

Über die Einstein-de Haas- und Barnett-Effekte

André Michaud

Service de Recherche Pédagogique

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

Abstrakt:

Die orthogonale Beziehung zwischen dem magnetischen Aspekt (Spin) der Energie von Elementarteilchen und der Bewegungsrichtung dieser Teilchen kann auf makroskopischer Ebene mit mechanischen Mitteln nachgewiesen werden.

Es kann nachgewiesen werden, dass die erzwungene Ausrichtung der Spins von Elektronen in ferromagnetischen Materialien dazu führt, dass die Trägerenergie der betreffenden Elektronen orthogonal zum Feld ausgerichtet wird, was eine auf makroskopischer Ebene nachweisbare Bewegung (den Einstein-de-Haas-Effekt) bewirken kann, wenn diese Bewegung nicht mechanisch gehemmt wird.

Es kann auch nachgewiesen werden, dass das mechanische Zwingen von Elektronen in ferromagnetischen Materialien, sich in eine gemeinsame Richtung zu bewegen, den Spin ihrer Trägerenergie dazu zwingt, sich parallel auszurichten, wodurch ihr kombiniertes Magnetfeld auf makroskopischer Ebene nachweisbar wird (der Barnett-Effekt).

Dieser Artikel wurde 2013 im *International Journal of Engineering Research and Development* veröffentlicht.:

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. Volume 6, Issue 12 (May 2013), PP. 07-11.

<http://ijerd.com/paper/vol6-issue12/B06120711.pdf>

Andere Dokumente im selben Projekt:

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

Dies ist die deutsche Übersetzung dieses Artikels:

Über die Einstein-de Haas- und Barnett-Effekte

André Michaud

SRP Inc Service de Recherche Pédagogique Québec Canada

Abstrakt:- Die orthogonale Beziehung zwischen dem magnetischen Aspekt (Spin) der Energie von Elementarteilchen und der Bewegungsrichtung dieser Teilchen kann auf makroskopischer Ebene mit mechanischen Mitteln nachgewiesen werden. Es kann nachgewiesen werden, dass die erzwungene Ausrichtung der Spins von Elektronen in ferromagnetischen Materialien dazu führt, dass die Trägerenergie der betreffenden Elektronen orthogonal zum Feld ausgerichtet wird, was eine auf makroskopischer Ebene nachweisbare Bewegung (den Einstein-de-Haas-Effekt) bewirken kann, wenn diese Bewegung nicht mechanisch gehemmt wird. Es kann auch nachgewiesen werden, dass das mechanische Zwingen von Elektronen in ferromagnetischen Materialien, sich in eine gemeinsame Richtung zu bewegen, den Spin ihrer Trägerenergie dazu zwingt, sich parallel auszurichten, wodurch ihr kombiniertes Magnetfeld auf makroskopischer Ebene nachweisbar wird (der Barnett-Effekt).

Schlüsselwörter:- Einstein-de Haas-Effekt, Barnett-Effekt, Spinausrichtung, ferromagnetisches Material, Spin, Trägerenergie, 3-Räume-Modell.

I. Das Experiment des hängenden ferromagnetischen Zylinders

1911 entwarfen Albert Einstein und Johannes Wander de Haas, ein berühmter niederländischer Experimentator, ein sehr aufschlussreiches Experiment über das magnetische Verhalten von Elektronen, das als der Einstein-de-Haas-Effekt bekannt wurde, und führten es auch durch [1].

Da sie verstanden, dass makroskopische Magnetfelder auf eine Art Ausrichtung der Elektronen zurückzuführen sind, und zwar schon vor der Entdeckung der als "Spin" bezeichneten Eigenschaft, die jedem Elektron eindeutig ein Magnetfeld zuordnet, folgerten sie, dass die Elektronen eines Zylinders aus ferromagnetischem Material, z. B. Eisen, den man an einem dünnen Draht aufhängen würde, plötzlich gezwungen wären, sich orthogonal zur Rotationsachse auszurichten, die der Stützdraht liefert, wenn man den Zylinder einem äußeren Magnetfeld aussetzt, müssten die Elektronen des Materials dann ihre lokalen mikroskopischen Magnetfelder dazu zwingen, sich parallel in die entgegengesetzte Richtung auszurichten, und ihre lokalen mikroskopischen Winkelmomente, die strukturell senkrecht zu ihrem lokalen mikroskopischen Magnetfeld stehen, müssten sich dann ebenfalls parallel ausrichten und sich kombinieren, um makroskopisch als Drehimpuls des aufgehängten ferromagnetischen Zylinders beobachtbar zu werden.

