellt ist, entdecken wir die Schlussfolgerung von Vessel wieder, dass in der *komplexen Zahl*  $a+ib$ ,  $i=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  in Wirklichkeit ein gerichteter *Einheitsvektor* der Größe 1 ist, der die

## Evolution From the Complex Plane to the Trispatial Geometry

Richtung des Betrags von  $b$  um  $90^\circ$  in Bezug auf die relative Orientierung des Betrags  $a$  dreht.

Aus der Analyse der in Abbildung 4 dargestellten Quaternion-*Hypersphäre* geht hervor, dass jeder *Einheitsvektor* der gerichteten 3D-*Einheitsvektormengen*  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  und  $i^2=j^2=k^2=-1=1\angle 180^\circ$  dieselben Rotationseigenschaften in Bezug auf die durch die beiden anderen *gerichteten Einheitsvektoren* der Mengen festgelegte 2D-*komplexe Ebene* und in Bezug auf den Betrag  $a$  in der hyperkomplexen Zahl  $a + bi + cj + dk$  hat.

Wenn wir den gerichteten 3D-*Einheitsvektorkomplex*  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle 90^\circ$  des Quaternions isolieren und weiter analysieren, stellen wir fest, dass  $i^2=j^2=k^2=-1=1\angle 180^\circ$  das genaue Äquivalent des traditionellen kartesischen 3D-*Einheitsvektorsatzes*  $i=j=k=1$  ist, bei dem  $\angle\theta$  unbestimmt ist, aber das die Multiplikation eines kartesischen Vektors mit  $-1$  auch die Anwendungsrichtung des kartesischen Vektors um  $180^\circ$  umkehrt.

Das bedeutet, dass grundsätzlich die traditionellen kartesischen 3D-*Einheitsvektoren*  $i=j=k=1$ , die nur *per Definition* senkrecht zueinander stehen, durch die *komplexe Einheitsvektormenge*  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle\theta=|1|$  ersetzt werden könnten, in der die *Einheitsvektoren per Struktur* senkrecht zueinander stehen und in der  $|1|$  die absolute Länge aller Einheitsvektoren ist, die qualifizierende Winkelrotationswerte  $|1|=1\angle\theta=1\angle 0^\circ$  oder  $|1|=1\angle\theta=1\angle 90^\circ$  oder  $|1|=1\angle\theta=1\angle 180^\circ$  annehmen kann, oder mit dem Wert  $|1|=1$  je nach der kontextuellen mathematischen Anforderung unbestimmt bleiben kann, wobei dann der Wert  $|1|=1\angle 0^\circ$  in Übereinstimmung mit dem traditionellen 3D-Satz kartesischer Einheitsvektoren  $i=j=k=1$  vorgegeben ist.

Das Interessante an diesem Ansatz wäre, dass die Umkehrung der Anwendungsrichtung des dritten Vektors eines elektromagnetischen vektoriellen Kreuzprodukts, wie es in den Gleichungen (14), (15) und (16) dargestellt ist, bezogen auf die vektoriellen Konfigurationen der **Abbildungen 9a, 9b** und **9c**, würde zu einer mathematischen Möglichkeit werden, die derzeit in unserem mathematischen Werkzeugkasten fehlt, wenn der Einheitsvektorsatz  $i=j=k=\sqrt{-1}=1\angle\theta=|1|$ , die *per Struktur* zueinander senkrecht sind, in der elektromagnetischen Mechanik anstelle der derzeitigen kartesischen 3D-*Einheitsvektoren*  $i=j=k=1$ , die nur *per Definition* zueinander senkrecht sind, verwendet würde.

## Referenzen

- [1] Renou, MO., Trillo, D., Weilenmann, M. *et al.* (2021) *Quantum theory based on real numbers can be experimentally falsified*. *Nature* **600**, 625–629 (2021).  
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-04160-4>.  
<https://www.nature.com/articles/s41586-021-04160-4>
- [2] Ming-Cheng Chen, Can Wang, *et al.* (2022) *Ruling Out Real-Valued Standard Formalism of Quantum Theory*. *Phys. Rev. Lett.* 128, 040403 – Published 24 January 2022. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.040403>.  
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.128.040403>
- [3] Padavic-Callaghan, K. (2022) *Complex numbers are essential in quantum theory, experiments reveal*. *Quantum Mechanics*. Research update. 11 Jan 2022.  
<https://physicsworld.com/a/complex-numbers-are-essential-in-quantum-theory-experiments-reveal/>
- [4] Nahim, P.J. (1998). *An Imaginary Tale – The Story of  $\sqrt{-1}$* . Princeton University Press. New Jersey.
- [5] Danielewski, M. and Sapa, L. (2020) Foundations of the Quaternion Quantum Mechanics. *Entropy* **2020**, 22(12), 1424; <https://doi.org/10.3390/e22121424>.  
<https://www.mdpi.com/1099-4300/22/12/1424>.
- [6] Graydon, M. (2011) Quaternions and Quantum Theory. UWSpace.  
<http://hdl.handle.net/10012/6168>.  
[https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6168/Graydon\\_Matthew.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6168/Graydon_Matthew.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [7] Dunning-Davies, J. and Norman, R. (2020) *Deductions from the Quaternion Form of Maxwell's Electromagnetic Equations*. *Journal of Modern Physics*, **11**, 1361-1371. doi: [10.4236/jmp.2020.119085](https://doi.org/10.4236/jmp.2020.119085).  
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=102987>
- [8] Hong, I.K. and Kim, C.S. (2019) *Quaternion Electromagnetism and the Relation with 2-Spinor Formalism*. arXiv:1902.09773v2 [physics.class-ph].  
<https://arxiv.org/pdf/1902.09773.pdf>
- [9] Sears, F., Zemansky, M. and Young, H. (1984) *University Physics*, 6th Edition, Addison Wesley.
- [10] 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>
- [11] 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>
- [12] Resnick, R., Halliday, D. (1967) *Physics*. John Wiley & Sons, New York.