Damals nahm man noch an, dass die Elektronen um die Atomkerne kreisen, und es war dieser Drehimpuls, den sie zu kombinieren versuchten, um ihn auf makroskopischer Ebene beobachten zu können.

Und ja! Sobald der hängende Zylinder magnetisiert wurde, begann er sich zu drehen! Doch zu ihrer Überraschung entsprach der beobachtete makroskopische Drehimpuls des Zylinders nach der Berechnung nur der Hälfte des kombinierten Drehimpulses, den die Elektronen haben sollten, wenn sie tatsächlich um die Kerne kreisen würden, was sie dazu veranlasste, die Idee zu verwerfen, dass die Bewegung der Elektronen auf ihren Umlaufbahnen die Ursache des Magnetismus sein könnte. Die direkte Ursache des makroskopischen Magnetismus wurde erst etwa zehn Jahre später identifiziert, als der "Spin" entdeckt und seine Funktion verstanden wurde.

Aber ihr bemerkenswertes Ergebnis wurde trotzdem erreicht. Sie zeigten erfolgreich, dass es möglich ist, eine makroskopisch beobachtbare Drehbewegung in ferromagnetischen Materialien zu bewirken, indem man einfach die parallele Ausrichtung der Spins der einzelnen, nichtgepaarten Elektronen in diesen Materialien erzwingt. Der gleiche Effekt wird auch beobachtet, wenn man versucht, paramagnetische Materialien zu magnetisieren.

II. Das Experiment mit dem rotierenden ferromagnetischen Stab

Ein noch faszinierenderer Effekt war jedoch schon etwas früher von Samuel Jackson Barnett beobachtet worden. Er hatte 1909 entdeckt, dass, wenn ein Stab aus entmagnetisiertem ferromagnetischem Material an einem dünnen Draht aufgehängt und durch irgendein mechanisches Mittel in Rotation versetzt wird, der Stab magnetisiert wird!

Darüber hinaus war die Stärke des resultierenden makroskopischen Magnetfelds direkt proportional zur Winkelgeschwindigkeit des Stabs! Dies ist der Barnett-Effekt [2].

III. Interpretation der Experimente

Das bedeutet, dass wenn ferromagnetische Materialien, die ungepaarte Elektronen enthalten, die aufgrund des lokalen elektromagnetischen Gleichgewichts lokal frei schwenken können, als wären sie kardanisch gelagert, mechanisch in Bewegung gesetzt werden, diese Elektronen dazu neigen, sich so zu drehen, dass ihre Spins möglichst parallel zueinander ausgerichtet sind, da sie strukturell senkrecht zur Richtung ihrer individuellen Impulsenergie stehen, auch wenn sie im Ruhezustand natürlich dazu neigen, sich in der gegenseitig antiparallelen Gleichgewichtskonfiguration mit der kleinstmöglichen Energie innerhalb des Materials zu stabilisieren, wie so viele kleine Magnete, die man frei nahe beieinander schwenken lassen würde, während man sie daran hindert, sich aufeinander zu bewegen.

A. Keine Erklärung seitens der Quantenmechanik

Was könnte nun bei einer solchen mechanisch induzierten Bewegung eine solche Ausrichtung der Spins von ungepaarten Elektronen in den Materialien erzwingen? Dazu muss man sagen, dass seitens der Quantenmechanik nie eine mechanische Erklärung für dieses Phänomen vorgeschlagen wurde, die über seine "mathematische Erklärung" hinausgeht.

Das Modell der drei Räume lässt jedoch deutlich eine mögliche mechanische Erklärung erkennen. Diese Erklärung ergibt sich aus der Art und Weise, wie die internen

dynamischen Strukturen des Trägerphotons und des Elektrons wahrscheinlich interagieren, wie in zwei separaten Artikeln [9] und ([10], Abschnitt D) erläutert wird.

Diese Wechselwirkung erklärt, wie und warum der magnetische Aspekt des Photons, das ein Elektron trägt, keine andere Wahl hat, als sich so antiparallel wie möglich zum magnetischen Aspekt des Elektrons auszurichten, das es "transportiert".

Da die Frequenz eines Trägerphotons selten ein exaktes Vielfaches der Frequenz seines Begleitelektrons sein wird, wird diese Ausrichtung in Wirklichkeit bestenfalls so nahe an der Antiparallelität liegen, wie es die vektorielle Resultierende der dynamischen Wechselwirkungen ihrer jeweiligen zyklischen Bewegung zulässt ([5], Abschnitt "25.11 Beziehung zwischen Trägerphoton und transportiertem Teilchen").

Aber solange die Energie des Trägerphotons stabil bleibt, wird diese "optimale" antiparallele Ausrichtung zwischen dem magnetischen Aspekt des Trägerphotons und dem seines gefangenen Elektrons keine andere Wahl haben, als in einem solchen relativ isolierten Zweiteilchensystem ziemlich starr beibehalten zu werden.

B. Bewegung des Elektrons im isolierten Wasserstoffatom

Ohne auf die Details der relativistischen Variation der Trägheit von Elektronen aufgrund elliptischer Bahnen einzugehen ([6], S. 329), wird gut verstanden, dass die theoretische Geschwindigkeit eines freien Elektrons im Grundzustand eines isolierten Wasserstoffatoms eine Funktion der de-Broglie-Wellenlänge der Energie seines Trägerphotons ist, die in diesem Fall die Länge der Grundumlaufbahn ist, multipliziert mit ihrer Frequenz, die die Anzahl der Male ist, die das Elektron den Kern jede Sekunde umkreisen würde, wenn das lokale elektromagnetische Gleichgewicht dies zuließe.

Wir wissen, dass diese Translationsbewegung des Elektrons in einem isolierten Wasserstoffatom real sein könnte, da eine mit der Hypothese einer solchen Orbitalbewegung des Elektrons synchronisierte Kernschwingung, die Bohr entwarf, es ihm ermöglichte, die Rydberg-Konstanten des isolierten Wasserstoffatoms und des ionisierten Heliumatoms aus seinem Modell sehr genau zu berechnen.

In Wirklichkeit ist Bohrs Festlegung der Rydberg-Konstante auf diese Weise ein über jeden Zweifel erhabener Beweis dafür, dass das Elektron und der Kern in solchen Atomen jederzeit physikalisch lokalisiert sind, trotz der theoretisch unendlichen statistischen Ausdehnung der Quantenmechanik der Position des Elektrons und seiner Trägerenergie in diesen Atomen. Tatsächlich scheint nur eine maximale statistische Ausdehnung der QM, die die Trägheit des ständig lokalisierten, sich bewegenden Elektrons berücksichtigt, physikalisch möglich zu sein ([7], Abschnitt M).

Doch ungeachtet der möglichen Komplexität der Bahn des Elektrons in einem isolierten Wasserstoffatom beweisen Bohrs Ergebnisse, dass das Bahnprofil des Elektrons im isolierten Wasserstoffatom zyklisch ist und dass ein möglicherweise besseres Verständnis der Wechselwirkung zwischen elektrostatischer Anziehung und magnetostatischer Abstoßung zwischen Elektron und Kern es eines Tages ermöglichen wird, die Bewegung des Elektrons zumindest in isolierten ionisierten Wasserstoff- und Heliumatomen genau zu berechnen.

c. Immobilisierung von Elektronen in Molekülen

Wir wissen auch, dass, wenn sich zwei Wasserstoffatome zu einem Wasserstoffmolekül verbinden, es für die Elektronen unmöglich wird, sich weiterhin um ihre Kerne zu bewegen, da sie sich gegenseitig in antiparalleler Spinorientierung auf halbem Weg

zwischen den Kernen einfangen (eine kovalente Bindung), wie zwei mikroskopisch kleine Magnete, die sich gegenseitig durchdringen würden, so dass ihre de-Broglie-Wellenlänge, die grundsätzlich theoretisch die tatsächliche Strecke darstellen soll, die das Elektron pro Zyklus seiner Trägerenergie um seinen Kern zurücklegen würde, trotz der Tatsache, dass die Energie dieses Trägerphotons immer noch vollständig durch die konstante elektrostatische Kraft induziert wird, die von den Kernen in der betreffenden Entfernung ausgeübt wird, zu Null wird.