- [13] Michaud, A. (2023) *Introduction to Synchronized Kinematic and Electromagnetic Mechanics*, Journal of Modern Physics, **14**, 876-932. doi: [10.4236/jmp.2023.146051](https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf). [https://www.scirp.org/pdf/jmp\\_2023053016192489.pdf](https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf)
- [14] 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://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf). [https://www.scirp.org/pdf/jmp\\_2023053016192489.pdf](https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf)
- [15] 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>
- [16] 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>
- [17] Schrödinger, Erwin (1982). *Collected Papers on Wave Mechanics (3rd ed.)*. American Mathematical Society. [ISBN 978-0-8218-3524-1](https://www.amazon.ca/Collected-Papers-on-Wave-Mechanics-3rd-ed-Erwin-Schrodinger/dp/0821835241).
- [18] 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>
- [19] 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>
- [20] 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>
- [21] Eisberg, R., and Resnick, R. (1985) *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [22] 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.
- [23] 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](https://www.researchgate.net/publication/357527119_On_an_Expanded_Maxwellian_Geometry_of_Space)
- [24] 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>
- [25] 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://doi.org/10.4236/jmp.2022.135046)

- [https://www.scirp.org/pdf/jmp\\_2022053015080692.pdf](https://www.scirp.org/pdf/jmp_2022053015080692.pdf)
- [26] 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>
- [27] Gélinas, R. & Lambert, M. (1988) *Éléments d'analyse complexe*. Presses de l'Université du Québec. Canada. ISBN 2-7605-0488-3.
- [28] Scherz, P. (2007) *Practical Electronics for Inventors – Second Edition*. McGraw Hill. New York.
- [29] Michaud, A. (2013) *On the Einstein-de Haas and Barnett Effects*, International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, www.ijerd.com Volume 6, Issue 12 (May 2013), PP. 07-11.  
<http://ijerd.com/paper/vol6-issue12/B06120711.pdf>
- [30] 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://doi.org/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](http://users.physik.fu-berlin.de/~kleinert/files/eins_lq.pdf)
- [31] Anderson, C.D. (1933) *The Positive Electron*, California Institute of Technology, Pasadena, California (Received February 28, 1933).  
<https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.43.491>
- [32] 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://ijerd.com/paper/vol7-issue9/E0709029053.pdf>
- [33] Bodnarczuk, M.-W., Editor. (1988) *Reflections on the 15 Foot Bubble Chamber*. Fermi National Accelerator Laboratory Batavia, Illinois.  
<https://lss.fnal.gov/archive/misc/fermilab-misc-1988-01.pdf>
- [34] Michaud, A. (1999/2012). *Theory of Discrete Attractors*, SRP Books. Smashwords. ISBN: 9780988052727.  
<https://www.smashwords.com/books/view/159189>
- [35] Michaud, A. (2013) *The Expanded Maxwellian Space Geometry and the Photon Fundamental LC Equation*. International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 8, pp. 31-45.  
<http://ijerd.com/paper/vol6-issue8/G06083145.pdf>.
- [36] Michaud, A. (2021) *Our Electromagnetic Universe*. In: Dr. Mohd Rafatullah, Editor. *Newest Updates in Physical Science Research Vol. 12*. 23 July 2021, Page 64-82.  
<https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v12/11459D>
- [37] Michaud, A. (2004). *Expanded Maxwellian Geometry of Space*. 4th Edition, SRP Books, Smashwords. ISBN: 978-0-988-05274-1.

- <https://www.smashwords.com/books/view/163704>
- [38] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutrinos Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 7, pp.01-08.  
<http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue7/A07070108.pdf>
- [39] 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>
- [40] 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>
- [41] Michaud, A. (2013) *From Classical to Relativistic Mechanics via Maxwell*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 4, pp. 01-10.  
[https://www.researchgate.net/publication/282353551\\_From\\_Classical\\_to\\_Relativistic\\_Mechanics\\_via\\_Maxwell](https://www.researchgate.net/publication/282353551_From_Classical_to_Relativistic_Mechanics_via_Maxwell)
- [42] Michaud, A. (2013) *Inside planets and stars masses*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 8, Issue 1, pp. 10-33.  
<http://ijerd.com/paper/vol8-issue1/B08011033.pdf>
- [43] 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>
- [44] 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>
- [45] Michaud, A. (2015) WO2017041162 – *Neutron and Proton Generating processes*. International Application No. PCT/CA2016/000201. World Intellectual Property Organization (WIPO).  
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017041162&recNum=1&maxRec=&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=&tab=PCT+Biblio>
- [46] Michaud, A. (2018) *Patent application CA 2997508 for Neutron and Proton Generating Processes*. Canadian Patent Database.  
[https://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/2997508/summary.html?type=number\\_search&tab1Index=tab1\\_1](https://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/2997508/summary.html?type=number_search&tab1Index=tab1_1)

- [47] Michaud, A. (2018) *Patent application US-20180261348-A1 - Neutron and proton generating processes*. United States Patent Application Publication.  
<https://ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/20180261348>
- [48] Michaud, A. (2020) *Gravitation, Quantum Mechanics and the Least Action Electromagnetic Equilibrium States*. In: Amenosis Lopez, editor. Prime Archives in Space Research. Hyderabad, India: Vide Leaf. 2020.  
<https://videleaf.com/gravitation-quantum-mechanics-and-the-least-action-electromagnetic-equilibrium-states/>