Folglich hat der elektro-magnetische Aspekt der beiden Trägerphotonen dieser kovalent gebundenen Elektronen keine andere Wahl, als lokal zu oszillieren, wobei die unidirektionalen Hälften ihrer Energien nun ständig gegeneinander kämpfen, indem sie in entgegengesetzte Richtungen drängen, wodurch die beiden Elektronen vollständig gegeneinander immobilisiert werden und darüber hinaus in antiparalleler magnetischer Wechselwirkung (antiparalleler magnetischer Einfang) miteinander verriegelt werden.

In festen Materialien sind nur die Elektronen der äußersten Elektronenschicht der Atome daran beteiligt, dass sich die Atome untereinander zu Molekülen verbinden, und diese Elektronen spielen natürlich auch in ferromagnetischen Materialien die gleiche Rolle.

D. Ein ungepaartes Elektron ist frei, sich lokal zu drehen

Allerdings bleiben einige Elektronen in den unmittelbar inneren Schichten der Atome ferromagnetischer Materialien ungepaart. Während sie durch das lokale elektromagnetische Gleichgewicht relativ unbeweglich an ihrem Ort gehalten werden, bleiben sie relativ frei, sich lokal zu drehen, selbst wenn die unidirektionale Hälfte der Energie ihres Trägerphotons – selbst wenn ihr nicht die eines unmittelbaren antiparallelen Begleiters entgegenwirkt – nicht intensiv genug ist, um das Elektron dazu zu bringen, sich gegen die Kraft des lokalen elektromagnetischen Gleichgewichts zu bewegen.

Ohne auf die Details der Ausrichtung der magnetischen Domänen und der Phasenresonanzharmonisierung der Trägerphotonenfrequenzen dieser ungepaarten Elektronen einzugehen, die sich innerhalb jeder Domäne potenziell frei drehen, kann man davon ausgehen, dass diese erzwungene Unterdrückung der unidirektionalen Normalgeschwindigkeitskomponente ihrer Trägerphotonen dann zu einem konstanten "Druck" führen muss, diese Geschwindigkeit wiederherzustellen, und dass jeder günstige Umstand dazu führen kann, dass diese Geschwindigkeitskomponente wieder beginnt, sich in einer Richtung auszudrücken, die ihnen von außen auferlegt wird.

Daher ist es nicht unlogisch anzunehmen, dass eine mechanisch induzierte Zwangsbewegung eines ferromagnetischen Materials einen solchen günstigen Umstand liefern könnte.

Hier sei daran erinnert, dass im 3-Räume-Modell die unidirektionale Hälfte der Energie eines Photons (egal ob Träger oder frei) aufgrund ihrer Struktur mechanisch nicht in der Lage ist, sich anders als senkrecht zum lokalen Magnetfeld zu orientieren, das aus der anderen, oszillierenden Hälfte der Energie dieses Photons besteht.

IV. In Bewegung setzen des Zylinders von Einstein und de Haas

Wenn der von Einstein und de Haas verwendete Zylinder in Ruhe war und keinem äußeren Magnetfeld ausgesetzt war, konnten sich daher alle ungepaarten Elektronen lokal im Zylindermaterial frei drehen und richteten sich dann standardmäßig in der antiparallelsten Konfiguration der kleinsten möglichen Wirkung aus, die das lokale elektromagnetische

Gleichgewicht zuließ, wodurch auf makroskopischer Ebene kein oder nur ein kaum wahrnehmbares Magnetfeld übrig blieb.

Wenn jedoch ein externes Magnetfeld an den Zylinder angelegt wird, haben all diese frei drehbaren Elektronen aufgrund eben dieser Freiheit keine andere Wahl, als alle ihre individuellen Magnetfelder so antiparallel wie möglich zu diesem starken externen Feld auszurichten, wodurch alle unidirektionalen Hälften ihrer Trägerphotonen gezwungen werden, sich neu auszurichten, um perfekt senkrecht zu ihrem eigenen lokalen Magnetfeld zu bleiben, das gerade seine Ausrichtung geändert hat, wodurch sich alle diese unidirektionalen individuellen Energiemengen in derselben Richtung senkrecht zu der Achse, die durch den Draht, der den Zylinder stützt, bestimmt wird, in einer ausreichenden Anzahl addieren, um eine Drehbewegung der gesamten Zylindermasse zu induzieren, eine Drehung, die auf makroskopischer Ebene messbar wird.

Wenn das äußere Magnetfeld deaktiviert wird, nehmen all diese Elektronen wieder ihren gegenseitig antiparallelen Zustand der Energie der kleinsten Wirkung an und die Drehbewegung des Zylinders kommt zum Stillstand.

v. **Aufbau eines Magnetfelds in einem Barnett-Stab**

Im Fall des ferromagnetischen Zylinders ist es eine erzwungene Neuorientierung der individuellen Magnetfelder der Trägerphotonen der frei schwenkenden Elektronen, um sich parallel zur Drehachse auszurichten, die alle unidirektionalen Energiemengen ihrer Trägerphotonen dazu zwingt, sich senkrecht zur Drehachse auszurichten. Im Fall von Barnetts ferromagnetischem Stab (das gleiche Material wie beim Zylinder von Einstein und de Haas) ist jedoch das Gegenteil der Fall.

Wenn der aufgehängte Stab mechanisch zum Drehen gezwungen wird, finden die unidirektionalen Energiemengen der Trägerphotonen der frei schwenkenden Elektronen endlich eine gemeinsame Richtung, in der sie wirken können, wodurch die einzelnen Magnetfelder dieser Trägerphotonen gezwungen werden, sich parallel zueinander auszurichten und sich zu einem größeren Magnetfeld zu addieren, das auf makroskopischer Ebene gemessen werden kann.

Wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Stabes weiter erhöht wird, werden auch die unidirektionalen Energien der Trägerphotonen all dieser Elektronen auf die für sie einzig mögliche Weise erhöht. Wie in Referenz ([9], Abschnitt VII) beschrieben, wird diese hinzugefügte Energie in der Struktur jedes Trägerphotons der beteiligten Elektronen zu gleichen Teilen auf die unidirektionale und die elektromagnetische Hälfte aufgeteilt, was automatisch eine entsprechende Erhöhung der Intensität der Magnetfelder aller beteiligten einzelnen Trägerphotonen und damit des makroskopisch messbaren Magnetfelds, das sich aus ihrer Addition durch parallele Ausrichtung ergibt, zur Folge hat.

Es ist auch völlig sicher, dass, wenn der Zylinder von Einstein und de Haas zu einer ähnlichen mechanischen Rotation gezwungen würde, das gleiche Phänomen der Selbstmagnetisierung in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit auftreten würde.

VI. Über die erzwungene Immobilisierung der unidirektionalen Energie der Trägerphotonen

Dies führt uns zu der Beobachtung, dass in der Natur die unidirektionale Hälfte jedes Trägerphotons der meisten Elementarteilchen dazu neigt, in ihrer Bewegung durch lokale elektromagnetische Gleichgewichte gehemmt zu werden, die ihr durch die vektorielle Summe aller elektromagnetischen Wechselwirkungen auferlegt werden, in die sie in den großen atomaren und molekularen Strukturen, in denen sie gefangen sind, eingetaucht ist.

Um diese Situation besser zu verstehen, betrachten wir der Ähnlichkeit halber einen viel konkreteren Fall von Gleichgewicht, der diesmal durch die Gravitation induziert wird. Die Art der Immobilisierung durch lokales elektromagnetisches Gleichgewicht, die wir gerade für die Trägerphotonen betrachtet haben, wobei immer die volle energieinduzierende Kraft anliegt, ist paradoxerweise der einer Masse, die auf der Erdoberfläche ruht, recht ähnlich.

Im Zusammenhang mit der Gravitation hat es sich als bequem erwiesen, diese Beziehung als Verhältnis von *Kraft pro Masseneinheit* F/m (Newton pro kg, oder N/kg) auszudrücken. Dieses Verhältnis wird durch die Beschleunigung (g) in einem bestimmten Abstand vom Zentrum der zentralen Masse (der Erde) bestimmt, einem Abstand, in dem sich eine Testmasse von 1 kg befindet. So,

$$F/m = g, \quad \text{d.h.} \quad F = mg$$

wobei F die in Newton ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) ausgedrückte Kraft ist.

Der allgemein verwendete Wert für g ist $9,8 \text{ m}/\text{s}^2$, was die durchschnittliche Beschleunigung auf der Erdoberfläche ist. Dies ist ein Mittelwert zwischen der genauen Beschleunigung von $9,83208 \text{ m}/\text{s}^2$ an den Polen und der genauen Beschleunigung von $9,78036 \text{ m}/\text{s}^2$ auf dem mittleren Meeresniveau am Äquator. Der Grund für diesen Unterschied ist, dass die Pole näher am Erdmittelpunkt liegen als jeder Punkt am Äquator, aufgrund einer Abflachung des Planeten infolge der Zentrifugal-"Kraft", die durch die Erdrotation verursacht wird.

Da g also eine Beschleunigung ist, können wir natürlich schreiben

$$F = mg = ma$$

Nun wissen wir, dass die Umlaufbahnbeschleunigung durch das Produkt aus dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit und dem Radius der Umlaufbahn gegeben ist, oder alternativ durch das Quadrat der Quergeschwindigkeit geteilt durch den Radius der Umlaufbahn, was durch $a = \omega^2 r = v^2/r$ ausgedrückt wird, also ähnlich

$$a = g = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} \quad \text{und} \quad F = mg = m \frac{v^2}{r}$$

Da wir wissen, dass der Äquatordradius der Erde 6378140 m beträgt, können wir die Quergeschwindigkeit herausfinden, die ein Körper hätte, wenn er sich in einer Umlaufbahn auf Bodenhöhe am Äquator befände (natürlich nur hypothetisch). So erhalten wir aus $g = v^2/r$ die folgende Zahl :

$$v = \sqrt{(g r)} = \sqrt{(9.78036 * 6378140)} = 7898.133028 \text{ m/s}$$

ÜBER DIE EINSTEIN-DE HAAS- UND BARNETT-EFFEKTE

Wenn wir zur Gleichung $F = ma = mg = mv^2/r$ zurückkehren und eine Masse von 1 kg annehmen, können wir jetzt viel deutlicher beobachten, dass die ständig auf diese Masse wirkende Kraft ist

$$F = 1 \text{ kg} \times (7898.133028 \text{ m/s})^2 \div 6378140 \text{ m}$$

$$F = 9.78036 \text{ kg.m /s}^2 \text{ (Newton)}$$

Das bedeutet, dass eine Masse von 1 kg am Äquator durch eine Kraft von 9,78036 N gegen den Boden gehalten wird. Das bedeutet auch, dass eine Kraft von 9,78036 N ausgeübt werden muss, um diese 1-kg-Masse vom Boden anzuheben, um die Anziehungskraft von 9,78036 N, die sie gegen den Boden hält, auszugleichen.

Da das Vorhandensein von umgebender Materie die Körper außerdem daran hindert, sich auf Bodenhöhe leicht von selbst in Querrichtung zu bewegen, ist die Geschwindigkeit von Objekten relativ zur umgebenden Materie auf der Erdoberfläche im Allgemeinen null, obwohl die auf sie wirkende orthogonale Kraft ausreichen würde, um sie mit 7898,133028 m/s in der Umlaufbahn zu halten, wenn man ihnen die Freiheit dazu ließe und ihnen einen Impuls gäbe, der sie in Querrichtung in Bewegung setzen würde.

VII. Rotationsgeschwindigkeiten auf der Erdoberfläche

Vergleichen wir diese Geschwindigkeit mit der tatsächlichen Quergeschwindigkeit am Äquator der Erde aufgrund ihrer täglichen Rotation (ca. 464 m/s), die etwa 17-mal langsamer ist als die Geschwindigkeit, die erforderlich ist, damit Körper auf der Erdoberfläche schwerelos werden und sich tatsächlich in einer Umlaufbahn auf Bodenhöhe befinden, wenn die Querbewegung induziert wäre und keine physikalischen Hindernisse im Weg stünden.

Aufgrund dieser Rotationsgeschwindigkeit bläht sich die Erdmasse am Äquator auf und wird an den Polen abgeflacht, sodass die Erde eher die Form eines abgeflachten Sphäroids als einer echten Kugel hat. Während der durchschnittliche Äquatorradius auf ca. 6378 km geschätzt wird, sinkt der Polarradius auf ca. 6357 km, was einem Unterschied von ca. 21 km entspricht.

Diese Abplattung ist jedoch für die meisten allgemeinen Schätzungen nahe an der Bedeutungslosigkeit, da sie im selben Bereich liegt wie der größte Unterschied in der Höhendifferenz zwischen dem höchsten Gipfel und dem tiefsten Ozeangraben. Dies sind der Mount Everest (8,8 km Höhe) und der Marianengraben (11 km Tiefe) mit einer Gesamtdifferenz von 19,8 km. Die Pole wären dem Erdmittelpunkt tatsächlich nur etwa 10 km näher als der Boden des Marianengrabens, der relativ nahe am Äquator liegt.

Es wurden etwa 20 zum Teil sehr komplexe Methoden entwickelt, um den Radius der Erde an jedem Punkt ihrer Oberfläche zu berechnen, aber alle sind aus einer Reihe von Gründen nur Näherungswerte. Hier ist eine vereinfachte Gleichung, mit der sich die Oberflächengeschwindigkeiten an jedem Punkt der Erdoberfläche annähernd schätzen lassen:

$$v = \frac{2\pi[r + 21\sin(90 - \text{Breitengrad})]\sin(90 - \text{Breitengrad})}{24 \times 60 \times 60}$$

wobei ist r der Polarradius der Erde. Das erste Auftreten von $\sin(90 - \text{Breitengrad})$ stellt sicher, dass die Differenz zwischen Äquatorial- und Polarradius am Äquator (21 km) am größten ist und am Pol (90 - Breitengrade) auf null abfällt. Das zweite Auftreten von

$\sin(90 - \text{Breitengrad})$ ermöglicht die Berechnung des ungefähren Radius, der auf dem jeweiligen Breitengrad normal zur Polarachse der Erde verläuft. Mit der Konstante 2π lässt sich dann der durchschnittliche Umfang der Erde auf diesem Breitengrad berechnen, also die Strecke, die ein Ort auf diesem Breitengrad in 24 Stunden zurücklegt. Der Divisor $24 \times 60 \times 60$ ergibt natürlich die Anzahl der Sekunden in 24 Stunden.

Zum Beispiel würde die geschätzte Geschwindigkeit der Stadt Columbus Ohio, die sehr genau auf dem 40. Breitengrad liegt, wie folgt aussehen:

$$v = \frac{2\pi [r + 21\sin(50)]\sin(50)}{24 \times 60 \times 60} = 355 \text{ m/s}$$

was in der vertrauteren km/h-Notation der erstaunlichen Rotationsgeschwindigkeit von 1279 km/h entspricht! Zum Vergleich: Nome Alaska, das sich auf dem Breitengrad 64,5 befindet, dreht sich mit nur 717 km/h!

VIII. Kompensierte und unkompensierte Rotationen und Translationen

Eine klare Unterscheidung muss auch zwischen einer *mechanisch induzierten, nicht kompensierten Rotation oder Translation* und einer *elektrostatisch oder gravitativ induzierten, permanent kompensierten Rotation oder Translation* gemacht werden, wie in Referenz ([5], Abschnitt "23.7 Permanent kompensierte Translationsbewegung") analysiert.

Les premiers consommeront progressivement leur énergie de rotation ou de translation selon une courbe exponentielle telle qu'analysée dans le chapitre mentionné, tandis que les seconds maintiendront leur mouvement en permanence, l'énergie consommée par le changement constant de direction étant naturellement et constamment restaurée par la quantité fixe d'énergie naturellement induite dans leur distance de rotation ou de translation stable par la force causale induisant l'énergie constamment appliquée.

Der Barnett-Effekt gehört per Definition zu den nicht ausgeglichenen mechanischen Effekten, da die benötigte Energie künstlich, also nur vorübergehend, zugeführt wird.

IX. Schlussfolgerung

Es stellt sich jedoch die Frage, ob stabile und ständig kompensierte Einstein-de-Haas-Systeme natürlich existieren könnten, da dieser Effekt magnetisch induziert wird, wenn man bedenkt, wie weit sich das Magnetfeld der Sonne über das gesamte Sonnensystem erstreckt!

Was hat es mit der sehr stabilen Rotation der Erde um ihre eigene Achse auf sich? Zunächst einmal wissen wir, dass der Erdkern hauptsächlich aus Eisen besteht und dass im Allgemeinen alle Planeten im Sonnensystem, die Satelliten haben, Rotationsperioden haben, die kürzer sind als ihre Translationsperiode um die Sonne ("Tag" kürzer als ihr "Jahr"), während Planeten ohne Satelliten dazu neigen, sich nicht zu drehen ("Tag" in der Regel gleich ihrem "Jahr"), was bedeutet, dass sie trotz lokaler Schwingungen immer die gleiche Seite in Richtung ihres Primärs zeigen.

Könnte also das Magnetfeld des Mondes, so schwach es auch sein mag, stark genug sein, um eine ausreichende Anzahl von Elektronen im Erdkern auszurichten, um die permanente stabile Rotation der Erde zu bewirken und aufrechtzuerhalten? Könnte das

ÜBER DIE EINSTEIN-DE HAAS- UND BARNETT-EFFEKTE

Tandem Erde-Mond ein stabiles riesiges Einstein-de-Haas-System sein? Oder ist hier das Magnetfeld der Sonne im Spiel oder gar eine Kombination aus beidem?

Könnte der Einstein-de-Haas-Effekt ein Faktor bei der Rotation aller Planeten mit Satelliten sein?

Was für eine verblüffende Aussicht!

Literatur

- [1]. Davisson, C.J. & Beams, J.W. (1953) *A New Variation of the Rotation-by-Magnetization Method of Measuring Gyromagnetic Ratios*. Rev.Mod.Phys. Vol 25, 246.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.25.246>
- [2]. Barnett, S.J. (1935) *Gyromagnetic and Electron-Inertia Effects*. Rev.Mod.Phys. Vol 7, 129.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.7.129>
- [3]. Resnick, R. & Halliday, D. (1967) *Physics*. John Wiley & Sons, New York.
- [4]. Landau, L.D., Lifshitz, E.M. and Pitaevskii, L.P. (2001) *Electrodynamics of Continuous Media*, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann
- [5]. Michaud, A. (2004) *Expanded Maxwellian Geometry of Space*, 4th edition, SRP Books.
<https://www.smashwords.com/books/view/163704>
- [6]. Yvette Cauchois. *Atomes, Spectres, Matière*. Éditions Albin Michel, Paris, 1952.
- [7]. Michaud, A. (2013) *On the Magnetostatic Inverse Cube Law and Monopoles*, International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 7, Issue 5 (June 2013), PP.50-66.
<http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue5/H0705050066.pdf>
- [8]. Michaud, A. (2007) *Field Equations for Localized Individual Photons and Relativistic Field Equations for Localized Moving Massive Particles*, International IFNA-ANS Journal, No. 2 (28), Vol. 13, 2007, p. 123-140, Kazan State University, Kazan, Russia.
https://www.researchgate.net/publication/282646291_Field_Equations_for_Localized_Photons_and_Relativistic_Field_Equations_for_Localized_Moving_Massive_Particles
- [9]. 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 (March 2013), PP. 01-10.
(<http://ijerd.com/paper/vol6-issue4/A06040110.swf>).
https://www.researchgate.net/publication/282353551_From_Classical_to_Relativistic_Mechanics_via_Maxwell

ÜBER DIE EINSTEIN-DE HAAS- UND BARNETT-EFFEKTE

- [10]. 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 (April 2013), PP. 36-49. <http://ijerd.com/paper/vol6-issue10/F06103649.pdf>